1548-05

ROYAL HASKONING

Airtricity
The Natural Progression

Bijlage 9

MARIN rapport

MARITIME RESEARCH INSTITUTE NETHERLANDS

MARIN

MARIN
2, Haagsteeg
P.O. Box 28
6700 AA Wageningen
The Netherlands
Phone +31 317 479911
Fax +31 317 479999
Internet www.marin.nl
E-mail mscn@marin.nl

Eindrapport Nr. 20232.620/A4

VEILIGHEIDSSTUDIE OFFSHORE WINDPARK WEST RIJN

11 april 2006

Paraaf Management:

VEILIGHEIDSSTUDIE OFFSHORE WINDPARK WEST RIJN

MARIN opdracht nr. : 20232.620

Opdrachtgever : Royal Haskoning
Postbus 151
6500 AD Nijmegen

:

Auteur : ir. Y. Koldenhof
ir. C. van der Tak

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk Pag.

OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN 3

1 INLEIDING 5

2 DOELSTELLING 5

3 WERKWIJZE 6
3.1 SAMSON 6
3.2 Effect van het windpark 8
3.3 Model Invoer en uitgangspunten 9
3.3.1 Verkeer 9
3.3.2 Gebruikte modellen 10
3.4 Gevolgschade 11
3.4.1 Schade aan windturbine en schip. 11
3.4.2 Bepalen van persoonlijk letsel 14
3.5 Effecten voor de scheepvaart 15
3.6 Cumulatieve effect 16

4 RESULTATEN 19
4.1 Locatie en inrichtingsvarianten 19
4.2 Aanvaar/aandrijf frequenties 21
4.3 Gevolgschade 22
4.3.1 Schade aan het schip 22
4.3.2 Schade aan de windturbines 22
4.3.3 Milieuschade 23
4.3.4 Persoonlijk letstel 25
4.4 Effecten voor de scheepvaart 26
4.5 Het effect van het werkverkeer op het risico 27
4.6 Het cumulative effect 27
4.7 Radardekking naar de Nederlandse havens 30
4.8 Verstoring van de scheepsradar 30

5 MAATREGELEN 32
5.1 Gebruik van AIS 32
5.2 Inzet van De Waker 32
5.3 Autonome ontwikkeling uitstroom van olie 33

6 CONCLUSIES 35

REFERENTIES 36

APPENDIX A1: 37
Resultaten windpark West Rijn; 3.6 MW turbines 37

APPENDIX A2: 46
Resultaten windpark West Rijn; variant met 5 MW turbines 46

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. 13
Tabel 4-1 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten 22
Tabel 4-2 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten 22
Tabel 4-3 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per km^2 voor de beschouwde inrichtingsvarianten 22
Tabel 4-4 Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie 23
Tabel 4-5 Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de uitstroom op het EEZ 24
Tabel 4-6 De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh....24
Tabel 4-7 De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per km^2....24
Tabel 4-8 Scoretabel voor de effecten van het windpark West Rijn voor de scheepvaart. 26
Tabel 4-9 Cumulatieve effect voor West Rijn met Rijnveld West en Scheveningen Buiten 29
Tabel 5-1 Aandrijffrequenties voor het windpark met en zonder de inzet van De Waker. 33
Tabel 6-1 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten 35
Tabel 6-2 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten 35
Tabel A1-1 Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine 39
Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor West Rijn variant 3.6 MW. 40
Tabel A1-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen. 40
Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark. 40
Tabel A1-5 Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines. 41
Tabel A1-6 Frequentie en volume van een uitstoom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine. 42
Tabel A1-7 Frequentie en volume van een uitstoom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine. 42
Tabel A1-8 Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine. 42
Tabel A1-9 Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine. 43
Tabel A1-10 Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt. 43
Tabel A1-11 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling 44
Tabel A1-12 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling....44
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 44

Tabel A1-14 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling 45
Tabel A1-15 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling....45
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 45
Tabel A2-1 Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine 48
Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor West Rijn variant 5MW. 49
Tabel A2-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen. 49
Tabel A2-4 Schade aan het totale windpark. 49
Tabel A2-5 Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines. 50
Tabel A2-6 Frequentie en volume van een uitstoom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine. 51
Tabel A2-7 Frequentie en volume van een uitstoom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine. 51
Tabel A2-8 Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine. 51
Tabel A2-9 Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine. 52
Tabel A2-10 Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt. 52
Tabel A2-11 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling 53
Tabel A2-12 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling....53
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 53
Tabel A2-14 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling 54
Tabel A2-15 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling....54
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 54

Figuren

Figuur 4-1 West Rijn windpark (geclusterd scenario)....28
Figuur 4-2 Kruisend verkeer nabij een windpark. 31
Figuur A1-1 Windpark West Rijn, variant met 3.6 MW turbines 37
Figuur A1-2 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer) 41
Figuur A2-1 Windpark West Rijn, met 5 MW turbines....46
Figuur A2-2 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer) 50

1 INLEIDING

Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor het offshore windpark West Rijn die het MARIN in opdracht van ROYAL HASKONING heeft uitgevoerd. Hierbij worden de effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van het windpark gekwantificeerd. De berekeningen worden uitgevoerd voor twee 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 West Rijn 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 twee inrichtingsvarianten van het windpark West Rijn. De effecten worden als volgt gekwantificeerd:

- De kans op een aanvaring/aandrijving van een windmolen per jaar.
- De milieu effecten 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

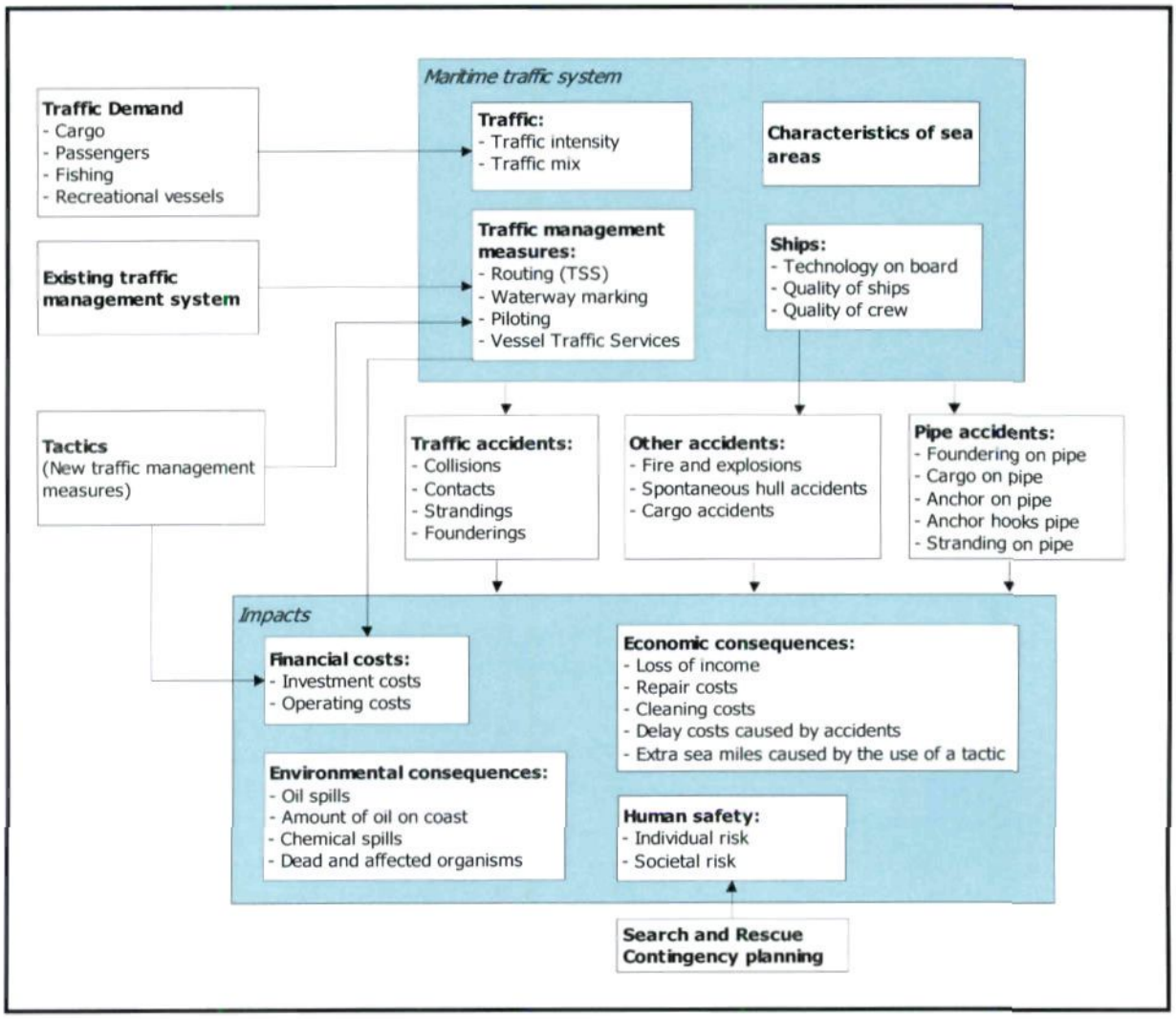
3.1 SAMSON

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 bunker olie of persoonlijk letstel.

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 koopvaardijschepen, 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 Intellingence 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 2000.
Bij het samenstellen van de verkeersdatabase voor 2000 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.

Voor de locatie wordt een aangepaste verkeersdatabase voor 2000 gegenereerd, waarbij ervoor wordt gezorgd dat het *routegebonden* verkeer niet door de desbetreffende windpark locatie 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 (VONOVI). VONOVI 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 VONOVI-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 VONOVI-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 windpark locatie 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.

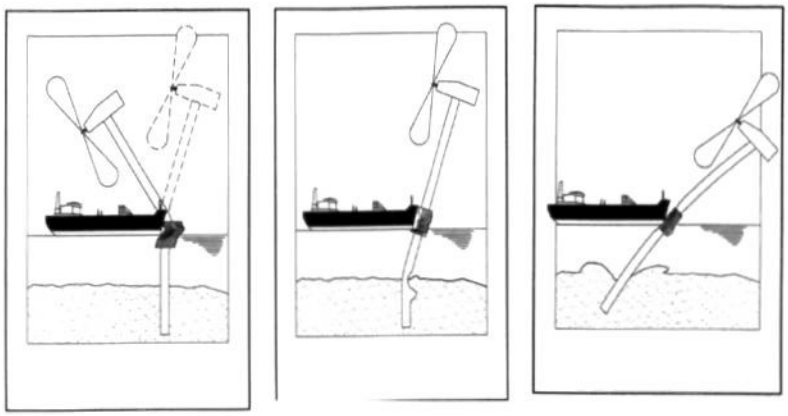
Van de schepen welke in aanvaring of aandrijving met het windpark komen is de verdeling bekend over de vaarsnelheden, vaarrichting, scheepstype en scheepsgroottes. Deze gegevens zijn voldoende om de energie welke maximaal aanwezig is in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels 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 uitwaaierende 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 in GT	**Aanvaring (rammen)**						**Aandrijving (driften)**					
		Frontaal (10%)			Schampen (90%)			Lateraal middenschips (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
			Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip
Knikken	<500	0%	Nee	Geen	0%	Nee	Geen						
	500-1000	0%	Ja	Geen	0%	Nee	Geen						
	1000-1600	5%	Gos Mos[1]	Dek	0%	Ja	Geen						
	1600-10000	10%	Gos Mos	Dek	5%	Gos Mos	Dek						
	10000-30000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	30000-60000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	60000-100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	>100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
Scharnieren	<500	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	500-1000	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	1000-1600	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Huid	100%	Nee	Geen
	1600-10000	90%	Ja	Geen	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Nee	Geen
	10000-30000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	30000-60000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	60000-100000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	>100000	90%	Ja	Geen	91%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen

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 rekenslagen per scheepstype en grootte gemaakt.

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

Het persoonlijk letsel 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 volgende 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 2000, 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 bestaan 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 "schijnnauwkeurigheid" 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 km^2. Deze dichtheid van 4.8 windturbine per km^2 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 3/5x4.8=2.88 windturbine per km^2 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 geschetst.

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 3MW 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.

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".

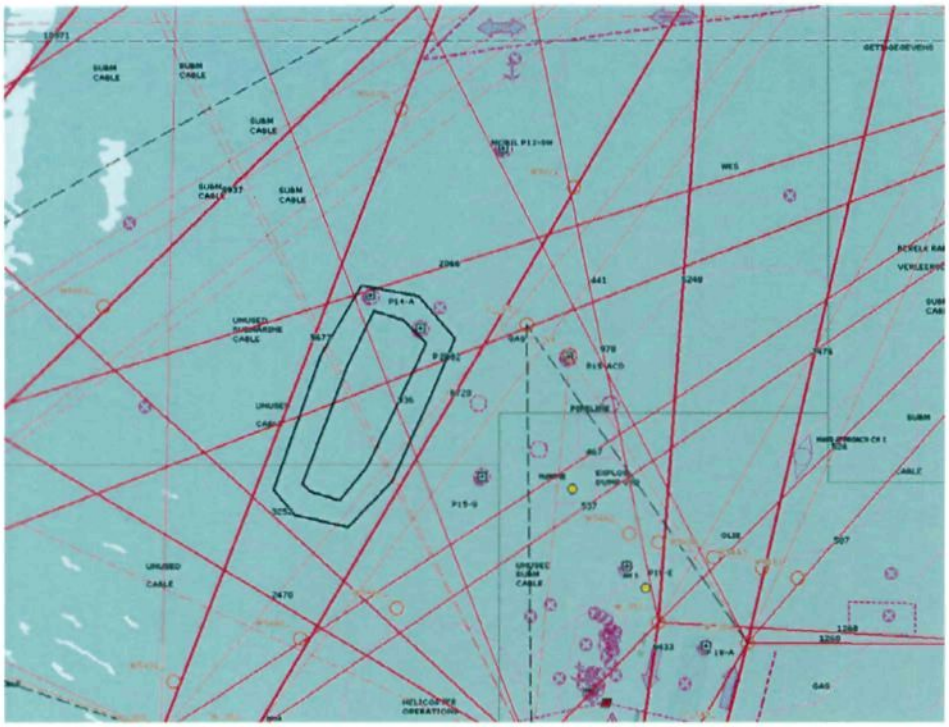
4.1 Locatie en inrichtingsvarianten

Voor West Rijn is het effect op de scheepvaart voor twee inrichtingsvarianten onderzocht, namelijk:

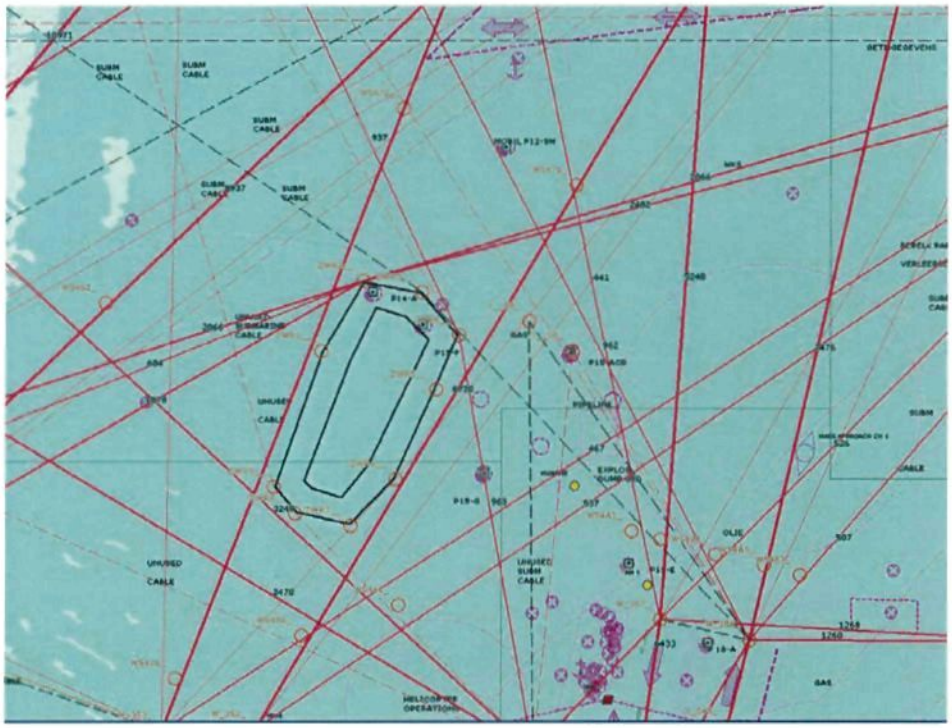
- Een variant met 3.6 MW turbines, verder aangeduid met WRijn_3.6MW;
- Een variant met 5 MW turbines, verder aangeduid met WRijn_5MW.

Voor beide varianten is het risico doorgerekend voor een inrichting met zoveel mogelijk windturbines (dichtste bolstapeling)

In Figuur 4-1 is de windpark locatie West Rijn weergegeven met de verkeersdatabase voor 2000, waarbij de locatie nog niet vrij gemaakt is. In Figuur 4-2 wordt de verkeersdatabase getoond waarbij de windpark locatie West Rijn vrijgemaakt is.



Figuur 4-1 *Verkeersbeeld bij windpark locatie West Rijn in de huidige situatie*



Figuur 4-2 *De windparklocatie West Rijn vrijgemaakt van scheepvaartverkeer*

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 een 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 2000 waarbij de windpark locatie is vrijgemaakt van verkeer (zie Figuur 4-2). De resultaten van deze berekening wordt gegeven in het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windpark.
In Appendix A (Tabel A1-1) staan de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine. In Tabel A1-2 in Appendix A staan het verwachte totaal aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar voor het gehele windpark.

De kans op een aanvaring/aandrijving van een windturbine per jaar is bepaald voor twee inrichtingsvarianten. Tabel 4-1 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar gesommeerd over alle windturbines in een windpark. De variant met 5 MW turbines geeft het kleinste risico en gaat bovendien het meest economische met de beschikbare oppervlakte om. In Tabel 4-2 de aanvaar/aandrijfkans bepaald 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. Op basis van deze tabel is er een duidelijke voorkeur voor de 5 MW turbine, waarvoor het risico per MWh op 73% ligt van het risico bij gebruik van 3.6 MW turbines. Bij het bepalen van de MWh voor de twee inrichtingsvarianten is gerekend met een rendement van 35%.
Tenslotte worden in Tabel 4-3 de aanvaar/aandrijffrequenties per km^2 gegeven.

Bij het bepalen van de definitieve keuze van de inrichting met 5 MW turbines moet nagegaan worden of er geen andere locaties zijn waarvoor dezelfde energie opbrengst met minder risico kan worden gerealiseerd. Het beleid moet er op gericht zijn om in ieder geval de gebieden met de laagste risico's met een zo dicht mogelijke 5 MW turbines vol te bouwen.

Inrichtingsvariant	Opper-vlakte [km^2]	Energie opbrengst	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
3.6 MW	40.51	871970	79	0.021411	0.003320	0.048351	0.003115	0.076198
5 MW	41.91	965790	63	0.017572	0.002710	0.038871	0.002532	0.061686

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

Inrichtingsvariant	Opper-vlakte [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	
3.6 MW	40.51	871970	79	2.46E-08	3.81E-09	5.55E-08	3.57E-09	8.74E-08
5 MW	41.91	965790	63	1.82E-08	2.81E-09	4.02E-08	2.62E-09	6.39E-08

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

Inrichtingsvariant	Opper-vlakte [km^2]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / km^2		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / km^2		Totaal per jaar / MWh
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
3.6 MW	40.51	871970	79	0.000529	0.000082	0.001194	0.000077	0.001881
5 MW	41.91	965790	63	0.000419	0.000065	0.000927	0.000060	0.001472

Tabel 4-3 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per km^2 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 7 verschillende scheepstypen.
De onderlinge vergelijking vindt plaats in 4.3.3 bij de behandeling van de bunker en olie uitstroom.

4.3.2 Schade aan de windturbines

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden 5 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 voornamelijk veroorzaakt wordt door niet-routegebonden verkeer.
Figuur A1-1 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties en 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, bunker olie 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 olie soorten naast elkaar gezet.

De totale kans op een uitstroom van olie en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar is voor beide varianten in Tabel 4-4 gegeven. Op basis van de frequenties (bijvoorbeeld 0.002522 + 0.000741 voor variant 3.6 MW) is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald. Deze bedraagt voor de variant 3.6 MW 306 jaar (= 1/(0.002522+0.000741)). De gemiddelde uitstroom van 3.6 m^3 ladingolie dient alleen als vergelijking. Een gemiddelde van 3.6 m^3 ieder jaar geeft een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 4872 m^3 eens in de 1349 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 lading olie samen is de kans op een uitstroom in de EEZ toegenomen met 0.52% (=(0.002026+0.000599) / (0.353402+0.148723) in %) voor de variant 5 MW.
In Tabel 4-6 zijn de uitstroom frequenties gegeven per MWh. De kans op een uitstroom omgerekend naar de frequentie per km^2 wordt gegeven in Tabel 4-7.

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
3.6 MW	0.002522	397	1.142	0.000741	1349	3.612	306
5 MW	0.002026	494	0.915	0.000599	1671	2.910	381
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
3.6 MW	0.71%	1.68%	0.50%	0.24%
5 MW	0.57%	1.35%	0.40%	0.19%
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
3.6 MW	871970	2.89E-09	1.31E-06	8.50E-10	4.14E-06
5 MW	965790	2.10E-09	9.47E-07	6.20E-10	3.01E-06

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
3.6 MW	40.51	0.000062	0.028191	0.000018	0.089163
5 MW	41.91	0.000048	0.021832	0.000014	0.069435

Tabel 4-7 De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per km^2

De uitstroom vertoont hetzelfde beeld als het aanvaar/aandrijfrisico. Per MWh is de milieuschade bij 5 MW turbines veel kleiner. Het gebruik van 5 MW is dan ook veel gunstiger en wordt nog gunstiger wanneer naar het economisch gebruik van de oppervlakte wordt gekeken.

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.

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 3.6MW inrichtingsvariant is de kans op meer dan 10 doden (zie Tabel A1-10) gelijk aan 1/6959 per jaar. Het windpark heeft een lengte van meer 11.6 km, dus per km vaarweg is de kans van 1.2 10^{-5}. Gezien de "worst case" benaderingen mag geconcludeerd worden dat het overlijdensrisico geen echte rol speelt bij de keuze van de inrichtingsvariant.

Bij het gebruik van de 5 MW turbine is het gemiddelde aantal doden per incident waarbij dodelijke slachtoffers vallen wel iets groter, namelijk 8.4 dodelijke slachtoffers tegenover 7.0 voor de 3.6 MW turbine. De reden is dat de 5 MW turbine groter is en dus een groter oppervlak zal bestrijken wanneer de turbine op het dek valt.

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 tabel toont dat het effect verwaarloosbaar is. De tabel geeft positieve en negatieve bijdragen, dit komt omdat een ook een deel van de verandering buiten het EEZ optreedt. De grootste verandering (vermindering van risico) treedt op bij het rammen en driften tegen een platform. Dit wordt veroorzaakt doordat het verkeer op een andere afstand van de nabij het windpark gelegen platforms zal gaan varen.

Omschrijving	Eenheid	Resultaat met windpark West Rijn	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	0.891	0.0010	0.11%
Chemicaliën tankers	aantal	16.965	0.0020	0.01%
Olietankers	aantal	9.924	-0.0010	-0.01%
Gas tankers	aantal	4.333	0.0000	0.00%
Bulkers	aantal	11.728	-0.0020	-0.02%
Unitised	aantal	29.151	0.0000	0.00%
General Dry Cargo	aantal	81.976	-0.0170	-0.02%
Passenger schepen + conv. ferries	aantal	1.518	-0.0030	-0.20%
High Speed Ferries	aantal	0.769	0.0000	0.00%
Overig	aantal	3.275	-0.0040	-0.12%
Totaal routegebonden	Aantal	160.530	-0.0240	-0.01%
Totaal niet routebonden	Aantal	194.149	0.0000	0.00%
Veiligheid				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	10.026	0.0130	0.13%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	6.242	0.0000	0.00%
Stranding als gevolg van motor storing	aantal/jaar	1.463	-0.0003	-0.02%
Rammen van platform na navigatiefout	aantal/jaar	0.256	-0.0015	-0.59%
Driften tegen platform na motorstoring	aantal/jaar	0.049	-0.0001	-0.22%
Zinken	aantal/jaar	1.502	-0.0002	-0.01%
Gat in scheepshuid	aantal/jaar	1.336	-0.0001	-0.01%
Brand/Explosie	aantal/jaar	2.644	0.0000	0.00%
Totaal	aantal/jaar	23.263	0.0117	0.05%
Economische effect				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / year	1316.815	-0.5560	-0.04%

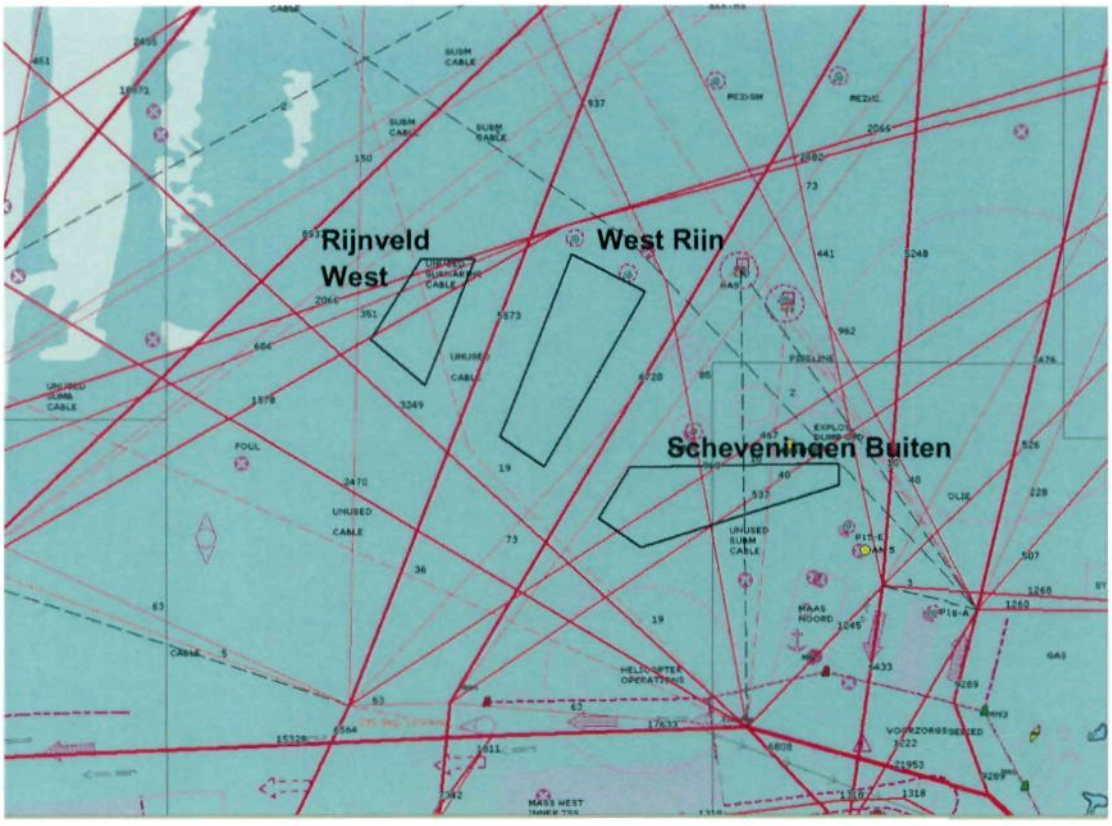
Tabel 4-8 Scoretabel voor de effecten van het windpark West Rijn voor de scheepvaart.

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 5) 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 Rotterdam de uitvalsbasis voor het windpark West Rijn worden. Vanuit Rotterdam naar West Rijn is het ongeveer 2.5 uur varen. Voor alle bewegingen per jaar dus 2 (heen + terug) x 5 (reizen/dag) x 180 (periode van 6 maanden) x 2.5 uur varen = 4500 vaaruren voor de aanleg. Dit levert een verhoging van het gemiddelde aantal schepen op zee op van 4500/(8760) = 0.5 schip op een totaal van 300 varende schepen. Aangezien de bouw maar een half jaar duurt, is de verhoging gedurende dit deel van het jaar 1.0 schip. In deze periode van een half jaar is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit 0.6% hoger dan normaal. De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 0.3%.

4.6 Het cumulative effect

Het cumulatieve effect is bepaald volgens de richtlijnen en de aanpak beschreven in 3.6. Het cumulatieve effect is bepaald voor de twee inrichtingsvarianten van West Rijn (3.6 MW en 5.0 MW) gecombineerd met de minimumvariant en maximumvariant voor de dichtst bij gelegen windparken, zijnde Rijnveld West en Scheveningen Buiten. De contourlijnen, verbindingslijn van de uiterste coördinaten uit de startnotities zijn getekend in Figuur 4-1 met het verkeersdatabase waarbij het West Rijn windpark 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 windpark West Rijn) en drie tabellen voor de maximumvariant (Tabel A1-14, Tabel A1-15 en Tabel A1-16 voor windpark West Rijn). De tabellen voor de andere inrichtingsvariant van West Rijn worden gegeven in de tabellen in Appendix A2



Figuur 4-1 West Rijn windpark (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 voor ieder windpark. In Tabel A1-12 worden de resultaten van Tabel A1-11 cumulatief weergegeven. Er wordt dus steeds aan het eigen windpark een nieuwe 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 van 0.3188, dus eens in de 3.1 jaar (zie Tabel A1-13) en een kans op een uitstroom van lading of bunkerolie van 0.0133, dus eens in de 75.4 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.

Cumulatief 1000 MW		Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar
Windpark West Rijn	Andere parken	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
3.6 MW	3 MW	0.0841	0.0250	0.1949	0.0148	0.3188	0.0133
5.0 MW	3 MW	0.0788	0.0239	0.1822	0.0139	0.2989	0.0124
3.6 MW	5 MW	0.0595	0.0181	0.1344	0.0102	0.2222	0.0091
5.0 MW	5 MW	0.0682	0.0106	0.1269	0.0082	0.2139	0.0086

Tabel 4-9 Cumulatieve effect voor West Rijn met Rijnveld West en Scheveningen Buiten

De tabel toont duidelijk dat de risico's bij het gebruik van 5 MW turbines beduidend lager liggen (orde grootte 0.22 versus 0.30), 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 ander 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 op het 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 uitstroomkans voor olie (teruggerekend voor 1000 MW) voor de minimumvariant bedraagt gemiddeld 0.0129 (zie Tabel 4-9) per jaar en voor de maximumvariant gemiddeld 0.0089 per jaar, dus ongeveer 2.6% toename ten opzichte van de uitstroom op het totale EEZ bij gebruik van 3 MW windturbines en 1.8% bij gebruik van 5 MW turbines.

Door andere maatregelen, zoals de inzet van De Waker en/of andere sleepboten (zie hoofdstuk 5.2) kunnen 41% van het aantal aandrijvingen worden voorkomen en worden de percentages dus 1.1-1.5%.

Wanneer, door de energie die de windparken opleveren, er minder transport van olie over zee behoeft 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. Voor een rekenvoorbeeld uitgaande van 1000 MW geïnstalleerd vermogen en 34%[2] vollasturen per jaar is de totale energie opbrengst geschat op 0.34*365*24*1000 MW /1000 = 2978 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 1.8-2.6% zonder De Waker en 1.1-1.5% 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 West Rijn (zie Figuur 4-1) is de vermindering van het cumulatieve effect verwaarloosbaar klein. Door de aanwezigheid van de andere windparken binnen het scenario zal het totale risico voor alle verschillende parken niet (veel) afwijken van de som van de risico's voor de individuele parken.

Wel is bij een geclusterd aantal windparken de totale omweg 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 West Rijn 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

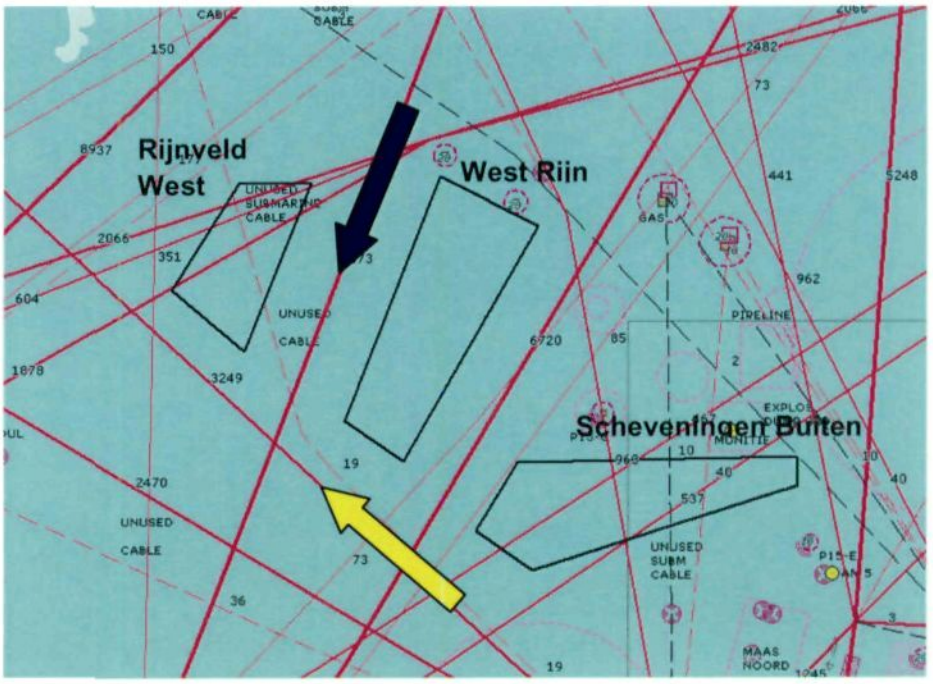
Windpark West Rijn valt binnen de radardekking van de verkeersdienst voor de aanloop van Rotterdam. Het radarbeeld van de VTS (Vessel Traffic System) van Rotterdam wordt dus verstoord door het windpark West Rijn. Er is echter weinig verkeer dat achter het windpark West Rijn langs vaart dat voor de verkeersdienst belangrijk is, zodat het effect van de radarverstoring vermoedelijk beperkt blijft. Bovendien is het zo dat door de komst van AIS (zie 4.8) de verkeersdienst niet meer alleen afhankelijk is van radar-waarnemingen. Hoe verstorend het windpark zal zijn voor de radar en of een steunradar nodig is, is op dit moment moeilijk te bepalen. Ware grote metingen bij het Near Shore Windpark zullen meer inzicht geven in de mogelijke verstoring van een radar door een windpark.

4.8 Verstoring van de scheepsradar

Een experiment op de simulator van MARIN heeft geleerd dat de ARPA (Automatic Radar Plotting Aid) functie van de scheepsradar af en toe de echo verliest van een schip dat achter het windpark zit. Maar dit leidt niet tot gevaarlijke situaties omdat schepen achter het windpark geen potentieel gevaar voor het eigen schip opleveren. Het wordt pas gevaarlijk wanneer de echo wordt verloren op het moment dat beide schepen op dezelfde hoek van het windpark afstevenen. Dit scenario is in onderstaande figuur (Figuur 4-2) weergegeven.

In deze situatie is echter de kans op het verlies van een echo kleiner omdat het aantal windturbines dat tussen beide schepen in ligt almaar kleiner wordt naarmate het

hoekpunt van het windturbine veld wordt genaderd. (Des te meer windturbines tussen twee schepen aanwezig zijn, hoe meer verstoring van het radarbeeld optreedt.)
Deze situatie van kruisend verkeer direct na een windpark is vanuit navigatie oogpunt een moeilijke situatie.



Figuur 4-2 Kruisend verkeer nabij een windpark.

Deze extra ongevalsgevoeligheid voor deze gevaarlijke situatie is niet gemodelleerd.
Het uitgevoerde experiment op scheepsradar van de simulator dient getoetst te worden aan de praktijk zodra het eerste windpark gebouwd is.

Sinds kort zijn alle schepen groter dan 300GT uitgerust met AIS (Automatic Identification System). De AIS transponder van een schip zendt automatisch via radiosignalen om de paar seconden de positie en koers uit. Deze informatie kan worden ontvangen door de schepen in de omgeving en automatisch worden weergegeven op een elektronische zeekaart en/of radar. Hoewel nog lang niet alle schepen zo'n geïntegreerd systeem hebben zal dit in de toekomst veel vaker aan boord aanwezig zijn. Doordat bovendien steeds meer niet-routegebonden schepen een AIS-transponder hebben en de transponder mogelijk ook verplicht wordt voor vissers wordt het effect van de verstoring van de scheepsradar door een windpark op de scheepvaartveiligheid in de toekomst steeds geringer.

5 MAATREGELEN

5.1 Gebruik van AIS

Sinds 1 januari 2005 moeten alle schepen boven 300 GT ton varen met AIS (Automatic Identification System). 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 in de Duitse overheid.

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 binnen komt 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 West Rijn.

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	
3.6 MW	0.051470	0.030331	-41.1%
5 MW	0.041403	0.024401	-41.1%

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

De Waker reduceert het aantal aandrijvingen met ruim 40%. Deze 40 % 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 NSW. 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 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 Norkske 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 ballast tank 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.

6 CONCLUSIES

Tabel 6-1 is het meest illustratief voor de keuze van de variant. De variant met de 5 MW turbines is het meest gunstig. Om een zo hoog mogelijk rendement per oppervlakte te halen is een inrichting met zoveel mogelijk 5 MW turbines het meest aantrekkelijk. Bij de keuze van zoveel mogelijk 5 MW turbines in West Rijn of een andere locatie moet de absolute veiligheid of veiligheid per MWh voor West Rijn vergeleken worden met die van ander locaties (met behulp van Tabel 6-2).

Inrichtingsvariant	Opper-vlakte [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	
3.6 MW	44.38	871970	79	0.021411	0.003320	0.048351	0.003115	0.076198
5 MW	44.38	965790	63	0.017572	0.002710	0.038871	0.002532	0.061686

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

Inrichtingsvariant	Opper-vlakte [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	
3.6 MW	44.38	871970	79	2.46E-08	3.81E-09	5.55E-08	3.57E-09	8.74E-08
5 MW	44.38	965790	63	1.82E-08	2.81E-09	4.02E-08	2.62E-09	6.39E-08

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

De kans op persoonlijk letsel voor 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 0.52% 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 41% 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

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 Comprimo Nederland, juli 2000

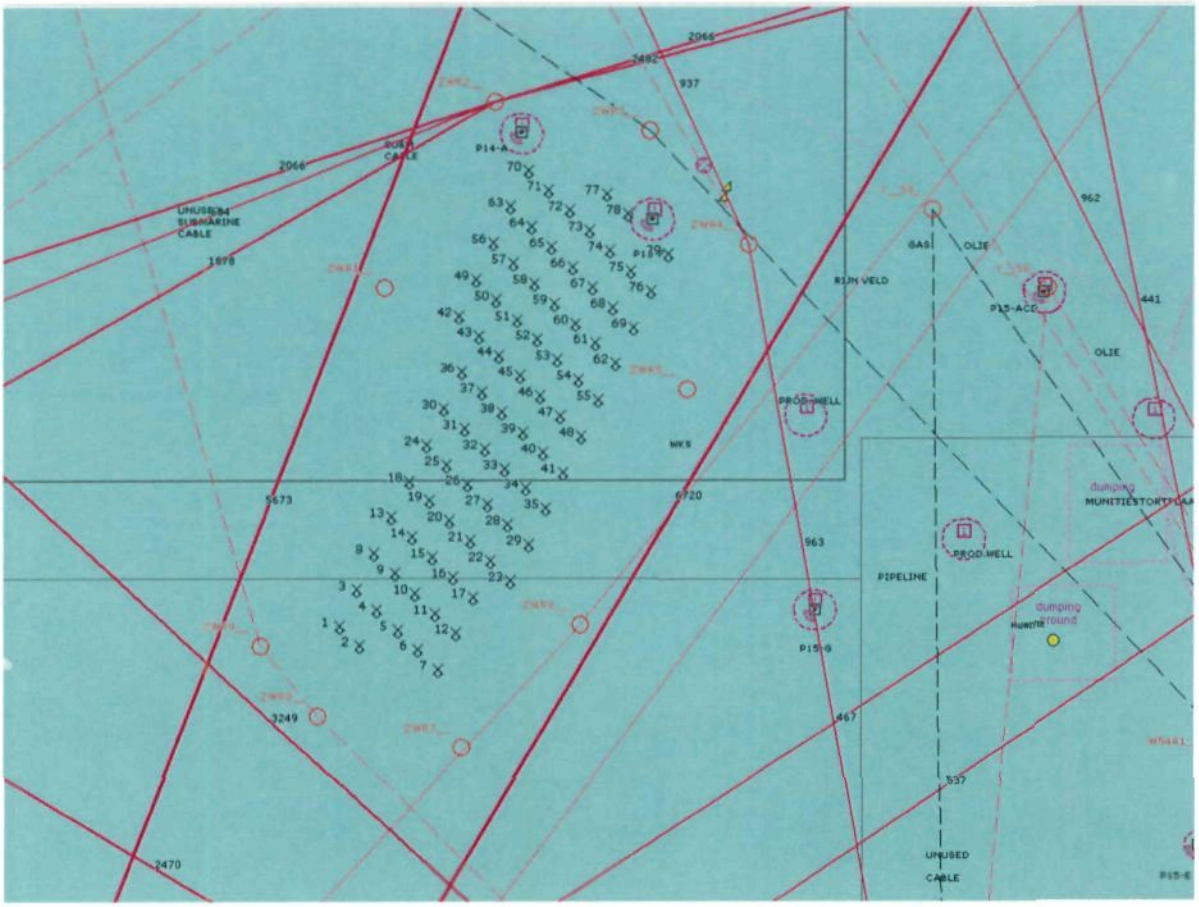
[4] C. van der Tak
Effecten van ruimteclaims in de Noordzee op de scheepvaart
MARIN, nr 16498.620/2, november 2001

[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

APPENDIX A1:

Resultaten windpark West Rijn; 3.6 MW turbines



Figuur A1-1 Windpark West Rijn, variant met 3.6 MW turbines

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de... jaar
	NB	OL	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.W_Rijn_3.6MW	5213.1	334.8	0.000870	0.000072	0.000750	0.000042	0.001735	576
002.W_Rijn_3.6MW	5212.9	335.2	0.000792	0.000075	0.000747	0.000043	0.001657	604
003.W_Rijn_3.6MW	5213.6	335.2	0.000665	0.000064	0.000721	0.000041	0.001491	671
004.W_Rijn_3.6MW	5213.3	335.6	0.000301	0.000022	0.000694	0.000041	0.001058	945
005.W_Rijn_3.6MW	5213.1	336.0	0.000304	0.000025	0.000695	0.000041	0.001066	938
006.W_Rijn_3.6MW	5212.8	336.4	0.000435	0.000043	0.000712	0.000043	0.001232	811
007.W_Rijn_3.6MW	5212.6	336.8	0.000716	0.000077	0.000739	0.000045	0.001577	634
008.W_Rijn_3.6MW	5214.0	335.5	0.000508	0.000057	0.000697	0.000041	0.001302	768
009.W_Rijn_3.6MW	5213.8	335.9	0.000235	0.000019	0.000682	0.000040	0.000976	1024
010.W_Rijn_3.6MW	5213.5	336.3	0.000134	0.000006	0.000650	0.000038	0.000828	1208
011.W_Rijn_3.6MW	5213.3	336.7	0.000210	0.000016	0.000679	0.000041	0.000946	1057
012.W_Rijn_3.6MW	5213.0	337.1	0.000462	0.000051	0.000712	0.000043	0.001268	789
013.W_Rijn_3.6MW	5214.5	335.9	0.000390	0.000049	0.000662	0.000040	0.001142	876
014.W_Rijn_3.6MW	5214.3	336.2	0.000186	0.000016	0.000654	0.000039	0.000895	1117
015.W_Rijn_3.6MW	5214.0	336.7	0.000110	0.000005	0.000624	0.000037	0.000776	1289
016.W_Rijn_3.6MW	5213.7	337.1	0.000146	0.000011	0.000642	0.000039	0.000839	1192
017.W_Rijn_3.6MW	5213.5	337.5	0.000296	0.000037	0.000674	0.000042	0.001048	954
018.W_Rijn_3.6MW	5215.0	336.2	0.000306	0.000043	0.000627	0.000040	0.001016	984
019.W_Rijn_3.6MW	5214.7	336.6	0.000151	0.000015	0.000620	0.000038	0.000823	1215
020.W_Rijn_3.6MW	5214.5	337.0	0.000091	0.000005	0.000593	0.000037	0.000727	1376
021.W_Rijn_3.6MW	5214.2	337.4	0.000113	0.000009	0.000606	0.000038	0.000766	1305
022.W_Rijn_3.6MW	5213.9	337.9	0.000211	0.000030	0.000635	0.000040	0.000916	1091
023.W_Rijn_3.6MW	5213.7	338.3	0.000511	0.000090	0.000658	0.000043	0.001303	768
024.W_Rijn_3.6MW	5215.4	336.5	0.000250	0.000040	0.000603	0.000040	0.000933	1071
025.W_Rijn_3.6MW	5215.2	337.0	0.000126	0.000014	0.000588	0.000038	0.000766	1306
026.W_Rijn_3.6MW	5214.9	337.4	0.000078	0.000005	0.000581	0.000037	0.000702	1425
027.W_Rijn_3.6MW	5214.7	337.8	0.000101	0.000010	0.000586	0.000038	0.000735	1360
028.W_Rijn_3.6MW	5214.4	338.2	0.000187	0.000033	0.000596	0.000040	0.000857	1167
029.W_Rijn_3.6MW	5214.2	338.6	0.000460	0.000100	0.000626	0.000042	0.001228	814
030.W_Rijn_3.6MW	5215.9	336.9	0.000215	0.000040	0.000590	0.000040	0.000884	1131
031.W_Rijn_3.6MW	5215.6	337.3	0.000110	0.000014	0.000576	0.000038	0.000738	1356
032.W_Rijn_3.6MW	5215.4	337.7	0.000069	0.000005	0.000570	0.000037	0.000680	1471
033.W_Rijn_3.6MW	5215.1	338.2	0.000093	0.000011	0.000572	0.000037	0.000713	1403
034.W_Rijn_3.6MW	5214.9	338.6	0.000171	0.000035	0.000581	0.000040	0.000827	1209
035.W_Rijn_3.6MW	5214.6	338.9	0.000434	0.000112	0.000610	0.000042	0.001199	834
036.W_Rijn_3.6MW	5216.4	337.3	0.000195	0.000039	0.000585	0.000040	0.000859	1164
037.W_Rijn_3.6MW	5216.1	337.7	0.000100	0.000013	0.000568	0.000037	0.000719	1392
038.W_Rijn_3.6MW	5215.8	338.1	0.000063	0.000005	0.000564	0.000037	0.000668	1498
039.W_Rijn_3.6MW	5215.6	338.5	0.000088	0.000011	0.000559	0.000037	0.000696	1438
040.W_Rijn_3.6MW	5215.3	338.9	0.000164	0.000037	0.000571	0.000039	0.000811	1233
041.W_Rijn_3.6MW	5215.1	339.3	0.000421	0.000123	0.000598	0.000043	0.001186	844
042.W_Rijn_3.6MW	5217.1	337.2	0.000482	0.000102	0.000616	0.000044	0.001244	804
043.W_Rijn_3.6MW	5216.8	337.6	0.000185	0.000036	0.000583	0.000040	0.000844	1184
044.W_Rijn_3.6MW	5216.6	338.0	0.000096	0.000012	0.000565	0.000038	0.000710	1409
045.W_Rijn_3.6MW	5216.3	338.5	0.000060	0.000004	0.000558	0.000036	0.000657	1521
046.W_Rijn_3.6MW	5216.1	338.8	0.000087	0.000011	0.000553	0.000037	0.000688	1454
047.W_Rijn_3.6MW	5215.8	339.2	0.000160	0.000037	0.000566	0.000040	0.000802	1246
048.W_Rijn_3.6MW	5215.5	339.7	0.000416	0.000129	0.000591	0.000043	0.001179	848
049.W_Rijn_3.6MW	5217.5	337.6	0.000510	0.000104	0.000631	0.000043	0.001288	776
050.W_Rijn_3.6MW	5217.3	338.0	0.000193	0.000034	0.000596	0.000040	0.000863	1159
051.W_Rijn_3.6MW	5217.0	338.4	0.000098	0.000011	0.000576	0.000037	0.000722	1385
052.W_Rijn_3.6MW	5216.8	338.8	0.000060	0.000004	0.000561	0.000036	0.000661	1514
053.W_Rijn_3.6MW	5216.5	339.2	0.000088	0.000011	0.000563	0.000037	0.000699	1430
054.W_Rijn_3.6MW	5216.3	339.6	0.000156	0.000035	0.000574	0.000039	0.000804	1244
055.W_Rijn_3.6MW	5216.0	340.0	0.000407	0.000113	0.000600	0.000042	0.001162	861

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de... jaar
	NB	OL	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
056.W_Rijn_3.6MW	5218.0	337.9	0.000559	0.000102	0.000641	0.000043	0.001346	743
057.W_Rijn_3.6MW	5217.8	338.3	0.000211	0.000033	0.000596	0.000040	0.000880	1136
058.W_Rijn_3.6MW	5217.5	338.7	0.000107	0.000011	0.000574	0.000038	0.000729	1371
059.W_Rijn_3.6MW	5217.2	339.1	0.000064	0.000003	0.000556	0.000035	0.000659	1517
060.W_Rijn_3.6MW	5217.0	339.5	0.000093	0.000011	0.000555	0.000037	0.000696	1437
061.W_Rijn_3.6MW	5216.7	340.0	0.000160	0.000033	0.000566	0.000039	0.000797	1255
062.W_Rijn_3.6MW	5216.5	340.4	0.000406	0.000098	0.000591	0.000040	0.001136	880
063.W_Rijn_3.6MW	5218.5	338.3	0.000634	0.000101	0.000654	0.000043	0.001432	698
064.W_Rijn_3.6MW	5218.2	338.7	0.000240	0.000033	0.000603	0.000039	0.000916	1091
065.W_Rijn_3.6MW	5218.0	339.1	0.000119	0.000011	0.000573	0.000038	0.000740	1352
066.W_Rijn_3.6MW	5217.7	339.5	0.000075	0.000004	0.000558	0.000035	0.000672	1488
067.W_Rijn_3.6MW	5217.4	339.9	0.000102	0.000010	0.000559	0.000036	0.000707	1414
068.W_Rijn_3.6MW	5217.2	340.3	0.000172	0.000031	0.000568	0.000038	0.000810	1235
069.W_Rijn_3.6MW	5216.9	340.7	0.000416	0.000092	0.000590	0.000039	0.001137	879
070.W_Rijn_3.6MW	5218.9	338.6	0.000725	0.000097	0.000672	0.000042	0.001536	651
071.W_Rijn_3.6MW	5218.7	339.0	0.000386	0.000056	0.000629	0.000040	0.001110	901
072.W_Rijn_3.6MW	5218.4	339.4	0.000221	0.000032	0.000598	0.000038	0.000890	1124
073.W_Rijn_3.6MW	5218.2	339.8	0.000155	0.000020	0.000580	0.000037	0.000793	1261
074.W_Rijn_3.6MW	5217.9	340.3	0.000149	0.000020	0.000572	0.000037	0.000778	1285
075.W_Rijn_3.6MW	5217.7	340.7	0.000195	0.000031	0.000577	0.000037	0.000840	1191
076.W_Rijn_3.6MW	5217.4	341.1	0.000450	0.000092	0.000599	0.000038	0.001179	848
077.W_Rijn_3.6MW	5218.6	340.2	0.000423	0.000092	0.000611	0.000039	0.001165	859
078.W_Rijn_3.6MW	5218.4	340.6	0.000384	0.000092	0.000599	0.000039	0.001113	898
079.W_Rijn_3.6MW	5217.9	341.4	0.000502	0.000090	0.000604	0.000038	0.001233	811
Totaal per jaar			0.021411	0.003320	0.048351	0.003115	0.076198	13
Dit is eens in .. jaar			47	301	21	321	13	

Tabel A1-1 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	0.021411	47	0.048351	21	0.069762	14
Niet-routegebonden	0.003321	301	0.003115	321	0.006436	155
Totaal	0.024732	40	0.051466	19	0.076198	13

Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor West Rijn variant 3.6 MW.

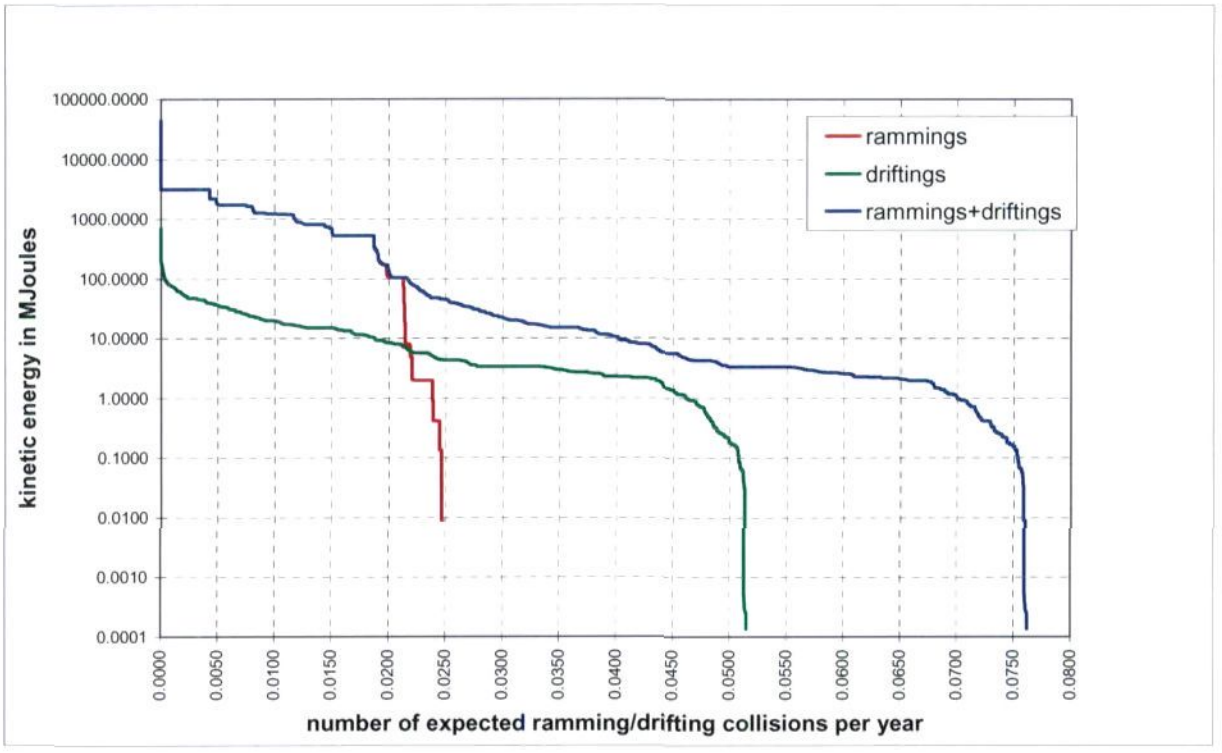
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos[3]	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000161	0.003821	0.001761	0.005743
Chemicalientanker	0.000065	0.005219	0.000891	0.006175
Gastanker	0.000010	0.001139	0.000156	0.001305
Containerschip	0.001270	0.012551	0.011533	0.025354
Ferry	0.000069	0.000760	0.000619	0.001448
Overige R-schepen	0.000440	0.020439	0.008858	0.029737
N-schepen	0.000000	0.000007	0.006429	0.006436
Totaal	0.002015	0.043936	0.030247	0.076198

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	0.000316	0.000014	0.002972	0.004425	0.003108	0.004439	0.006396	0.010834	92
Scheef	0.000001	0.000015	0.000077	0.000017	0.022978	0.000007	0.023057	0.000039	0.023095	43
Omvallen	0.001926	0.000002	0.017378	0.000000	0.020952	0.000000	0.040257	0.000002	0.040258	25
GosMos[1]	0.000214	0.000000	0.001801	0.000000	0.000000	0.000000	0.002015	0.000000	0.002015	496
Totaal	0.002141	0.000332	0.019271	0.002989	0.048355	0.003115	0.069767	0.006436	0.076203	13

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%	1.1%	1.1%	2.9%	4.1%	7.0%	2.9%	5.2%	8.1%
1-3	0.0%	2.4%	2.4%	14.8%	0.0%	14.9%	14.8%	2.4%	17.3%
3-5	0.0%	0.2%	0.2%	14.4%	0.0%	14.4%	14.4%	0.2%	14.6%
5-10	0.0%	0.6%	0.6%	6.8%	0.0%	6.8%	6.8%	0.6%	7.3%
10-15	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	4.8%	4.8%	0.0%	4.8%
15-50	0.1%	0.0%	0.2%	16.7%	0.0%	16.7%	16.9%	0.0%	16.9%
50-100	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	2.6%	2.6%	0.0%	2.6%
100-200	2.9%	0.0%	2.9%	0.4%	0.0%	0.4%	3.3%	0.0%	3.3%
>200	25.1%	0.0%	25.1%	0.0%	0.0%	0.0%	25.1%	0.0%	25.1%
Totaal	28.1%	4.4%	32.5%	63.5%	4.1%	67.5%	91.6%	8.4%	100.0%

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

Uitstroom van bunkerolie in m^3	Windpark West Rijn; inrichtingvariant 3.6 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
0.01-20	0.000013	76153	0.000
20-150	0.000784	1275	0.063
150-750	0.001354	738	0.521
750-3000	0.000363	2752	0.534
3000-10000	0.000007	152931	0.024
Totaal	0.002522	397	1.142

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

Uitstroom van ladingolie in m^3	Windpark West Rijn; inrichtingvariant 3.6 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000140	7146	0.068
750-3000	0.000123	8123	0.286
3000-10000	0.000414	2413	2.243
10000-30000	0.000062	16094	0.967
30000-100000	0.000002	651790	0.049
Totaal	0.000741	1349	3.612

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

Windpark West Rijn; inrichtingvariant 3.6 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 2000	0.002522	397	1.142	0.000741	1349	3.612	306

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

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2000
Zeer hoog ecologisch risico	0.000005
Hoog ecologisch risico	0.000002
Gemiddeld ecologische risico	0.000036
Gering ecologisch risico	0.000063
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000316
Totaal	0.000423
Eens in de ... jaar	2364

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		Groepsriciso
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
Olietanker	0.000017	0.000145	6199	0.85	0.000138	
Chemicaliën tanker	0.000009	0.000057	15294	1.12	0.000073	15294
Gastanker	0.000002	0.000008	102302	1.19	0.000012	102302
Containerschip	0.000128	0.001142	787	8.98	0.011398	
Ferry	0.000007	0.000062	14592	30.59	0.002096	14592
Overige R-schepen	0.000052	0.000388	2272	1.03	0.000451	
N-schepen	0.000000	0.000000		0.00	0.000000	
Totaal	0.000214	0.001801	496	7.03	0.014168	6959

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

nr	Windpark	Aantal tur-bines	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	3.6 MW	79	284	0.0214	0.0033	0.0484	0.0031	0.0762	0.0033	0.0115
2	Rijnveld West	107	321	0.0411	0.0058	0.0689	0.0043	0.1202	0.0046	0.0145
3	Scheveningen Buiten	194	582	0.0373	0.0206	0.1141	0.0101	0.1822	0.0078	0.0135

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

Windpark	Aantal tur-bines	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			
3.6 MW	79	284	0.0214	0.0033	0.0484	0.0031	0.0762	0.0033	0.0115
3.6 MW + Rijnveld West	186	605	0.0626	0.0091	0.1173	0.0074	0.1964	0.0079	0.0131
3.6 MW + Rijnveld West + Scheveningen Buiten	380	1187	0.0998	0.0297	0.2314	0.0176	0.3786	0.0157	0.0133
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0841	0.0250	0.1949	0.0148	0.3188	0.0133	0.0133

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

Windpark	Aantal tur-bines	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			
3.6 MW	79	284	46.7	301.2	20.7	321.0	13.1	306.5	87.2
3.6 MW + Rijnveld West	186	605	16.0	109.6	8.5	134.4	5.1	126.4	76.5
3.6 MW + Rijnveld West + Scheveningen Buiten	380	1187	10.0	33.6	4.3	56.9	2.6	63.5	75.4
Gemiddeld per 1000 MW		1000	11.9	39.9	5.1	67.6	3.1	75.4	75.4

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 tur-bines	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	3.6 MW	79	284	0.0214	0.0033	0.0484	0.0031	0.0762	0.0033	0.0115
2	Rijnveld West	64	320	0.0257	0.0040	0.0417	0.0027	0.0741	0.0028	0.0088
3	Scheveningen Buiten	116	580	0.0233	0.0142	0.0691	0.0063	0.1128	0.0048	0.0082

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

Windpark	Aantal tur-bines	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			
3.6 MW	79	284	0.0214	0.0033	0.0484	0.0031	0.0762	0.0033	0.0115
3.6 MW + Rijnveld West	143	604	0.0471	0.0073	0.0901	0.0058	0.1503	0.0061	0.0101
3.6 MW + Rijnveld West + Scheveningen Buiten	259	1184	0.0704	0.0215	0.1591	0.0121	0.2632	0.0108	0.0091
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0595	0.0181	0.1344	0.0102	0.2222	0.0091	0.0091

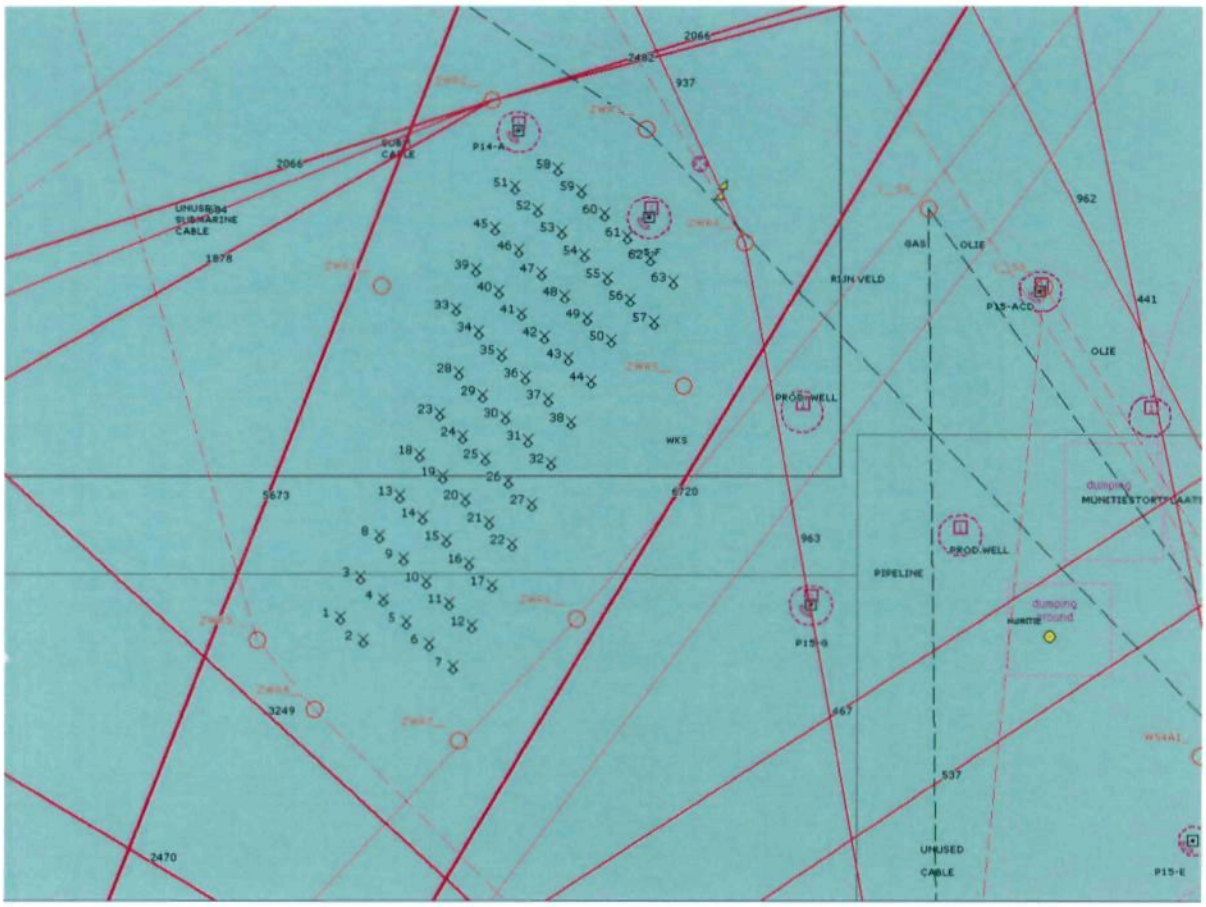
Tabel A1-15 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal tur-bines	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			
3.6 MW	79	284	46.7	301.2	20.7	321.0	13.1	306.5	87.2
3.6 MW + Rijnveld West	143	604	21.2	136.7	11.1	172.0	6.7	164.5	99.4
3.6 MW + Rijnveld West + Scheveningen Buiten	259	1184	14.2	46.5	6.3	82.5	3.8	92.3	10[illegible]
Gemiddeld per 1000 MW		1000	16.8	55.1	7.4	97.7	4.5	109.4	109.4

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 West Rijn; variant met 5 MW turbines



Figuur A2-1 Windpark West Rijn, met 5 MW turbines

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de... jaar
	NB	OL	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.W_Rijn_5MW	5213.2	334.9	0.000848	0.000079	0.000749	0.000043	0.001720	582
002.W_Rijn_5MW	5212.9	335.3	0.000752	0.000082	0.000745	0.000044	0.001623	616
003.W_Rijn_5MW	5213.7	335.3	0.000618	0.000068	0.000722	0.000041	0.001449	690
004.W_Rijn_5MW	*5213.4*	*335.8*	*0.000265*	*0.000020*	*0.000695*	*0.000041*	*0.001021*	*979*
005.W_Rijn_5MW	5213.1	336.2	0.000274	0.000024	0.000697	0.000043	0.001038	964
006.W_Rijn_5MW	5212.8	336.7	0.000434	0.000046	0.000722	0.000044	0.001246	803
007.W_Rijn_5MW	5212.5	337.1	0.000750	0.000085	0.000748	0.000046	0.001629	614
008.W_Rijn_5MW	5214.2	335.7	0.000453	0.000057	0.000685	0.000041	0.001237	808
009.W_Rijn_5MW	5213.9	336.1	0.000201	0.000017	0.000668	0.000041	0.000926	1080
010.W_Rijn_5MW	5213.6	336.6	0.000113	0.000005	0.000640	0.000039	0.000796	1256
011.W_Rijn_5MW	5213.3	337.1	0.000219	0.000020	0.000678	0.000042	0.000959	1043
012.W_Rijn_5MW	5213.0	337.6	0.000564	0.000072	0.000713	0.000045	0.001394	717
013.W_Rijn_5MW	5214.7	336.1	0.000334	0.000048	0.000643	0.000041	0.001066	938
014.W_Rijn_5MW	5214.4	336.5	0.000155	0.000014	0.000632	0.000039	0.000841	1189
015.W_Rijn_5MW	5214.2	337.0	0.000092	0.000005	0.000609	0.000038	0.000743	1345
016.W_Rijn_5MW	5213.9	337.5	0.000171	0.000019	0.000641	0.000041	0.000872	1147
017.W_Rijn_5MW	5213.6	337.9	0.000423	0.000067	0.000673	0.000043	0.001206	829
018.W_Rijn_5MW	5215.3	336.5	0.000259	0.000042	0.000611	0.000041	0.000953	1049
019.W_Rijn_5MW	5215.0	337.0	0.000124	0.000012	0.000594	0.000038	0.000769	1300
020.W_Rijn_5MW	*5214.7*	*337.4*	*0.000076*	*0.000005*	*0.000588*	*0.000038*	*0.000707*	*1415*
021.W_Rijn_5MW	5214.4	337.9	0.000138	0.000018	0.000596	0.000039	0.000791	1264
022.W_Rijn_5MW	5214.1	338.3	0.000333	0.000068	0.000622	0.000043	0.001065	939
023.W_Rijn_5MW	5215.8	336.9	0.000212	0.000039	0.000595	0.000042	0.000888	1127
024.W_Rijn_5MW	5215.5	337.3	0.000104	0.000012	0.000579	0.000038	0.000734	1363
025.W_Rijn_5MW	5215.2	337.8	0.000066	0.000004	0.000574	0.000038	0.000681	1468
026.W_Rijn_5MW	5214.9	338.3	0.000115	0.000017	0.000575	0.000039	0.000746	1340
027.W_Rijn_5MW	5214.6	338.8	0.000276	0.000066	0.000604	0.000042	0.000988	1012
028.W_Rijn_5MW	5216.3	337.3	0.000187	0.000039	0.000587	0.000041	0.000854	1171
029.W_Rijn_5MW	5216.0	337.7	0.000092	0.000011	0.000569	0.000038	0.000711	1407
030.W_Rijn_5MW	5215.7	338.2	0.000059	0.000004	0.000567	0.000037	0.000668	1498
031.W_Rijn_5MW	5215.4	338.7	0.000101	0.000016	0.000566	0.000039	0.000722	1385
032.W_Rijn_5MW	5215.1	339.1	0.000240	0.000062	0.000587	0.000042	0.000931	1074
033.W_Rijn_5MW	5217.1	337.2	0.000505	0.000110	0.000623	0.000045	0.001284	779
034.W_Rijn_5MW	5216.8	337.7	0.000174	0.000034	0.000585	0.000040	0.000834	1199
035.W_Rijn_5MW	5216.5	338.2	0.000087	0.000010	0.000564	0.000038	0.000698	1432
036.W_Rijn_5MW	5216.3	338.6	0.000056	0.000003	0.000558	0.000036	0.000654	1529
037.W_Rijn_5MW	5216.0	339.1	0.000093	0.000014	0.000559	0.000038	0.000704	1419
038.W_Rijn_5MW	5215.7	339.5	0.000215	0.000054	0.000578	0.000041	0.000888	1126
039.W_Rijn_5MW	5217.7	337.6	0.000555	0.000111	0.000643	0.000044	0.001353	739
040.W_Rijn_5MW	5217.4	338.1	0.000185	0.000032	0.000600	0.000040	0.000857	1167
041.W_Rijn_5MW	5217.1	338.5	0.000089	0.000009	0.000576	0.000037	0.000712	1404
042.W_Rijn_5MW	5216.8	339.0	0.000056	0.000003	0.000563	0.000036	0.000658	1520
043.W_Rijn_5MW	5216.5	339.5	0.000091	0.000011	0.000566	0.000038	0.000706	1417
044.W_Rijn_5MW	5216.2	340.0	0.000199	0.000044	0.000582	0.000040	0.000865	1156
045.W_Rijn_5MW	5218.2	338.0	0.000612	0.000112	0.000649	0.000044	0.001417	706
046.W_Rijn_5MW	5217.9	338.5	0.000206	0.000031	0.000600	0.000040	0.000877	1140
047.W_Rijn_5MW	5217.6	338.9	0.000098	0.000009	0.000572	0.000038	0.000717	1395
048.W_Rijn_5MW	5217.3	339.4	0.000061	0.000003	0.000553	0.000036	0.000653	1532
049.W_Rijn_5MW	5217.0	339.9	0.000093	0.000009	0.000557	0.000037	0.000696	1437
050.W_Rijn_5MW	5216.7	340.3	0.000190	0.000033	0.000571	0.000039	0.000834	1199
051.W_Rijn_5MW	5218.7	338.4	0.000709	0.000109	0.000671	0.000043	0.001532	653
052.W_Rijn_5MW	5218.4	338.9	0.000240	0.000031	0.000609	0.000040	0.000919	1088
053.W_Rijn_5MW	5218.1	339.4	0.000151	0.000018	0.000587	0.000038	0.000795	1258
054.W_Rijn_5MW	5217.8	339.8	0.000133	0.000018	0.000575	0.000038	0.000763	1310

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de... jaar
	NB	OL	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
055.W_Rijn_5MW	5217.5	340.3	0.000132	0.000018	0.000568	0.000038	0.000756	1323
056.W_Rijn_5MW	5217.3	340.7	0.000195	0.000029	0.000576	0.000038	0.000838	1193
057.W_Rijn_5MW	5217.0	341.2	0.000556	0.000101	0.000612	0.000040	0.001309	764
058.W_Rijn_5MW	5218.9	339.3	0.000613	0.000104	0.000657	0.000041	0.001415	707
059.W_Rijn_5MW	5218.7	339.7	0.000445	0.000102	0.000626	0.000041	0.001213	824
060.W_Rijn_5MW	5218.4	340.2	0.000368	0.000101	0.000605	0.000040	0.001113	898
061.W_Rijn_5MW	5218.1	340.7	0.000360	0.000100	0.000596	0.000040	0.001096	912
062.W_Rijn_5MW	5217.8	341.2	0.000456	0.000100	0.000605	0.000039	0.001201	833
063.W_Rijn_5MW	5217.5	341.6	0.000601	0.000101	0.000614	0.000039	0.001356	738
Totaal			0.017572	0.002710	0.038871	0.002532	0.061686	16
eens in .. jaar			57	369	26	395	16	

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	0.017570	57	0.038873	26	0.056443	18
Niet-routegebonden	0.002711	369	0.002532	395	0.005243	191
Totaal	0.020281	49	0.041405	24	0.061686	16

Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor West Rijn variant 5MW.

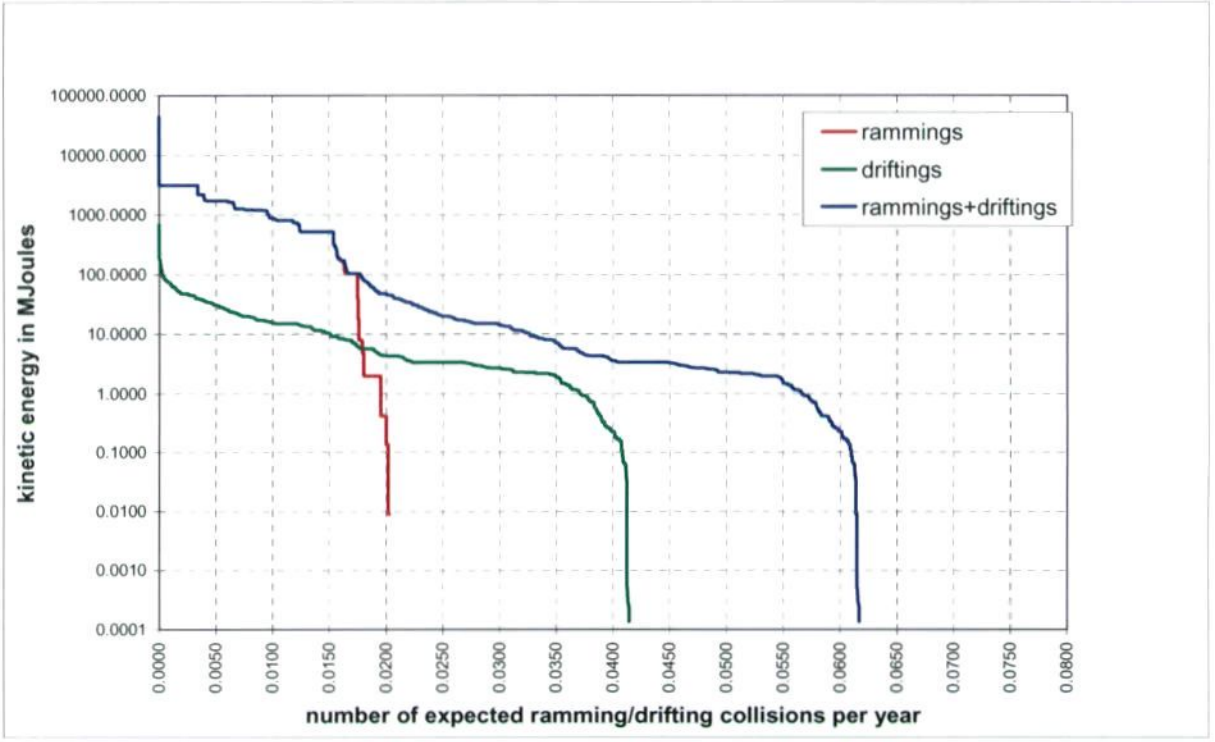
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos[4]	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000149	0.003091	0.001590	0.004830
Chemicalientanker	0.000059	0.004213	0.000780	0.005052
Gastanker	0.000008	0.000915	0.000124	0.001047
Containerschip	0.001021	0.010039	0.009274	0.020334
Ferry	0.000058	0.000609	0.000521	0.001188
Overige R-schepen	0.000360	0.016428	0.007204	0.023992
N-schepen	0.000000	0.000006	0.005237	0.005243
Totaal	0.001655	0.035301	0.024730	0.061686

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

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per miljoen 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	0.000258	0.000011	0.002426	0.003579	0.002526	0.003590	0.005209	0.008799	114
Scheef	0.000001	0.000012	0.000063	0.000014	0.018478	0.000006	0.018542	0.000032	0.018574	54
Omvallen	0.001581	0.000002	0.014260	0.000000	0.016814	0.000000	0.032655	0.000002	0.032656	31
GosMos[1]	0.000175	0.000000	0.001479	0.000000	0.000000	0.000000	0.001654	0.000000	0.001654	604
Totaal	0.001757	0.000271	0.015813	0.002440	0.038871	0.002532	0.056441	0.005243	0.061684	16

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%	1.2%	1.2%	2.9%	4.1%	7.0%	2.9%	5.3%	8.2%
1-3	0.0%	2.4%	2.4%	14.8%	0.0%	14.8%	14.8%	2.5%	17.2%
3-5	0.0%	0.2%	0.2%	14.3%	0.0%	14.3%	14.3%	0.2%	14.5%
5-10	0.0%	0.5%	0.5%	6.7%	0.0%	6.7%	6.7%	0.5%	7.2%
10-15	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	4.8%	4.8%	0.0%	4.8%
15-50	0.1%	0.0%	0.1%	16.6%	0.0%	16.6%	16.7%	0.0%	16.7%
50-100	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	2.6%	2.6%	0.0%	2.6%
100-200	2.9%	0.0%	2.9%	0.4%	0.0%	0.4%	3.3%	0.0%	3.3%
>200	25.4%	0.0%	25.4%	0.0%	0.0%	0.0%	25.4%	0.0%	25.4%
Totaal	28.5%	4.4%	32.9%	63.0%	4.1%	67.1%	91.5%	8.5%	100.0%

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

Uitstroom van bunkerolie in m^3	Windpark West Rijn; inrichtingvariant 5 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
0.01-20	0.000011	94473	0.000
20-150	0.000631	1584	0.050
150-750	0.001087	920	0.418
750-3000	0.000291	3434	0.427
3000-10000	0.000005	191082	0.019
Totaal	0.002026	494	0.915

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

Uitstroom van ladingolie in m^3	Windpark West Rijn; inrichtingvariant 5 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000113	8884	0.054
750-3000	0.000100	9994	0.232
3000-10000	0.000335	2986	1.811
10000-30000	0.000050	20098	0.774
30000-100000	*0.000001*	*814381*	*0.039*
Totaal	0.000599	1671	2.910

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

Windpark West Rijn; 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 2000	0.002026	494	0.915	0.000599	1671	2.910	381

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

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2000
Zeer hoog ecologisch risico	0.000002
Hoog ecologisch risico	0.000001
Gemiddeld ecologische risico	0.000030
Gering ecologisch risico	0.000049
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000259
Totaal	0.000341
Eens in de … jaar	2933

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		Groepsriciso
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	Eens in de … jaar meer dan 10 doden
Olietanker	0.000015	0.000134	6722	1.03	0.000153	
Chemicaliën tanker	0.000008	0.000051	16989	1.26	0.000074	16989
Gastanker	0.000001	0.000007	127065	1.24	0.000010	127065
Containerschip	0.000103	0.000918	979	10.87	0.011102	
Ferry	0.000006	0.000052	17339	36.93	0.002130	17339
Overige R-schepen	0.000042	0.000318	2776	1.19	0.000428	
N-schepen	0.000000	0.000000		0.00	0.000000	
Totaal	0.000175	0.001479	604	8.40	0.013898	8038

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

nr	Windpark	Aantal tur-bines	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	63	315	0.0176	0.0027	0.0389	0.0025	0.0617	0.0026	0.0083
2	Rijnveld West	107	321	0.0411	0.0058	0.0689	0.0043	0.1202	0.0046	0.0145
3	Scheveningen Buiten	194	582	0.0373	0.0206	0.1141	0.0101	0.1822	0.0078	0.0135

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

Windpark	Aantal tur-bines	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	63	315	0.0176	0.0027	0.0389	0.0025	0.0617	0.0026	0.0083
5 MW + Rijnveld West	170	636	0.0587	0.0085	0.1078	0.0069	0.1819	0.0073	0.0114
5 MW + Rijnveld West + *Scheveningen Buiten*	364	1218	0.0960	0.0291	0.2219	0.0170	0.3640	0.0151	0.0124
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0788	0.0239	0.1822	0.0139	0.2989	0.0124	0.0124

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

Windpark	Aantal tur-bines	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	63	315	56.9	369.0	25.7	394.9	16.2	381.0	120.0
5 MW + Rijnveld West	170	636	17.0	117.4	9.3	145.8	5.5	137.5	87.5
5 MW + Rijnveld West + Scheveningen Buiten	364	1218	10.4	34.3	4.5	58.9	2.7	66.2	8[illegible]
Gemiddeld per 1000 MW		1000	12.7	41.8	5.5	71.7	3.3	80.6	80.6

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 tur-bines	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	63	315	0.0176	0.0027	0.0389	0.0025	0.0617	0.0026	0.0083
2	Rijnveld West	64	320	0.0257	0.0040	0.0417	0.0027	0.0741	0.0028	0.0088
3	Scheveningen Buiten	116	580	0.0233	0.0142	0.0691	0.0063	0.1128	0.0048	0.0082

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

Windpark	Aantal tur-bines	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	63	315	0.0176	0.0027	0.0389	0.0025	0.0617	0.0026	0.0083
5 MW + Rijnveld West	127	635	0.0433	0.0067	0.0806	0.0052	0.1358	0.0054	0.0086
5 MW + Rijnveld West + Scheveningen Buiten	243	1215	0.0666	0.0209	0.1497	0.0115	0.2487	0.0102	0.0084
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0548	0.0172	0.1232	0.0095	0.2047	0.0084	0.0084

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

Windpark	Aantal tur-bines	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	63	315	56.9	369.0	25.7	394.9	16.2	381.0	120.0
5 MW + Rijnveld West	127	635	23.1	149.1	12.4	191.2	7.4	183.8	116.7
5 MW + Rijnveld West + Scheveningen Buiten	243	1215	15.0	47.9	6.7	86.6	4.0	98.1	119.2
Gemiddeld per 1000 MW		1000	18.2	58.2	8.1	105.3	4.9	119.2	119.2

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