



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

Juni 2025

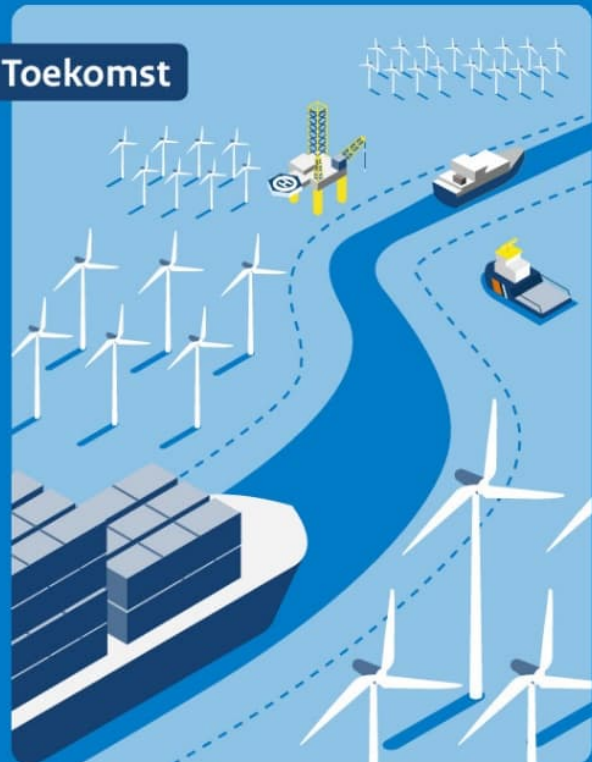
Verdiepingsnota scheepvaartveiligheid windparken op zee

Nú samen koersen naar een veilige Noordzee

Nu



Toekomst



RWS INFORMATIE

Verdiepingsnota Monitoring en Onderzoeksprogramma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee

Evaluatie programmaperiode 2020 – 2025

Datum 01 augustus 2025
Versie 1.01
Status Definitief

Colofon

Uitgegeven door Rijkswaterstaat
Auteur Monitorings- en Onderzoeksprogramma
Scheepvaartveiligheid Wind op Zee i.s.m. Intergo
Graphics Public Cinema
Opmaak Intergo

Datum 01-08-2025
Versie 1.01
Status Definitief

Versiebeheer

Datum	Versie	Status
14-03-2025	0.80	Concept ter interne review MOSWOZ
25-03-2025	0.85	Concept ter interne review MOSWOZ
04-04-2025	0.90	Concept ter interne review MOSWOZ
18-04-2025	0.95	Concept ter interne review RWS en externe review
11-06-2025	1.00	Definitief
01-08-2025	1.01	Aanpassing figuren 13, 15, 21 en 26

Inhoud

Inleiding verdiepingsnota 5

1	Windenergie op zee in Nederland 7
1.1	De Noordzee als locatie voor grootschalige windenergie 7
1.2	Groeiende productie van windenergie op zee 8
1.2.1	Realisatie capaciteit van 4,5GW in 2023 8
1.2.2	Realisatie capaciteit van 21GW in 2032 8
1.2.3	Uitbreiding van capaciteit van windenergie op zee na 2032 9
2	Theoretische introductie risicomanagement 11
2.1	Risicomanagement 11
2.1.1	Risicomanagement proces 13
2.2	Het inschatten van risico's 13
2.3	High Impact, Low Probability (HILP) risico's 14
3	Risico-identificatie 16
3.1	Risicoverhogende situaties 16
3.1.1	Windparken verminderen de beschikbare ruimte op zee 17
3.1.2	Windturbines in de nabijheid van ankergebieden verhogen kans op aanvaring 18
3.1.3	Windparken vereisen extra scheepvaartbewegingen 18
3.2	Overige risicoverhogende aspecten 18
3.2.1	Windparken beperken de inzetmogelijkheden van zoek- en reddingsoperaties 19
3.2.2	Windparken beïnvloeden meteorologische en hydrodynamische omstandigheden 19
4	Risicoanalyse 21
4.1	Risicoanalysemethodieken 21
4.1.1	BowTie: visuele risicoanalyse 21
4.1.2	SAMSON: simulaties en verkeersanalyse 22
4.1.3	Netwerkanalyses door MARIN en kwartaal- en jaarrapportages Kustwacht 22
4.2	Bedreigingen die kunnen leiden tot een incident 24
4.3	Risicobeoordeling kans op incident, zonder aanvullende maatregelen 26
4.4	Analyse van de gevolgen (zonder aanvullende maatregelen) 28
4.4.1	Onderzoek 2D gevolgschade 28
4.4.2	Vervolgonderzoek 3D gevolgschade (3D FEM analyse) 30
4.4.3	Voorbeeld HILP-risico: Vallende nacelle 32
4.5	Praktijkvoorbeelden schip-windturbine aanvaringen/ aandrijvingen 32
4.5.1	Julietta D 32
4.5.2	Maersk Nimbus en Diamond Sky 33
4.6	Beschouwing risicoanalyse 33
5	Risico-evaluatie 35
5.1	Beleidsvisie voor scheepvaartveiligheid op de Noordzee 35
5.2	Relatie risicoanalyse en het beleidsdoel 36
5.2.1	Ontwikkeling risicoscore 36
5.2.2	Risicoacceptatie en doel 36
6	Risicobehandeling - maatregelenpakket 37
6.1	Generieke maatregelen 37
6.1.1	Internationale wet- en regelgeving (preventief & mitigerend) 37
6.1.2	Eisen aan schepen en bemanning (preventief & mitigerend) 38

6.1.3	Navigatie- en communicatie-infrastructuur (preventief) 38
6.1.4	Markeringen (preventief) 38
6.1.5	Actuele weersverwachtingen en weers- en navigatiewaarschuwingen (preventief) 38
6.1.6	Wet- en regelgeving SAR operaties (mitigerend) 39
6.2	Maatregelen aangaande ruimtelijke ordening 41
6.2.1	Inpassing van de windparken en vergunningseisen (preventief & mitigerend) 42
6.2.2	Bufferstroken tussen windparken en verkeersbanen (preventief) 42
6.2.3	Doorvaartpassages en medegebruik van windparken (preventief) 43
6.2.4	Ankercirkels (preventief) 44
6.3	Maatregelenpakket 2020 44
6.3.1	Extra sensoren in en om de windparken (preventief & mitigerend) 46
6.3.2	Extra toezicht en handhaving (preventief) 46
6.3.3	Verkeersmonitoring via VTMon (preventief & mitigerend) 48
6.3.4	Extra noodhulpverleners (preventief & mitigerend) 49
6.3.5	Extra SAR, MIRG en olie- en brandbestrijdingscapaciteit (mitigerend) 53
6.3.6	Gebruik van ankerplaatsen (preventief) 53
6.3.7	Markering doorvaart windparken (preventief) 54
6.3.8	Monitorings- en onderzoeksprogramma WOZ (MOSWOZ) 54
6.4	Aanvullende maatregelen 54
6.4.1	Inzet van drones voor monitoring en toezicht (preventief & mitigerend) 54
6.4.2	No anchoring areas (preventief) 55
6.4.3	SAR-lanes (mitigerend) 55
6.4.4	Towing assistance team (preventief & mitigerend) 56
6.4.5	Noordzeeloods (preventief) 56
6.5	Beschouwing effectiviteit maatregelen 57
6.5.1	Effectiviteit generieke maatregelen 57
6.5.2	Effectiviteit maatregelen ruimtelijke inrichting windparken 57
6.5.3	Effectiviteit maatregelenpakket 2020 57
6.5.4	Effectiviteit in onderlinge samenhang 59
7	Governance, commitment en samenwerking 61
7.1	Invloed Nederlandse overheid op scheepvaartveiligheid 61
7.2	Samenwerking met partners in risicoanalyses voor windparken op zee 62
7.3	Conclusies leiderschap bij risicomanagement scheepvaartveiligheid op zee 62
8	Samenvatting van de bevindingen 64
8.1	Risico-identificatie 64
8.2	Risicoanalyse 64
8.3	Risico-evaluatie 66
8.4	Risicobehandeling 66
8.5	Governance en commitment 67
9	Conclusie en aanbevelingen 68
Verantwoording 73	
Lijst met afkortingen 74	
Lijst van rapportages 75	

Inleiding verdiepingsnota

De Nederlandse Noordzee speelt een cruciale rol in de energietransitie door de aanleg van grootschalige windparken. Deze ontwikkeling heeft impact op de scheepvaartveiligheid door introductie van nieuwe objecten op de Noordzee.

Om de risico's in kaart te brengen en te beheersen, besloot het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) in 2018 om in te zetten op internationale afstemming en de implementatie van beheersmaatregelen. In april 2018 gaf het interdepartementaal directeurenoverleg Noordzee (IDON) opdracht tot onderzoek naar de cumulatieve effecten van de windparken op de scheepvaart. Dit onderzoek, uitgevoerd door het Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) en gepubliceerd in 2019, bestond uit een kwantitatieve analyse van de kans op aanvaringen op de Nederlandse Noordzee en een kwalitatieve beoordeling van de risico's en de effectiviteit van beheersmaatregelen [1].

Op basis van dit onderzoek concludeerde IDON dat zowel preventieve maatregelen (ter voorkoming van aanvaringen) als mitigerende maatregelen (ter beperking van de gevolgen van aanvaringen) noodzakelijk waren [2]. Tijdens het Noordzeeoverleg van Rijkswaterstaat (RWS) werd een definitief maatregelenpakket vastgesteld [3]. Voor de uitvoering hiervan droeg het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) €241 miljoen over aan het ministerie van IenW, ter dekking van onder andere de kosten van het Monitoring en Onderzoeksprogramma Scheepvaartveiligheid Wind Op Zee (MOSWOZ) 2020 – 2025 en de maatregelen voor de scheepvaartveiligheid ten aanzien van de uitrol van de eerste vier windparken [4].

Doelstellingen MOSWOZ [5]:

1. Verminderen van onzekerheden betreffende kennislacunes en aannames voor de toegenomen veiligheidsrisico's (risico = kans x gevolg) op zee samenhangend met windparken op zee;
2. Verminderen van hiaten in kennis en onzekerheden in veronderstellingen/aannames met betrekking tot effectiviteit van mitigerende maatregelen op de veiligheid op zee;
3. Signaleren of maatregelen de toegenomen risico's voldoende mitigeren (doelbereik) en zo nee, welke aanvullende maatregelen overwogen kunnen worden. Dit doel levert belangrijke bouwstenen op voor (eind)evaluatie van het programma.
4. Tijdig te kunnen inspelen op innovaties op het gebied van windenergie op zee.

MOSWOZ heeft geen kosten-baten analyse opgesteld voor de ingezette maatregelen, en wel om de volgende redenen;

- Deze analyse zat niet in de opdracht van MOSWOZ in 2021.
- Doordat er weinig statistische gegevens beschikbaar zijn van incidenten in en nabij windparken is het opstellen van een (maatschappelijke) kosten baten analyse voor de ingezette maatregelen moeilijk. -

MOSWOZ heeft in de afgelopen programmaperiode wel goed inzicht gekregen in de kosten van de ingezette maatregelen. Hiermee kan in de nabije toekomst meer studie naar de kosten-baten van huidige en toekomstige maatregelen ten behoeve van de scheepvaartveiligheid gedaan worden.

Het MOSWOZ-programma publiceert nu 5 jaar na de start haar bevindingen op basis van monitoring en onderzoek. Dit resulteert in het beleidsadvies en verdiepingsnota. Een verdiepingsnota betreft een document dat dieper ingaat op een specifiek onderwerp of beleid. Het biedt gedetailleerde informatie, analyses en aanbevelingen om een beter begrip te krijgen van de materie.

De verdiepingsnota Monitoring en Onderzoeksprogramma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee biedt een evaluatie van de periode 2020 – 2025 op basis van het creëren van overzicht van de belangrijkste bevindingen door bundeling van de resultaten van vijf jaar onderzoek, risicoanalyses en beleidsmaatregelen.

MOSWOZ is gestart met de focus op kennisleemtes en de ontwikkeling van beheersmaatregelen. Gedurende de programmaperiode heeft zich een verbreding voltrokken naar een meer integrale benadering van risicomanagement. Deze risico gestuurde benadering, die nog in ontwikkeling is, vormde aanleiding om de nota uit te werken volgens de internationale normen ISO 31000 en via uitvoering van een Formal Safety Assessment (FSA).

Door toepassing van de ISO 31000 en de FSA-methodiek zijn de beschikbare gegevens gestructureerd en geanalyseerd [6]. Dit verschaft inzicht in de effectiviteit van de maatregelen, biedt handvatten voor verdere besluitvorming en vormt een basis voor toekomstige verbeteringen binnen de aanpak van scheepvaartveiligheid bij windenergie op zee. Op basis van deze evaluatie kan bovendien een vervolgaanpak worden vastgesteld voor risicomanagement, inclusief bijbehorende maatregelen en gerichte kennisontwikkeling.

Leeswijzer

Deze verdiepingsnota bestaat uit negen hoofdstukken:

- Hoofdstuk 1 beschrijft de opkomst van windenergie op zee.
- Hoofdstuk 2 geeft een beknopte theoretische toelichting op belangrijke begrippen uit het risicomanagement die in de overige hoofdstukken worden gebruikt.
- Hoofdstukken 3 tot en met 7 presenteren de uitkomsten van een risicoanalyse volgens de Formal Safety Assessment (FSA)-methodiek, in lijn met ISO 31000. Hierbij staan de vier stappen centraal:
 - Risico-identificatie (Hoofdstuk 3)
 - Risicoanalyse (Hoofdstuk 4)
 - Risico-evaluatie (Hoofdstuk 5)
 - Risicobehandeling (Hoofdstuk 6), inclusief evaluatie van mitigerende maatregelen en innovaties.
- Hoofdstuk 7 gaat in op de governance-structuur rond windenergie op zee in relatie tot MOSWOZ.
- Hoofdstuk 8 biedt een integrale synthese van de bevindingen.
- Hoofdstuk 9 bevat conclusies en aanbevelingen voor beleid ten aanzien van de nautische veiligheid in en rond windparken.

1 Windenergie op zee in Nederland

- 1.1 De Noordzee als locatie voor grootschalige windenergie
Windparken op zee spelen een cruciale rol in het behalen van de klimaatdoelstellingen en het realiseren van voldoende elektriciteit om bijvoorbeeld het consumptief aardgasgebruik terug te dringen. De productie van elektriciteit met windenergie stoot bovendien beduidend minder broeikasgassen uit dan bij fossiele opwekking. Daarnaast is uitstoot bij productie, transport, onderhoud en verwijdering van windturbines slechts een fractie van de hoeveelheid broeikasgassen die een turbine tijdens zijn levensduur bespaart [7].

Naast de bijdrage aan een duurzamer energiesysteem biedt windenergie ook economische en strategische voordelen. Het maakt Nederland minder afhankelijk van de import van olie en gas, terwijl het tegelijkertijd werkgelegenheid creëert en technologische innovatie stimuleert. Dit opent exportkansen voor Nederlandse bedrijven in een groeiende sector. Dit alles weegt op tegen nadelen van windenergie zoals landschapsvervuiling en de moeilijke recyclebaarheid van de rotorbladen [7].

Bovendien biedt de Noordzee uitstekende omstandigheden voor de opwekking van windenergie. Met een oppervlakte van 58.500 km², anderhalf keer zo groot als Nederland, biedt het een groot beschikbaar gebied voor windparken. De relatief ondiepe zeebodem maakt het mogelijk om turbines efficiënt te funderen, terwijl de constante en hoge windsnelheden zorgen voor stabiele energieproductie. Daarnaast bevinden zich langs de kust grote energieverbruikers, zoals industrie en havens, waardoor de opgewekte elektriciteit direct kan worden afgenomen en er sprake is van minimale transportverliezen [8].

De combinatie van duurzaamheid, energiezekerheid en economische kansen vormt de Noordzee tot ideale locatie voor grootschalige windenergieproductie, zoals ook visueel uitgewerkt staat in Figuur 1 [9].

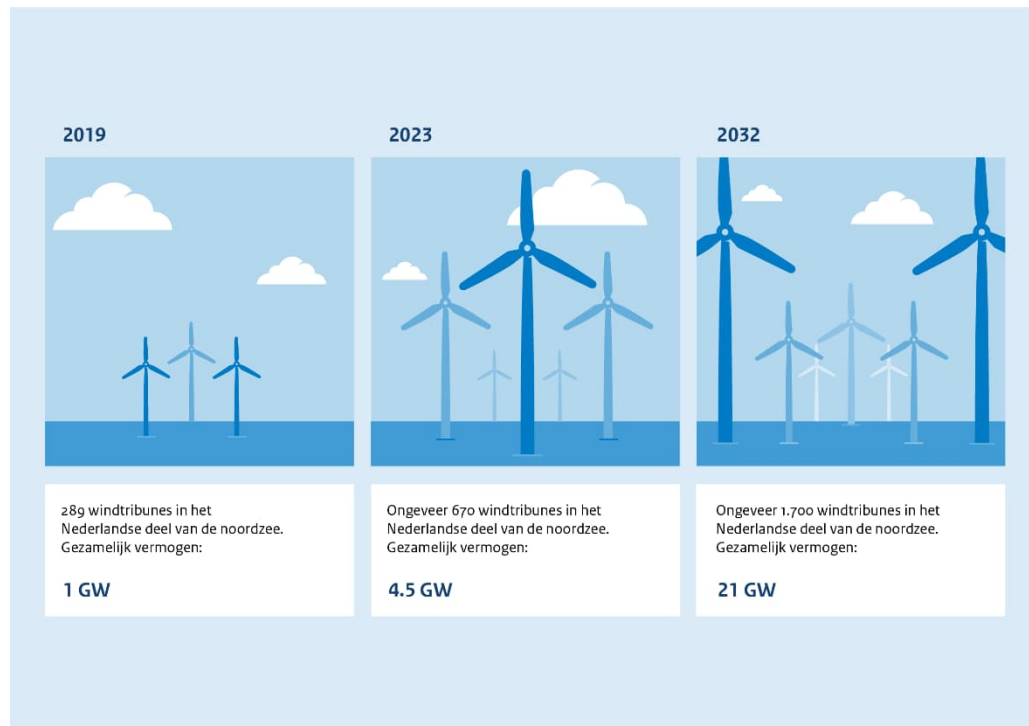


Figuur 1: Voordelen van windenergie-opwekking op de Noordzee [9].

1.2

Groeiende productie van windenergie op zee

Sinds het Klimaatakkoord van 2020 is de ambitie om windenergie op zee binnen twee decennia aanzienlijk uit te breiden [8,10]. De capaciteit van 4,5 GW in 2023 vormt een tussenstap naar de uiteindelijke uitbreiding naar 21 GW (Figuur 2) [11].



Figuur 2: Uitbreiding van windenergie op de Noordzee [10].

1.2.1

Realisatie capaciteit van 4,5GW in 2023

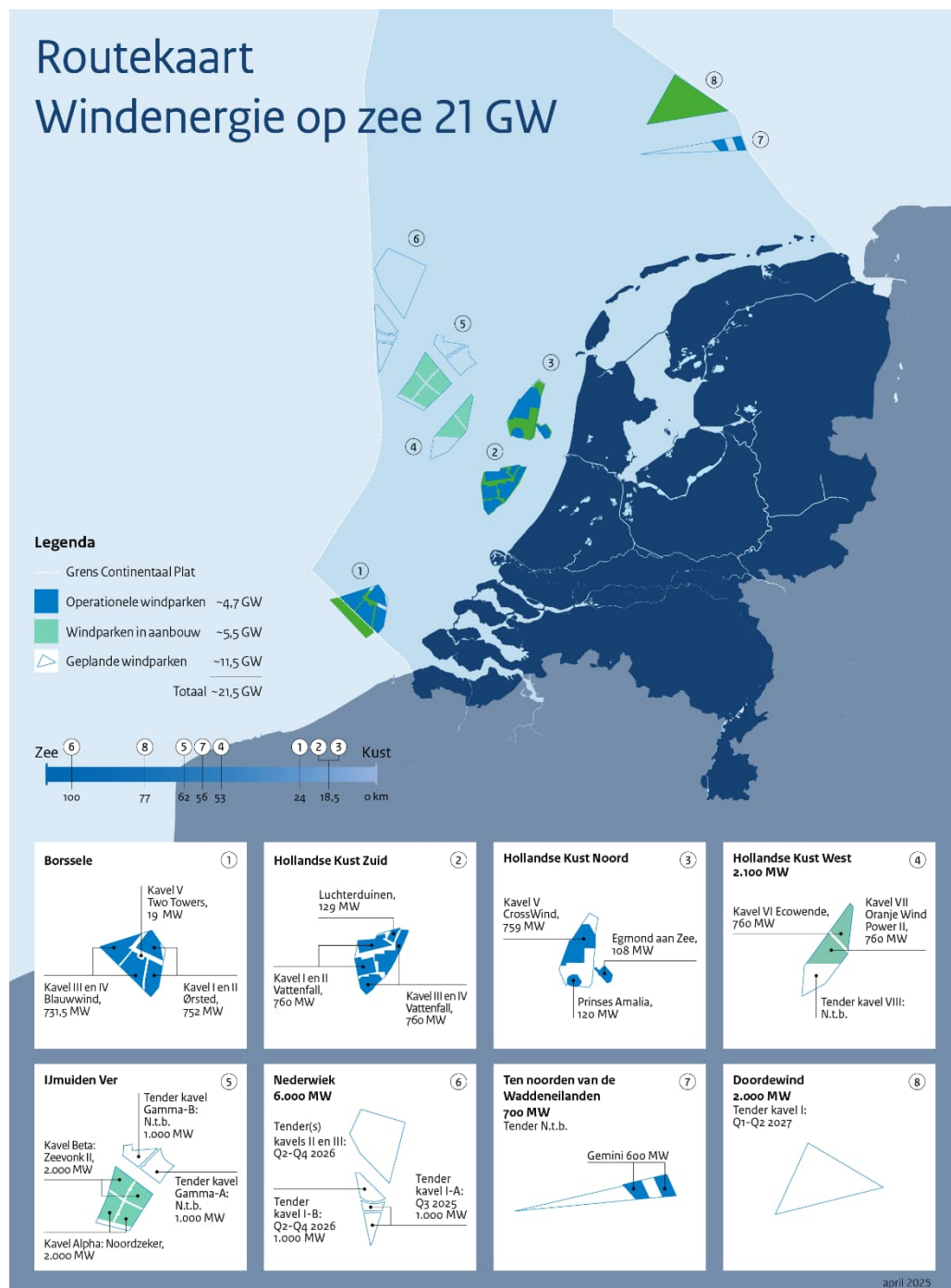
De Nederlandse overheid wijst locaties aan voor windparken op zee [12]. Op basis van de Wet windenergie op zee neemt het Rijk kavelbesluiten, waarin de voorwaarden voor de bouw per kavel worden vastgelegd [13]. Marktpartijen kunnen vervolgens via een tender bieden op een kavel. Het beste bod krijgt het exclusieve recht om daar een windpark te realiseren. De eerste tenders voor nieuwe windparken werden in 2016 uitgezet. Op dat moment waren er vier operationele windparken op zee met een gezamenlijke capaciteit van ongeveer 1GW [14]. In 2023 bedroeg de totale capaciteit van windenergie op zee 4,7GW, waarmee de doelstelling van 4,5GW werd behaald. Dit staat ongeveer gelijk aan 16% van het Nederlandse elektriciteitsgebruik [15]. De nieuwe kavels bevinden zich op drie verschillende locaties in de Noordzee en betreft een totaal van 670 windturbines.

1.2.2

Realisatie capaciteit van 21GW in 2032

Voor de uitbreiding naar 21 GW zijn 15 extra windparkkavels gepland [16]. Het bestemmingsplan voor windenergie is hiervoor al vastgesteld [17].

De routekaart in figuur 3 geeft een overzicht van de bestaande en geplande windenergiegebieden op de Noordzee [15]. Het biedt inzicht in de ruimtelijke planning en de fasering van windenergieprojecten op zee. Dit overzicht helpt bij de coördinatie tussen ministeries en andere partijen voor de verdere ontwikkeling van windenergie op de Noordzee.



Figuur 3: Overzicht van de bestaande en geplande windparken binnen de routekaart voor 2032. De reeds operationele windparken staan in blauw aangegeven, de parken in aanbouw in groen en geplande windparken in wit (situatie november 2024) [15].

1.2.3

Uitbreiding van capaciteit van windenergie op zee na 2032

Voor een zelfvoorzienend Nederland is een windenergiecapaciteit van 72GW nodig [18]. In 2020 werd een Integrale Infrastructuurverkenning uitgevoerd voor de periode 2030-2050. Op basis hiervan heeft het kabinet als doel gesteld om in 2050 70GW aan windenergie op zee te produceren, met een tussendoel van 50GW in

2040. Dit betekent een meer dan verdubbeling van de capaciteit die in 2032 gerealiseerd zal zijn [18].

2 Theoretische introductie risicomanagement

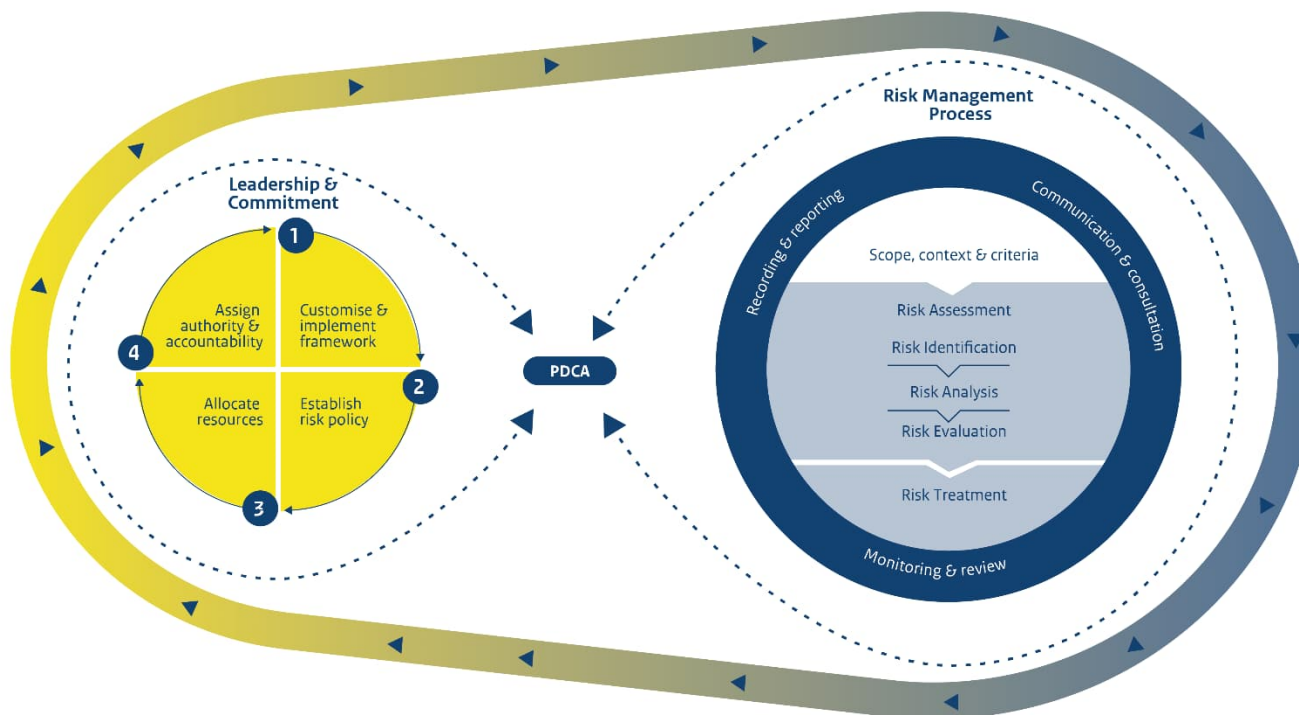
Een risico wordt gedefinieerd als de kans op het optreden van een ongewenste gebeurtenis, veroorzaakt door een bedreiging, met (milieu)schade, letsel of verstoring als mogelijk gevolg. Een voorbeeld is een schip-schipaanvaring, veroorzaakt door navigatiefouten of technische storingen, met schade aan schepen, milieuschade, letsel en stremming van de vaarweg als gevolg. In dit hoofdstuk wordt een algemene introductie gegeven op het risicomanagement, waarbij de kernprincipes en enkele methoden worden besproken. Dit vormt de basis voor de verdere analyse, waarin specifiek wordt ingegaan op de risico's van windparken voor de scheepvaartveiligheid en de bijbehorende beheersmaatregelen.

2.1 Risicomanagement

Elke organisatie kent gevaren, die kunnen leiden tot ongewenste gebeurtenissen. De kans dat deze gebeurtenissen optreden en het gevolg hiervan bepaalt het risico. Binnen het programma MOSWOZ zijn onderzoeken uitgevoerd met als doel nieuwe en verbeterde inzichten te verkrijgen in de (beheersing van) risico's voor de scheepvaart als gevolg van windparken op zee [5]. MOSWOZ heeft de focus op de scheepvaartveiligheidsrisico's als gevolg van de bouw van windparken op de Noordzee. Echter, deze risico's kunnen niet los worden gezien van risico's breed op de Noordzee en relevante ontwikkelingen: scheepvaartintensiteit, schaalvergroting, overig gebruik van de Noordzee. Tevens moeten risico's een plaats krijgen in de integrale afweging met onder andere ecologie, visserij, scheepvaart en defensie. MOSWOZ geeft conform de opdracht invulling aan het sectoraal aspect scheepvaartveiligheid in en nabij windparken om in deze integrale afweging scheepvaartveiligheid op een juiste wijze mee te wegen [5].

Risicomanagement is het proces waarin organisaties onzekerheden identificeren, analyseren en beheersen om negatieve gevolgen te minimaliseren en kansen optimaal te benutten. Het helpt om als organisatie beter voorbereid te zijn op de risico's en beslissingen te nemen op basis van inzicht in potentiële gevaren en mogelijkheden. ISO 31000 en de FSA-methodologie zijn internationale standaarden die richtlijnen bieden voor een gestructureerde en effectieve aanpak van risicomanagement. Het helpt organisaties om risico's systematisch in kaart te brengen, te beoordelen en passende maatregelen te nemen. De standaard is toepasbaar op alle sectoren en zorgt ervoor dat risicomanagement niet als een losstaande taak wordt gezien, maar geïntegreerd wordt in strategie, besluitvorming en dagelijkse processen. Hierdoor wordt een organisatie veerkrachtiger en beter in staat om haar doelstellingen te bereiken, zelfs in een veranderende en onzekere omgeving [6].

Risicomanagement is geen losstaande activiteit, maar een samenhangend systeem. De principes vormen de basis, het kader zorgt ervoor dat risicomanagement goed is ingebed in de organisatie en het proces helpt om risico's op een gestructureerde manier te beheersen. Figuur 4 geeft het schematisch weer.



Figuur 4: Overzicht van het risicomanagementproces (rechts) omfattende de onderdelen van de FSA-methodologie, zoals beschouwd in deze verdiepingsnota. Aan de linkerkant staan de relevante aspecten ten aanzien van governance en commitment gepresenteerd.

Het model uit Figuur 4 benadrukt dat risicomanagement een continu proces is, dat zich steeds aanpast aan nieuwe omstandigheden. Daarnaast laat het zien dat leiderschap een centrale rol in effectief risicomanagement speelt. In het kader van leiderschap wordt door RWS gesproken van governance. Governance zorgt ervoor dat risicomanagement niet alleen op papier staat, maar daadwerkelijk toegepast wordt in organisaties. Leiders, zoals het topmanagement en andere verantwoordelijke functionarissen, moeten een duidelijke visie en betrokkenheid tonen bij het beheersen van risico's. Dit volgt uit verschaffing van een kader met hierin de middelen, verantwoordelijkheden en doelstellingen voor de betrokken partijen. Risicomanagement wordt actief ondersteund, geïntegreerd in besluitvorming en het belang ervan wordt uitdragen naar alle medewerkers [6]. Hoewel governance buiten de primaire scope van MOSWOZ valt, vormt het een essentiële randvoorwaarde voor een samenhangend systeem en daarmee voor effectief risicomanagement binnen het programma *scheepvaartveiligheid Wind op Zee*. Effectief risicomanagement vraagt leiderschap dat duidelijke kaders stelt en risicobewustzijn stimuleert. Denk hierbij aan:

- Het formuleren van heldere risicocriteria: bepalen welke risico's acceptabel zijn en welke niet.
- Het vaststellen en communiceren van duidelijke rollen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden.
- Het beschikbaar stellen van voldoende capaciteit (middelen, tijd en expertise) voor risicomanagementactiviteiten.

2.1.1 *Risicomanagement proces*

Het risicomanagementproces is een systematische aanpak waarmee organisaties risico's identificeren, analyseren en beheersen. Voor de scheepvaart en windparken op zee helpt dit proces om onzekerheden in complexe maritieme omgevingen beter te begrijpen en passende maatregelen te nemen. Hiermee kunnen aanvaringen, operationele verstoringen en andere risico's worden beperkt, terwijl kansen voor veilige en efficiënte windenergieproductie optimaal worden benut.

Onderstaand worden de stappen kort toegelicht die in deze verdiepende nota aan de orde zullen komen [6].

- **Risico-identificatie.** In deze stap worden de risico's in kaart gebracht. Dit gebeurt door verschillende informatiebronnen te gebruiken, zoals historische incidentgegevens, nautische simulaties, expertsessies en analyses van scheepvaartbewegingen.
- **Risicoanalyse.** Niet alle incidenten hebben dezelfde kans van of gevolg bij optreden. Tijdens de analyse wordt beoordeeld hoe waarschijnlijk een incident is en wat de gevolgen zijn voor zowel scheepvaart als windparkinfrastructuur. Dit kan zowel kwalitatief (bijvoorbeeld op basis van expertbeoordelingen) als kwantitatief worden uitgevoerd.
- **Risico-evaluatie.** Na de analyse wordt bepaald welke risico's acceptabel zijn en welke aanvullende maatregelen vereisen. Hierbij wordt gekeken naar factoren zoals doorvaart in passages, de effectiviteit van bestaande beheersmaatregelen en de impact op logistieke routes en onderhoudswerkzaamheden.
- **Risicobehandeling.** Wanneer een risico onacceptabel is, worden maatregelen genomen om het te beheersen. Dit kan bijvoorbeeld door het aanpassen van scheepvaartroutes, het verbeteren van detectiesystemen, of de inzet van verkeersmonitoring. Vaak wordt een combinatie van maatregelen ingezet om de scheepvaartveiligheid te waarborgen.

2.2 Het inschatten van risico's

Niet elk ongewenste gebeurtenis heeft dezelfde gevolgen. Sommige gebeurtenissen komen regelmatig voor en hebben beperkte gevolgen, terwijl andere ongewenste

gebeurtenissen zeldzaam zijn maar een catastrofaal gevolg kunnen hebben. Een risicomatrix, die wordt opgesteld met een werkwijze gebaseerd op scenariodenken, biedt een systematische methode om risico's te beoordelen op basis van kans en gevolg. Met behulp van deze matrix kunnen risico's geprioriteerd worden en passende beheersmaatregelen genomen worden.

Een risicomatrix beoordeelt risico's op basis van twee factoren:

- De kans dat een gebeurtenis optreedt (bijvoorbeeld een aanvaring die eens in de twintig jaar voorkomt ofwel een aanvaring die jaarlijks voorkomt).
- Het gevolg als de gebeurtenis optreedt (bijvoorbeeld lichte schade of een grote milieuramp).

Figuur 5 toont de risicomatrix die voor de Noordzee wordt gebruikt [19].

Effect klasse	Veiligheid, Gezondheid, Maatschappij	Milieuschade	Economische schade voor RWS en eigenaar/stremming	Maximaal 1x per 20 jaar	Tussen 1x per 20 jaar en 1x per 2 jaar	Tussen 1x per 2 jaar en 5x per jaar	Meer dan 5x per jaar
5 - Zeer ernstig	Meer dan 10 doden	Zeer grote impact - Omvangrijke schade aan flora en fauna in een groot gebied, waarbij herstel jaren gaat duren.	Stremming vaargeul meer dan 7 dagen en/of materiele schade groter dan 100 mln.				
4 - Ernstig	Meer dan 10 ernstig gewonden en/of minder dan 10 doden	Significante impact - Ernstige verstoring van meer dan 1 jaar in een middelgroot gebied, Grotendeels herstel van milieuwwaarden binnen een periode van enkele jaren mogelijk.	Stremming vaargeul tussen 1 en 7 dagen en/of materiele schade tussen 15 en 100 mln.				
3 - Beperkt	Geen doden, minder dan 10 ernstig gewonden	Lokale verstoring - middelgrote en vooral tijdelijke schade aan flora en fauna, ongewenste milieubelasting duurt maximaal 1 jaar. Volledige herstelmogelijkheden van het milieu.	Stremming vaargeul 1 dag en/of materiele schade tussen 1 en 15 mln.				
2 - Licht	Overwegend licht gewonden	Kortdurende overschrijding van grenswaarden in een klein gebied zonder blijvende schade aan flora en fauna. Volledig herstel is verzekerd.	Stremming vaargeul enkele uren en/of materiele schade tot 1 mln.				
1 - Nihil	Geen slachtoffers	Geen effect	Minder dan 1 uur stremming en geen materiele schade.				

Figuur 5: *Risicomatrix Noordzee met horizontaal de kans van incidenten uitgewerkt en verticaal de gevolgen. De hoogte van risico's wordt in kleur uitgedrukt [19].*

Afhankelijk van de kans en het gevolg, wordt aan het resulterende risico een urgentie voor opvolging gekoppeld. Zo vereist een rood risico mitigatie. Tabel 1, afkomstig uit de risicomatrix Noordzee, geeft dit weer [19].

Tabel 1: *Koppeling tussen de hoogte van risico's uit risicomatrix Noordzee (Figuur 5) en de urgentie voor het nemen van maatregelen [19].*

Risico
Mitigatie noodzakelijk
Mitigatie zo mogelijk implementeren
Eventueel mitigatie implementeren
Geen mitigaties noodzakelijk

2.3

High Impact, Low Probability (HILP) risico's

Veel organisaties gebruiken een risicomatrix om risico's in te schatten op basis van kans en gevolg. Dit werkt goed voor frequente, beheersbare risico's, maar heeft beperkingen bij zeldzame incidenten met grote gevolgen (ofwel impact). Deze High Impact, Low Probability (HILP)-risico's zijn zeldzaam, maar kunnen extreme gevolgen hebben op mens, milieu en economie. HILP-risico's staan ookwel bekend als Low-Probability High-Consequence (LP-HC) risico's. Deze risico's vormen een

uitdaging voor risicomanagement, omdat ze moeilijk te voorspellen, vaak onderschat en complex te beheersen zijn [20]. De uitdagingen zijn onder andere:

1. Onvoldoende aandacht voor kettingreacties. Risicomatrices vereenvoudigen risico's tot geïsoleerde gebeurtenissen, terwijl HILP-risico's vaak ontstaan door een combinatie van factoren (bijvoorbeeld slecht weer + menselijke fout + technisch falen). Daarnaast hebben ernstige incidenten vaak systemische gevolgen, zoals verstoring van wereldwijde logistieke ketens of milieu-impact die decennia aanhoudt. Een risicomatrix houdt hier meestal geen rekening mee.
2. Onderwaardering van extreme scenario's. Een risicomatrix werkt vaak met een vaste schaal (bijv. 1-5), terwijl HILP-risico's schade kunnen veroorzaken die veel groter is dan de hoogste schaal van de risicomatrix. Risicomatrices geven vaak een lage prioriteit aan risico's met een minimale kans, zelfs als het gevolg catastrofaal is. Hierdoor krijgen deze risico's minder aandacht in preventie- en beheersmaatregelen.

Om deze tekortkomingen te ondervangen, is het noodzakelijk de risicomatrix aan te vullen met andere methoden voor risicoanalyse, zoals scenario-analyses, BowTie-analyses en stresstests. Op die manier kunnen organisaties beter anticiperen op complexe risico's en veerkrachtiger reageren op onvoorziene gebeurtenissen.

In de scheepvaart kunnen HILP-risico's leiden tot ernstige ongelukken, verlies van mensenlevens, ecologische rampen en economische schade. Enkele voorbeelden [21,22]:

Ever Given-blokkade van het Suezkanaal (2021) | Een enkel schip blokkeert een van de drukste vaarroutes ter wereld.

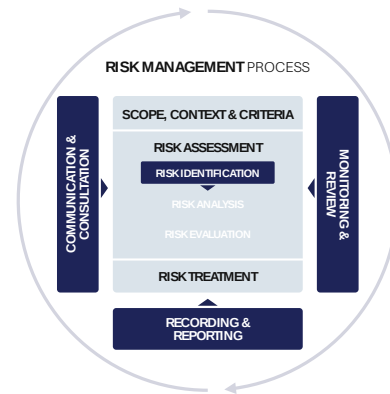
- Kans: Zeer klein
- Gevolg: Wereldwijde supply chain-verstoringen, economische schade van miljarden euro's.
- Welke factoren droegen eraan bij dat het risico was onderschat en de ernstige gevolgen konden optreden?
 - o Navigatie in het kanaal leek veilig door bestaande begeleiding.
 - o Er was geen effectief noodplan voor het snel verwijderen van een groot containerschip.
 - o Er was niet geanticipeerd op de effecten van klimaatveranderingen [23].

Costa Concordia-ramp (2012) | Een cruiseschip komt in aanvaring met rotsen door een navigatiefout van de bemanning.

- Kans: Zeer klein
- Gevolg: 32 doden, enorme schade aan het schip en reputatieschade voor de sector.
- Welke factoren droegen eraan bij dat het risico was onderschat en de ernstige gevolgen konden optreden?
 - o Vertrouwen in technologie en ervaren bemanning overschaduwde de kans op menselijke fouten.
 - o Evacuatieplannen hielden onvoldoende rekening met paniek en slechte weersomstandigheden.
 - o De keten van risicoverhogende factoren (menselijk, technisch en organisatorisch) werd niet vooraf gesimuleerd.

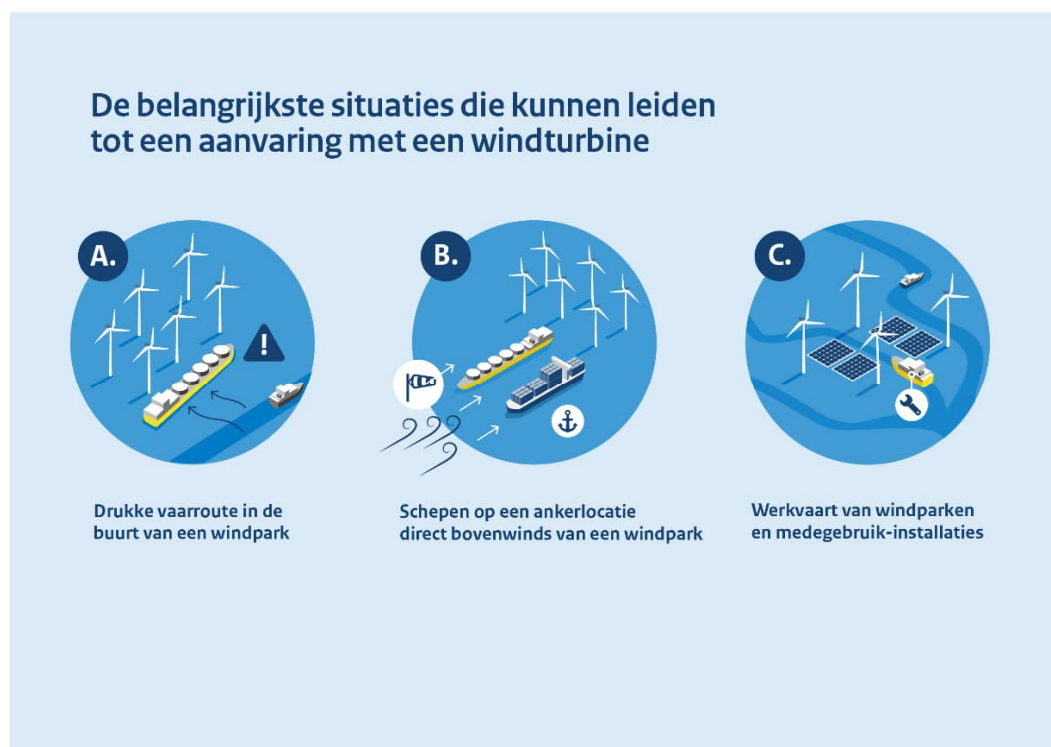
3 Risico-identificatie

Risico-identificatie is het proces van het in kaart brengen van potentiële risico's die voortvloeien uit de aanwezigheid van windparken op de Noordzee op de scheepvaartveiligheid. Dit omvat het herkennen van bedreigingen zoals navigatiefouten, verminderde manoeuvreerruimte en veranderende weersomstandigheden, toenemende drukte en diversificatie van het ruimtegebruik. Deze bedreigingen kunnen leiden tot incidenten zoals aanvaringen met windturbines of andere schepen. Een risico-identificatie vormt de basis voor het beslisproces over welke beheersmaatregelen er ingezet gaan worden binnen het programma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee.



3.1 Risicoverhogende situaties

De analyses van MOSWOZ laten zien dat de veranderende situatie op de Noordzee leidt tot drie situaties, die risicoverhogend zijn voor de scheepvaartveiligheid. Deze situaties, zie Figuur 6, geven uitdagingen van windparken op scheepvaartveiligheid.



Figuur 6: Overzicht van de drie risico verhogende situaties als gevolg van de aanleg van windparken op zee voor de scheepvaartveiligheid.

3.1.1

Windparken verminderen de beschikbare ruimte op zee

In 2023 stonden er 670 windturbines op de Nederlandse Noordzee, maar dit aantal neemt snel toe. Dit heeft gevolgen voor de scheepvaart, aangezien windturbines fysieke obstakels vormen en de beschikbare ruimte verminderen (zie Figuur 7). Gebieden die voorheen vrij toegankelijk waren, worden bezet door vaste objecten, waardoor schepen minder manoeuvreerruimte hebben. Dit geeft het scheepvaartverkeer beperktere vaarruimte. Bij technische problemen of extreme weersomstandigheden hebben schepen buiten de verkeersbaan minder ruimte wat de kans op aanvaringen tussen schepen en met windturbines vergroot.

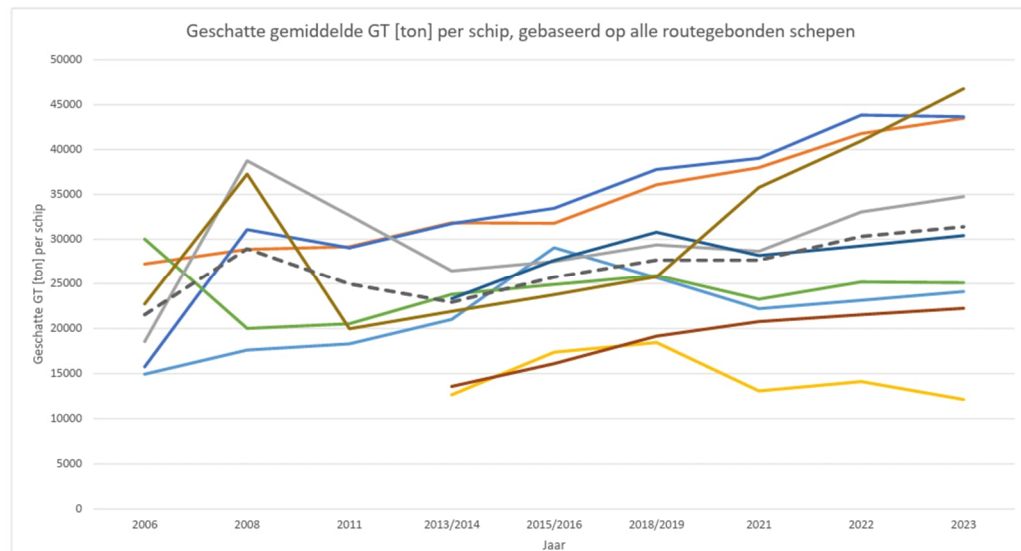
De aanleg van kabels en leidingen voor windparken wordt via projectbesluiten en vergunningsverlening gereguleerd, zodat deze geen obstakel vormen voor andere Noordzeegebruikers [24,25]. Wel worden uitdagingen gezien ten aanzien van ankeren, omdat dit in noodgevallen niet meer overal mogelijk is. Verschillende maatregelen ten aanzien van ankeren worden in Hoofdstuk 6 besproken.

Ook veranderingen in de vlootopbouw van de scheepvaart beïnvloeden de beschikbare ruimte. Hoewel het aantal schepen op de Nederlandse Noordzee stabiel blijft, neemt van routegebonden schepen de gross tonnage (GT) toe [26]. Grotere schepen hebben een beperktere wendbaarheid, wat bij beperkte vaarruimte de kans op incidenten verhoogt. Dit is vooral relevant voor de diepwaterroutes, die door de International Maritime Organization (IMO) zijn aangewezen om grote zeeschepen een veilige doorgang te bieden.

Waar schepen vroeger relatief veilig buiten de vaarroutes konden drijven of ankeren, neemt die ruimte snel af. Daardoor groeit de kans dat een schip onbedoeld een windpark binnendrijft en in aanvaring komt met één of meerdere windturbines. Figuur 8 geeft een overzicht van de gemiddelde GT van routegebonden schepen op de Nederlandse Noordzee tussen 2006 en 2023. De zwarte stippellijn toont het gemiddelde, waarbij de gemiddelde GT tussen 2006 en 2023 is gestegen van 22.000 naar 32.000 GT, een toename van circa 45,5% [26].



Figuur 7: Schematische weergave van de invloed van windparken op zee op de manoeuvreerruimte van scheepvaart.



Figuur 8: Weergave van de gemiddelde grosse tonnage (GT) per schip van de routegebonden schepen op de Noordzee. De vaarroutes zijn in verschillende kleuren weergegeven. Het gemiddelde voor de Nederlandse Noordzee staat getoond met de zwarte stippellijn. Er is een stijging hierbij zichtbaar in de afgelopen 10 jaar [26].

3.1.2

Windturbines in de nabijheid van ankergebieden verhogen kans op aanvaring

Op de Nederlandse Noordzee dienen ankergebieden als wachtruimte voor schepen. Hoewel het totale aantal schepen dat voor anker gaat de afgelopen jaren is afgenomen, blijven de ankergebieden nabij de kust druk bezet [26]. In recente jaren zijn meerdere incidenten voorgekomen waarbij schepen op drift raakten richting een windpark [26]. Bij ankergebieden die bovenwinds van een windpark liggen, kunnen schepen (bij ankerverlies of storm) afdrijven en in aanvaring komen met windturbines. De ligging ten opzichte van windparken is kritisch. Bij storm of harde wind kan een schip door bijvoorbeeld een krabbend of verloren anker afdrijven en in een windpark terechtkomen. De ligging van windparken ten opzichte van ankergebieden is daarom een belangrijk aandachtspunt in de risicoanalyse.

3.1.3

Windparken vereisen extra scheepvaartbewegingen

Netwerkanalyses van MARIN en kwartaalanalyses van de Kustwacht tonen een correlatie tussen de bouwstatus van windparken en het aantal scheepsbewegingen naar die gebieden. Bij aanleg van een windpark heb je een piek in werkverkeer, en na realisatie zijn er bewegingen binnen het windpark voor onderhoud en inspectie. Zo nam in 2023 het werkverkeer naar Hollandse Kust Zuid af nadat het park operationeel werd, terwijl het werkverkeer naar Hollandse Kust Noord toenam door de voortgaande bouw [26]. Het niet-routegebonden scheepvaartverkeer binnen de windparken groeit, bestaande uit verschillende vaartuigen die elkaar kruisen en interacteren [1]. Dit verhoogt de kans op aanvaringen, zowel tussen schepen als met windturbines, waarbij uitwijkmogelijkheden beperkter zijn.

3.2

Overige risicoverhogende aspecten

Naast de drie hierboven benoemde situaties brengen windparken op zee ook andere risicoverhogende aspecten met zich mee. Hoewel de invloed van deze uitdagingen op het risico verschilt, is het belangrijk om deze aspecten te onderkennen en te onderzoeken. Deze sectie belicht twee relevante aspecten voor windenergie op zee:

1. Windparken beperken inzetmogelijkheden van zoek- en reddingsoperaties

2. Windparken beïnvloeden meteorologische en hydrodynamische omstandigheden

Beide aspecten beïnvloeden de scheepvaartveiligheid. De operabiliteit van de scheepvaart en hulpdiensten vereisen dus aandacht binnen het risicomanagement.

3.2.1

Windparken beperken de inzetmogelijkheden van zoek- en reddingsoperaties

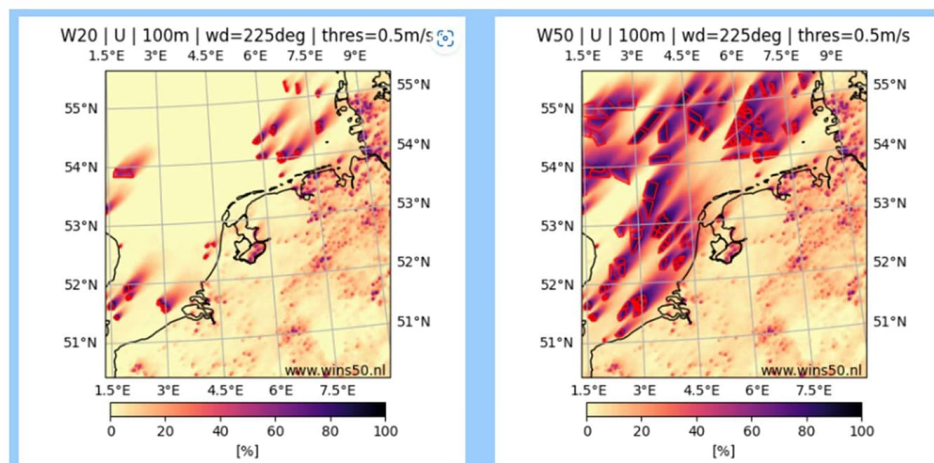
De introductie van windparken leidt tot een verminderde mogelijkheid tot het efficiënt uitvoeren van reddingsoperaties en bij brand- en oliebestrijding [27]. Binnen een afstand van 30 nautische mijl (NM) van de Nederlandse kust is de Koninklijke Nederlandse Redding Maatschappij (KNRM) uitgerust om SAR-taken uit te voeren [28]. Windparken bevinden zich in 2032 ook buiten deze afstand. Daarmee nemen de operationele uitdagingen toe naarmate windparken verder op zee worden geplaatst. De lange vaartijden en ruigere omstandigheden verminderen de mogelijkheden om effectief op een incident in te kunnen grijpen. De windturbines beïnvloeden de verplichte veiligheidsafstand van luchtvaartuigen. Bij laaghangende bewolking kunnen helikopters daardoor niet eenvoudig onder de wolken vliegen, wat de inzet van luchtsteun beperkt (het vliegen met een helikopter door een windpark kan alleen als de piloot dit veilig acht). Ook zijn schepen terughoudend om hulp te bieden binnen windparken, vanwege de beperkte manoeuvreerruimte en de kans op schade of om zelf in de problemen te raken [28]. Medegebruik van ver gelegen windparken, ofwel de benutting voor andere functies of activiteiten zoals visserij, recreatie en onderhoudswerkzaamheden op een afstand ver op zee, leidt tot meer persons at risk, waardoor het aantal hulpvragen voor de Kustwacht kan toenemen.

3.2.2

Windparken beïnvloeden meteorologische en hydrodynamische omstandigheden

Verscheidene onderzoeken zijn uitgevoerd over de invloed van windturbines op de hydrodynamica en meteorologie in relatie tot bijvoorbeeld het ecosysteem en voor de luchtvaart. In het MOSWOZ programma is aanvullend onderzoek naar de invloed voor scheepvaartveiligheid uitgevoerd [29-31]. Drie gevolgen zijn geduid:

- a. Windparken resulteren in windveranderingen met aan de boven- en benedenwindse wijde een afname van windsnelheid (blockage effect) en aan de zijkanten (flanken) juist een toename (wake effect). Kleinere schepen die de windparken passeren zullen variaties in windsnelheden ervaren die mogelijk invloed heeft op het vaargedrag van de schepen. Hier dient de bemanning op te (kunnen) anticiperen. Figuur 9 toont de veranderingen in de wake effects op de Noordzee tussen 2020 (links) en 2050 (rechts).



Figuur 9: Invloed van windparken op windpatronen op de Noordzee.

- b. In de wintermaanden kunnen windparken benedenwinds mistlagen veroorzaken, wat het zicht vermindert. Experts beschouwen dit fenomeen, zoals Figuur 10 toont, als zeldzaam. Actuele data kunnen aanvullend onderzoek mogelijk maken en de Kustwacht voorzien van waardevolle informatie bij SAR-operaties.



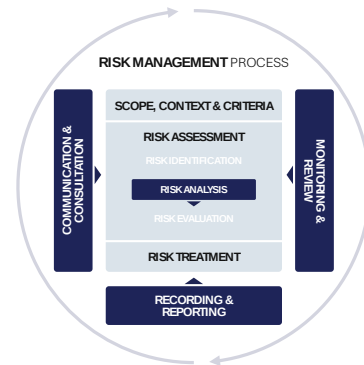
Figuur 10: *Mistlagen benedenwinds van windparken.*

- c. Windparken verminderen in beperkte mate de golfhoogte en verstoren het stromingspatroon, waardoor de stroomsnelheden afnemen. Deze effecten kunnen zich uitstrekken tot 20 km daarbuiten. Het lijkt niet waarschijnlijk dat dit de manoeuvreerbaarheid van schepen significant beïnvloedt. De maximale verschillen in golfhoogte bedragen ongeveer 0,5 meter. Hoewel er geen maatstaf is om de gevolgen voor de scheepvaartveiligheid exact te bepalen, schatten experts de gevolgen als minimaal, zelfs bij de verdere opschaling aanleg windparken tot 2050.

Windparken hebben daarmee lokaal effecten op meteorologische en hydrodynamische omstandigheden. Uit onderzoek binnen het programma blijkt echter dat de impact op de scheepvaartveiligheid beperkt is en niet wordt beschouwd als één van de grootste risicoverhogende aspecten op de Noordzee.

4 Risicoanalyse

Bij een risicoanalyse worden de kenmerken van scheepvaart gerelateerde risico's in en rondom windparken op de Noordzee geëvalueerd, zoals de kans en gevolgen van aanvaringen. Het doel is om inzicht te verkrijgen in deze risico's, zodat onderbouwde beslissingen kunnen worden genomen over maatregelen en beleidsaanpassingen binnen het programma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee. Voor uitvoering van een risicoanalyse zijn vele methodieken beschikbaar, waarvan de resultaten en relevante bevindingen in dit hoofdstuk worden uitgewerkt.

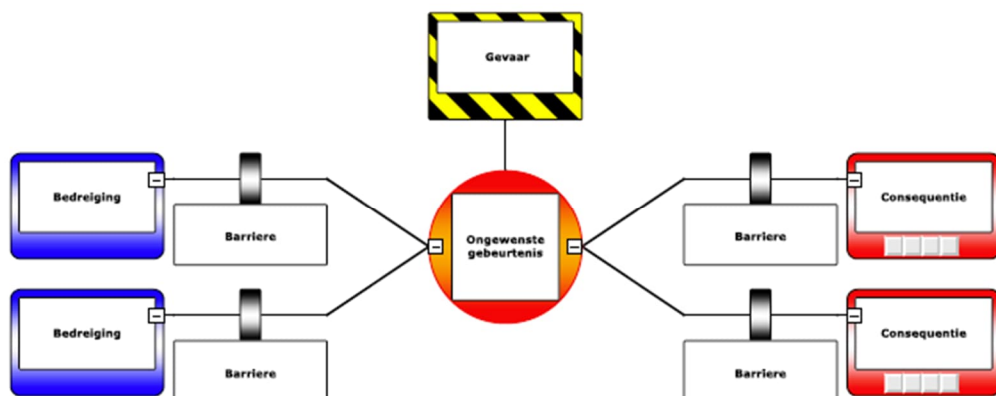


4.1 Risicoanalysemethodieken

Binnen het programma MOSWOZ zijn verschillende risicoanalysemethodieken toegepast om de scheepvaartveiligheid rondom offshore windparken te beoordelen en te verbeteren. Deze methodieken bieden inzicht in potentiële gevaren, de kans op incidenten en de gevolgen, zodat effectieve beheersmaatregelen kunnen worden ontwikkeld. Belangrijke methodieken die in dit programma worden gebruikt, zijn BowTie-, Safety Assessment Model for Shipping and Offshore in the North Sea (SAMSON)- en netwerkanalyses.

4.1.1 BowTie: visuele risicoanalyse

BowTie-analyses zijn een visuele en systematische methode om risico's te identificeren en beheersen. Het BowTie-model (zie Figuur 11) fungeert als een overzichtelijk diagram waarin een ongewenste gebeurtenis, zoals een aanvaring van een schip met een windturbine, centraal staat. Links van deze ongewenste gebeurtenis worden de oorzaken (bedreigingen) benoemd, terwijl rechts de gevolgen worden weergegeven. Tussen de bedreigingen en de ongewenste gebeurtenis worden preventieve maatregelen (barrières) beschreven, die bedoeld zijn om ongewenste gebeurtenis te voorkomen. Aan de andere kant tonen mitigerende barrières hoe de gevolgen van een ongewenste gebeurtenis kunnen worden beperkt. Door dit model te gebruiken, kunnen risico's beter worden begrepen en kan worden beoordeeld of bestaande maatregelen voldoende zijn of dat extra maatregelen nodig zijn [32].



Figuur 11: Overzicht van de structuur van een BowTie-model.

Door MOSWOZ zijn in 2021 en in 2024/2025 BowTies ontwikkeld om oorzaken, gevolgen en beheersmaatregelen in kaart te brengen voor de volgende ongewenste gebeurtenissen:

- Schip – schip aanvaringen;
- Schip – turbine aanvaringen.

4.1.2 *SAMSON: simulaties en verkeersanalyse*

SAMSON is een rekenkundig model dat MARIN in 1996 ontwikkelde voor het toenmalige ministerie van Verkeer en Waterstaat. Inmiddels wordt het model, in opdracht van het ministerie van IenW, door MARIN beheerd en geactualiseerd. SAMSON wordt gebruikt voor verkeersanalyses, risicostudies en Formal Safety Assessments (FSA) conform de richtlijnen van de IMO. Het model analyseert maritiem verkeer, onder andere op basis van historische data en berekent de kans op aanvaringen en aandrijvingen van schepen onderling en tussen schepen en offshore installaties. Toekomstberekeningen zijn mede afhankelijk van de beschikbaarheid en kwaliteit van data. Voor recente ontwikkelingen zoals windparken op zee zijn beperkt incidentgegevens beschikbaar. Het is aan te bevelen methodes, aannames en datakwaliteit continu te verbeteren op basis van nieuwe inzichten en data [33].

Een belangrijk toepassingsgebied van SAMSON is het kwantificeren van risico's. Waar de BowTie-analyse vooral een kwalitatieve structuur van risico's biedt, kwantificeert SAMSON de kans op schip-schip en schip-turbine aanvaringen. Het is een model waarin de wetenschappelijke integriteit beter gewaarborgd kan worden en maatwerk geleverd worden. Dit maakt het mogelijk om de noodzaak voor het nemen van beheersmaatregelen beter te beoordelen en zo gericht maatregelen te treffen.

Toch staat de betrouwbaarheid van de methode ter discussie. De Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) uitte in het haar rapport *Schipperen met ruimte* kritiek op SAMSON, vooral omdat het model oorspronkelijk niet is ontworpen voor unieke situaties zoals windparken [34]. Dit roept vragen op over de nauwkeurigheid van de resultaten en de mate van toepasbaarheid op de huidige ontwikkelingen op zee.

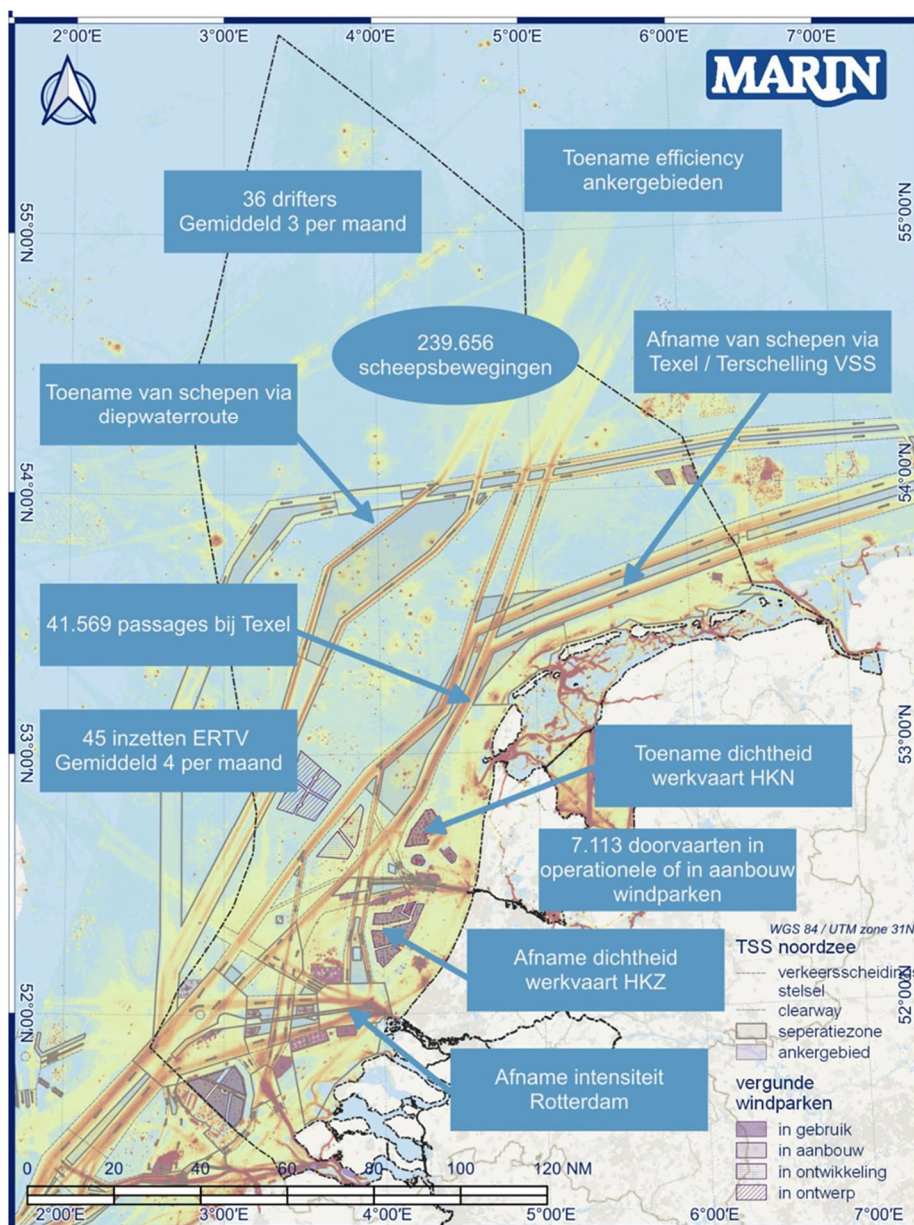
Om de betrouwbaarheid te toetsen, werd een gezamenlijke studie met Duitsland uitgevoerd. Duitsland gebruikte de International Association of Marine Aids to Navigation (IALA) Waterway Risk Assessment Program (IWRAP)- methode, een tool vergelijkbaar met SAMSON. De methodieken werden naast elkaar gelegd en de uitkomsten vergeleken. De resultaten toonden vergelijkbare uitkomsten, wat wijst op een zekere mate van betrouwbaarheid tussen deze modellen [33].

Ondanks zijn beperkingen wordt vanuit het ministerie van IenW geïnvesteerd in SAMSON. Het is een strategisch voordeel zulke kennis binnen onze landsgrenzen en bij een onafhankelijke instelling te beleggen. De resultaten bieden waardevolle inzichten, vooral in ruimtelijk opzicht (welke windturbines hebben een relatief hogere kans op een aanvaring of aandrijving). Ze moeten met voorzichtigheid en niet absoluut worden geïnterpreteerd. Daarom is het belangrijk om de uitkomsten in context te plaatsen en, waar mogelijk, te valideren met aanvullende methodieken of praktijkgegevens.

4.1.3 *Netwerkanalyses door MARIN en kwartaal- en jaarrapportages Kustwacht*

Netwerkanalyses zijn onderzoeken die het scheepvaartverkeer op de Noordzee in kaart brengen door middel van gegevens over scheepsroutes, ongevallen en weersomstandigheden [26]. Deze analyses geven inzicht in verkeersstromen, drukte

en trends, wat belangrijk is voor het beoordelen van de effectiviteit van bestaande verkeersscheidingssystemen en het plannen van nieuwe maritieme infrastructuur. Bovendien dienen de resultaten van netwerkanalyses als input voor het SAMSON-model dat de kans op aanvaringen en aandrijvingen van schepen berekent. De netwerkanalyses zijn met name gebruikt voor onderzoeken naar doorvaart, ankergebieden, no-anchoring area's, onmanoeuvrerbare schepen, benodigde manoeuvreerruimte scheepvaart bij slecht weer, VTMon, gevoeligheidskaarten bij windparken en inzet ERTV. De analyses geven ook een beeld van scheepsbewegingen, die op de Noordzee en specifiek in en rondom de windparken plaatsvinden; hoe zijn de vaarpatronen, vaarroutes van bepaalde typen schepen, afstand van schepen tot veiligheidszones en routes van driftende schepen. De uitkomsten zijn bij de uitwerking van de relevante onderzoeken en maatregelen binnen de verdiepingsnota opgenomen [26]. Figuur 12 toont een overzicht.



Figuur 12: Overzicht van de uitkomsten van de netwerkanalyses, zoals deze door MARIN jaarlijks voor MOSWOZ gegenereert [26].

4.2

Bedreigingen die kunnen leiden tot een incident

Bij de BowTie-analyses zijn bedreigingen geïdentificeerd die kunnen leiden tot een schip-schip of schip-turbine aanvaring (zie Tabel 2) [35,36]. Deze bedreigingen zijn gerangschikt op kans, met de grootste bedreiging bovenaan. De BowTies zijn door MOSWOZ descriptief ingezet in de programmaperiode 2020 – 2025.

Tabel 2: *Bedreigingen voor scheepvaartveiligheid met de komst van windparken op zee, zoals vastgelegd en gedefinieerd in de BowTie analyses schip-turbine en schip-schip aanvaringen.*

Bedreiging	Toelichting
Menselijk falen: leidend tot verlies van situational awareness	Schip buiten vaargebied door menselijke handelen, bijvoorbeeld verkeerd instellen radar of niet volgen verkeersscheidingsstelsel. <i>Bijvoorbeeld:</i> • Afleiding • Vermoeidheid • Niet opletten • Privéproblemen • Achtergrondvervuiling van verlichting • Taalbarrières/ cultuurverschillen op een schip • Onvoldoende aansturing aan boord
Onbekendheid omgeving/optreden van afwijkende situatie leidend tot verlies van situational awareness	De toename van windparken maakt de vaaromgeving complexer. Vooral voor bemanningen die voor het eerst of weinig op de Noordzee varen. Onbekendheid met het gebied door welke oorzaak dan ook. <i>Bijvoorbeeld:</i> • Eerste keer op onbekend vaarwater • Slechte reisvoorbereiding/ of afwijken route
Technisch falen schip (besturingsmiddelen falen, voortstuwing, black-out op het schip)	Defecten aan het schip kunnen leiden tot een aanvaring tussen schepen en windturbines. Uitbreiding van windparken kunnen de uitwijkmogelijkheden voor schepen beperken. <i>Bijvoorbeeld:</i> • Overschakelen van brandstof • Kapot gaan van onderdelen • Voorwerp in schroef • Vervuilde olie • Oliemist detector falen • Slechte onderhoud • Falen stuurgerei en/of aansturing stuurgerei • Black-out
Technisch falen leidend tot verlies van situational awareness (navigatie, communicatie middelen)	Het falen van navigatie, communicatie middelen kan leiden tot een aanvaring tussen schepen en windturbines. <i>Bijvoorbeeld:</i> • Geen besef van huidige positie (navigatiemiddelen defect) • Valse echo's veroorzaakt door windturbines falen of afwijken van communicatie middelen (o.a. VHF). • Onnauwkeurigheid GPS/ satelliet navigatie. • Windparken kunnen ook het zicht op bijvoorbeeld vuurtorens beperken en mogelijk het bereik van apparatuur beperken.
Aanwezigheid bestemmingsverkeer in het windmolen park	Bestemmingsverkeer ten behoeve van onderhoud, inspectie, bouw, medegebui, SAR en overheid.
Verstoring communicatie/navigatie door aanwezigheid windturbines	Verhoogd risico op valse echo's en blinde sectoren door aanwezigheid windturbines.
Omgevingsfactoren, leidend tot slecht/beperkt zicht	Mist, zware regen of rook/brand kunnen leiden tot slecht/beperkt zicht.

(mist/zware regen falen of externe factoren - brand/rook)	• Mist: Toename van windparken kunnen het zicht verminderen door mistvorming rond de windparken. Hier doet MOSWOZ onderzoek naar. Het is bij het maken van deze Bowtie onzeker wat het effect precies is. Bij mist kunnen meer misverstanden plaatsvinden waardoor de kans op een aanvaring toe kan nemen. • Zware regen: Klimaat verandering resulteert in veranderend weerbeeld. • Brand/ Rook: Brand op windmolen/ transformator stations of gas of olie platforms op zee.
Externe hydro-meteo omstandigheden	Ongunstige weersomstandigheden kunnen ertoe leiden dat schepen moeilijker van koers kunnen veranderen als ze daardoor meer gaan slingeren (ongunstig voor lading en bemanning), waardoor de kans op aanvaringen tussen schepen en windturbines toeneemt. <i>Bijvoorbeeld:</i> • Hoge golven • Storm • Sterke stroming
Bewust afwijken/ risico nemen met bepalingen ter voorkoming van aanvaringen	Door de toename van windparken is er het risico dat schepen ervoor kiezen om vaker bewust af te wijken van de verkeersregels. De omstandigheden kunnen een schip dwingen om dit risico te nemen (lading gerelateerd, technisch of omdat het volgen van de regels het schip (te) dicht bij een windpark brengt).
Ruimtelijke druk op Noordzee leidt tot beperktere manoeuvreer/ uitwijkmogelijkheden	Met de toename van de infrastructuur op zee kunnen sommige manoeuvres van schepen moeilijker uit te voeren zijn. Voorbeelden van infrastructuur: • Toename van windmolenparken • Boorplatformen • Intensiteit scheepvaart naar havens • Formaat schepen • Natura 2000 gebieden • Defensie oefengebieden • Visserij (vis akkers) NB: recreatievaart wordt buiten beschouwing gelaten.
Falen van ankeren op de Noordzee (Stil-Stil of Stil-Verkeer)	Als het anker van een schip faalt, kan het de controle verliezen en in aanvaring komen met een windturbine. Een anker kan om verschillende redenen falen. <i>Bijvoorbeeld:</i> • Bij breken ankerketting • Krabbend anker • Te weinig of te veel anker ketting leidend tot krabbend anker • Snel veranderende weersomstandigheden
Technisch falen windturbine (zichtbaarheid windturbine)	Geen of minder zichtbaarheid van de windturbine, verlichting (SCADA), kleur.
Scheepsbewegingen binnen windmolenpark	Scheepsbewegingen binnen windmolenpark leidend tot verhoogt risico. <i>Bijvoorbeeld:</i> Scheepvaart, onderhoud van windmolens, visserij, medegebruik, misbruik van activiteiten.
Terrorisme en vandalisme	Terrorisme/vandalisme kan leiden tot een aanvaring tussen schepen en windturbines. Dit valt echter buiten het scope van deze Bowtie.
Ontmantelde platformen of windmolens	Mogelijk impact voor visserij en overige scheepvaart. Afhankelijk van wijze van decommissioning en achterblijven onderdelen. Dit valt echter buiten het scope van de Bowtie-sessie.
Onbemande scheepvaart	Er kunnen gevaren optreden rond onbemande scheepvaart. Deze dreiging zal in de toekomst verder beoordeeld gaan worden, zodra onbemande schepen meer gemeengoed zijn op de Noordzee.

4.3

Risicobeoordeling kans op incident, zonder aanvullende maatregelen

Voor de beoordeling van de grootte van de risico's is de risicomatrix Noordzee gebruikt. Wat betreft de kans op een incident zijn er een beperkt aantal categorieën, zoals gebruikelijk is in veel risicomatrices. Dit geeft evenwicht tussen eenvoud en toepasbaarheid en voorkomt schijnnaauwkeurigheid in situaties waar beperkte historische data beschikbaar zijn. Een fijnmazigere kansindeling zou suggereren dat incidenten met een hoge precisie kunnen worden voorspeld, terwijl veel risico's, zoals aanvaringen met windturbines, sterk afhankelijk zijn van variabele factoren zoals verkeersdrukte, weersomstandigheden en technische storingen. Door de kans in vier klassen te verdelen, blijft de beoordeling praktisch toepasbaar en kan de analyse direct worden gebruikt voor beleidsmatige en operationele besluitvorming.

Bij de twee SAMSON onderzoeken van het MARIN (Wind op Zee: Gevolgen voor scheepsveiligheid en mogelijke mitigerende maatregelen" van 13 mei 2019, SAMSON-analyse Wind op Zee: Versnellingsopgave RK2030 met doorkijk naar 2040" van 7 september 2022) zijn verschillende aannames gebruikt voor het bepalen van de kans op incidenten [1,37]. Ondanks deze variatie vallen de uitkomsten binnen dezelfde kansgroepen van de risicomatrix Noordzee. De bepaling van kans beschouwt niet het effect die de maatregelen uit het maatregelenpakket 2020 hebben op de positie van het risico op de risicomatrix.

Wat betreft de schip-schip aanvaringen kan geconcludeerd worden dat op de Nederlandse Noordzee er een kans was van circa 6-7 aanvaringen per jaar vooraf aan de aanleg van windparken (uitgaande van alle bedreigingen samen). Rekening houdend met de nieuwe windparken en andere ontwikkelingen zoals scheepvaart intensiteit en vlootopbouw gaat dit aantal stijgen met 0-2 aanvaringen in 2032. Dit betekent een verwachte toename naar 6 tot 9 aanvaringen per jaar [1]. Kijkend naar de risicomatrix blijft de kans op een schip-schip aanvaring daarmee in de hoogste categorie van kansen binnen de risicomatrix: meer dan 5 keer per jaar.

Wat betreft de schip-turbine aanvaringen was in 2019 de kans op een aanvaring nihil. Dat is ook logisch omdat er een beperkt aantal windturbines op zee waren, relatief ver van de drukke vaarroutes. De kanscategorie was daarom: maximaal 1 keer per twintig jaar. De onderzoeken, waaronder de SAMSON-analyses, tonen aan dat de kans op een schip-turbine aanvaring groeit naar 1 – 2 aanvaringen per jaar in 2032 (situatie 21GW) [1]. De kans op een schip-turbine aanvaring komt daarmee in de categorie: tussen 1 keer per 2 jaar en 5 keer per jaar. De kansontwikkeling is weergegeven in de risicomatrix gepresenteerd in Figuur 13.

Effect klasse	Veiligheid, Gezondheid, Maatschappij	Milieuschade	Economische schade voor RWS en eigenaar/stremming	Schip - Turbine Aanvaring 2019		Schip - Turbine Aanvaring 2032		Schip - Schip Aanvaring 2019 en 2032
				Maximaal 1x per 20 jaar	Tussen 1x per 20 jaar en 1x per 2 jaar	Tussen 1x per 2 jaar en 5x per jaar	Meer dan 5x per jaar	
5 - Zeer ernstig	Meer dan 10 doden	Zeer grote impact - Omvangrijke schade aan flora en fauna in een groot gebied, waarbij herstel jaren gaat duren.	Stremming vaargeul meer dan 7 dagen en/of materiele schade groter dan 100 mln.					
4 - Ernstig	Meer dan 10 ernstig gewonden en/of minder dan 10 doden	Significante impact - Ernstige verstoring van meer dan 1 jaar in een middelgroot gebied. Grotendeels herstel van milieuwaarden binnen een periode van enkele jaren mogelijk.	Stremming vaargeul tussen 1 en 7 dagen en/of materiele schade tussen 15 en 100 mln.					
3 - Beperkt	Geen doden, minder dan 10 ernstig gewonden	Lokale verstoring - middelgrote en vooral tijdelijke schade aan flora en fauna, ongewenste milieubelasting duurt maximaal 1 jaar. Volledige herstelmogelijkheden van het milieu.	Stremming vaargeul 1 dag en/of materiele schade tussen 1 en 15 mln.					
2 - Licht	Overwegend licht gewonden	Kortdurende overschrijding van grenswaarden in een klein gebied zonder blijvende schade aan flora en fauna. Volledig herstel is verzekerd.	Stremming vaargeul enkele uren en/of materiele schade tot 1 mln.					
1 - Nihil	Geen slachtoffers	Geen effect	Minder dan 1 uur stremming en geen materiele schade.					

Figuur 13: Risicomatrix Noordzee met horizontaal de kans van incidenten uitgewerkt. De kans op schip-schip aanvaringen blijft gelijk, maar voor schip-turbine aanvaringen verplaatst naar rechts in de situatie van 2032 ten opzichte van 2019

4.4

Analyse van de gevolgen (zonder aanvullende maatregelen)

Bij de BowTie analyses zijn ook gevolgen (consequenties) geïdentificeerd van een schip-schip aanvaring en schip-turbine aanvaring [35,36]. Deze staan weergegeven in Tabel 3, met de grootse consequenties bovenaan, volgend uit expert opinion.

Tabel 3: *Consequenties van aanvaringen ontstaan als gevolg van de komst van windparken op zee, zoals vastgelegd en gedefinieerd in de BowTie analyses schip-turbine en schip-schip aanvaringen.*

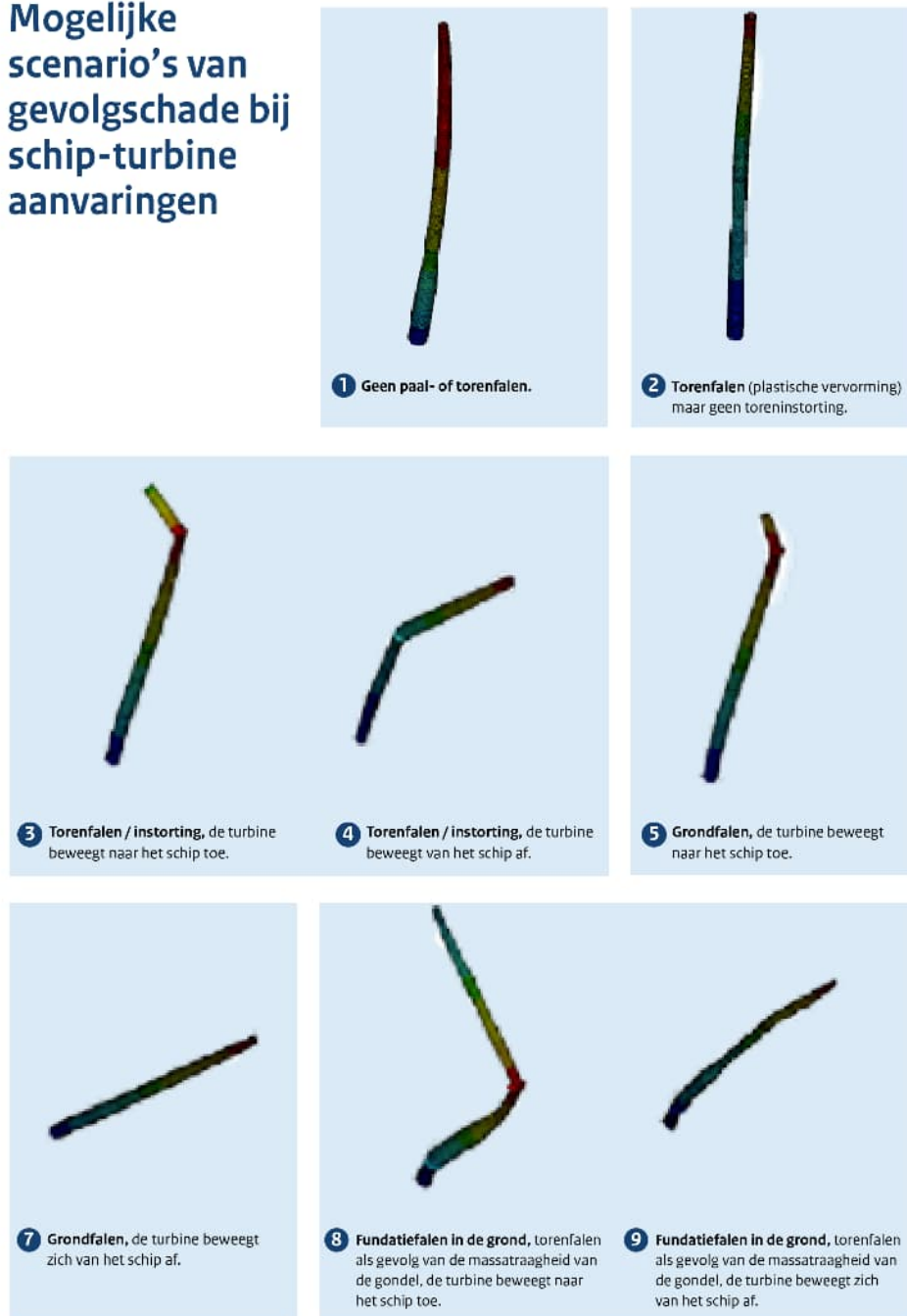
Consequentie
Slachtoffers/drenkelingen (overboord schip)
Slachtoffer(s) aan boord van schepen (fysieke gevolgen)
Slachtoffer(s) door vrijkomen van gevaarlijke stoffen (toxisch/ brandbaar/ explosies)
Slachtoffers industrieel personeel (IP) op windturbine
Milieuschade (door schip/ windmolen)
Schade aan infrastructuur (pijpleidingen, kabels)
Schade schip en lading
Schade aan windturbine
(Langdurige) stremming/blokking vaarroutes
Vrijkomen waterstof (toekomst)
Medegebruik schade (toekomst)

4.4.1

Onderzoek 2D gevolgschade

In 2020 en 2022 zijn verkennende onderzoeken naar gevolgschade van schip-turbine aanvaringen uitgevoerd [38]. De gevolgen van aanvaring met offshore windturbines werden initieel onderzocht door 2D modellering (dimensies hoogte en breedte) van bezwijkvormen van (de fundaties van) windturbines en het effect van verschillende parameters. Meerdere simulaties zijn uitgevoerd, waarbij vijf type schepen zijn geanalyseerd, zowel in varende als driftende scenario's. Bij plastische deformatie (vervorming die optreedt bij uitwendige belasting van een materiaal en niet weer in zijn oorspronkelijke vorm terugkeert maar permanent vervormd is) als dominant faalcriterium, kan de impact door drijvende schepen tot ongeveer 7000 ton, zoals de kruiplijncoaster en het bevoorradingsschip, door de fundering worden opgevangen zonder dat de toren instort. Bij varende impact door deze schepen leidt dit in de meeste gevallen tot funderingsfalen, met de mogelijkheid dat de turbine op het schip valt. In veel scenario's was hierbij sprake van de nacelle die richting het schip valt. De nacelle is de behuizing boven op een windturbine die de generator en andere essentiële onderdelen bevat voor omzetting van windenergie in elektriciteit. Deze staat op 100 tot 125 meter boven de zeespiegel en kan wel 500 ton wegen. Drie scheepstypes zijn in de 3D studie (dimensies hoogte, breedte en diepte) aanvullend onderzocht [38]. Figuur 14 geeft een beeld van de wijze van falen van de windturbines bij aanvaringen met verschillende scheepstypen.

Mogelijke scenario's van gevolgschade bij schip-turbine aanvaringen



Figuur 14: Overzicht van de faalwijzen van de windturbines bij verschillende type aanvaringen met schepen [38].

4.4.2 Vervolgonderzoek 3D gevolgschade (3D FEM analyse)

Bij deze studie werden de gevolgen van een schip-turbine aanvaring onderzocht [39]. Hiervoor werden realistische modellen van bestaande schepen en windturbines gebruikt. Dit onderzoek bouwt voort op de eerdere studie *Investigation of ship impact against windturbine foundation in the Dutch part of the North Sea' (fase 1 en 2)*, waarin nog geen scheepsmodellen waren geïntegreerd in de Finite Element Method (FEM). In deze nieuwe fase zijn zowel de FEM als de simulatiemethode gevalideerd en geverifieerd, wat zorgt voor een nauwkeurige analyse van de impact.

In totaal zijn 12 simulaties uitgevoerd, waarbij drie scheepstypes zijn geanalyseerd bij twee snelheden, zowel in varende als driftende scenario's (zie Tabel 4) [39].

Tabel 4: Overzicht van de scheepstypes, waarmee de driftende scenario's binnen de 3D simulatiestudie zijn uitgevoerd [39].

Nr.	Scheepstype	Romp	GT [ton]	DT [ton]	Varend (impact boeg)		Driftend (impact romp)	
					knopen	knopen	knopen	knopen
1	Chemicaliëntanker	Dubbel	10.000	20.000	10	20	2	4
2	Passagiersschip	Enkel	100.000	40.000	20	30	2	4
3	Containerschip	Dubbel	200.000	220.000	10	20	2	4

De resultaten van de frontale aanvaring laten zien dat er grote schade aan de boeg ontstaat bij het voorste deel van de chemicaliëntanker en het passagiersschip. Deze schade beperkt zich echter tot het gebied voor het aanvaringsschot, waardoor de structurele integriteit van het aanvaringsschot behouden blijft en het drijfvermogen van het schip gewaarborgd is. Daarnaast reikt de schade niet tot compartimenten met lading of brandstof, waardoor er geen verlies van lading of lekkage ontstaat. De uitgevoerde analyses tonen echter een risico voor de windturbineconstructie aan. Door de impact en resulterende krachten is de kans groot dat de constructie bezwijkt in de richting van het schip. Echter, de bevindingen tonen dat, hoewel de externe structurele schade aan de schepen aanzienlijk kan zijn, dit niet noodzakelijk leidt tot catastrofale gevolgen voor de scheepsoperatie in de aanvaarsscenario's [39].

De resultaten van de simulaties met driftende schepen tonen aanzienlijke schade aan de scheepsromp voor alle geanalyseerde scheepstypen. Echter bevindt deze schade zich slechts enkel rond de impactzone en beperkt de schade zich tot de ballasttanks. Deze schade heeft geen invloed op de algehele stabiliteit of drijfvermogen van het schip. Daarnaast vindt er geen verlies van lading of lekkage plaats, omdat de beschadigde gebieden zich buiten de ladingcompartimenten bevinden. De resultaten van de analyses laten zien dat de schade aan de scheepsromp zich beperkt tot enkel plastische vervorming en deuken, waarbij geen scheuren in de romp ontstaan. Verder bezwijkt bij veel analyses de fundatie van de windturbine. Dit leidt tot het bezwijken van de windturbine die daarbij echter niet op maar naast het schip valt, waardoor verdere schade aan het vaartuig wordt voorkomen [39]. In de risicomatrix in Figuur 15 is het bovenbeschreven effect met een stippellijn aangegeven.

Het risico wordt dus geel/ oranje gebied (situatie 2032), terwijl dit in 2019 nog groen was. Dit is puur het gevolg van de verhoogde kans op een aanvaring. Binnen deze risicoanalyse wordt overigens geen rekening gehouden met de aanvullende maatregelen. Volgend aan het nieuwe risico bestaat de vereiste om mitigatie zo mogelijk te implementeren.

Effect klasse	Veiligheid, Gezondheid, Maatschappij	Milieuschade	Economische schade voor RWS en eigenaar/stremming	Schip - Turbine Aanvaring 2019		Schip - Turbine Aanvaring 2032		Schip - Schip Aanvaring 2019 en 2032
				Maximaal 1x per 20 jaar	Tussen 1x per 20 jaar en 1x per 2 jaar	Tussen 1x per 2 jaar en 5x per jaar	Meer dan 5x per jaar	
5 - Zeer ernstig	Meer dan 10 doden	Zeer grote impact - Omvangrijke schade aan flora en fauna in een groot gebied, waarbij herstel jaren gaat duren.	Stremming vaargeul meer dan 7 dagen en/of materiele schade groter dan 100 mln.					
4 - Ernstig	Meer dan 10 ernstig gewonden en/of minder dan 10 doden	Significante impact - Ernstige verstoring van meer dan 1 jaar in een middelgroot gebied. Grotendeels herstel van milieuwaarden binnen een periode van enkele jaren mogelijk.	Stremming vaargeul tussen 1 en 7 dagen en/of materiele schade tussen 15 en 100 mln.					
3 - Beperkt	Geen doden, minder dan 10 ernstig gewonden	Lokale verstoring - middelgrote en vooral tijdelijke schade aan flora en fauna, ongewenste milieubelasting duurt maximaal 1 jaar. Volledige herstelmogelijkheden van het milieu.	Stremming vaargeul 1 dag en/of materiele schade tussen 1 en 15 mln.					
2 - Licht	Overwegend licht gewonden	Kortdurende overschrijding van grenswaarden in een klein gebied zonder blijvende schade aan flora en fauna. Volledig herstel is verzekerd.	Stremming vaargeul enkele uren en/of materiele schade tot 1 mln.					
1 - Nihil	Geen slachtoffers	Geen effect	Minder dan 1 uur stremming en geen materiele schade.					

Figuur 15: Risicomatrix Noordzee met verticaal het gevolg van incidenten. De gevolgen van schip-turbine aanvaringen zijn niet exact bekend, maar bevinden zich voor de kans in de situatie van 2032 in de omcirkelde regio. De stippellijn toont dat er sprake is van een schatting.

4.4.3 Voorbeeld HILP-risico: Vallende nacelle

Naast de twaalf aanvaringsanalyses zijn twee extra simulaties uitgevoerd om de schade te voorspellen bij het bezwijken van een windturbine, waarbij de nacelle op een passagiersschip valt. De verticale valsnelheid (Z-richting) van de nacelle is bepaald op basis van simulaties waarin de windturbine instort en in de richting van het schip valt. Het maakt uit hoe de nacelle bij het vallen contact maakt met het schip. Wanneer er sprake is van een breder contact oppervlakte, een horizontaal vallende nacelle, veert deze terug en ontstaat vervorming van het bovenste dek van het schip. Echter, wanneer de nacelle verticaal (met punt naar beneden) valt op een schip, dan doorboort deze zeven opeenvolgende scheepsdekken, waarbij het achtste dek plastisch aanzienlijk wordt vervormd [39]. Figuur 16 toont de gevolgen visueel.

Het verticaal vallen van de nacelle op een tanker of passagiersschip kan in dit verband als een HILP-risico gezien worden. Er is een situatie waarbij er opeenvolgende dekken worden doorboord, wat leidt tot de hoogste effectklasse met tientallen tot honderden (ernstig) gewonden. De totale kans op een schip–turbine aanvaring is geschat op 1 – 2 per jaar. De kans op het ontstaan van ernstig gevolg met vele gewonden is van een andere orde, omdat het moet gaan om een tanker of passagiersschip, die met een specifieke snelheid en richting tegen een windturbine aanvaart en waarbij vervolgens de nacelle vervolgens verticaal valt [39].



Figuur 16: Visuele weergave van het gevolg van het horizontaal (links) of verticaal (rechts) vallen van een nacelle op een schip [39].

4.5 Praktijkvoorbeelden schip-windturbine aanvaringen/ aandrijvingen

4.5.1 Julietta D

Op 31 januari 2022 raakte de Julietta D tijdens storm Corrie op drift in het ankergebied bij IJmuiden, nadat het anker het schip niet op zijn plaats kon houden. Dit leidde tot een aanvaring met de chemicaliëntanker Pechora Star, waarbij de Julietta D schade opliep aan de huid ter hoogte van de machinekamer en het schip water begon te maken. Uit voorzorg schakelde de kapitein de hoofdmotor uit, waardoor het schip volledig stuurloos en verder op drift raakte [34].

De Julietta D kwam vervolgens in de richting van het in aanbouw zijnde windpark Hollandse Kust Zuid en botste achtereenvolgens tegen de fundatie van een

toekomstige windturbine (total loss) en de fundering van een nog te plaatsen transformatorstation (schade was beperkt). Om de gevolgen te beperken, werd de bemanning door de Nederlandse Kustwacht geëvacueerd. Het schip passeerde het nabijgelegen olie- en gasplatform Q13a-A op korte afstand, wat leidde tot een preventieve evacuatie van de 109 aanwezige personen op het platform [34].

Enkele uren later wist een sleepboot een sleepverbinding te maken en werd de Julietta D naar de haven van Rotterdam gesleept. Het incident toonde de risico's aan van scheepvaart in de nabijheid van vaste objecten op zee, met name bij extreme weersomstandigheden. Het is duidelijk dat het incident aanzienlijke structurele schade aan het schip en de infrastructuur van het windpark heeft veroorzaakt [34].

4.5.2 *Maersk Nimbus en Diamond Sky*

Tijdens storm Eunice in februari 2022 raakten de Maersk Nimbus en de Diamond Sky in de problemen op de Noordzee, nabij Belgische windmolenparken. Beide schepen lagen voor anker, maar kwamen door de extreme weersomstandigheden los te liggen en begonnen af te drijven in de richting van het windpark.

Dankzij doortastend handelen van de bemanning en snelle interventies, waaronder de inzet van noodsleepboten, konden aanvaringen worden voorkomen. Er is geen fysieke schade gemeld aan schepen of windturbines. Het incident onderstreepte de kwetsbaarheid van ankergebieden bij zware storm en heeft geleid tot hernieuwde aandacht voor de ruimtelijke inrichting en risicoanalyse van dergelijke situaties.

4.6 Beschouwing risicoanalyse

Bij de SAMSON-analyse is vastgesteld dat de kans op een schip-turbine aanvaring 1-2 keer per jaar zal worden in 2032 [1]. In de bijhorende BowTie-analyse, zoals gepresenteerd in secties 4.2 en 4.4 zijn 15 bedreigingen geïdentificeerd die kunnen leiden tot dit top event. Daarnaast zijn er 11 consequenties vastgesteld die voortvloeien uit een aanvaring [35,36].

Hoewel de kans op het incident indicatief bekend is, is het moeilijk om de kans per oorzaak te bepalen. Door het grote aantal oorzaken zijn de kansen van het optreden van de bedreigingen extreem klein, wat het lastig maakt om gerichte maatregelen te nemen. Dit leidt tot verschillende beperkingen bij deze risicobeheersing:

- Vertekende risicobeoordeling. Omdat de kans per bedreiging laag is, worden ze in de risicomatrix vaak als "laag risico" beoordeeld, zelfs als het potentiële gevolg ernstig is. Dit kan ertoe leiden dat kritieke risico's worden onderschat.
- Onduidelijke prioritering. Zonder nauwkeurige kansinschattingen per bedreiging is het moeilijk te bepalen welke risico's de meeste aandacht en beheersmaatregelen nodig hebben. Dit kan leiden tot inefficiënte toewijzing van middelen en onvoldoende beheersing van de belangrijkste risico's.
- Complexiteit door meerdere consequenties. Naast de 15 bedreigingen zijn er 11 consequenties van een schip-turbine aanvaring vastgesteld. Deze variëren in gevolg, maar hun onderlinge afhankelijkheden zijn niet altijd goed meegenomen in de beoordeling. Hierdoor kunnen bepaalde gevolgen zijn onderschat, terwijl andere disproportioneel veel aandacht krijgen.

Om dergelijke beperkingen te ondervangen en te komen tot een realistischer risicobeeld, kunnen bij een vervolg van het MOSWOZ programma de volgende maatregelen worden genomen:

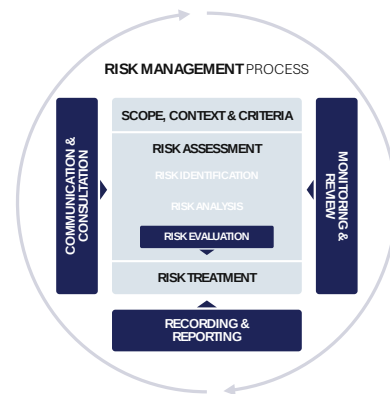
- Aggregatie van bedreigingen in de BowTie-analyse.

In plaats van elke bedreiging afzonderlijk te beoordelen, kunnen bedreigingen met vergelijkbare oorzaken of mechanismen worden gegroepeerd. Door deze clustering kunnen kansen en gevolgen per groep worden geanalyseerd, wat leidt tot een beter inzicht in de cumulatieve risico's. Dit helpt bij het beter prioriteren van beheersmaatregelen op basis van samenhangende risico's.

- Gebruik van scenario-analyse voor realistischere inschattingen. Scenario's kunnen worden ontwikkeld waarin verschillende combinaties van bedreigingen en omstandigheden worden gesimuleerd, om een completer beeld te krijgen van hoe risico's zich kunnen ontwikkelen. Dit kan ook bij de gedetailleerde BowTies helpen om de gevolgen van zeldzame maar ernstige gebeurtenissen beter te begrijpen en om te identificeren welke factoren een versterkend effect hebben op de kans op een ongeval.
- Het combineren van de Bow Tie met andere analysetechnieken. Door bijvoorbeeld een Fault Tree Analysis (FTA), voor het kwantificeren van faalkansen van barrières en cumulatieve kansen, te combineren met een BowTie-analyse, kan de betrouwbaarheid van de risico-inschatting worden verbeterd en kan er beter rekening worden gehouden met onzekerheden in de kansbepaling.

5 Risico-evaluatie

Volgend aan de FSA-methodiek is de volgende stap van de risicoanalyse de uitvoering van de risico-evaluatie. Hierbij worden de geanalyseerde risico's van scheepvaart in en rondom windparken op de Noordzee vergeleken met vooraf vastgestelde criteria. Dit proces bepaalt of de geïdentificeerde risico's binnen acceptabele grenzen vallen of dat aanvullende preventieve of mitigerende maatregelen nodig zijn binnen de stap van risico behandeling. Risico-evaluatie heeft als doel om een duidelijk overzicht te krijgen van de risico's die directe actie vereisen en welke binnen de huidige normen beheersbaar blijven, zodat effectieve beleidsbeslissingen kunnen worden genomen. Risico-evaluatie ligt niet binnen de taken van MOSWOZ, maar de status en ontwikkelingen worden door diens belang bij risicomangement voor het programma wel in de nota beschreven.



5.1

Beleidsvisie voor scheepvaartveiligheid op de Noordzee

De zuidelijke Noordzee is een van de drukst bevaren zeeën ter wereld, met jaarlijks circa 240.000 scheepsbewegingen. Uit de risicoanalyse van RWS (2018) is gebleken dat ongevallen relatief zeldzaam zijn, maar dat incidenten grote gevolgen kunnen hebben, zoals letselschade, schade aan schepen of objecten en milieuschade [40].

De Nederlandse beleidsambitie is vastgelegd in de Beleidsnota Noordzee 2016–2021 [12], waarin is gesteld dat het veiligheidsniveau minimaal behouden of verbeterd moet worden. Het veiligheidsniveau is niet nader gedefinieerd. Er is gekozen voor een risicogestuurde aanpak, zoals in het beleidskader van 2020 werd geformuleerd: “Het continu verbeteren van maritieme veiligheid door het kennen van de grootste risico's, deze te analyseren en te beheersen tot een acceptabel niveau” [41].

Voor maritieme en aeronautische noodhulp op de Noordzee geldt als uitgangspunt dat incidenten met beschikbare middelen en kennis ter plaatse bestreden moeten kunnen worden. In het programma Noordzee 2022–2027 is de beleidsvisie verder aangescherpt [8]:

‘Het veiligheidsniveau van de scheepvaart moet, ondanks de komst van windparken, minimaal gelijk blijven en waar mogelijk verbeteren.’

Naar aanleiding van de aanvaring van het schip Petra L met een Duitse windturbine op 14 juni 2023 zijn Kamervragen gesteld aan de minister van IenW. De minister heeft bevestigd dat het behoud van het veiligheidsniveau de beleidsambitie blijft, maar dat dit een relatieve normomschrijving betreft. Hij heeft aangegeven aan dat nader onderzoek naar veiligheidsrisico's nodig is, wat kan leiden tot een gewijzigd veiligheidsbeeld [42].

5.2 Relatie risicoanalyse en het beleidsdoel

5.2.1 *Ontwikkeling risicoscore*

Uit de risicoanalyse in hoofdstuk 4, in relatie tot het beleidsdoel, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Schip-schip aanvaringen. Hoewel de kans op een schip-schip aanvaring op basis van de SAMSON analyses toeneemt met indicatief 0-2 aanvaringen per jaar in 2030 (ten opzichte van 2019), blijft dit in dezelfde kansklasse van de risicomatrix [1]. Omdat een windpark geen invloed heeft op het gevolg van een schip-schip aanvaring, verandert de positie op de risicomatrix niet.
- Schip-turbine aanvaringen. De kans op een aanvaring met een windturbine neemt wel toe in de periode 2019 en 2032 volgens de SAMSON analyses [1]. Hierdoor verschuift het risico in de risicomatrix van groen naar geel of oranje. Er is dus sprake van een toegenomen kans en dus een toegenomen risico. Een schip-turbineaanvaring kan overigens ook het gevolg zijn van een uitwijk manoeuvre tussen schepen, waarbij er alsnog een aanvaring ontstaat met een windturbine. OVV beschrijft in het rapport Schipperen met Ruimte enkele van deze situaties [34].
- Klein kans, groot effect-incidenten. De analyse toont aan dat er incidentele, maar potentieel ernstige voorvallen denkbaar zijn, zoals een vallende nacelle op een passagiersschip. Voor dit type risico's is echter nog geen verder onderzoek gedaan. Dit kan bijvoorbeeld door middel van scenarioanalyses worden uitgewerkt.

Indien het veiligheidsniveau minimaal gelijk moet blijven en waar mogelijk te worden verbeterd, is het van belang om beheersmaatregelen te overwegen voor in ieder geval schip-turbine aanvaringen. Hoofdstuk 6 gaat in op de maatregelen.

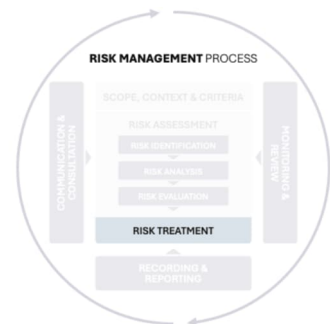
5.2.2 *Risicoacceptatie en doel*

In het rapport van de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) 'Schipperen met Ruimte', wordt geconcludeerd dat het gestelde veiligheidsdoel niet realistisch en moeilijk toetsbaar is. Daarnaast stelt de OVV dat het handhaven van het huidige veiligheidsniveau lastig te verenigen is met de plaatsing van extra vaste objecten op de Noordzee [34]. In de kamerbrief van februari 2025 (IENW/BSK-2025/30453) beschrijft de Minister van Infrastructuur en Waterstaat welke stappen er zijn gezet en gepland om de scheepvaartveiligheid op de Noordzee nu en in de toekomst zeker te stellen. IenW beschrijft zich maximaal in te zetten om de risico's te beheersen door een periodieke veiligheidsanalyse op te zetten, waarin risico's met veel verschillende middelen in kaart gebracht worden en gemonitord kunnen worden aan de hand van een nog op te stellen realistisch veiligheidsdoel. Verder stelt IenW nieuwe inzichten met andere Noordzeelanden te delen om samen een beeld te ontwikkelen van het scheepvaartverkeer rondom vaste objecten zoals windturbines. Dit beeld moet helpen om de internationale regels aan te passen. Met deze inzet wil IenW het Nederlandse beleid op het gebied van scheepvaartveiligheid vernieuwen én de internationale afstemming verbeteren.

Naar verwachting zal het ministerie van IenW in 2025 komen tot de formulering van een realistisch doel dat recht doet aan de toenemende complexiteit op de Noordzee en de daaraan verbonden risicotoeename [43]. IenW geeft aan hierbij in te zetten op een zorgvuldig afstemmingsproces met andere departementen omdat ook andere belangen dan scheepvaartveiligheid meespelen (o.a. klimaatdoelen, economie, security, ecologie, visserij). Dit zal van invloed zijn op de inzet van beheersmaatregelen [44].

6 Risicobehandeling - maatregelenpakket

Risicobehandeling omvat de maatregelen die worden genomen om de veiligheidsrisico's van scheepvaart in en rondom windparken op de Noordzee te beheersen of te verminderen. Dit kan variëren van aanpassingen in scheepvaartroutes en navigatieprocedures tot technische en organisatorische maatregelen zoals monitoring en noodsteun. Het doel is om passende en effectieve beheersmaatregelen te selecteren die de kans op of gevolgen van incidenten minimaliseren en zo de scheepvaartveiligheid waarborgen binnen het programma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee.



Onderstaande maatregelen voor risicobeperking zijn opgedeeld in vier segmenten:

1. Generieke maatregelen. Generieke maatregelen die gelden voor de scheepvaart en dienstverlening op zee. Deze maken geen deel uit van het programma, maar zijn belangrijke uitgangspunten voor begrip en waren al onderdeel van de risico-inschatting in 2019.
2. Maatregelen aangaande ruimtelijke ordening. Bij de locatiebepaling en inrichting van windparken en vaartroutes zijn studies uitgevoerd en maatregelen getroffen met betrekking tot scheepvaartveiligheid. Deze sluiten aan op de risico's zoals beschreven in hoofdstuk 3.
3. Maatregelenpakket 2020. Aanvullende maatregelen die in 2019 zijn vastgesteld om risico's door windparken te verminderen. De onderzoeken, die MOSWOZ heeft uitgevoerd ten aanzien van de effecten van windparken op de scheepvaartveiligheid en evaluaties van de effectiviteit van de maatregelen, valt hier ook onder.
4. Aanvullende maatregelen. Maatregelen die vanuit de inzichten van MOSWOZ in de programmaperiode 2020 – 2025 geïntroduceerd zijn.

De indeling van de maatregelen is op chronologische volgorde van introductie van het beleid. De maatregelen zijn in verschillende fases ten aanzien van ontwikkeling en implementatie. Bij elke maatregel is beschreven of de werking preventief (verlagen van kans op incident) of mitigerend (verkleinen van gevolg) is. De maatregelen zijn onderdeel van de verschillende kennisleemtes, die door MOSWOZ onderzocht en gedicht zijn. De belangrijkste bevindingen worden belicht en gaten worden globaal beschreven. Deze zullen in het plan van aanpak worden uitgewerkt.

6.1 Generieke maatregelen

Al vóór de grootschalige ontwikkeling van windparken op de Noordzee waren er structurele barrières aanwezig om de scheepvaartveiligheid te waarborgen. Deze maatregelen zijn gericht op goed zeemanschap, technische eisen voor schepen, opleiding en certificering van bemanning, navigatie- en communicatieprocedures en maritieme regelgeving. Onderstaand is hiervan ter indicatie een niet-limitatief overzicht gegeven.

6.1.1 Internationale wet- en regelgeving (preventief & mitigerend)

De IMO, de internationale organisatie die afspraken over scheepvaartveiligheid en milieuvriendelijkheid vastlegt, heeft diverse veiligheidsregels en normen vastgesteld die wereldwijd worden toegepast, waaronder:

- SOLAS (Safety of Life at Sea): Regelgeving die schepen verplicht om aan strikte veiligheidseisen te voldoen, zoals de aanwezigheid van aanvaringsschotten, brandveiligheidssystemen en reddingsmiddelen [45].

Op bovenstaande wordt toezicht gehouden door de inspectie leefomgeving en transport (ILT) voor Nederlands gevlagde schepen en door de vlaggenstaat op alle schepen op de Noordzee.

6.1.2 *Eisen aan schepen en bemanning (preventief & mitigerend)*

Schepen moeten voldoen aan technische keuringscriteria en worden regelmatig geïnspecteerd door erkende classificatiebureaus. Hiermee wordt gewaarborgd dat schepen zeewaardig zijn en dat ze over de nodige veiligheidssystemen beschikken. Ook betreft het aspecten ten aanzien van het management van het schip. Daarbij is de competentie van bemanningen een cruciale barrière om navigatiefouten en menselijke fouten te minimaliseren. De STCW (Standards of Training, Certification and Watchkeeping) Convention stelt eisen aan [46]:

- Opleiding en certificering van kapiteins en officieren.
- Training in navigatie, radarbediening, manoeuvreren en crisisbeheer.
- Wachtdiensten en vermoeidheidsmanagement om menselijke fouten te verminderen.

Daarnaast zijn er specifieke programma's voor continue professionele ontwikkeling, waaronder simulatortrainingen en crisismanagementoefeningen, om bemanningen voor te bereiden op complexe situaties op zee.

6.1.3 *Navigatie- en communicatie-infrastructuur (preventief)*

Om veilige scheepvaart te faciliteren, worden er geavanceerde navigatie- en communicatiesystemen toegepast in de scheepvaart. Dit betreft onder andere:

- Automatic Identification System (AIS): Zorgt voor real-time tracking van schepen om de kans op aanvaringen te verkleinen.
- Marifoon ofwel Very High Frequency (VHF) radiocommunicatie: De marifoon is een informatie- en waarschuwingssysteem. Via VHF worden schepen over weersomstandigheden, objecten op zee en verkeersinformatie geïnformeerd en kunnen schepen onderling communiceren.
- Nautische kaarten en berichten aan scheepvaart: Er zijn vele digitale zeekaarten beschikbaar waarmee bemanning nauwkeurige routeplanningen kan maken.
- Radar: Radar borgt detectie van objecten, schepen en kustlijnen, ook bij slecht zicht of in het donker.

6.1.4 *Markeringen (preventief)*

Op de Noordzee wordt voor de vaarwegmarkering het IALA-A systeem gebruikt voor laterale (vaarweg), kardinale (obstakels) en bijzondere (o.a. geïsoleerd gevaar, veilig vaarwater en nood wrak) betoning volgens IALA R1001 [47]. Markering van de vaarweg wordt dus gebruikt om aan te geven waar een schip al dan niet veilig kan varen. Voor de markering van offshore constructies, zoals windturbines, offshore platformen en medegebruiksinstallaties worden de IALA G1162 richtlijnen toegepast [48]. Deze richtlijn biedt keuzemogelijkheid voor het zichtbaar maken van identificatiecodes tussen toepassing van indirecte verlichting en gebruik van retro-reflectief materiaal. Nederland beperkt deze keuze door in de kavelbesluiten (sinds de bouw van Hollandse Kust West) de eis van indirecte verlichting op te nemen om een SAR-inzet in de donkere uren effectiever te maken [49]. Bovengenoemde infrastructuur helpt bemanningen om tijdig gevaren te herkennen en te anticiperen op veranderende situaties.

6.1.5 *Actuele weersverwachtingen en weers- en navigatiewaarschuwingen (preventief)*

De navigatiewaarschuwingdienst van het Kustwachtcentrum Nederland bericht internationale scheepvaart over gevaren via radionavigatiewaarschuwingen. De Nederlandse Kustwacht is de nationale coördinator voor het Nederlandse zeegebied.

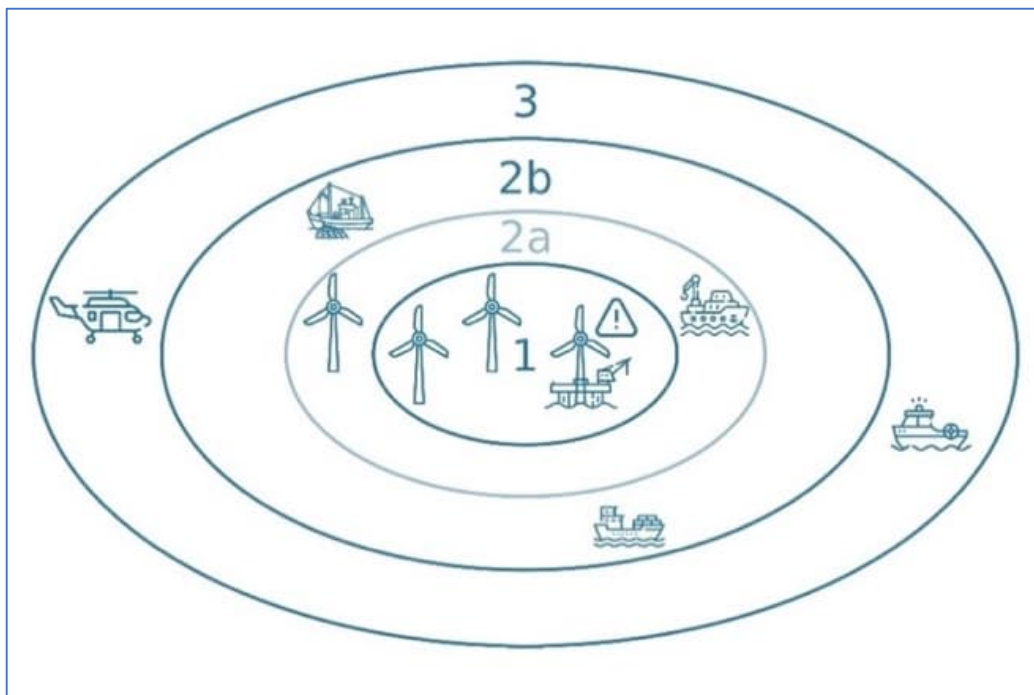
Het Kustwachtcentrum Nederland stuurt naast de weersberichten (2x per dag) ook navigatiewaarschuwingen en ijsberichten uit. De berichten worden via drie verschillende communicatiemiddelen uitgezonden. Het gaat om de NAVTEX (NAVigational TEXt Messages), VHF en MF-radio [50].

6.1.6

Wet- en regelgeving SAR operaties (mitigerend)

Search and Rescue (SAR) is gericht op het opsporen en redden van mensen in nood op zee. Dit omvat onder andere het redden van personen bij scheepsongevallen, zoals strandingen, aanvaringen en man over boord en bij medische evacuaties. Verantwoordelijkheden bij incidenten worden, op basis van het Handboek incidentenbestrijding op het water, verdeeld in drie groepen, of 'schillen', van betrokken partijen (zie Figuur 17) [51]:

- *Schil 1: Vaartuig of de werkplek met de SAR hulpvraag*
Eerst wordt beroep gedaan op de mogelijkheden op de incidentlocatie zelf (schip of werkplek). Er dienen voldoende reddingsmiddelen aanwezig te zijn voor alle betrokkenen.
- *Schil 2 (a & b): Aanwezige partijen nabij het SAR-incident*
Daarna wordt een beroep gedaan op de capaciteit van in de nabijheid van het incident aanwezige schepen of andere hulp. De bouw van windturbines op zee en medegebruik introduceren hierbinnen kansen. Er komen meer objecten op zee en zo zullen er meer partijen actief zijn rondom de windparken, die kunnen helpen bij afhandeling van een hulpvraag.
- *Schil 3: Georganiseerde hulpverleningsdiensten*
Tot slot kan de reddingscapaciteit van hulpverleningsdiensten van ofwel de overheid, de KNRM ofwel door de overheid ingehuurdte private hulpverleningsdiensten gealarmeerd worden.



Figuur 17: Overzicht van de verschillende schillen voor SAR operaties, zoals in het Handboek incidentenbestrijding is vastgelegd.

De (inter)nationale wet- en regelgeving bepaalt welke verantwoordelijkheid verschillende partijen hebben bij incidenten. Voor de windindustrie is de normering

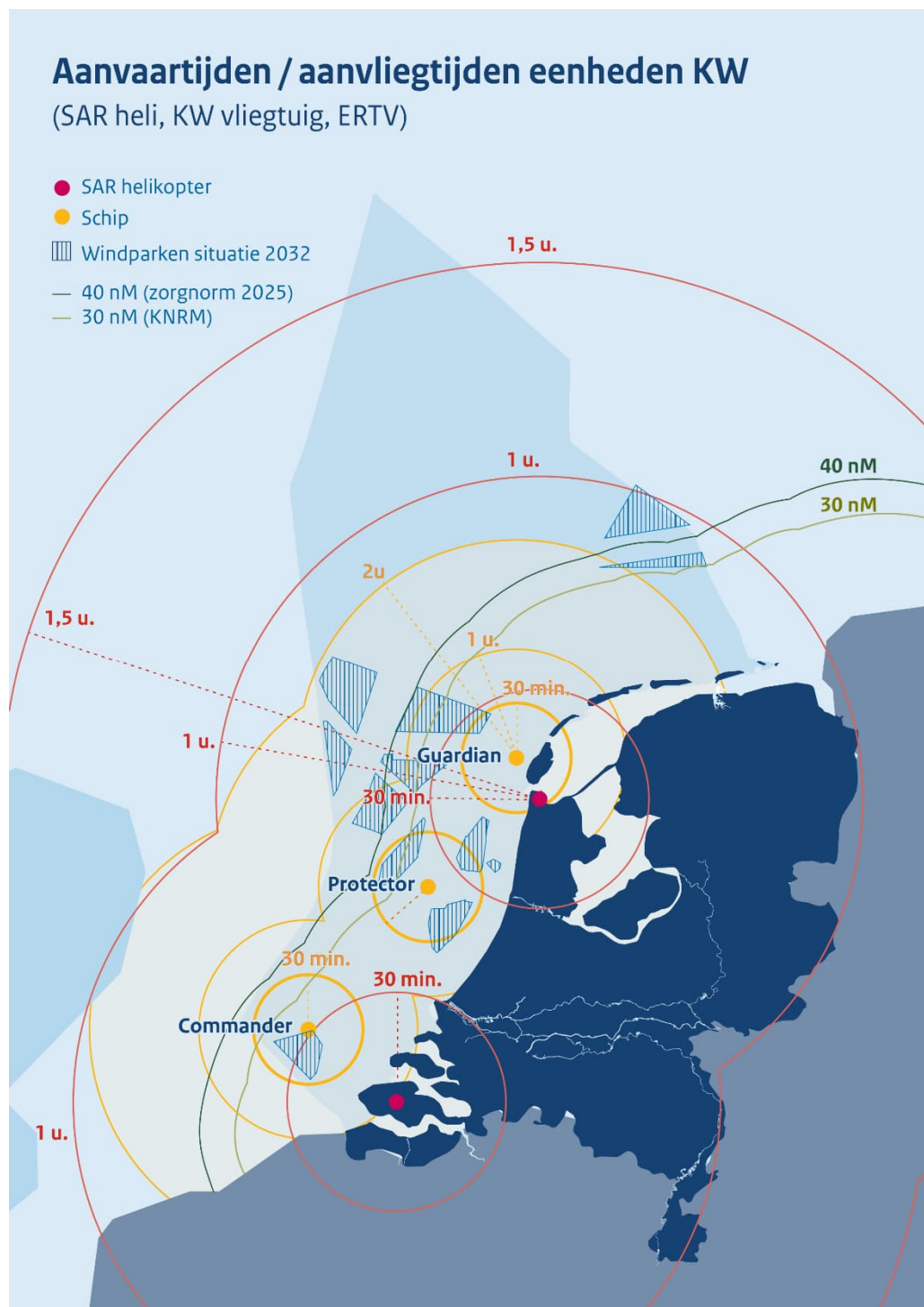
rondom de redding op zee echter minder uitgewerkt dan in de olie- en gasindustrie. Windparken vallen volgens artikel 1o van de Mijnbouwwet niet onder de definitie van een mijnbouwinstallatie. Hierdoor is artikel 3.37t van het Arbobesluit formeel niet van toepassing op de windsector. Momenteel ontbreken brancherichtlijnen voor SAR-operaties bij incidenten in de windsector. Ook in de kavelbesluiten voor individuele windparken wordt SAR nog niet systematisch opgenomen, wat duidt op de noodzaak van verdere ontwikkeling op dit gebied.

Antea voerde onderzoek uit naar SAR ver op zee en identificeerde in hun onderzoek 19 optimalisatiemogelijkheden [52]. Er worden vijf categorieën geduid voor verbetering van de reddingscapaciteit:

1. Normering – Ontwikkeling van specifieke SAR-richtlijnen voor de windsector.
2. Handhaving en monitoring – Verbeterde real-time bewaking en coördinatie bijvoorbeeld middels Vessel Traffic Monitoring (VTMon).
3. Inrichting windparken – Betere toegankelijkheid voor hulpdiensten door onder andere lay-out van windenergiegebieden te ontwerpen in lijn met de OREI SAR requirements van de UKMCA Coastguard, die onlangs is overgenomen door de IALA en verwerkt wordt in diens richtlijnen.
4. Innovatie in vaartuigen – Nieuwe reddingsschepen zoals de Emergency Response and Towing Vessel (ERTV).
5. Samenwerking – Afstemming tussen publieke en private SAR-initiatieven.

Vooral normering, vaartuigontwikkeling en monitoring scoren binnen het onderzoek hoog op de haalbaarheid en doelmatigheid. Deze verbeteringen bieden concrete kansen om de SAR-capaciteit ver op zee effectiever en efficiënter in te zetten [52]. Ook wordt de uitvoering van reddingsacties voor SAR dienstverleners veiliger.

Figuur 18 geeft indicatief de aanvaartijden en aanvliegtijden weer ten behoeve van SAR ver op zee, voor de huidige en toekomstige windparken.



Figuur 18: Aanvaartijden/aanvliegtijden

6.2

Maatregelen aangaande ruimtelijke ordening

Met de uitbreiding van windparken op de Noordzee neemt de beschikbare ruimte op zee af. Dit heeft gevolgen voor de scheepvaart, die veilige routes moet behouden te midden van een groeiend aantal vaste objecten op zee. Om de kans op het ontstaan van incidenten te verkleinen, worden windparken niet willekeurig geplaatst, maar strategisch ingepast in de bestaande infrastructuur. Maatregelen binnen deze inrichting van infrastructuur worden hieronder toegelicht.

6.2.1 *Inpassing van de windparken en vergunningseisen (preventief & mitigerend)*

Volgend uit de wet Windenergie op zee, neemt het Rijk kavelbesluiten, waarmee locatie specifieke voorwaarden voor de bouw van een windpark op een kavel worden vastgelegd. Vervolgens kunnen marktpartijen via een tender bieden op een kavel. Het beste bod krijgt het exclusieve recht om daar een windpark te bouwen. Daarbij dient de partij zich te houden aan de voorwaarden vanuit de kavelbesluiten. Vergunningsvoorwaarden worden deels uitgewerkt in werkvoorschriften zoals voor de nautische en aeronautische markering van het windpark en incidentmanagement. RWS ziet toe op uitvoering hiervan evenals voor de Waterwetvergunning van TenneT. Staatstoezicht op de Mijnen (SODM) ziet toe op de arbeidsomstandigheden (ARBO) vereisten voor de windparkexploitanten, zoals de veiligheidsaspecten op de windturbines [53].

6.2.2 *Bufferstroken tussen windparken en verkeersbanen (preventief)*

Bij de aanleg van windparken op zee is vanaf het begin rekening gehouden met de nabijheid van drukke scheepvaartroutes. Om de kans op incidenten te verkleinen, is een bufferstrook ingesteld tussen windparken en verkeersbanen. Deze bufferstrook biedt schepen een marge om bij noodsituaties of extreme weersomstandigheden veilig te manoeuvreren of te ankeren, zonder in een windpark terecht te komen. Hoe drukker de vaarroute en hoe groter het schip, des te groter is de benodigde afstand tot een windpark. Sinds 2013 wordt een afwegingskader gebruikt om de breedte van bufferzones rond windparken te bepalen. Dit is bepaald op basis van de lengte van een zogenoemd maatgevend schip: de schepen behorend tot de grootste 1,5% [54]. Voor een schip van 400 meter lang geldt bijvoorbeeld een bufferzone van bijna 3,5 km (1,87 NM) aan stuurboord en 2,9 km (1,57 NM) aan bakboord.

Deze afstanden van de bufferzones zijn berekend met de verwachting dat schepen, als ze buiten hun reguliere vaarroute terechtkomen, voldoende tijd en ruimte hebben om hun koers te corrigeren. Uit analyses blijkt echter dat dit niet opgaat voor alle schepen en omstandigheden. Daarnaast spelen stroming en de combinatie met wind een cruciale rol: sterke stromingen kunnen het effect van de wind versterken en de manoeuvreerbaarheid van een schip verder beperken. Grote vrachtschepen en tankers, die door hun massa trager reageren, hebben aanzienlijk meer tijd en ruimte nodig om snelheid te minderen of van koers te veranderen. Bovendien verliezen deze schepen bij scherpe bochten extra snelheid door verhoogde hydrodynamische weerstand en verminderde efficiëntie van de voortstuwing [54]. Onder uitdagende omstandigheden, met name wanneer wind en stroming in dezelfde richting werken en het schip in de richting van een windpark duwen, kan dit snelheidsverlies de mogelijkheid om tijdig koers te corrigeren sterk beperken. Hierdoor zijn de huidige bufferzones niet altijd toereikend om incidenten, zoals aanvaringen met windturbines, te voorkomen, zeker niet bij slecht weer of in drukbevaren gebieden [34].

Het rapport 'Schipperen met Ruimte' van de OVV benadrukt dat er kritisch gekeken moet worden naar de effectiviteit van deze bufferzones [34]. Een mogelijke oplossing is het verruimen van de veiligheidszone tussen windparken en verkeersroutes, zodat ook grotere schepen in uiteenlopende weersomstandigheden veilig kunnen uitwijken. De OVV wijst erop dat de veilige afstand tussen verkeersbanen en windparken wellicht moet worden vergroot. Het rapport benadrukt de noodzaak om deze afstanden regelmatig te evalueren, waar nodig aanpassingen te maken aan de veranderende omstandigheden op de Noordzee of aanvullende maatregelen te treffen, zoals actieve monitoring [34].

6.2.3

Doorvaartpassages en medegebruik van windparken (preventief)

Volgens Movares moet een veilige, bruikbare en toekomstbestendige doorvaartpassage – een obstakelvrije doorgang door een windpark – minimaal 1404 meter breed zijn [55]. Dit betreft de breedte voor een passage die wordt gemarkeerd en vrijgehouden om veilig scheepvaartverkeer tussen of langs windturbines mogelijk te maken. Onderzoekers adviseren een indeling in drie zones: een centrale vaarroute, een gebied voor bijzondere manoeuvres en een zone waar scheepvaart verboden is. Elk windpark heeft eigen doorvaartregels. Integrale doorvaart tot 24 meter is onder voorwaarden toegestaan in de windparken Egmond aan Zee en Prinses Amalia. De Gemini-windparken zijn geheel gesloten voor doorvaart. In de corridor Borssele is doorvaart toegestaan voor schepen tot 45 meter zonder gevaarlijke stoffen. Doorvaart in doorvaartpassages is onder voorwaarden toegestaan tot 46 meter in Hollandse Kust Zuid [55]. Onderzoek van MARIN toont aan dat vaste doorvaartpassages de kans op aanvaringen verkleinen ten opzichte van vrije doorvaart, vooral doordat de kans op aanvaringen met windturbines afneemt. Ook blijkt dat de indeling geen negatieve invloed heeft op de bereikbaarheid van zeegebieden. Echter, binnen de analyse is de hogere intensiteit van kruisend verkeer door deze inrichting niet beschouwd [56].

De bestaande doorvaartpassages in de Nederlandse Noordzee worden weinig gebruikt door de recreatievaart en vissers, zoals blijkt uit de kwartaalanalyses van de Kustwacht en de netwerkanalyses van het MARIN [26]. Uit analyse van AIS-data blijkt namelijk dat schepen om de windparken heenvaren vlak langs de veiligheidszone. Tussen 2020 en 2024 zijn er geen doorvaart gerelateerde incidenten gemeld met recreatievaart of vissersschepen. Er is geen bewijs dat vrije doorvaart veiliger is dan een vaste doorvaartpassage, maar het blijkt wel dat doorvaart niet altijd te combineren is met andere activiteiten binnen windparken [26]. MARIN wijst op onbekende kans en gevolgen van aanvaringen met onder andere installaties voor zeewier- en mosselkwekerijen of drijvende zonne-energie. De ontwikkeling van dergelijk medegebruik is vooralsnog beperkt en betreft tot nu toe initiatieven voor mosselteelt, zeewierkweek en experimenten met passieve visserij in windpark Borssele en Hollandse Kust Zuid [57]. Tevens zijn er vergunningen afgegeven voor drijvende zonneparken en waterstofproductie in Hollandse Kust Noord en West. Movares onderzocht de relatie tussen scheepvaart en medegebruik en concludeerde dat verdere studie nodig is om veiligheidsrichtlijnen en beleidskaders te ontwikkelen [58].

Hoewel geen incidenten met doorvaart zijn geregistreerd, worden in de 500-meter veiligheidszone van de corridor Borssele overtredingen vastgesteld [26,50]. Harmonisatie van doorvaart regels (nationaal en internationaal) zorgt voor uniformiteit. Uniforme doorvaartregels verkleinen de kans op overtredingen en misverstanden, dat de kans op het ontstaan van incidenten verkleint. Daaruit volgt het voorstel om de corridor Borssele om te zetten naar een doorvaartpassage. Omdat de corridor Borssele is vastgesteld via de IMO, dient IMO in te stemmen met de voorgestelde aanpassing. Dit zorgt voor uniforme, duidelijke, handhaafbare regels en eenduidige markering [59].

Om de scheepvaartveiligheid op de Noordzee voor de recreatievaart te vergroten, is ook betere informatievoorziening aan de bemanning belangrijk [60]:

- Actuele informatie over doorvaartregels en veiligheidszones breed beschikbaar stellen.
- Verbetering van de 4G-dekking op de Noordzee, zodat gezagvoerders en stuurmannen altijd toegang hebben tot updates.

- Duidelijke instructies voor noodsituaties te verstrekken, zodat bemanning beter voorbereid is op incidenten.

6.2.4 *Ankercircels (preventief)*

In sommige ankergebieden zijn ankercircels vastgelegd. Deze bieden geankerde schepen voldoende ruimte om veilig rond te zwaaien, wat nodig is bij getijdewisselingen en stormachtig weer. Het aantal ankergebieden dat ingericht is met ankercircels breidt zich uit op de Nederlandse Noordzee. Zo wordt de kans op aanvaringen en aandrijvingen in drukke ankergebieden verkleind.

6.2.5 *Vangrails op zee*

Op initiatief van het MARIN en met hulp van experts uit de offshore zijn in 2022 drie verschillende innovatieve concepten uitgetest om grote schepen te kunnen opvangen voordat ze in een windpark driften. Een ervan is een lijn met boeien boven water, die met sleepankers zijn verankerd en werkt als een “vangrail op zee” [60a]. Het tweede concept betreft een opgehangen net tussen vaste palen. Het derde concept komt neer op een verankerde haaklijn onder water, bedoeld om het anker van het driftende schip op te vangen. Deze zijn alle drie op schaal gebouwd en uitgetest in het Offshore Bassin voor stormcondities. Het Marin noemde de eerste resultaten hoopgevend en technisch haalbaar, maar het concept is niet verder uitgewerkt. Wij achten deze maatregel niet echt kansrijk. Het is een statische constructie die, als daarmee ook de grootste schepen moeten kunnen worden opvangen, enorm fors moet worden uitgevoerd en daardoor duur in aanleg en onderhoud. Daarnaast zou bijvoorbeeld zo'n boeienlijn of net een barriere vormen voor toegang tot het windpark en is het niet ondenkbaar dat het de aanvaringsrisico's voor de kleinere scheepvaart juist verhoogt.

6.3 *Maatregelenpakket 2020*

Door de start van de bouw van Windpark Borssele in oktober 2019, ontstond de noodzaak om extra maatregelen in te stellen binnen korte termijn [3]. Figuur 19 toont het overzicht maatregelenpakket tot 2031 (situatie 21GW) [8]. In de secties hieronder worden de verschillende maatregelen uitgewerkt.



Figuur 19: Overzicht van de preventieve en mitigerende (repressieve) maatregelen voor een veilige Noordzee tot 2031, zoals vastgelegd in het programma MOSWOZ

6.3.1 *Extra sensoren in en om de windparken (preventief & mitigerend)*

Om alle activiteiten op de Noordzee te faciliteren, te stimuleren en veilig te laten verlopen, is betrouwbare informatie nodig over het gebruik en de toestand van het gebied. In het kader van de energietransitie en de aanleg van windparken is een fysieke en digitale infrastructuur opgezet voor het verzamelen en verspreiden van data. Hiervoor is het Maritieme Informatievoorziening Servicepunt (MIVSP) opgezet, dat verantwoordelijk is voor realisatie, exploitatie en het beheer van deze data [61].

In 2020 ontbraken, met name verder van de kust en in afgelegen gebieden, sensoren waardoor het verkeersbeeld onvoldoende was om scheepvaartveiligheid te waarborgen. Om dit te verbeteren zijn extra sensoren geplaatst in windparken en is onderzocht hoe de sensordekking geoptimaliseerd kan worden, onder meer met nieuwe type sensoren die het verkeersbeeld verder verrijken [62]. De informatie die door deze sensoren wordt verkregen kan voor diverse taken (dienstverlening, handhaving en maritieme veiligheid) worden ingezet.

- Verbeterde AIS- en radardekking. Windturbines kunnen radarreflecties veroorzaken, dat verstoorde weergave kan geven op radarsystemen. Het wordt hierdoor moeilijker om schepen nauwkeurig te volgen in de nabijheid van windparken, omdat de reflecties het beeld verstoren en ervoor kunnen zorgen dat objecten niet goed worden onderscheiden [63,64]. In 2024 is door RWS een lijst van functionele eisen opgesteld ten aanzien van radardekking in windparken [65]. Uitvoering van vaartesten in windgebied Borssele toonden dat de radar en AIS voldoen aan de functionele eisen van RWS [66]. De invloed van radarreflecties lijkt gering voor routegebonden schepen.
- Implementatie nieuwe type sensoren. Ingenieurs- en adviesbureau Arcadis heeft in 2024 een verkenning uitgevoerd naar het nut en de noodzaak van de inzet van Radio Direction Finder (RDF) en closed-circuit television (CCTV) in windparken [67]. Een RDF is een apparaat waarmee de positie van een schip kan worden bepaald op basis van radiosignalen. De Kustwacht kan met CCTV schepen identificeren, bepaald gedrag detecteren en bij incidenten de situational awareness vergroten. De studie toont dat RDF de responstijden verkort en reddingsacties verbetert, maar slechts een beperkte bijdrage levert aan maritieme veiligheid. CCTV heeft ook beperkte meerwaarde voor nautische veiligheid, maar kan wel nuttig zijn voor Maritieme Security. Op dit moment wordt een pilot uitgevoerd naar de technische implicaties van de aansluiting van RDF's op het systeem van de Kustwacht. Voor de inzet van CCTV wordt het juridische kader uitgewerkt voor gebruik van camerabeelden voor scheepvaartveiligheid [67]. Op basis van de resultaten wordt besloten tot vervolgstappen voor de komende programmaperiode van MOSWOZ.

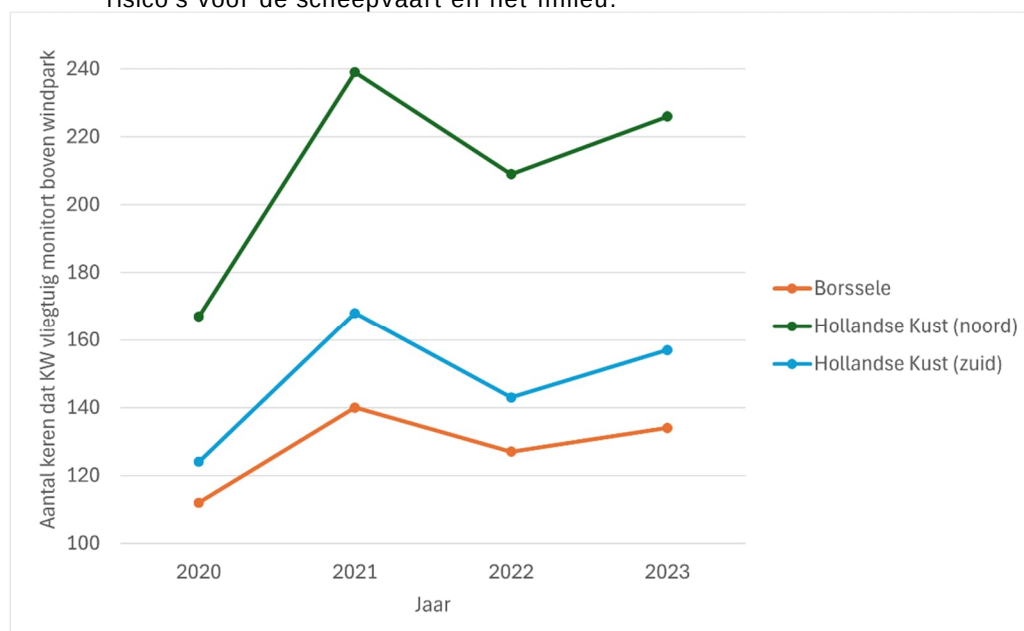
De sensoren worden ingezet voor toezicht, handhaving en communicatie met schepen. Daarmee dragen ze preventief bij aan scheepvaartveiligheid. Echter, op zichzelf verminderen ze niet de kans op aanvaringen; dit vergt actie van de scheepvaart op basis van de verkregen informatie. Sensoren zijn alleen effectief als de informatie wordt ontvangen, met de relevante partijen wordt gedeeld en zijn hierop adequaat (kunnen) reageren.

6.3.2 *Extra toezicht en handhaving (preventief)*

Het waarborgen van naleving van wet- en regelgeving voorkomt risicovolle situaties. Voor windparken betreft dit naleving van de veiligheidszones en het medegebruik in

en rondom windparken, het verkeer door de passages en het eventuele medegebruik in de windparken. Door middel van toezicht en controle wordt bewustwording gecreëerd en waar nodig gedragsaanpassing afgedwongen om de scheepvaartveiligheid te verbeteren. Ook worden hiermee ongelukken en verstoringen voorkomen. In de programmaperiode 2020-2025 heeft de kustwacht toezicht en handhaving op de naleving van veiligheidszones en het gebruik van de windparken uitgebreid. Dit betrof uitbreiding op drie aspecten:

- Wind op Zee desk Kustwacht. Op het Communicatie en Coördinatie Centrum van de Kustwacht was vanaf eind 2020 een desk ingericht om toezicht te houden op het verkeer in en om de windparken met een speciaal opgeleide *watch officer*. Dit werd aangeduid als de Wind op Zee desk. Het aantal incidenten in en rond de windparken bleek beperkt, waardoor de werkbelasting voor de operator laag was en zij andere taken gingen oppakken [62]. Vanaf 2023 heeft de Kustwacht, door capaciteitstekorten, besloten de WOZ desk niet meer continu te bemensen en de taak bij de reguliere watch officers te beleggen.
- Toezicht vanuit de lucht. Vanuit de analyse van vliegbewegingen van het Kustwachtvliegtuig kan gesteld worden dat er een toename is geweest van het aantal bewegingen boven en rondom de windparken sinds 2020. Figuur 20 toont de inzetten van het Kustwachtvliegtuig boven windparken Borssele en Hollandse Kust Zuid en Noord tussen 2019 en 2023 [62]. De luchtwaarnemers stelden een groot aantal schepen in de windparken vast. In de toekomst zullen zij communiceren met de Kustwacht als er twijfels zijn over de rechtmatige aanwezigheid van schepen. De Kustwacht omschrijft in de jaarrapportages een stijging van geconstateerde overtredingen en waarschuwingen [50]. Naarmate de windparken verder van de kustlijn komen te liggen is het Kustwacht vliegtuig één van de middelen die prominenter kan worden ingezet, omdat deze sneller ter plaatse kan zijn dan reddingsschepen. Ook kan het vliegtuig gebruikt worden om informatie over de situatie op zee te krijgen, voor effectiever advies op afstand van bijvoorbeeld het MIRC team. Het belang is gezien bij de scheepsbrand van de Fremantle Highway op 25 juli 2023, waarbij luchtobservaties leidde tot coördinatie van reddings- en blusoperaties en hielp bij het monitoren van risico's voor de scheepvaart en het milieu.



Figuur 20: *Overzicht van het aantal inzetten van het Kustwachtvliegtuig bij drie verschillende windparken op de Nederlandse Noordzee [62].*

- Toezicht vanaf het water. Ten behoeve van de scheepvaartveiligheid in en rondom windparken komt 24/7 een handhavingsvaartuig voor de Kustwacht beschikbaar. Dit betreft een Multi Purpose Vessel (MPV) die voor 50% ingezet zal worden voor handhavingstaken uitgevoerd door de verschillende diensten (o.a. Politie, Douane en de Koninklijke Marachaussee) en voor 50% voor dienstverleningstaken omtrent windenergie op zee. Het schip wordt in Q1 van 2026 verwacht voor uitvoering van extra toezicht vanaf het water [62].

6.3.3 *Verkeersmonitoring via VTMon (preventief & mitigerend)*

De uitbreiding van het aantal offshore windparken op de Noordzee verkleint de beschikbare bewegingsruimte voor schepen en verhoogt de risico's. Om deze risico's te beperken, kan gebruik worden gemaakt van Vessel Traffic Monitoring (VTMon). Met behulp van data uit onder meer AIS en radar wordt de positie en koers van schepen, met name rond windparken en drukbevaren routes, continu gemonitord [50]. Indien een schip een risicovolle koers vaart, kan een VTMon-operator dit signaleren en maatregelen initiëren om aanvaringen of schade te voorkomen. Omdat de Kustwacht verantwoordelijk is voor de uitvoering van VTMon-taken, kunnen zij ook snel ingrijpen bij dreigende of actuele incidenten [68]. Figuur 21 toont de relevante aspecten ten aanzien van de implementatie van VTMon.

Tijdens de recente simulatiestudie bleek VTMon een nuttige ondersteuning om vroegtijdig risicovolle situaties te onderkennen en reddende eenheden tijdig paraat te hebben [69]. De VTMon-operators communiceerden met schepen in nood en zetten noodsleephulp in. Daarnaast informeerden ze schepen in de omgeving en de exploitant van het windpark om windturbines stil te leggen en personeel te evacueren. Slimme tooling is nodig om de rol van de VTMon in de toekomst, bij uitbreiding van de windparken, verder te versterken en cognitief behapbaar te houden [70].

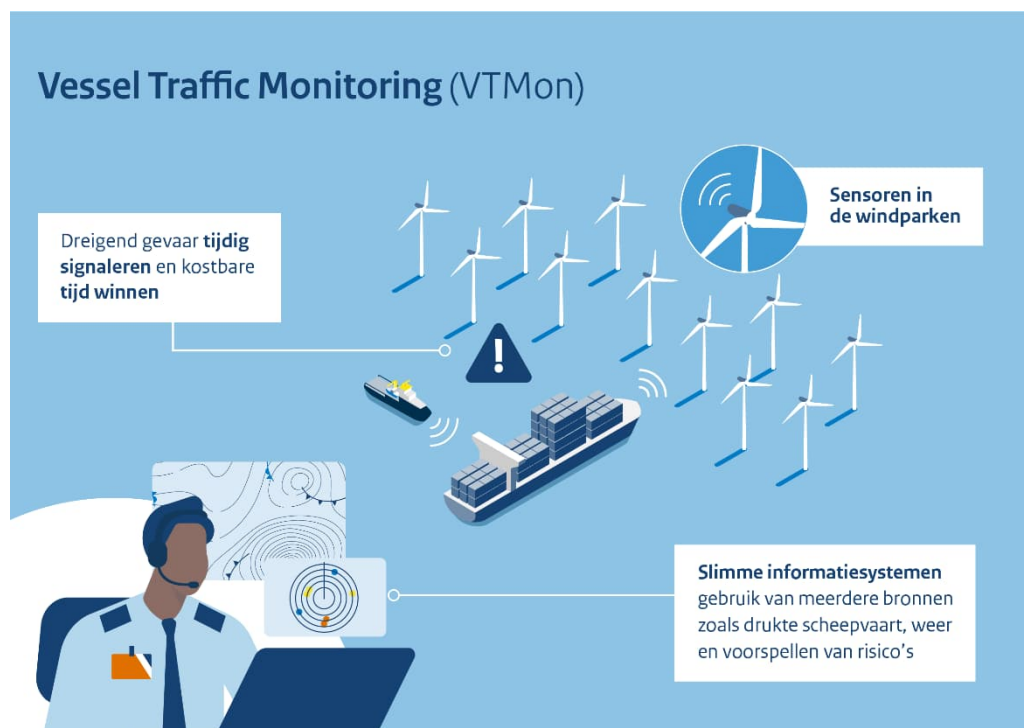
Zeevarenden waarderen het ontvangen van informatie over dreigende risico's [71]. VTMon-operators signaleren en informeren bij risicovolle situaties. Afhankelijk van de locatie – binnen of buiten de 12-mijlszone of de veiligheidszone – verschillen de bevoegdheden van de operators. VTMon sluit aan bij de huidige taken van de Kustwacht: 24/7 inzet voor hulpverlening, crisisbeheersing, handhaving en maritieme veiligheid [72].

Implementatie van VTMon-taken bij Kustwacht staat gepland voor 01-10-2025. Dit is een nieuwe taak voor de Kustwacht, waarbij een nieuw team samengesteld moet worden met een eigen opleidingstraject en instrumentarium. De Kustwacht werkt momenteel aan de optimalisering van de VTMon-taken [50].

Naarmate het aantal windparken toeneemt en verder uit de kust worden gebouwd, ook door onze buurlanden, wordt VTMon steeds belangrijker. Internationale harmonisatie is van belang voor de scheepvaartveiligheid [34]. Daarin zijn onder andere IMO en IALA leidend. Nederland levert hiervoor actief input in internationale gremia, waar ook de definitieve benaming van de dienst wordt vastgesteld. Voor nu wordt binnen Nederland de term VTMon aangehouden [70].

Voor de uitvoering van VTMon-taken zijn geavanceerde informatiesystemen nodig. Deze zogeheten slimme tooling, die onder de operationele verantwoordelijkheid van

de Kustwacht en het ministerie van Defensie valt, moet in staat zijn risicovolle scheepsbewegingen en aandachtspunten in het verkeersbeeld tijdig te detecteren [70]. De Kustwacht kan hierbij gebruik maken van bestaande of nog te ontwikkelen tools. Een voorbeeld van een bestaande tool is de 'Automated Behaviour Monitoring' (ABM) van de European Maritime Safety Agency (EMSA). Het computergestuurde systeem ABM analyseert scheepsposities voor automatische detectie van abnormaal en/of specifiek scheepsgedrag. Het heeft als doel om een maritiem situatiebeeld te bieden in realtime of voor historische analyse. Deze tool staat ter beschikking aan alle Europese lidstaten. Internationale samenwerking biedt mogelijkheden om deze of andere systemen verder te optimaliseren [73].



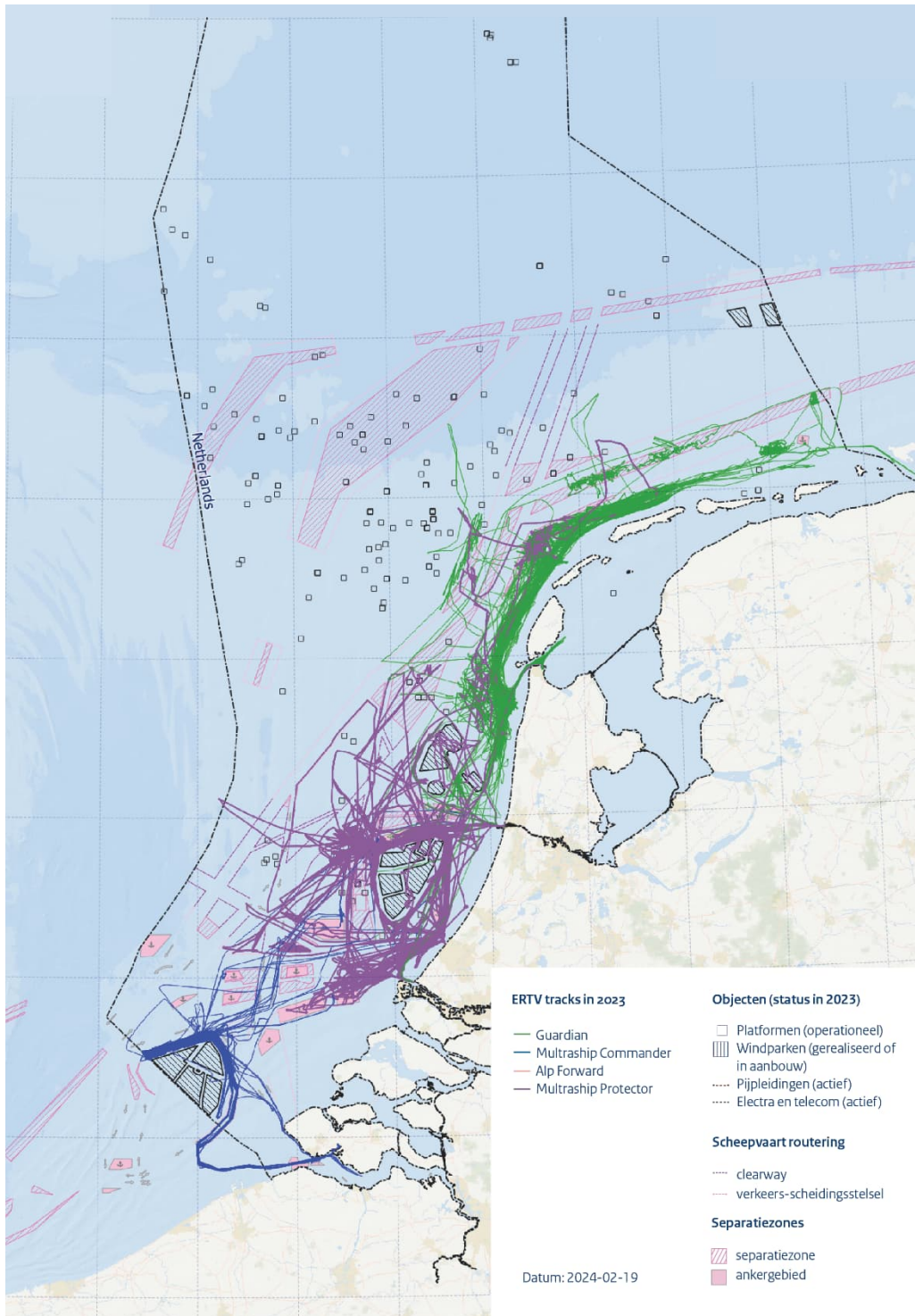
Figuur 21: Toezicht en sturing op scheepvaart via VTMon.

6.3.4

Extra noodhulpslepers (preventief & mitigerend)

Een emergency response towing vessel (ERTV) is een sleepvaartuig dat wordt ingezet om driftende of in nood verkerende schepen op zee te assisteren. ERTV's slepen schepen die niet meer onder controle zijn (not under command; NUC) weg van gevaren zoals drukke vaarroutes, andere schepen ofwel windturbines [74]. De ERTV's kunnen een middel zijn om ernstige incidenten op zee te voorkomen of de gevolgen van een incident te beperken. De Kustwacht heeft al enkele decennia beschikking over een sleepboot met als doel de bescherming van de Waddenzee. Deze heeft ook een taak als noodsleephulp en dus een ERTV taak. De sleepboot ligt stand-by in de haven van Den Helder en gaat bij 5 beaufort of hoger de zee op [72].

In 2020 hebben de ministeries van EZK en I&W besloten om anticiperend op de toenemende risico's op zee, door de komst van windparken, twee ERTV's in te zetten naast de reeds aanwezige ERTV, die continu op zee bij de windparken liggen. Deze zijn intussen operationeel. Figuur 22 toont de vaarbewegingen in 2023 [26].



Figuur 22: Overzicht van de vaarroutes van de drie ERTV's in 2023. Groen betreft de Guardian, paars de Multraship Protector en blauw de Multraship Commander [26].

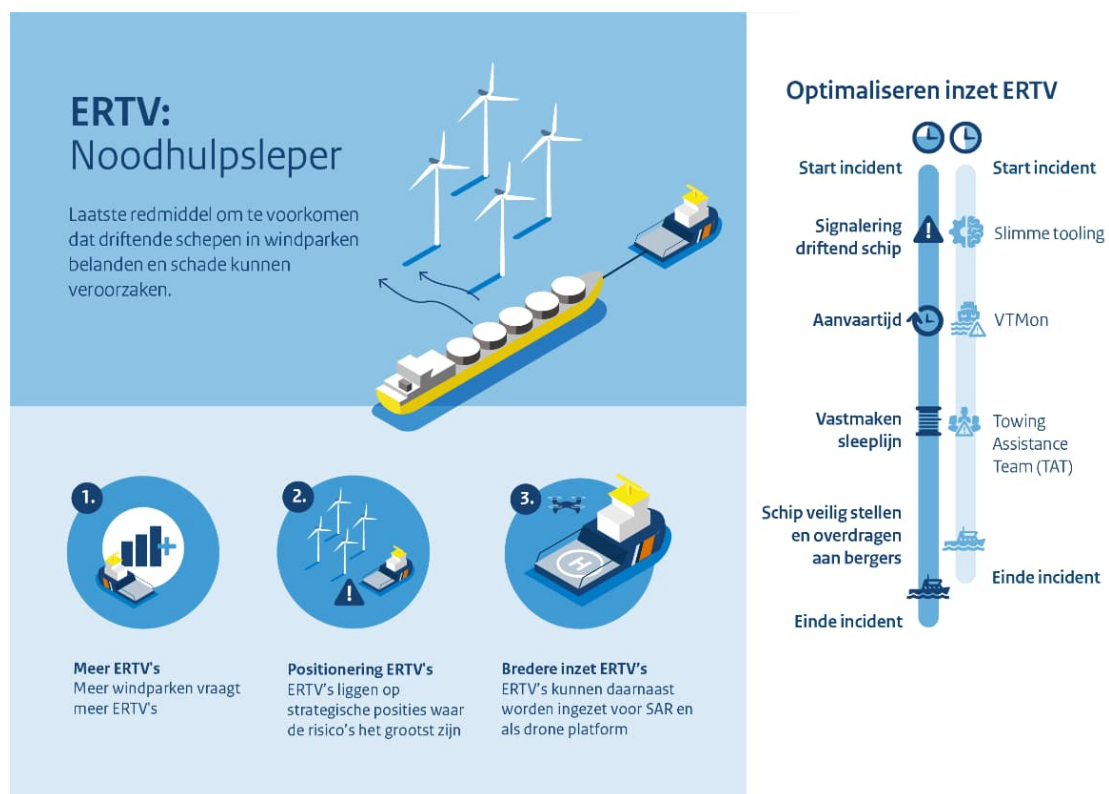
Tabel 5 geeft een overzicht van het aantal inzetten van de ERTV's van 2020 tot 2024 de afgelopen jaren [62]. Primair worden de ERTV's voor noodsleephulp ingezet, maar ook soms door de Kustwacht voor andere taken zoals voor SAR of om (te ondersteunen bij) brand- of oliebestrijding of handhavingsacties. Hierbij is leidend dat deze taken geen invloed mogen hebben op de primaire noodsleepzaak [50]. De drie ERTV's zijn in totaal 164 keer ingezet, waarvan in 6 gevallen een

sleepverbindingen is gemaakt. De gemiddelde duur van een inzet bedroeg circa 2 uur [26]. De bijdrage van de ERTV's aan het voorkomen of beperken van de gevolgen van een aanvaring met een ander schip of met een windturbine is tot op heden nog niet geëvalueerd.

Tabel 5: Overzicht van de inzetten van de drie ERTV's gedurende de huidige programmaperiode van MOSWOZ [62].

		2021	2022	2023	2024 (o.v.b.)	Totaal	%
Guardian (ERTV-N)	Noodsleephulp	27	14	14	9	64	39
	Sleepverbinding gemaakt	3	1	0	0	4	2
	Andere (SAR) taken	6	10	5	3	24	15
Protector (ERTV-M)	Noodsleephulp	n.v.t.	2	15	10	27	16
	Sleepverbinding gemaakt	n.v.t.	0	0	1	1	1
	Andere (SAR) taken	n.v.t.	1	1	5	7	4
Comman- der (ERTV-Z)	Noodsleephulp	3	4	6	10	23	14
	Sleepverbinding gemaakt	0	1	1	0	2	1
	Andere (SAR) taken	5	2	3	2	12	7
	Totaal	44	35	45	40	164	100

Voor een effectieve inzet is het benodigd dat een ERTV op tijd ter plaatse is, een sleepverbinding kan realiseren en voldoende trekkracht heeft om een schip naar een veilige locatie te brengen. Figuur 23 geeft een grafisch overzicht van de relevante elementen en mogelijkheden om de inzet te optimaliseren [74].



Figuur 23: Grafisch overzicht van de ERTV als noodhulpseper

Minimaliseren van de tijd tussen incident en start van sleepverbinding
Voordat een ERTV een sleepverbinding tot stand kan brengen, moet hij zich naar het schip in nood begeven. Er zijn twee relevante tijds punten geduid hiervoor:

1. Snellere detectie van schip in nood en vertrek van de ERTV

Op dit moment dient een schip in nood zelf contact op te nemen met bijvoorbeeld de Kustwacht, om noodhulp te initiëren. De uitbreiding van sensoren op de Noordzee in combinatie met en de inzet van VTMon maakt het in de toekomst mogelijk om schepen in risicovolle situaties eerder te signaleren. Nadat een schip in nood gesignaleerd is, moet de tijd tot vertrek van de ERTV zo kort mogelijk zijn. Door training van de ERTV-bemanning kan hier optimalisatie in plaatsvinden.

2. Aanvaartijd ERTV

De aanvaartijd wordt bepaald door de afstand van de ERTV tot het schip in nood en de vaarsnelheid van de ERTV. Uiteraard wordt een ERTV zo gepositioneerd dat deze een relevant gebied bestrijkt. De huidige ERTV's hebben een kruissnelheid onder normale omstandigheden van 15 knopen oftewel bijna 28 km/per uur. Maar tegen de stroom in of tegen de golven in, neemt de daadwerkelijke snelheid af. De toekomstige windparken Ijmuiden Ver, Nederwiek en Doordewind zijn met de huidige positionering van de ERTV's niet tijdig bereikbaar. Uitbreiding van de windparken is daarvoor benodigd en vraagt om onderzoek voor bepaling van de ligging van ERTV's, waarbij ook de effecten van weersomstandigheden meegenomen moeten worden en verschillende type noodsleepers om te anticiperen op specifiek scheepstypes. Voor uitbreiding van de ERTV's heeft het ministerie van IenW Europese subsidie gekregen voor de ontwikkeling en bouw van drie duurzame ERTV's en de aanleg van vijf laadfaciliteiten. Onderzoek laat zien dat het haalbaar is om ERTV's 90% emissieloos te laten varen [75]. Er wordt momenteel onderzoek gedaan binnen het project Power2Tow naar de wijze waarop deze nieuwe vorm van noodsleephulp voor de Nederlandse Noordzee ontwikkeld kan worden. Deze ERTV's zouden tussen 2030 en 2023 operationeel moeten zijn.

Het maken van een sleepverbinding

Het maken van een sleepverbinding is een complexe handeling onder rustige omstandigheden, laat staan onder stormomstandigheden. Soms zijn meerdere pogingen nodig om een goede verbinding tot stand te brengen en al die tijd drijft het schip met stroom en golven verder. Goed materiaal en een goed getrainde bemanning is belangrijk. Een goed gestructureerd trainingsschema, dat momenteel wordt opgesteld en geïmplementeerd, moet de competenties van ERTV-bemanning verhogen. Periodieke multidisciplinaire oefeningen met de volledige crisisorganisatie (o.a. Kustwacht, RWS, ERTV-bemanning en buurlanden) zijn van groot belang om de samenwerking onder druk te versterken. Hier wordt nog aanzienlijke verbeterpotentie voor de ERTV's gezien [74]. Ook is er geïnventariseerd naar de mogelijkheden voor de inzet van het Towing Assistance Team, zoals verder uitgewerkt staat in alinea 6.4.4.

De belangrijkste voorwaarde voor een sleepverbinding betreft de trekkracht, ofwel de bollard pull van de ERTV's. Bollard pull (trekkracht aan de paal) is de maximale trekkracht die een sleepboot of schip stilstaand kan uitoefenen, uitgedrukt in ton-force (tf) of kilonewton (kN). Beide huidige ERTV's bij de windparken hebben een bollard pull van 192 ton. De OVV stelde vast dat dit niet altijd voldoende is om een groot en windgevoelig schip onder extreme weersomstandigheden te kunnen slepen [34]. Er is aanvullend onderzoek benodigd om de daadwerkelijk benodigde bollard pull voor de ERTV's op de Nederlandse Noordzee te bepalen. Als hieruit blijkt dat deze hoger is dan de bollard pull van de huidige ERTV's, zijn de huidige ERTV's niet

afdoende maatregel om risico's bij grote schepen bij extreme condities af te doen en is aanpassing aan de specificaties voor de nieuwe ERTV's benodigd.

6.3.5 *Extra SAR, MIRG en olie- en brandbestrijdingscapaciteit (mitigerend)*

Naast het redden van mensen is ook berging van verloren lading en schepen en olie- en brandbestrijding onderdeel van de operaties op de Noordzee [72]. RWS is verantwoordelijk voor eerstelijns oliebestrijding en werkt hiervoor samen met gespecialiseerde bedrijven. Daarnaast heeft Rijkswaterstaat als waterkwaliteit- en bodembeheerder het belang dat verloren lading en schepen of delen daarvan snel en adequaat wordt geborgen voor het waarborgen van vlote en veilige scheepvaart.

MIRG.NL is het scheepsbrandbestrijdingsteam van de Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond, opererend in opdracht van het ministerie IenW. Het team adviseert en assisteert de bemanning van schepen bij brandbestrijding ter overbrugging van de periode tot aan het arriveren van een bergingsbedrijf. Het doel is om evacuatie en escalatie naar milieu en omgeving te voorkomen [72]. De Kustwacht alarmeert MIRG.NL na een hulpverzoek door de gezagvoerder of stuurman. Het team kan op afstand adviseren. Indien nodig wordt het team met per helikopter (van de Kustwacht) naar het schip gebracht. Het MIRG.NL team is tussen 2020 en 2025 vijf keer ingezet, waarvan twee keer op het schip in nood [62]. Daarnaast wordt er geïnvesteerd in materiaal, training, capaciteit en innovaties, waaronder het inrichten van een informatiecentrum voor de veiligheidsregio [76]. Dit heeft als doel adequate informatieoverdracht tijdens een incident te faciliteren.

Door de toenemende afstand tussen windparken en de Nederlandse kust neemt de responstijd toe. Bestrijdingsmiddelen moeten dichterbij risicogebieden beschikbaar zijn. Echter, zelfstandige inzet door commerciële bedrijven ofwel door MIRG.NL is kostbaar. Daarmee zullen teams, zoals MIRG.NL, vooral een grotere rol te krijgen in advisering op afstand bij SAR-operaties ver op zee [76].

6.3.6 *Gebruik van ankerplaatsen (preventief)*

Om de kans op incidenten met voor anker liggende schepen te verkleinen, zijn twee aanvullende maatregelen onderzocht:

- Stormwaarschuwingen voor ankerliggers. Sinds 2023 versturen vier verkeerscentrales, aanvullend op de berichtgeving van de Nederlandse Kustwacht, stormwaarschuwingen uit bij een verwachte golfhoogte > 3 meter of windkracht ≥ 7 . Aan schepen die ten anker liggen, wordt verzocht passende maatregelen te nemen, zoals de ankerplaats verlaten of de hoofdmotor stand-by houden [77]. Echter, een evaluatie voor ankergebied 4 liet zien dat het onduidelijk is hoeveel schepen daadwerkelijk anticiperen op de waarschuwing, omdat het stand-by houden van de motor niet zichtbaar is in de AIS-data [78]. RWS adviseert stormwaarschuwingen voort te zetten.
- Just-in-time principe. Momenteel varen veel schepen zo snel mogelijk naar hun bestemming en liggen vervolgens dagenlang buitengaats voor anker, waarvoor ze een financiële compensatie ontvangen. Het Baltic and International Maritime Council (BIMCO) heeft bij de IMO een voorstel ingediend om dit systeem te herzien in het kader van energie-efficiëntie en emissiereductie [79]. Naar verwachting zal dit de invoering van het just-in-time principe bevorderen, waarbij schepen efficiënter varen en minder lang voor anker liggen. Dit principe heeft direct invloed op de bezetting van de ankergebieden en zou dus bijdragen aan de scheepvaartveiligheid op de volle ankergebieden op de Noordzee. Nederland ondersteunt dit voorstel.

6.3.7 *Markering doorvaart windparken (preventief)*

De aanwezigheid van verlichting maakt de windturbines beter zichtbaar voor de scheepvaart. Dit verkleint de kans op een aanvaring van een schip met een turbine. In 2020 was contourverlichting al verplicht en werd dit in windparken aangelegd. Deze verlichting markeert de buitenste turbines van een windpark voor scheepvaart en luchtvaart, volgens internationale regels. Aanvullende verlichtingseisen zijn geïntroduceerd om de doorvaart door windparken 's nachts veiliger te maken, waaronder indirecte verlichting van de ID signborden van een windturbine. Dit is als vereiste opgenomen in de kavelbesluiten voor de nieuwe windparken [80]. Uit de MOSWOZ simulator studie is gebleken dat de lichtvervuiling van de windparken en achtergrondverlichting op de wal een negatief effect heeft op de zichtbaarheid van andere schepen [69].

6.3.8 *Monitorings- en onderzoeksprogramma WOZ (MOSWOZ)*

De aanleg van windparken op zee brengt een nieuwe en veranderende situatie met zich mee op de Noordzee, waarbij sprake is van een situatie waar in de wereld nog weinig kennis van is. Als gevolg hiervan werden bij de totstandkoming van het maatregelenpakket kennisleemtes vastgesteld. Een belangrijk onderdeel van het maatregelenpakket 2020 was het programma MOSWOZ. MOSWOZ werd gestart met als doel: *“inzicht geven in het effect van wind op zee op scheepvaartveiligheid en de effectiviteit van de getroffen maatregelen om eventuele aanpassingen op het maatregelenpakket te kunnen onderbouwen, en daarmee indien mogelijk kosten te kunnen besparen met borging van de scheepvaartveiligheid.”* Het programma werd dus opgezet om de benodigde onderzoeken te initiëren, zodat onderbouwde besluiten konden worden genomen over de realisatie van de adaptieve maatregelen en om verdere inzichten te verkrijgen in de invloed van windparken op de scheepvaartveiligheid [3].

Bij de start van MOSWOZ werden onderzoeksvragen opgesteld [5]. Daarnaast werden inzichten verworven over de risico's van de aanleg van windparken op zee op de scheepvaartveiligheid. In de periode 2020 – 2025 zijn er door MOSWOZ een verscheidenheid aan onderzoeken geïnitieerd en uitgevoerd [5]. Deze bevindingen van de onderzoeken zijn binnen in deze verdiepingsnota uitgewerkt in relatie tot het desbetreffende onderdeel van de FSA.

6.4 *Aanvullende maatregelen*

Op basis van de bevindingen van de onderzoeken van MOSWOZ werden aanvullende en innovatieve maatregelen geïdentificeerd voor verdere optimalisatie van de scheepvaartveiligheid rondom windparken.

6.4.1 *Inzet van drones voor monitoring en toezicht (preventief & mitigerend)*

Er is groeiende aandacht voor de inzet van innovatieve middelen vanwege de areaal specifieke eigenschappen van de Noordzee, de groei van windparken op zee met bijkomend effect op scheepvaartveiligheid en het handelingsperspectief voor het houden van toezicht op zee. De inzet van maritieme drones wordt gezien als taak ondersteunend middel waarvoor de Kustwacht de laatste jaren een groeiende interesse heeft. Er is een verkenning uitgevoerd naar mogelijkheden om vliegende drones toe te passen, bijvoorbeeld op het gebied van sensoriek en beeldopbouw. Daarbij zijn een aantal veelbelovende testen uitgevoerd om ervaring op te doen met verschillende type drones. In een vervolgstap zal ook aandacht worden gegeven aan een aantal beperkingen zoals luchtvaartregelgeving, privacyregelgeving, mogelijke bijkomende risico's en het vliegen met drones buiten het gezichtsveld van de piloot. Concrete vervolgstappen dienen als bouwblokken opgesteld te worden om toe te

werken naar uiteindelijke inzet van maritieme drones voor of door de Kustwacht [81].

6.4.2 No anchoring areas (preventief)

Het aanwijzen van No anchoring areas (ankervrije zones) helpt de kans op driftende schepen te verkleinen. In deze zones mogen schepen niet ankeren, maar kunnen ze gecontroleerd rondvaren. Zo blijven schepen onder controle van hun motoren, waardoor ze beter kunnen manoeuvreren en veiliger kunnen reageren op veranderende weersomstandigheden in vergelijking met geankerde schepen. Onderzoek door MARIN heeft aangetoond dat veel delen van de Nederlandse Noordzee al ontoegankelijk zijn voor scheepvaart, waardoor er nauwelijks extra No Anchoring areas aangewezen kunnen worden [78]. Op 1 juli 2025 wordt de No anchoring area ten noorden van ankergebied 5 ingesteld. Andere No anchoring areas zijn minder geschikt als No anchoring areas gezien de ligging ten opzichte van de havens. Een klein gebied ten westen van ankergebied Schouwenbank zou in aanmerking komen als no-anchoring. Figuur 24 toont de no anchoring area bij Schouwenbank.

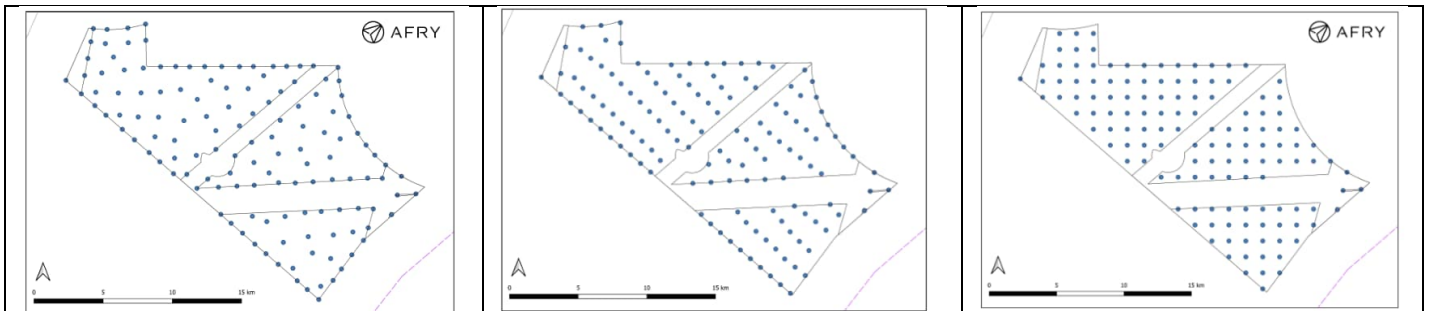


Figuur 24: Overzicht van mogelijke no-anchoring zones bij Schouwenbank (oranje).

6.4.3 SAR-lanes (mitigerend)

De huidige windenergiegebieden op de Noordzee hebben door een onregelmatige plaatsing van turbines, een geoptimaliseerde windenergieopbrengst. Het patroon is ongunstig voor een effectieve en veilige inzet van de SAR-helikopters aangezien deze daar geen rechte trajecten kunnen vliegen. Dit vermindert de effectiviteit van een zoekactie, omdat bemanningen hun visuele aandacht moeten richten op de vliegveiligheid en het manoeuvreren rond obstakels, in plaats van uit te kijken naar SAR-objecten en personen in nood. SAR-lanes zijn van belang voor de windparken verder op zee, waar de helikopter in veel gevallen de enige hulp is die tijdig een drenkeling kan redden [28].

Ter borging van de scheepvaartveiligheid heeft de autoriteit voor de UK (de Maritime Coastal Agency /MCA) daarom eisen geformuleerd voor de indeling van windenergiegebieden om de effectiviteit van SAR operaties te vergroten. Deze zijn opgesteld op basis van de recent opgestelde IALA OREI richtlijn, waarbij een uitlijning met minimaal 1 lijn qua oriëntatie over het gehele windenergiegebied acceptabel wordt geacht [82]. De obstakelvrije, parallelle banen van minimaal 500 meter breed binnen windparken worden aangeduid als SAR-lanes. Behalve voor de helikopters, verbeteren ze ook het overzicht voor schepen, waardoor deze eenvoudiger kunnen manoeuvreren. Daarnaast bieden SAR-lanes voordelen voor scheepvaartveiligheid en incidentmanagement (zoals inzet van noodsleepboten en oliebestrijding). Onderzoeksbureau Afry heeft onderzoek gedaan naar de invloed van een 1-D of 2-D uitlijning van de windturbines op de energieopbrengst van het windpark [83]. Het uitlijnen van windturbines in vaste richtingen voor SAR-lanes leidt tot een lagere energieopbrengst van het windpark. Figuur 25 geeft een schematisch overzicht van de mogelijke uitlijning van windparken.



Figuur 25: Overzicht van de verschillende uitlijning van windparken. Links is layout met vrije turbineplaatsing, midden met één oriëntatielijn en rechts met twee oriëntatielijnen [83].

6.4.4 Towing assistance team (preventief & mitigerend)

Het Towing assistance team (TAT) heeft een belangrijke functie bij de optimalisatie van de inzet van ERTV's. Uit gesprekken met relevante partijen werd bevestigd dat het in sommige gevallen lastig is om een sleepverbinding te maken. Wanneer schepen op drift raken, liggen ze doorgaans met de flank in de wind, waardoor de volledige zijkant wordt blootgesteld aan wind en golven. Deze positie bemoeilijkt het slepen, omdat de bollard pull van de ERTV minder effectief is wanneer het schip zijdelings weerstand biedt. In dergelijke situaties moet de ERTV eerst onder vaak moeilijke omstandigheden een sleepverbinding tot stand brengen. Zodra de lijn is bevestigd, draait de ERTV het schip geleidelijk zodat de boeg in de richting van wind en golven komt te liggen. Deze positie vermindert de hydrodynamische weerstand en maakt het slepen veiliger en beter controleerbaar. Bovendien zal de bemanning van het schip in nood waarschijnlijk maar 1 keer in hun carrière een dergelijke noodsituatie meemaken en als gevolg daarvan in de situatie suboptimaal handelen. Hierdoor gaat kostbare tijd verloren. De toename van het aantal objecten op de Noordzee maakt dat de afstand van een driftend schip tot een windturbine kleiner zijn, waardoor de reactietijd kleiner wordt [84].

Een TAT kan ingeschakeld worden, die per helikopter aan boord van een schip in nood gaan. Zij assisteren vervolgens de bemanning van het schip bij het maken van een sleepverbinding met een ERTV of ander schip op locatie. Tevens kan het TAT team beter communiceren met de ERTV en andere hulpdiensten over de situatie op het schip. Zowel Frankrijk als Duitsland hebben al ervaring met de implementatie van een TAT team [84]. Dit toont dat de voorbereidingen op het schip in nood door het TAT team tijdswinst kan geven. TAT is nog niet geïmplementeerd op de Nederlandse Noordzee. Onderzoek van de Antea Group wijst namelijk op uitdagingen van implementatie van TAT [85]. Het contractueel vastleggen van TAT-diensten compliceert namelijk de bedrijfsvoering van de commerciële bedrijven doordat de flexibiliteit beperkt wordt. TAT wordt door sleep- en bergingsbedrijven beschouwd als onderdeel van hun dienstverlening. Hierdoor is er alleen geen garantie dat er 100% beschikbaarheid van (nood)sleephulp op de Noordzee zal zijn. Het advies is om een marktverkenning naar de inzet van TAT op de Noordzee uit te voeren, waarin beschouwd moet worden of uitvoering van TAT-diensten met de SAR-helikopter mogelijk zou zijn [85].

6.4.5 Noordzeeloods (preventief)

De Noordzeeloods adviseert kapiteins van zeeschepen over veilige routes en navigatie, met name in complexe of drukbevaren gebieden. Met de toename van windparken op zee neemt de ruimtelijke complexiteit op zee toe, wat de behoefte aan deskundige begeleiding versterkt. De Noordzeeloods biedt hierbij ondersteuning

door actuele kennis van vaarroutes, verkeerssituaties en lokale omstandigheden, en draagt bij aan een veilige vaart langs windparken. Dit bleek ook uit de simulatiestudie; behalve gebiedskennis bleken ook de communicatievaardigheden een grote positieve invloed te hebben op een snelle interventie in risicovolle situaties. Het gebruik van de Noordzeeloods is momenteel beperkt, voornamelijk omdat er geen verplichting is en de kosten een rol spelen.

6.5 Beschouwing effectiviteit maatregelen

6.5.1 *Effectiviteit generieke maatregelen*

De generieke maatregelen zoals internationale scheepvaartregels, constructieve eisen en opleidingseisen voor bemanningsleden zijn algemene randvoorwaarden voor de scheepvaart en zijn het fundament voor een veilige vaart. Deze vaste uitgangspunten zijn in de risicobeoordeling van 2019 bij benadering meegenomen en vormen daarmee onderdeel van het huidige veiligheidsniveau. De simulatiestudie toont dat windparken geen negatief effect heeft op het situationeel bewustzijn van de bemanning. Windparken worden beschouwd als elk ander 'restricted area', een gebied waar je niet mag zijn. Het belang en de effectiviteit van de generieke maatregelen staat niet ter discussie.

6.5.2 *Effectiviteit maatregelen ruimtelijke inrichting windparken*

De randvoorwaarden voor de ruimtelijke inrichting en het gebruik van de windparken is vastgelegd in beleidsplannen en meest recent in het Programma Noordzee. De uiteindelijke keuze voor de gebieden, de veilige afstanden van windparken tot scheepvaartroutes en ook het gebruik van de windparken, is een resultaat van een zorgvuldige integrale afweging. Het is belangrijk te onderkennen dat windparken als ze eenmaal zijn aangelegd, 30 tot 40 jaar operationeel zullen zijn. Zoals aangegeven in H4 heeft de aanleg van een windpark op zee altijd invloed op de scheepvaartveiligheid. Er zijn een aantal keuzes die gemaakt kunnen worden om die invloed op de scheepvaartveiligheid gedurende de hele operationele periode van toekomstige windparken te verkleinen/verminderen:

- Zorg voor ruimere afstanden tussen de windparken en de scheepvaartroutes en clear ways, bijvoorbeeld aansluitend op de afstand die de dienst uitvoering en inspectie hanteert.
- Ten aanzien van de bufferzones merkt de OVV nog op dat er aanvullend onderzoek benodigd is om vast te stellen of de huidige afstanden voldoende manoeuvreerruimte waarborgen.
- Doorvaart is beperkt tot een paar passages (en 1 corridor). Uit de monitoring door de Kustwacht blijkt dat doorvaartpassages nog niet intensief worden gebruikt. Veel kleinere schepen (visserij, werkvaart, recreatievaart) varen om het windpark heen. Uit onderzoek blijkt echter dat het oversteken van een verkeersscheidingssysteem, in het drukke gebied noordwest van HKZ, een grotere uitdaging blijkt dan varen in een doorvaartpassage. Schippers prefereren de passage wanneer de extra af te leggen afstand beperkt blijft. Evalueer en optimaliseer het beleid van doorvaart en medegebruik [69].
- Zorg conform IALA OREI richtlijn voor een uitlijning van de windturbines met minimaal 1 lijn qua oriëntatie over het gehele windenergiegebied in relatie tot SAR lanes.

6.5.3 *Effectiviteit maatregelenpakket 2020*

De effectiviteit van de maatregelen uit het maatregelenpakket 2020 is primair op kwalitatieve informatie en inzichten gebaseerd. Er is beperkte kwantitatieve data aanwezig, geen toetsbaar kader en voor sommige maatregelen geldt dat het aantal inzetten beperkt is. In de komende jaren moet monitoring en onderzoek voort

worden gezet om meer inzicht te krijgen op effectiviteit en doelmatigheid van de maatregelen. De kwantitatieve effectiviteit kan daarmee pas later bepaald worden. Onderstaand overzicht geeft de huidige inzichten en conclusies weer van de effectiviteit van de maatregelen op basis van de expert-opinion binnen het programma MOSWOZ.

Sensoren De AIS en radarsensoren die in de windparken zijn geplaatst geven de Kustwacht inzicht in het actuele verkeer op de Noordzee, die belangrijk is voor toezicht op een veilige vaart. Sensoren zorgen ervoor dat er adequaat gehandeld kan worden bij noodsituaties door proactief te anticiperen op risicovolle situaties (via VTMon) en de opstart van SAR- of bergingsoperaties. Met elk nieuw windpark wordt het dekkinggebied van de sensoren verder uitgebreid. Deze sensoren zijn effectief voor toezicht en kunnen daarnaast worden gebruikt voor andere vormen van handhaving en maritieme veiligheid. Optimalisaties door betere of efficiëntere inzet van sensoren blijft de komende jaren relevant en behoeft aanvullend onderzoek. Aandachtspunten ten aanzien van de sensoren is het opvangen van de invloed van ontmanteling van olie- en gasplatforms voor (a) de (mobiele) data overdracht op de Noordzee en (b) kwaliteit van KNMI-weersvoorspellingen.
Toezicht en handhaving Het waarborgen van naleving van wet- en regelgeving voorkomt risicovolle situaties. Voor windparken betreft dit naleving van de veiligheidszones en het medegebruik in en rondom windparken, het verkeer door de passages en het eventuele medegebruik in de windparken. Door middel van toezicht en controle wordt bewustwording gecreëerd en waar nodig gedragsaanpassing afgedwongen om de scheepvaartveiligheid te verbeteren. Er is toename van toezicht dat leidt tot toename in constatering van overtredingen. Er is daarmee verbeterd toezicht op zee, zeker vanuit de lucht, bijvoorbeeld met behulp van drones. De toegevoegde waarde van het toezicht op het scheepvaartverkeer in en om de windparken is tot op heden beperkt geweest. Geadviseerd wordt om de invulling van deze taak aan te passen dan wel om hier mee te stoppen. Over de effectiviteit van extra handhaving via water kan nog geen conclusie worden getrokken, omdat het extra vaartuig pas vanaf 2026 in de vaart komt. Er zal vanaf dat moment extra toezicht op zee zijn, waarbij het advies is om actief bij de evaluatie van de inzet van dit schip betrokken te blijven.
VTMon Omdat VTMon nog niet gestart is, is er nog geen effectiviteit te meten. Uit het simulatie onderzoek blijkt wel al dat VTMon, ondersteund door goede sensoriek en smart tooling, een belangrijke preventieve maatregel is. Ook de expertisesessies met zeevarenden bevestigt deze verwachting. Het is van belang dat een werkende methode wordt ontwikkeld in samenwerking met de Kustwacht voor het meten van de effectiviteit van VTMon.
ERTV De huidige drie ERTV's lijken effectief, omdat deze relatief vaak worden ingezet en in de afgelopen programmaperiode ook daadwerkelijk een aantal keren de vitale infrastructuur heeft beschermd middels een sleepverbinding. Naast het voorkomen van een aanvaring kan de ERTV ook van belang zijn om de gevolgen van een aanvaring van een onmanoeuvrerbaar schip te beperken. Immers is actief ingrijpen de enige mogelijkheid om de aanvaring van het schip te stoppen. De effectiviteit van de ERTV kan verder vergroot worden door aanvaartijden en sleepverbindingen te optimaliseren, de eisen voor de ERTV's verder te onderzoeken en te bepalen wat de meest optimale samenstelling van de vloot is. De ERTV wordt ook ingezet voor andere taken zoals handhavingstaken en drone inspecties. Dit maakt de ERTV multi-inzetbaar. Deze taken moeten wel direct afbreekbaar zijn als vraag is naar noodsleephulp, de primaire taak van de ERTV's.

SAR en olie- en brandbestrijding Tot op heden zijn nog geen extra middelen voor SAR of Olieruiming gerealiseerd in relatie tot de windparken. De huidige windparken liggen namelijk betrekkelijk dicht bij de kust en zijn daardoor goed en snel bereikbaar voor de KNRM. Voor de windparken die verder vanaf de kust worden aangelegd, zal de aanvaartijd van noodhulp langer zijn. Dit vereist meer aandacht voor de zelfredzaamheid van bemanning die zich in die windparken begeven. Ten aanzien van oliebestrijding in een windpark zijn er oefeningen uitgevoerd. Deze laten zien dat olieontuiming heel lastig uitvoerbaar is, zelfs al met goed zicht en een vlakke zee. Aangaande brandbestrijding is er sinds 2022 minimaal elk jaar een scheepsbrand geweest op de Noordzee. Er is tot heden geen relatie geweest met de windparken. Echter, met de toekomstige ligging van windparken verder op zee wordt de taak van adviseren op afstand belangrijker. Effectiviteit van het MIRC team moet worden getoetst en aanvullend onderzoek is nodig om te onderzoeken hoe de taken van het MIRC efficiënter kunnen worden ingezet. Het MIRC team is ook een potentiële partner voor kennisoverdracht. Het advies is om de kennis en ervaringen op het gebied van informatiedeling te benutten. Taakuitbreiding voor het MIRC.nl team wordt overwogen, waarvan een definitief oordeel nog volgt.
Ankerplaatsen Verschillende havens werken met de Kustwacht samen om bij ongunstige weersomstandigheden de scheepvaart te waarschuwen. In sommige gevallen zien we dat schepen voorafgaand of tijdens een storm inderdaad anker lichten en gecontroleerd gaan rondvaren om een veilige koers te varen. Hierbij vraagt de maatregel weinig inzet.
Markering van windparken Markering van windparken gebeurt conform internationale richtlijnen. Nederland heeft gekozen om indirecte verlichting van de ID signborden van de windturbine als vereiste op te nemen in de kavelbesluiten¹. Aandachtspunt bij de markering is wel het enorme aantal knipperende lichten die op zee te zien zijn, vooral voor de aeronautische verlichting. Schippers geven aan dat hierdoor soms cruciale verlichting over het hoofd kan worden gezien dat de kans op ongewenste vaart richting een windpark kan verhogen.
MOSWOZ Met MOSWOZ vergroot de overheid het inzicht in de belangrijkste risico's van windenergie op zee en de effectiviteit van maatregelen. Met de aanleg van windparken verder op zee blijft dit de komende jaren van belang.
Noordzeeloods Op dit moment zijn er, ondanks IMO en EU-richtlijnen, enkele niet-gecertificeerde Noordzeeloodsen actief op de Noordzee (niet in Nederland). Dit zou internationaal onder de aandacht van IMO en reders gebracht kunnen worden ter vergroting van de bewustwording. Door toe te zien dat alleen gecertificeerde Noordzeeloodsen diensten aanbieden op de Noordzee zal de effectiviteit worden vergroot. De beschikbaarheid van Noordzeeloodsen zal wellicht moeten worden vergroot om een toenemende vraag naar deze dienst aan te kunnen.

6.5.4

Effectiviteit in onderlinge samenhang

Het waarborgen van de scheepvaartveiligheid op zee vereist een integrale benadering waarin maatregelen niet op zichzelf staan, maar als een samenhangend systeem functioneren. Dit geldt met name voor het Sense-Decide-Act-principe, waarbij detectie (sense), beoordeling en besluitvorming (decide) en actie (act) elkaar versterken. De effectiviteit van afzonderlijke maatregelen, zoals sensoren,

¹ Wettenbank. Kavelbesluit kavel Alpha windenergiegebied IJmuiden Ver. Geraadpleegd van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0049193/2024-02-01>

VTMon en ERTV, kan niet los van elkaar worden gezien, maar moet worden beoordeeld in de context van het gehele systeem.

- Sensoren detecteren scheepsbewegingen en omgevingsfactoren. Continue datastroom maakt vroegtijdig detecteren van risicovolle situaties mogelijk.
- VTMon-operators verwerken de informatie van sensoren, die ze in staat stelt om tijdig schepen in nood te herkennen en de juiste actie in gang te zetten door onder andere het opnemen van contact met het schip en informeren van andere schepen (via VHF) en door de ERTV in positie brengen.
- ERTV fungeert als de laatste verdedigingslinie, waarbij fysieke interventie plaatsvindt als een schip ondanks eerdere waarschuwingen in nood raakt.

De samenhang tussen deze maatregelen bepaalt uiteindelijk de mate waarin risico's worden beperkt. Het analyseren van de effectiviteit op individueel niveau biedt waardevolle inzichten, maar geeft geen compleet beeld van de werkelijke invloed op de scheepvaartveiligheid. Elk onderdeel binnen het systeem vervult een cruciale rol, en het weglaten of onvoldoende functioneren van één maatregel kan de effectiviteit van het geheel aanzienlijk verminderen. Pas wanneer de interactie tussen de maatregelen wordt beoordeeld en geoptimaliseerd, én alle schakels in het proces goed functioneren, kan het beoogde veiligheidsniveau worden gewaarborgd.

Bij de inzet van beheersmaatregelen moet een afweging plaatsvinden tussen de verwachte opbrengst voor de scheepvaartveiligheid en de kosten van de voorgestelde beheersmaatregel. Uiteindelijk resulteert dit in politiek-bestuurlijke overeenstemming over de aard en omvang van maatregelen en een bijbehorend acceptabel veiligheidsniveau. Dit proces zal samen met de relevante partijen, zoals Rijkshavenmeesters en de sector, worden uitgevoerd [85].

7 Governance, commitment en samenwerking

De scheepvaartveiligheid op de Noordzee staat onder invloed van diverse factoren, waaronder de groei van windparken, internationale regelgeving en nationale beleidskeuzes. De Nederlandse overheid speelt hierin een cruciale rol door ruimtelijke ordening, besluitvorming en regulering. Scheepvaartveiligheid wordt steeds meer benaderd vanuit een risicogestuurde aanpak, waarbij samenwerking belangrijk is.

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de invloed van de Nederlandse overheid op scheepvaartveiligheid in relatie tot windparken op de Noordzee. Vervolgens wordt belicht hoe samenwerking met diverse partijen bijdraagt aan risicoanalyses en beleidsvorming. Tot slot worden de belangrijkste lessen en uitdagingen op het gebied van leiderschap en risicomanagement besproken, inclusief de invloed van governance en internationale afstemming.

7.1 Invloed Nederlandse overheid op scheepvaartveiligheid

De Nederlandse overheid heeft invloed op de scheepvaartveiligheid in relatie tot windparken op de Noordzee binnen de volgende kaders:

- Ruimtelijke ordening binnen de Nederlandse Noordzee. De overheid bepaalt de ruimtelijke indeling van de Nederlands Noordzee en wijst gebieden aan voor verschillende activiteiten, zoals windparken, scheepvaartroutes, zandwinning en natuurgebieden. Dit wordt vastgelegd in beleidsdocumenten zoals het Programma Noordzee 2022-2027 [8]. Ook zijn er internationale afspraken omtrent routing en wet en regelgeving. Nederland neemt deel aan de North Sea Shipping Group, een informeel overleg waarbij kennis wordt gedeeld tussen de kuststaten. Daarnaast wordt regelgeving ingericht via de IMO, waarin Nederland advies kan geven [45]. In de afgelopen programmaperiode heeft dat plaatsgevonden voor onder andere no anchoring areas. Het is van belang om internationaal in gesprek te blijven, om te onderzoeken waar harmonisatie mogelijk is. En daarnaast ook innovaties te volgen van de andere landen.
- Besluitvorming over windparken en vaste objecten. De overheid besluit waar windparken mogen komen, stelt beleid vast ten aanzien van doorvaart en medegebruik en legt de bufferzones vast tussen windparken en scheepvaartroutes [49]. Het ministerie van IenW speelt hierin een centrale rol en moet de invloed op scheepvaartveiligheid afwegen.
- Regulering en maatregelen. Nederland kan wel de ligging en begrenzing van windparken bepalen, waaronder veiligheidszones instellen rondom windparken (tot 500 meter) [87]. Echter, scheepvaartroutes buiten de territoriale wateren kunnen niet eenzijdig worden gewijzigd. De IMO besluit over verkeersscheidingssystemen, waarbij Nederland wel voorstellen kan indienen. De overheid kan aanvullende maatregelen inrichten.
- Toezicht en monitoring. Er zijn diverse partijen betrokken bij toezicht en monitoring:
 - De Kustwacht voert toezicht uit op zee en handhaven regelgeving omtrent scheepvaart en windparken. Daarnaast worden risicoanalyses uitgevoerd om de risicovolle situaties te monitoren.
 - De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) ziet toe op de naleving van regels door schepen en bemanningen.
 - Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) is verantwoordelijk voor het toezicht op windparkexploitanten. Toezicht en handhaving vinden mede plaats op basis

van vergunningsvoorwaarden voor medegebruik en werkvoorschriften die voortvloeien uit het kavelbesluit voor windparken.

De verantwoordelijkheid voor de aanpak van scheepvaartveiligheid is belegd bij de afdeling Zeevaart van directoraat-generaal Luchtvaart en Maritieme Zaken (DGLM) van het ministerie van IenW. Zij bepalen het beleid voor scheepvaartveiligheid, in samenspraak met directoraat-generaal Water en Bodem en RWS. DGLM wordt vanwege die verantwoordelijkheid en vanwege de rol van de minister van IenW in de besluitvorming betrokken bij de zoektocht naar en keuze van gebieden voor windenergie [16]. Zij worden ook geconsulteerd bij de daaropvolgende kavelbesluiten vanuit het ministerie van Klimaat en Groene Groei, waarvoor zowel de minister van IenW als de directeur-generaal van RWS goedkeuring moet geven.

7.2

Samenwerking met partners in risicoanalyses voor windparken op zee

Bij het uitvoeren van risicoanalyses voor windparken op de Noordzee is intensieve samenwerking met diverse partijen benodigd. Door middel van expertsessies, interviews en werksessies worden inzichten gedeeld en risico's in kaart gebracht. Enkele belangrijke samenwerkingsvormen en initiatieven zijn:

- Gezamenlijke risicoanalyses. Expertsessies zijn gehouden voor verschillende doeleinden, zoals BowTie-analyses, waarbij onder andere de Kustwacht, ILT, DGLM en RWS (ZD en WVL) betrokken waren.
- Initiatieven vanuit partners. Op initiatief van de Port of Rotterdam is de Scheepvaart Adviesgroep Noordzee (SAN) opgezet om risico's te evalueren.
- Interviews en workshops. Er zijn uitgebreide interviews en enquêtes gehouden met deskundigen van onder andere de dossierhouders Kustwacht, RWS, ministerie van IenW, Nationale Nautische Verkeersdienst Opleiding (NNVO), Noordzeeloodsen en VTS-operators in havenaanloopgebieden.
- Beleidsmatige en operationele werksessies. Om beleids- en operationele inzichten te combineren, zijn specifieke werksessies georganiseerd met beleidsmakers en operationeel personeel.
- Netwerkanalyses en technische presentaties. MARIN heeft presentaties verzorgd over netwerkanalyses, waarbij vooral de Kustwacht, RWS (ZD, WVL) en andere relevante partijen betrokken waren.
- Hydrometeo-expertsessies. Specialisten van Deltares, KNMI, KNRM, NVKK, Toerzeiler, Zeezeiler en RWS (VWM, WVL, ZD) hebben deelgenomen aan een expertsessie over hydrometeorologische omstandigheden en hun invloed op de scheepvaartveiligheid.
- Workshops met kennisinstellingen. Er wordt samengewerkt met kennisinstellingen voor de gezamenlijke ontwikkeling van nieuwe kennis, zoals met MARIN, Deltares, TNO en de technische universiteit Delft.

7.3

Conclusies leiderschap bij risicomanagement scheepvaartveiligheid op zee

De afgelopen jaren is risicomanagement door het programma scheepvaartveiligheid wind op zee aanzienlijk verbeterd. Deze kennisontwikkeling heeft geleid tot een beter begrip van de risico's en een steeds fijnmaziger beeld van hoe scheepvaartveiligheid op de Noordzee kan worden gewaarborgd. Ondanks deze vooruitgang blijven er echter uitdagingen bestaan op het gebied van governance, internationale afstemming en de praktische toepassing van risicomanagement in beleidsbeslissingen. Dit komt naar voren uit:

- De rapportage van de OVV 'Schippperen met Ruimte' (2024) [34]
- Een Strengths, Weaknesses, Opportunities en Threats (SWOT)-analyse. Deze interne analyse is gemaakt tijdens een training over risicomanagement, waarbij experts van RWS, DGLM en de Kustwacht betrokken waren.

Onderstaand zijn de belangrijkste conclusies over leiderschap bij het risicomanagementproces op een rij gezet.

- Onduidelijke verdeling van verantwoordelijkheden. Verantwoordelijkheid voor scheepvaartveiligheid ligt bij verschillende overheidsinstanties. RWS, DGLM, de Kustwacht en internationale organisaties spelen allen een rol, maar hun taken en verantwoordelijkheden zijn niet goed gedefinieerd en vastgelegd.
- Geen eenduidige visie of toetsbaar veiligheidskader. Er ontbreekt een duidelijke en toetsbare veiligheidsambitie. Het ministerie van IenW hanteert de doelstelling om scheepvaartveiligheid op hetzelfde niveau te houden of te verbeteren, maar zonder objectieve criteria van veiligheidsprestatie is niet te beoordelen of dit lukt [42]. De OVV benadrukt het belang van *checks and balances* in de besluitvorming, zodat alle belangen worden meegenomen [34]. Daarbij is transparantie bij risicoafweging van belang, zodat het in de keten gedragen zal worden.
- Grote doorlooptijden internationale besluitvorming. De Noordzee is een gedeeld maritiem gebied, maar Nederland heeft beperkte invloed op internationale scheepvaartroutes. Besluitvorming binnen de IMO heeft lange doorlooptijden. Nieuwe en aanpassingen van Internationale wet- en regelgeving via IMO hebben een lange doorlooptijd. Maar als de besluitvorming heeft plaatsgevonden, dan is de nieuwe of gewijzigde wet- of regelgeving wel wereldwijd geharmoniseerd en daarmee erg effectief.

8 Samenvatting van de bevindingen

In dit hoofdstuk worden de deelconclusies uit de voorgaande hoofdstukken samengebracht om de belangrijkste inzichten te beschouwen. Dit wordt uitgewerkt op basis van de FSA-methodologie, een systematische aanpak voor identificatie, analyse, evaluatie en behandeling van risico's zoals deze in de verdiepingsnota is uitgewerkt [6].

8.1 Risico-identificatie

Het aantal windturbines op de Nederlandse Noordzee stijgt van 289 in 2019 naar 1700 in 2032. Dit geeft een risicoverhogende situatie voor scheepvaartveiligheid:

- Windparken verminderen de beschikbare ruimte op zee. Windparken, gelegen langs drukke scheepvaartroutes, reduceren de manoeuvreerruimte op zee. Dit leidt tot beperktere vaarruimte voor schepen en vergroot de kans op aanvaringen, vooral bij technisch/menselijk falen of slecht weer. Toename van gross tonnage van schepen, resulterend in afgenomen manoeuvreerbaarheid, versterkt de kans op aanvaringen tussen schepen en met windturbines.
- Windturbines in de nabijheid van ankergebieden hebben hogere kans op aanvaringen. Bij ankergebieden die bovenwinds van een windpark liggen, kunnen schepen (bij ankerverlies of storm) afdrijven en in aanvaring komen met windturbines. De ligging ten opzichte van windparken is kritisch.
- Windparken vereisen extra scheepvaartbewegingen. Bouw en onderhoud van windparken genereren extra en ongecoördineerde scheepvaartbewegingen binnen en buiten het windpark, wat de kans op aanvaringen verhoogt onder andere door toename van kruisend verkeer op de hoofdvaarwegen.

Naast de drie genoemde situaties, zijn er nog twee aanvullende aspecten relevant:

- Windparken beperken de inzetmogelijkheden van zoek- en reddingsoperaties. Er komen meer uitgestrekte windparken verder van de kust waar het uitvoeren van SAR operaties of olieruiming complexer is. Ook belemmeren windparken reddingsoperaties door beperkte ruimte voor helikopters en schepen. Bovendien neemt het aantal kwetsbare verkeersdeelnemers op een grotere afstand op zee toe, onder andere door werkvaart en het mogelijke toekomstige medegebruik van windparken.
- Windparken beïnvloeden meteorologische en hydrodynamische omstandigheden. Windparken beïnvloeden lokaal wind, mistvorming en stroming. De invloed op scheepvaartveiligheid is beperkt en wordt niet als groot risicoverhogend aspect beoordeeld.

8.2 Risicoanalyse

De analyse van bovengenoemde risicoverhogende situaties richt zich op verschillende methodieken waarmee verder inzicht in de risico's wordt verkregen, zoals inzicht in de kans en gevolg van aanvaringen.

Kans op een incident

- De kans op schip-schip aanvaringen op de Nederlandse Noordzee bedroeg in 2019 circa 6 tot 7 per jaar. Door aanleg van nieuwe windparken en de toegenomen intensiteit en veranderende samenstelling van de scheepvaart neemt dit toe naar circa 7 tot 8 aanvaringen per jaar in 2032 [1]. Daarmee blijft de kans op een schip-schip aanvaring in dezelfde kolom van de risicomatrix, zoals deze hieronder is weergegeven: meer dan 5 keer per jaar.

- De kans op schip-turbine aanvaringen was in 2019 nog nihil, door het beperkte aantal turbines en de afstand tot drukke vaarroutes. Deze kans stijgt naar circa 1 tot 2 aanvaringen per jaar in 2032 [1]. Hierdoor komt de kans terecht in de kolom van 1 keer per 2 jaar tot 5 keer per jaar van de risicomatrix.

Gevolg van een incident

- Uit de analyses blijkt dat schip-turbine aanvaringen aanzienlijke schade veroorzaken aan zowel de schepen als de windturbines. Hoewel schepen hierbij ernstige schade oplopen aan boeg of romp, blijft de stabiliteit en drijfvermogen behouden, zonder lekkage of verlies van lading. De grootste gevolgen van aanvaringen liggen echter bij de windturbines zelf, waarbij bezwijken van de fundering en de turbineconstructie realistisch is. Bezwijking in de richting van een schip is daarbij mogelijk [38,39]. Door de verhoogde kans op aanvaringen in 2032 stijgt het risiconiveau van groen naar geel/oranje in de risicomatrix, wat aangeeft dat aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn.
- Extra simulaties tonen aan dat het neerstorten van de nacelle vanaf 100 tot 125 meter hoogte, met een snelheid van ruim 31 meter per seconde, zeer ernstige schade kan veroorzaken aan schepen, zoals het doorboren van meerdere scheepsdekken [39]. Dit specifieke scenario heeft een High Impact Low Probability (HILP)-karakter: het leidt potentieel tot de hoogste effectklasse, maar de kans dat een dergelijke verticale impact plaatsvindt op een tanker of passagiersschip is klein.

Effect klasse	Veiligheid, Gezondheid, Maatschappij	Milieuschade	Economische schade voor RWS en eigenaar/stremming	Schip - Turbine Aanvaring 2019		Schip - Turbine Aanvaring 2032		Schip - Schip Aanvaring 2019 en 2032
				Maximaal 1x per 20 jaar	Tussen 1x per 20 jaar en 1x per 2 jaar	Tussen 1x per 2 jaar en 5x per jaar	Meer dan 5x per jaar	
5 - Zeer ernstig	Meer dan 10 doden	Zeer grote impact - Omvangrijke schade aan flora en fauna in een groot gebied, waarbij herstel jaren gaat duren.	Stremming vaargeul meer dan 7 dagen en/of materiele schade groter dan 100 mln.					
4 - Ernstig	Meer dan 10 ernstig gewonden en/of minder dan 10 doden	Significante impact - Ernstige verstoring van meer dan 1 jaar in een middelgroot gebied. Grotendeels herstel van milieuwwaarden binnen een periode van enkele jaren mogelijk.	Stremming vaargeul tussen 1 en 7 dagen en/of materiele schade tussen 15 en 100 mln.					
3 - Beperkt	Geen doden, minder dan 10 ernstig gewonden	Lokale verstoring - middelgrote en vooral tijdelijke schade aan flora en fauna, ongewenste milieubelasting duurt maximaal 1 jaar. Volledige herstelmogelijkheden van het milieu.	Stremming vaargeul 1 dag en/of materiele schade tussen 1 en 15 mln.					
2 - Licht	Overwegend licht gewonden	Kortdurende overschrijding van grenswaarden in een klein gebied zonder blijvende schade aan flora en fauna. Volledig herstel is verzekerd.	Stremming vaargeul enkele uren en/of materiele schade tot 1 mln.					
1 - Nihil	Geen slachtoffers	Geen effect	Minder dan 1 uur stremming en geen materiele schade.					

Figuur 26: Risicomatrix Noordzee met horizontaal het kans op incidenten [40]. Er is een toename van de kans op schip-turbine aanvaringen voor de situatie 2032 in vergelijking met 2019. Verticaal staat het gevolg van incidenten. De gevolgen van schip-turbine aanvaringen zijn niet exact bekend, maar bevinden zich voor de kans in de situatie van 2032 in de omcirkelde regio. De stippellijn toont dat er sprake is van een schatting.

Hoewel de gebruikte risicomatrix een gangbaar instrument is voor risicoanalyse, schiet deze tekort bij HILP-risico's. Door de lage kans op optreden krijgen extreme scenario's vaak onvoldoende prioriteit, terwijl de potentiële gevolgen aanzienlijk zijn. Scenario-denken is daarom cruciaal voor een realistisch risicobeeld. Ook gezien de dynamische ontwikkelingen op de Noordzee is uitbreiding en verfijning van de analysemethodieken, naast de ontwikkelde BowTie analyses, gewenst. Aanvullende

technieken, zoals Fault Tree Analysis (FTA), kunnen de betrouwbaarheid van kansinschattingen verhogen en cumulatieve risico's beter zichtbaar maken. Een Fault Tree Analysis (FTA) is een risicoanalysemethode waarbij een ongewenste gebeurtenis centraal staat en vanuit daar oorzaken systematisch worden afgeleid met behulp van logische poorten ("AND" en "OR"), die aangeven hoe gebeurtenissen samen leiden tot falen. In de context van windparken en scheepvaartveiligheid helpt FTA om technische fouten (zoals radaruitval), menselijke factoren (zoals navigatiefouten) en externe invloeden (zoals slecht weer) te combineren en te analyseren. Dit biedt inzicht in kwetsbaarheden en ondersteunt het treffen van gerichte beheersmaatregelen. Een gecombineerde toepassing van BowTie-analyse en aanvullende technieken is nodig om onzekerheden beter te beheersen en de effectiviteit van risicobeheersing te vergroten. Aanbevolen wordt om de toolbox systematisch uit te breiden, met inbreng vanuit (inter)nationale kennisomgevingen.

8.3 Risico-evaluatie

- De beleidsdoelstelling voor het programma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee stelt dat het veiligheidsniveau op de Noordzee moet worden gehandhaafd of verbeterd [8]. Echter, zoals hierboven beschreven, stijgt in de afwezigheid van risicobeheersmaatregelen het risiconiveau in 2032 ten opzichte van 2019.
- Het beleidsdoel is lastig toetsbaar in relatie tot de toenemende complexiteit van scheepvaartveiligheid op de Noordzee [42]. Zonder duidelijke, objectieve criteria blijft het namelijk onzeker of geïmplementeerde maatregelen effectief genoeg zijn om risico's daadwerkelijk te verlagen om het veiligheidsniveau te behalen. Het is ook niet mogelijk om vast te stellen of het doel in de praktijk wordt bereikt. Het gebrek aan meetbaarheid en transparantie belemmert effectieve besluitvorming en maakt verantwoording moeilijker.
- Het ministerie van IenW erkent deze uitdaging en werkt aan een nieuw, realistischer en toetsbaar veiligheidsdoel. Het nieuwe kader zal bepalend zijn voor de toekomstige inzet van risicobeheersing op de Noordzee.

8.4 Risicobehandeling

- Ten aanzien van het stijgende risiconiveau op de Noordzee en de doelstelling voor behoud van het veiligheidsniveau, was het noodzakelijk om maatregelen te treffen ten aanzien van scheepvaartveiligheid rondom windparken op zee.
- Binnen het risicobeheer wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende typen maatregelen. Een deel van de maatregelen betreft generieke randvoorwaarden die al van kracht zijn, zoals opleidingseisen voor bemanning en internationale regelgeving voor scheepvaart. Deze worden beschouwd als vaststaande uitgangspunten die al in eerdere risico-inschattingen (zoals in 2019) zijn meegenomen en die de basis vormen voor het huidige veiligheidsniveau.
- Bij ruimtelijke inrichting van windparken zijn integrale afwegingen gemaakt. Toch blijft er ruimte voor verbetering, zoals ruimere afstanden tussen windparken en vaarroutes, heroverweging van het huidige beleid voor medegebruik en doorvaart, en betere uitlijning van windturbines conform internationale richtlijnen (IALA OREI).
- Daarnaast zijn er maatregelen waarmee actief verdere risicoreductie kan worden gerealiseerd. Dit betreft onder meer de ruimtelijke inrichting van windparken en vaarroutes, het aanvullende maatregelenpakket uit 2020, inclusief inzichten uit het MOSWOZ-programma [2]. De geïmplementeerde maatregelen dragen bij aan het voorkomen van aanvaringen of verkleinen van de gevolgen, maar bieden geen sluitende garantie tegen aanvaringen. Dit overzicht toont de belangrijkste maatregelen uit het pakket. Zie hoofdstuk 6.5.3 voor de volledige lijst van maatregelen.

- o De sensoren (AIS, radar, marifoon) die op de windparken geplaatst zijn of geplaatst zullen worden, zijn nodig voor de beeldopbouw van de Kustwacht om voor VTMon, maar dienen ook voor handhaving en maritieme veiligheid.
 - o VTMon zal pas in oktober 2025 starten, dus de operationele effectiviteit is nog onbekend. VTMon lijkt, ondersteund door goede sensoriek en smart tooling, een belangrijke preventieve maatregel volgens de MOSWOZ simulator studie. Deze verwachting is ook in meerder expertsessies door zeevarenden bevestigd.
 - o ERTV's zijn een laatste oplossing als een schip richting een windpark drift en is hiermee effectief in noodsituaties. Aandachtspunten voor een optimale inzet van de ERTV is de aanvaartijd en de te maken sleepverbinding. De vraag daarbij is hoeveel ERTV's op welke locatie benodigd zijn voor mitigatie van de risico's tot het gewenste niveau.
- Er zijn ook aanvullende maatregelen in de afgelopen programmaperiode beschouwd. Dit betreft de inrichting van SAR-lanes voor optimale SAR operatie, inrichting van no anchoring areas voor verkleining van de kans op driftende schepen vanuit ankergebieden, de inzet van een TAT-team voor optimalisering van de te maken sleepverbinding en de noordzeeloods voor scheepsadvisering.

8.5

Governance, commitment en samenwerking

- De afgelopen jaren is risicomanagement op de Noordzee verbeterd, met een beter begrip van risico's door uitgevoerde risicoanalyses. Het MOSWOZ programma heeft een uitvoerende rol binnen het risicomanagement.
- Er ontbreekt coördinatie en duidelijke verantwoordelijkheden tussen de partijen. Dit belemmert een integrale aanpak en leidt tot inefficiënties in besluitvorming.
- Om risicomanagement effectiever te maken, is eigenaarschap binnen het proces nodig met heldere verantwoordelijkheden, een toetsbare veiligheidsambitie en betere internationale samenwerking. Alleen zo kan de scheepvaartveiligheid op de Noordzee gewaarborgd blijven te midden van de toenemende complexiteit en risico's.

9 Conclusie en aanbevelingen

De verdiepingsnota Monitoring en Onderzoeksprogramma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee heeft een evaluatie geboden van de periode 2020 – 2025 op basis van een bundeling van de belangrijkste bevindingen van onderzoek, risicoanalyses en beleidsmaatregelen.

De afgelopen vijf jaar heeft het risicomanagement voor scheepvaartveiligheid ten aanzien van windenergie op zee op de Noordzee aanzienlijke vooruitgang geboekt, met een gedetailleerder begrip van scheepvaartveiligheid en de invloed van windparken. Ondanks deze verbeteringen is de effectiviteit van beleid en beheersmaatregelen nog onvoldoende toekomstgericht. De snelle uitbreiding van windenergie naar 21 GW in 2032 verhoogt de complexiteit van het maritieme verkeersbeeld en brengt nieuwe uitdagingen met zich mee. De uitbreiding van windparken op de Nederlandse Noordzee leidt zonder extra maatregelen tot een toename van de risico's voor de scheepvaartveiligheid. De kans op schip-schip aanvaringen loopt op van 6 naar 6 tot 8 per jaar en voor schip-turbine aanvaringen van een kans van 0 naar 1 tot 2 aanvaringen per jaar. Het risicomanagement voor scheepvaartveiligheid blijft achter bij deze risicotoename. Met de bouw van nieuwe windparken en zonder aanvullende maatregelen nemen scheepvaartrisico's toe. Onderschatting van kritieke scenario's treedt op doordat HILP-risico's niet voldoende worden meegenomen. Er zijn onzekerheden over effectiviteit van maatregelen. Dit volgt uit het feit dat risicobeoordeling onvolledig blijft door beperkingen van risicomodellen en het ontbreken van een toetsbaar veiligheidskader, waardoor onduidelijk is welke risico's acceptabel en welke maatregelen noodzakelijk zijn.

Bovenstaande conclusie wordt getrokken vanuit de beschouwing van de conclusies uit de verschillende aspecten van de uitgevoerde risicoanalyses. Daarbij komt het programma MOSWOZ ook tot verschillende aanbevelingen, die in deze sectie globaal beschreven zijn en in het plan van aanpak voor de komende programmaperiode worden uitgewerkt.

Risico-identificatie en risicoanalyse

De toename van windparken op de Noordzee leidt tot veranderingen in het risico voor scheepvaartveiligheid. Belangrijke factoren zijn beperkte manoeuvreerruimte, ankergebieden in de nabijheid van windparken, toenemend werkverkeer rond windparken en uitdagingen voor hulpverlening bij incidenten. Hierdoor stijgt het risiconiveau op de Noordzee, vooral voor schip-turbine aanvaringen. Hoewel dergelijke incidenten momenteel nog beperkt voorkomen, wordt verwacht dat deze frequentie significant toeneemt naar circa één à twee keer per jaar. De gevolgen hiervan kunnen substantieel zijn, met aanzienlijke schade aan zowel schepen als windturbines. In specifieke scenario's, zoals het neerstorten van turbine-onderdelen, kunnen de gevolgen zeer ernstig zijn (High Impact Low Probability - HILP).

Er dient toegewerkt te worden naar risicogestuurd management voor de scheepvaartveiligheid. De huidige aanpak is sterk gericht op historische gegevens, waardoor nieuwe of toekomstige risico's onvoldoende worden erkend. Door de snelle ontwikkelingen in scheepvaart en de toenemende uitbreiding van windparken op zee groeit de noodzaak om voortdurend over een actueel en volledig risicobeeld te beschikken. De bestaande risicoanalysemodellen, zoals de risicomatrix en het SAMSON-model, geven een beperkt beeld van de werkelijke risico's. HILP-risico's en kettingreacties worden systematisch onderschat. Hierdoor ontstaat een incompleet

beeld van het risicolandschap, wat de voorbereiding op toekomstige uitdagingen bemoeilijkt. De ontwikkelingen op de Noordzee vragen om een langetermijnstrategie. Scenario-denken, stresstests en innovatieve analysemethoden moeten worden ingezet om risico's en onzekerheden beter te doorgronden.

Aanbeveling: Versterk het inzicht in de risico's

- Voer regelmatig integrale analyses uit om risico's effectief te beheersen en tijdig te kunnen anticiperen op nieuwe scenario's. Maak daarbij gebruik van scenario-denken en geavanceerde modelleringstechnieken.
- Versterk de (inter)nationale monitoring van verkeersincidenten en bijna-ongevallen om trends en nieuwe risico verhogende aspecten vroegtijdig te signaleren rondom windparken door dit specifiek te adresseren in het kader van Europese samenwerking in EMSA.
- Zet in op datagedreven risicomanagement, waarbij incidentdata en observaties structureel worden gekoppeld aan besluitvorming om een dynamischer en realistischer risicobeeld te creëren.
- Gebruik aanvullende analysemethoden zoals scenario-analyses en Fault Tree Analysis (FTA) om beter inzicht te krijgen in de risico's.
- Zorg voor continue kennisontwikkeling en training, zodat alle partijen risicomanagement volgens een gezamenlijke methodiek toepassen en het risicobewustzijn wordt versterkt.
- Stimuleer innovatieve technologieën voor datagedreven risicobeheer om toekomstige risicoverhogende aspecten sneller te herkennen en te elimineren of mitigeren.

Deze integrale aanpak draagt bij aan een continu actueel inzicht in de risico's rondom scheepvaartveiligheid en windparken, waardoor het beleid proactief en effectief kan worden vormgegeven.

Risico-evaluatie

Risico's in scheepvaartveiligheid zijn toegenomen door windenergie op zee. De genomen maatregelen binnen het maatregelenpakket verkleinen de kans op het ontstaan van aanvaringen of mitigeren de gevolgen van een aanvaring. Echter, het effect van de maatregelen is onvoldoende om het huidige beleidsdoel – veiligheidsniveau te handhaven of verbeteren – te halen.

Het huidige beleidsdoel wordt beschouwd als onrealistisch, mede omdat deze moeilijk toetsbaar is. De toenemende complexiteit van scheepvaartveiligheid en nieuwe risicoscenario's maakt het lastig om vast te stellen of dit doel in de praktijk wordt bereikt. Zonder objectieve criteria blijft het onzeker of geïmplementeerde maatregelen effectief genoeg zijn ten aanzien van het beleidsdoel. Dit gebrek aan meetbaarheid en transparantie belemmert effectieve besluitvorming en maakt verantwoording moeilijker. Het ministerie van IenW erkent deze tekortkomingen en werkt aan een nieuw veiligheidskader waarin heldere en realistische doelen worden geformuleerd. Dit kader moet voorzien in duidelijke toetsbare criteria, waardoor beter inzicht ontstaat in de effectiviteit van de genomen maatregelen en het veiligheidsniveau op zee objectief beoordeeld kan worden.

Aanbevelingen: ontwikkel een toetsbaar veiligheidsdoel

- Ontwikkel een toetsbaar veiligheidsdoel op basis van ISO 31000 en FSA en leg acceptabele risiconiveaus en meetbare evaluatiecriteria vast.
- Integreer langetermijnscenario's en stresstests in beleidsvorming om risicobeheersing niet alleen reactief, maar ook anticiperend in te zetten.

- Zorg voor een transparant en gestandaardiseerd beoordelingskader, zodat risico's eenduidig worden geclassificeerd en beheersmaatregelen op basis van uniforme normen worden ingezet.
- Implementeer een systematische evaluatie van beheersmaatregelen. Toets het effect van genomen maatregelen periodiek en stuur hierop bij.

Risicobehandeling

Het risicobeheer rondom windparken op de Noordzee bestaat uit generieke randvoorwaarden, zoals internationale regelgeving en opleidingseisen voor bemanningen, die de basis vormen voor het huidige veiligheidsniveau. Echter, door de groei van windparken en toenemende scheepvaartactiviteiten op de Noordzee stijgt het risiconiveau, vooral door de grotere kans op aanvaringen tussen schepen en windturbines. Gezien de voorspelde incidentfrequentie en de mogelijke ernstige gevolgen hiervan, zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk om dit verhoogde risico te beheersen. Hieruit volgen de volgende conclusies ten aanzien van de effectiviteit van de maatregelen:

- Generieke maatregelen vormen een algemeen geaccepteerd fundament voor scheepvaartveiligheid. Zelfredzaamheid van bemanningen (van werkschepen) wordt steeds belangrijker naarmate de windparken verder van de kust komen te liggen.
- Er zijn belangrijke maatregelen getroffen ten aanzien van de inrichting van de windparken, die bijdragen aan de scheepvaartveiligheid. Er is nog ruimte voor optimalisatie ten aanzien van de veiligheidsafstanden, uitlijning van turbines en heroverweging van het doorvaart- en medegebruikbeleid.
- Het maatregelenpakket uit 2020 levert winst in scheepvaartveiligheid. De effectiviteit van de geïmplementeerde maatregelen, zoals sensoren, VTMon en ERTV, blijven sterk afhankelijk van optimalisatie en adequate monitoring.
- Door continue monitoring en onderzoek blijft het inzicht in risico's en de effectiviteit van maatregelen actueel, wat nodig is gezien de verdere uitbreiding van windparken op zee.

De maatregelen dragen aantoonbaar bij aan een verhoogde scheepvaartveiligheid, maar deze zullen niet alle incidenten kunnen voorkomen. Het veiligheidsniveau behouden of verder verhogen, behoeft optimalisaties.

Aanbevelingen

De keuze van maatregelen binnen de komende programmaperiode zal bepaald moeten worden op basis van het vast te stellen veiligheidsdoel, omdat dit een belangrijke richtlijn vormt voor toekomstige besluitvorming en prioritering binnen het risicobeheer op zee.

- Voer regelmatig evaluaties uit van de effectiviteit van afzonderlijke beheersmaatregelen om inzicht te verkrijgen in hun bijdrage aan het totale gewenste veiligheidsniveau en om optimalisaties te identificeren. Pas deze toe mits ze passen binnen het (te ontwikkelen) veiligheidskader.
- Blijf continu monitoren en evalueren om de effectiviteit van maatregelen tijdig aan te passen aan veranderende omstandigheden, nieuwe inzichten en verdere uitbreiding van windparken.

Maatregel specifieke aanbevelingen:

- Vergroot de effectiviteit van VTMon, door inzet van analysetools voor de VTMon-operator en een kortere responstijd voor de inzet van een ERTV of SAR-actie.

- Vergroot de operationele effectiviteit van de genomen maatregelen, door slimme analysetools, een kortere responstijd en optimalisatie van inzetstrategie.
- Evalueer en herzie de ruimtelijke inrichting en het beleid rond windparken, door ruimere veiligheidsafstanden te onderzoeken, beleid van doorvaart en medegebruik in de windparken kritisch te bekijken, en turbines in minimaal 1 richting van windparken uit te lijnen conform recente IALA-richtlijn, zodat SAR reddingsoperaties veiliger en effectiever kunnen worden uitgevoerd.
- Verlaag de kans op aanvaringen van werkvaart met windturbines en andere schepen in windparken door reguleren vaarroutes en vaarsnelheid.
- Verken en test de mogelijkheden van slimme camera's, vooral in combinatie met varende en vliegende drones.
- Zorg voor het opvangen van de invloed van decommissioning van olie- en gasplatforms voor (mobiele) data overdracht op de Noordzee, bevorderen van de kwaliteit van KNMI-weersvoorspellingen en refueling mogelijkheden voor SAR helikopter.
- Expliciteer criteria of uitgangspunten voor aantal en sterkte van de ERTV's en optimaliseer effectiviteit van realiseren van sleeplijn, bijvoorbeeld middels inzet van een Towing Assistance Team.
- Overweeg een bredere inzet van het MIRG team, naast inzet bij brand ook bij hoogte en dieptereddingen, en maak gebruik van ervaringen van de veiligheidsregio's bij informatiedeling tijdens incidenten.
- Verbeter SAR-capaciteit en zelfredzaamheid, vooral bij windparken ver vanaf de kust, en intensiveer onderzoek en oefeningen rondom SAR, olie- en brandbestrijding in de windparken.
- Stimuleer bredere inzet, borging en uitbreiding van gecertificeerde Noordzeeloodsen, vooral voor bemanningen met beperkte lokale kennis.

Governance, commitment en samenwerking

De verdeling van verantwoordelijkheden over RWS, DGLM, de Kustwacht en internationale organisaties is ontstaan in een tijdsgewricht dat gekenmerkt werd door relatief weinig veranderingen. Met de huidige ambities en ontwikkelingen ten aanzien van hernieuwbare energie op zee ontstaat een dynamischer toekomstbeeld, gekenmerkt door snelle veranderingen. Om risicomanagement effectiever te maken, is een sterkere regie nodig met heldere verantwoordelijkheden, een toetsbare en breed gedragen veiligheidsambitie en betere internationale samenwerking. Alleen zo kan de scheepvaartveiligheid op de Nederlandse Noordzee gewaarborgd blijven te midden van de toenemende complexiteit en risico's.

Aanbevelingen:

- Onderzoek of de verdeling van verantwoordelijkheden, mandaten en besluitvorming voldoende toegesneden is op deze snel veranderende omstandigheden met betrekking tot windenergie op zee in het licht van integrale risicobeheersing en effectieve implementatie van maatregelen. Creëer een centrale regie en coördinatie in risicomanagement zodat (inter)nationale instanties beter samenwerken en besluitvorming efficiënter verloopt.
- Zorg voor een efficiëntere (inter)nationale kennisuitwisseling door een gestandaardiseerd begrippenkader te hanteren, zodat partners effectief en uniform kunnen communiceren.
- Stimuleer en verbreed internationale samenwerking binnen de IMO, IALA, North Sea Shipping Group (NSSG), EMSA en buurlanden, om besluitvorming rondom maritieme veiligheid en scheepvaartroutes te versnellen en op elkaar af te stemmen.

- Werk met buurlanden samen voor efficiënte grensoverschrijdende inzet van middelen en maatregelen.

Verantwoording

Deze Verdiepingsnota Monitorings en Onderzoeksprogramma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee 2020-2025 is opgesteld als evaluatie en belichting van de maatregelen, bevindingen en beleidsontwikkelingen binnen het programma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee. De nota biedt een overzicht van risicoanalyses, beheersmaatregelen en beleidsmatige keuzes die in de periode 2020-2025 zijn toegepast ter bevordering van de scheepvaartveiligheid in en rondom offshore windparken.

De evaluatie is uitgevoerd volgens de principes van ISO 31000, de internationale norm voor risicomanagement, en de FSA-methodologie. Hierbij is gebruikgemaakt van input uit uiteenlopende analysemethoden, waaronder BowTie-analyses, SAMSON-simulaties en monitoring uit netwerkanalyses. Daarnaast zijn de resultaten van eerdere onderzoeken en operationele gegevens uit de praktijk meegenomen om een zo volledig mogelijk beeld te schetsen van huidige en toekomstige uitdagingen.

Deze nota is samengesteld op basis van informatie van verschillende partijen, waaronder RWS, het Ministerie van IenW, en diverse onderzoeksinstituten. De inzichten en aanbevelingen uit deze evaluatie vormen de basis voor beleidsvorming en aanpassingen in het programma voor de volgende periode.

Dit document dient als referentiekader voor beleidsmakers, maritieme autoriteiten en betrokken partijen en draagt bij aan een onderbouwde en gestructureerde besluitvorming rondom windenergie op zee en scheepvaartveiligheid.

Lijst met afkortingen

ABM	Automated Behaviour Monitoring
AIS	Automatic Identification System
ARBO	Arbidsomstandigheden
CCTV	Closed-Circuit Television
DGLM	Directoraat-Generaal Luchtvaart en Maritieme zaken
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
EMSA	European Maritime Safety Agency
ERTV	Emergency Response and Towing Vessel
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
HILP	High Incidence, Low Probability
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation
IDON	Interdepartementaal Directeurenoverleg Noordzee
IenW	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
ILT	Inspectie van leefomgeving en transport
IMO	International Maritime Organization
ISO	International Organization for Standardization
FSA	Formal Safety Assessment
FTA	Fault Tree Analysis
MARIN	Maritime Research Institute Netherlands
MIRG	Maritime Incident Response Group
MF-radio	Medium Frequency-radio
MOSWOZ	Monitorings- en Onderzoeksprogramma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee
MPV	Multi Purpose Vessel
NAVTEX	NAVigational TEXt Messages
NNVO	Nationale Nautische Verkeersdienst Opleiding
NSSG	North Sea Shipping Group
OVV	Onderzoeksraad voor Veiligheid
RDF	Radio Direction Finder
RWS	Rijkswaterstaat
SAMSON	Safety Assessment Model for Shipping and Offshore in the North Sea
SAR	Search and Rescue
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SODM	Staatstoezicht op de Mijnen
SOLAS	Safety of Life at Sea
TAT	Towing Assistance Team
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea
VHF	Very High Frequency
VTMon	Vessel Traffic Monitoring
VTs	Vessel Traffic Services

Lijst van rapportages

- [1] Duursma, MA., van Doorn, J. T. M., & Koldenhof, Y. (2019). Wind op zee 2030: Gevolgen voor scheepvaartveiligheid en mogelijk mitigerende maatregelen. MARIN.
- [2] Rijkswaterstaat Zee en Delta (2019). *Advies extra inpassingsmaatregelen scheepvaart voor de Routekaart windenergie op zee 2030 benodigd bovenop bestaand beleid en beheer*. Rijkswaterstaat.
- [3] Slootmaker, JH. (2019). Inpassingsmaatregelen scheepvaart voor de windenergiegebieden Borssele, HKZ en HKW. Rijkswaterstaat.
- [4] Lakeman RHW. (2020). Beslisnota scheepvaart overeenkomst EZK en IenW. Ministerie van infrastructuur en waterstaat.
- [5] Storm K, van den Bosch J. Plan van aanpak Monitorings- en onderzoekprogramma: Maatregelen scheepvaartveiligheid windenergie op zee 2020-2025. Rijkswaterstaat.
- [6] International Organization for Standardization. (2018). ISO 31000:2018 – Risk management – Guidelines. ISO.
- [7] Duurzame energie-infrastructuur. Rijksoverheid. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/duurzame-energie-infrastructuur>
- [8] Programma Noordzee 2022-2027. Rijksoverheid. Geraadpleegd van <https://www.noordzeeloket.nl/beleid/programma-noordzee-2022-2027/>
- [9] Rijksoverheid. Waarom windenergie op zee? Geraadpleegd van <https://windopzee.nl/onderwerpen/waarom-windenergie-zee/>
- [10] Energietransitie op de Noordzee. Rijksoverheid. Geraadpleegd van <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/energietransitie-noordzee/>
- [11] Tweede kamer der Staten-Generaal. (16 september 2022). Structuurvisie Windenergie op Zee.
- [12] Beleidsnota Noordzee 2016 – 2021. Rijksoverheid. Geraadpleegd van <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-641415.pdf>
- [13] Wet windenergie op zee. (1 januari 2020). Geraadpleegd van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0036752/2020-020281-01>
- [14] Windparken op de Noordzee. (30 november 2023). Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Geraadpleegd van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/windenergie-op-zee/windparken-noordzee>
- [15] Wind op zee: Doelstellingen. Rijksoverheid. Geraadpleegd van <https://windopzee.nl/onderwerpen/doelstellingen-windenergie-zee/>

- [16] Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2024). Update routekaart wind op zee en waterstofdemonstratieproject 1. Geraadpleegd van <https://open.overheid.nl/documenten/f067cc08-fb26-44b2-9575-e7a141e5e75c/file>
- [17] Jetten, RA. (10 juni 2022). Aanvullende routekaart windenergie op zee 2030. Geraadpleegd van <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-4a5f7a5116d647b18150a5692f00f2b29c5edad7/pdf>
- [18] Den Ouden B, Kerhoven J, Warnaars, et al. (2020). Klimaatneutrale energiescenario's 2050: scenariostudie ten behoeve van de integrale infrastructuurverkenning 2030 – 2050. Berenschot en Kalavasta. Geraadpleegd van: https://www.berenschot.nl/media/hl4dygfg/rapport_klimaatneutrale_energiescenario_s_2050_2.pdf
- [19] Rijkswaterstaat. (2018). Risicoanalyse Noordzee 2018: Risicoanalyse en addendum. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.
- [20] UK Government Office for Science. (2012). Blackett review: High impact low probability risks. Geraadpleegd van: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7c901540f0b62aff6c28c0/12-519-blackett-review-high-impact-low-probability-risks.pdf>
- [21] TNO. (2024). Case study: Ever Given accident report (Rapportnr. TSL52.61.005-01). Topsector Logistiek.
- [22] Grech, MR. (2016). Using a design approach to re-analyse the Costa Concordia incident.
- [23] Wernick, A. (2021, maart). Suez Canal shutdown shows vulnerability of global economy to extreme events. Yale Climate Connections.
- [24] Rijkswaterstaat. (2024). Goedkeuringsbesluit afwijking gronddekking zoals bedoeld in de watervergunning voor het installeren, gebruiken en opruimen van het net op zee Hollandse Kust.
- [25] Cleijne H, de Ronde M, Duvoort M, et al. (2020). Noordzee energie outlook. DNV-GL.
- [26] Kauffman K, Hermans M, Nap A, de Jong T. (2024). Netwerkanalyse Noordzee 2023. MARIN.
- [27] Resultaten verkenning SAR ver op zee. Rijksoverheid. Geraadpleegd op 27 februari 2025 van <https://windopzee.nl/onderwerpen/waar-staan-komen-windparken-zee/>
- [28] Crisisorganisatie. RWS. Geraadpleegd op 28 februari 2025 van: <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/scheepvaartveiligheid-MOSWOZ/crisisorganisatie/>
- [29] Wijnant, I., Theeuwes, N., Stepek, A., & Baas, P. (2022, 29 november). Windparken mengen zich in het weer. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).

- [30] Deltares. (2018). Assessment of system effects of large-scale implementation of offshore wind in the southern North Sea (Rapportnr. 11202792-002). Rijkswaterstaat.
- [31] Jaksic L., van Kessel T., van Zelst V., Zijl F., Aleksandrova N., et al. (2023). Potential ecosystem effects of large upscaling of offshore wind in the North Sea. Deltares.
- [32] CCPS (Center for Chemical Process Safety) & Energy Institute. (2018). Bow ties in risk management: A concept book for process safety. John Wiley & Sons.
- [33] MARIN. (2021). SAMSON: Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea (Technische documentatie, versie 2.2). Maritime Research Institute Netherlands (MARIN).
- [34] Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2024). Schipperen met ruimte: Beheersing van scheepvaartveiligheid op een steeds vollere Noordzee.
- [35] Risktec Solutions. (2025). Geactualiseerde Bowtie Schip-Windturbine Aanvaringen.
- [36] Risktec Solutions. (2025). Geactualiseerde Bowtie Schip-Schip Aanvaringen.
- [37] MARIN. (2022). SAMSON-analyse Wind op Zee: Versnellingsopgave RK2030 met doorkijk naar 2040 (Rapportnr. 31797-1-MO-rev.0.2).
- [38] Van Rooij, J.H.A. (2024). Investigation of ship impact against wind turbine foundations in the Dutch part of the North Sea (Documentnr. 081.R030.M006-Rev.4). HVR Engineering.
- [39] Van Rooij, J.H.A. (2024). 3D FEM Analysis of the Effects of a Ship Collision on a Wind Turbine Support Structure (Documentnr. 081.R030.M006-Rev.4). HVR Engineering.
- [40] Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. (2018). Risicoanalyse Noordzee 2018. Rijkswaterstaat.
- [41] Van Nieuwenhuizen Wijbenga C. (2020). Beleidskader maritieme veiligheid: in veilige vaart vooruit. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- [42] Rijksoverheid, Programma Noordzee 2022-2027, maart 2022 (paragraaf 6.2); Kamerstukken II 2022/23, aanhangsel 3082, beantwoord op 4 juli 2023.
- [43] Madlener B. (2025). Vervolgreactie op het rapport schipperen met ruimte. Ministerie van infrastructuur en waterstaat.
- [44] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2021). Maritieme en aeronautische noodhulp op de Noordzee 2021-2025.
- [45] International Maritime Organization. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. Geraadpleeg van [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx)

- [46] International Maritime Organization. (n.d.). International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW). Geraadpleegd van <https://www.imo.org/en/ourwork/humanelement/pages/stcw-conv-link.aspx>
- [47] IALA AISM. (2023). R1001 The IALA maritime buoyage system. Geraadpleegd van <https://www.iala.int/product/r1001/>
- [48] IALA AISM. (2021). G1162 The Marking of offshore man-made structures. Geraadpleegd van <https://www.iala.int/product/g1162/>
- [49] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2022). Staatscourant van het Koninkrijk der Nederlanden: Kavelbesluit VI windenergiegebied Hollandse Kust (west). Paragraaf 6.12.4.
- [50] Kustwacht Nederland. (2024). Jaarverslag 2023. Geraadpleegd van <https://kustwacht.nl/jaarverslagen/>
- [51] Instituut Fysieke Veiligheid (2021). Handboek incidentbestrijding op het water. Arnhem: IFV
- [52] Verkenning SAR Ver op Zee.(2023). Antea Group/SAVE.
- [53] Rijkswaterstaat. Voorbereiding windparken. Noordzeeloket. Geraadpleegd van <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/voorbereiding-windparken/>
- [54] Ministerie van infrastructuur en waterstaat. (2013). Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee.
- [55] Lokhorst S, Kolk G. (2022). Breedte doorvaartpassages. Movares.
- [56] MARIN. (2021). Doorvaartpassages in windparken: Onderzoek naar veilige en ongehinderde doorvaartmogelijkheden. Maritime Research Institute Netherlands (MARIN).
- [57] MARIN. (2023). Maritieme risico's omtrent medegebruik windparken op zee (Rapportnr. 34486-1-MO-rev.1). Maritime Research Institute Netherlands (MARIN).
- [58] Dekker MK, Kolk G. (2024). Medegebruik en scheepvaart in windparken. Movares.
- [59] Rijkswaterstaat. Gedragscode voor veilig varen door Windfarm Borssele Pass. Geraadpleegd van <https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/191388/gedragscode-corridor-borssele.pdf>
- [60] Strict. (2022). Eindrapport Verkenning Digitale Connectiviteit Noordzee. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- [60a] MARIN. (2022). Vangrail op zee om aanvaring met windturbines te voorkomen. <https://www.marin.nl/nl/news/vangrails-op-zee>

- [61] Data-inwinning op de Noordzee. RWS. Geraadpleegd van <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/data-inwinning-noordzee/>
- [62] Kalpoe A (2025). Operationele monitoring effectiviteit maatregelen scheepvaartveiligheid WOZ. Rijkswaterstaat.
- [63] Van Emmerik, ML., Hoefsloot, PC., & Van der Sanden, KPHM. (2022). Radio en visuele hinder door zonneparken naast vaarwegen (TNO 2022 R10113). TNO. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- [64] Leferink, F. (2024). Elektromagnetische compatibiliteit: Velden met zonnepanelen in de nabijheid van vaarwegen (Rapportnr. TNO 2024 R10113). Universiteit Twente. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- [65] Rijkswaterstaat. (2024). Functionele specificaties nautische sensoren NW en DW. Geraadpleegd van <https://open.rijkswaterstaat.nl/@270353/functionele-specificaties-nautische-sensoren-nw-en-dw/>
- [66] Rijkswaterstaat. (2023). Prestatietesten nautische radars en AIS op basis van vaartesten in en rond windenergiegebied Borssele.
- [67] Arcadis. (2024). Onderzoek nut en noodzaak RDF/CCTV. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- [68] Vessel Traffic Monitoring. RWS. Geraadpleegd van: <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/scheepvaartveiligheid-MOSWOZ/vessel-traffic-monitoring/>
- [69] Intergo en Simwave. (2023). MOSWOZ simulator studie. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- [70] Rijkswaterstaat Zee en Delta & Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. (2023). Mogelijkheden Vessel Traffic Monitoring (VTM) in en rondom windparken.
- [71] Arcadis. (2023). Onderzoek naar stormwaarschuwingen bij ankergebieden. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- [72] Rijkswaterstaat. (2023). Gecombineerd Jaarplan voor de uitvoeringstaken door de Kustwacht 2024. Geraadpleegd van <https://www.rijkswaterstaat.nl/documenten/publicaties/2023/12/19/bijlage-jaarplan-2024-kustwacht-caribisch-gebied>
- [73] EMSA. (2024). Automatic Behaviour Monitoring (ABM) brochure. Geraadpleegd van <https://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/item/5267-automatic-behaviour-monitoring-abm-brochure.html>
- [74] ERTV. RWS. Geraadpleegd van <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/scheepvaartveiligheid-MOSWOZ/ertv/>
- [75] Arcadis. (2023). ERTV Operational Profile Energie Consumptie studie LV. In opdracht van Rijkswaterstaat.

[76] Kustwacht voor het Koninkrijk der Nederlanden in het Caribisch gebied. (2023). Jaarverslag 2022. Ministerie van Defensie.

[77] Dienst der Hydrografie. (2025). BaZ1 Editie 2025 – Berichten aan Zeevarenden. Koninklijke Marine.

[78] MARIN. (2025). No Anchoring Areas Noordzee (Rapportnr. 35743-1-MO-rev.1.0). Maritime Research Institute Netherlands (MARIN).

[79] BIMCO. (2024). Just In Time arrivals for bulkers and tankers. Geraadpleegd van <https://www.bimco.org/news-insights/bimco-news/2024/20240214-jit/>

[80] Wettenbank. Kavelbesluit kavel Alpha windenergiegebied Ijmuiden Ver. Geraadpleegd van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0049193/2024-02-01>

[81] Krapels JB. (2024). Verkenning inzet maritieme drones Kustwacht NL vanuit juridisch perspectief. Rijkswaterstaat.

[82] IALA. (2024). G1185 Enhancing the safety and efficiency of navigation around offshore renewable energy installations. Geraadpleegd van: <https://www.iala.int/product/g1185-enhancing-the-safety-and-efficiency-of-navigation-around-offshore-renewable-energy-installations/>

[83] Stevens, RJAM., Gayme, DF., & Meneveau, C. (2014). Large Eddy Simulation studies of the effects of alignment and wind farm length. arXiv:1405.0983.

[84] OOW. (2023). Onderzoek naar nut en noodzaak van een Towing Assistance Team in Nederland. Geraadpleegd van <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/scheepvaartveiligheid-moswoz/rapportenoverzicht/>

[85] Antea Group. (2025). Impactanalyse Towing Assistance Team (TAT) (Projectnummer 0492777, Revisie 5). In opdracht van Rijkswaterstaat.

[86] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2020). Beleidskader maritieme veiligheid: In Veilige Vaart Vooruit. Geraadpleegd van <https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/202849/beleidskader-maritieme-veiligheid-2020.pdf>

[87] United Nations. (1982). United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS). Article 60. Geraadpleegd van https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf