



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

MARITIEME RISICO'S OMTRENT MEDEGEBRUIK WINDPARKEN OP ZEE

Een eerste inventarisatie

Rapport nr. : 34486-1-MO-rev.1
Datum : 24 april 2023
Versie : rev. 1
Eindrapport

MARITIEME RISICO'S OMTRENT MEDEGEBRUIK WINDPARKEN OP ZEE

Een eerste inventarisatie

Opdrachtgever : RWS Water, Verkeer en Leefomgeving
Lange Kleiweg 34
2288 GK RIJSWIJK

Gerapporteerd door : Martijn Schipper en Andries Nap

Paraaf management :



Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
Rev. 0.1	25 november 2022	Concept	Floor Spaargaren
Rev. 0.2	31 maart 2023	Concept	Floor Spaargaren, Pieter de Graeff, Yvonne Koldenhof
Rev. 1.0	24 april 2023	Definitief	Hugo Ammerlaan

SAMENVATTING

Inleiding

In het Programma Noordzee 2022-2027 (PNZ) wordt medegebruik van windparken voorzien [Ref 16.]. Vervolgens wordt per windpark door middel van een Handreiking Gebiedspaspoort richtlijnen gegeven over waar en welke vormen van medegebruik het beste zijn in te passen. Het toestaan van medegebruik in windparken heeft echter ook maritieme veiligheidsconsequenties, voor zowel het scheepvaartverkeer als de medegebruikers zelf. Rijkswaterstaat (RWS) heeft MARIN gevraagd om onderzoek te doen naar maritieme risico's van medegebruik binnen windparken.

Doel van het onderzoek

Het doel van voorliggend onderzoek is een eerste inventarisatie te doen naar de maritieme bedreigingen rondom medegebruik van windparken op basis van bestaande kennis. Maritieme bedreigingen voor zowel het scheepvaartverkeer als de medegebruikers. Dit inventariserende onderzoek beperkt zich vooralsnog tot de volgende drie typen medegebruik: mossels (betreffende kweek en zaad-invang), zeewierkweek en drijvende zonne-energie systemen.

Het betreft een inventarisatie door middel van bureauonderzoek en consultaties. Op basis van deze inventarisatie ontstaat een beeld van de reeds aanwezige kennis en de kennisleemten waarmee het vervolgonderzoek kan worden gedefinieerd.

Het resultaat van de inventarisatie is een kwalitatieve beschrijving van de mogelijke bedreigingen als gevolg van scheepvaartverkeer-medegebruik interactie. Hoewel kwantificering van de risico's geen onderdeel is van deze eerste inventarisatie, wordt wel aangegeven in hoeverre kennis beschikbaar is om te komen tot een beoordeling van het risico (kans en gevolg).

Methodiek

Dit onderzoek volgt de Formal Safety Assessment (FSA) methodologie zoals aangereikt door de International Maritime Organisation (IMO) [Ref 2.]. De eerste twee stappen in deze methodologie zijn:

1. Identificatie/inventarisatie van de bedreigingen
2. Risicoanalyse – inschatten kans * gevolg per bedreiging

Stap 1 wordt volledig uitgevoerd, voor stap 2 wordt geïnterviewd welke kennis reeds beschikbaar is om te komen tot een volledige risicoanalyse.

Medegebruik systemen

Het merendeel van de zeewierkweek en mosselkweek en -invang concepten hebben als overeenkomst dat het ondergedompelde systemen zijn waarbij drijvende boeien de enige visueel zichtbare elementen zijn voor overig scheepvaartverkeer. Ook is sprake van verankering aan de bodem door middel van ankers of zware afgezonden objecten. Er zijn concepten waar de verankering aan een windturbine als optie wordt genoemd maar er zijn geen onderzoeksresultaten bekend ten aanzien van de haalbaarheid hiervan. Daarnaast bestaan een aantal uitzonderingen waarbij geen gebruik wordt gemaakt van boeien maar grotere en daarmee beter zichtbare drijvers. De groottes, oriëntatie en zwaarte van gebruikte systemen en materialen verschillen per systeem. Bij verschillende systemen is aangegeven dat is nagedacht over de bestendigheid van het systeem in ruwe offshore omstandigheden.

Bij de drijvende zonne-energie systemen bestaan een aantal onderscheidende aspecten in het ontwerp. Een daarvan is zichtbaarheid, een aantal concepten liggen in de waterlijn en een aantal duidelijk boven het water. Daarnaast wordt qua verankering in sommige gevallen gebruik gemaakt van afmeerlijnen in het wateroppervlak. Ook de constructies lopen uiteen, van stevige platformen tot flexibele kussens. Niet bekend is of ook gebruik gemaakt gaat worden van ondersteunende niet drijvende constructies. Ook wordt bij een aantal systemen niet expliciet aangegeven in hoeverre ze bestand zijn tegen ruwe offshore condities (stroom, golven en wind).

Uit de inventarisatie van de systemen blijkt dat sprake is van een innovatiemarkt. Veel genoemde systemen zijn het resultaat van onderzoek en nog relatief weinig systemen zijn de testfase gepasseerd.

Het toepassen van mosselkweek, zeewierkweek en drijvende zonne-energie in ruig water zoals de Noordzee is technisch uitdagender dan bij toepassing in beschutte wateren. De krachten vanuit omgevingscondities (golven, wind, stroming) zijn vaak de reden om met aangepaste ontwerpen te komen. Daarnaast is de zichtbaarheid van de systemen en afmeerlijnen een aandachtspunt. Vanuit de literatuur is weinig bekend over de installatie en ontmantelingsfase, en is weinig bekend over de intensiteit qua scheepvaartverkeer en bemanning.

Consultaties

De consultaties geven een beeld van de huidige kennis van medegebruik bij betrokken partijen. Duidelijk wordt dat het medegebruik van windparken nog is omgeven door onzekerheden en onduidelijkheden. Dit komt onder andere door de weinige praktijkervaringen, verscheidenheid in mogelijke medegebruik systemen, verscheidenheid in de wijze waarop en met welke schepen de installatie/operatie/ontmanteling wordt vormgegeven en het ontbreken van normenkaders. Vanuit de consultaties zijn een aantal factoren van invloed benoemd die tevens een aanbeveling zijn voor mitigerende maatregelen:

- Centrale maritieme coördinatie, waarbij per windpark het scheepvaartverkeer binnen het windpark wordt begeleid op basis van radarbeelden en AIS-posities;
- Duidelijke ruimtelijke planning binnen windparken; de ruimtelijke situering en mate van diversiteit qua vormen van medegebruik, als ook voldoende manoeuvreer- en onderhoudsruimte voor alle toegestane schepen en onderhoud-/verbodszones rondom medegebruik functies;
- Duidelijkheid geven over vaarregels en gebruik gedefinieerde onderhoud-/verbodszones binnen het windpark;
- Normenkader voor zichtbaarheid; digitale en fysiek zichtbare markering medegebruik systemen onder alle (zicht)condities;
- Gebruik Emergency Respons Plan (ERP); dit komt ten goede van de samenwerking tussen de Kustwacht en servicepartijen bij SAR-operaties binnen/nabij windparken en het kan duidelijkheid scheppen over verantwoordelijkheden bij interceptie en berging;
- Een aangetoonde degelijke verankering van de medegebruik-objecten.

Ook benoemd wordt de kleinere (recreatie)scheepvaart zonder AIS-systeem en waarbij niet de marifoon wordt uitgeluisterd. Deze scheepvaart wordt als risico gezien omdat zij zich mogelijk, al dan niet bedoeld, zich in de windparken begeven, slecht detecteerbaar zijn en slecht bereikbaar zijn voor waarschuwingen of aanwijzingen.

Bedreigingen

De mogelijke maritieme bedreigingen als gevolg van het toestaan van medegebruik zijn in kaart gebracht (APPENDIX 2) en in voorliggende rapportage toegelicht (Hoofdstuk 4). Onderscheid is gemaakt tussen de volgende hoofdtypen bedreigingen:

- Schip - schip interactie;
- Schip - vast object interactie;
- Schip - afgemeerd object interactie;
- Schip - drijvend object interactie;
- Afgemeerd object - drijvend object interactie;
- Vast object - drijvend object interactie;
- Eenzijdige ongevallen.

Deze hoofdtypen en onderliggende bedreigingen volgen uit eerdere onderzoeken [Ref 1.][Ref 8.][Ref 10.][Ref 13.] en is aangevuld op basis van de consultaties en de literatuurstudie die in voorliggende onderzoek zijn uitgevoerd [Ref 14.][Ref 46.][Ref 48.]. Daarmee lijkt deze lijst voldoende limitatief en geldt voor alle drie de hier beschouwde typen van medegebruik.

Naast het beschrijven van alle mogelijk bedreigingen per hoofdtype zijn mogelijke (kans op) oorzaken, gevolgen en mitigerende maatregelen beschreven zoals uit de literatuur naar voren zijn gekomen. Hoewel kwantificering van de risico's geen onderdeel van deze eerste inventarisatie, wordt wel aangegeven in hoeverre kennis beschikbaar is om te komen tot een beoordeling van het risico (kans * gevolg).

De lijst van mogelijke bedreigingen in combinatie met de risicomatrix Noordzee is de basis voor verdere risico inschattingen. In APPENDIX 3 is deze risicomatrix opgenomen zoals wordt gehanteerd voor alle beleidsmatige risicoafwegingen aangaande Noordzee ontwikkelingen.

De kans op aanvaringen, van vaste en afgemeerde objecten door schepen en schepen onderling, is uit te rekenen op basis SAMSON-modeleringen waarbij gebruik gemaakt wordt van Lloyds ongevallenstatistiek. Door gebruik te maken van ongevallenstatistiek zijn alle mogelijke oorzaken voor aanvaren gedekt. Ditzelfde geldt voor driftende schepen in relatie tot vaste of afgemeerde objecten. Wanneer dit wordt gedaan voor verschillende groottes van objecten, verschillende afstanden tot vaarbanen en verschillende intensiteiten van verkeer op vaarbanen, kan dit voldoende input opleveren voor een inschatting van de kans bij een risicobeoordeling bij vergunningsaanvraag.

De kans op incidenten met andere driftende objecten zoals medegebruik systemen of verloren lading, is momenteel slecht in te schatten omdat hiervoor geen modellen en statistiek voor aanwezig zijn.

De gevolgen van de diverse onderscheiden aanvaar- en aandrijfscenario's zijn over het algemeen een grote onbekende factor. Hier is zeer beperkt onderzoek naar gedaan en er is een grote verscheidenheid aan mogelijke medegebruik systemen. Een mogelijkheid is om bij geen informatie over de gevolgschade uit te gaan van het worst-case scenario met maximale schade aan de bemanning, schepen en systemen.

Aanbevelingen

Vanuit de consultaties zijn aantal factoren van invloed benoemd die tevens een aanbeveling zijn voor mitigerende maatregelen. Daarnaast blijkt uit de inventarisatie van de bedreigingen dat voor veel bedreigingen de kans/frequentie al vooraf kan worden uitgerekend als input voor een latere risicobeoordeling.

De aanbeveling is om een multidisciplinair team van experts samen te stellen dat op basis de aanvaarscenario's de worst-case benadering van de gevolgschade nogmaals beoordeeld. Daarnaast kan dit team beoordelen of de degelijkheid van de verankering van de medegebruik systemen voldoende wordt aangetoond bij de vergunningsaanvraag. Ook de kans van voorkomen kan worden geschat voor de bedreigingen waarvoor geen kansrekening kan worden uitgevoerd.

Een andere aanbeveling is om beleidsmatig vast te leggen of het ALARA¹-principe volstaat of dat een maximum score op basis van de risicomatrix Noordzee geldt voor medegebruik initiatieven.

¹ ALARA (een [acroniem](#) van *as low as reasonably achievable*, 'zo laag als redelijkerwijze haalbaar is') of ALARP (*as low as reasonably practicable*, 'zo laag als redelijkerwijze uitvoerbaar is') zijn in beginsel termen uit de stralingsbescherming maar het principe is breder bruikbaar. Het ALARA-principe houdt in de context van het onderzoek in dat de (maritieme) risico's voor mensen, dieren, planten en goederen zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, wordt beperkt.

INHOUD	PAGINA
SAMENVATTING.....	III
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling	2
1.3 Methodiek	2
1.4 Leeswijzer	3
2 VORMEN VAN MEDEGEBRUIK	4
2.1 Zeewierweek.....	4
2.1.1 Constructies: (traditionele) longline variaties	5
2.1.2 Constructies: alternatieve concepten.....	8
2.1.3 IMTA en synergetische constructies (in windparken)	12
2.1.4 Oogsten.....	14
2.1.5 Scheepvaartverkeer	17
2.1.6 Fasen: installatie – exploitatie – ontmanteling	17
2.1.7 Resume	17
2.2 Mosselweek en invang	17
2.2.1 Mosselweek systemen	18
2.2.2 Mosselzaadinvanginstallaties (MZI's)	21
2.2.3 IMTA en synergetische constructies (in windparken)	22
2.2.4 Oogsten.....	22
2.2.5 Scheepvaartverkeer	22
2.2.6 Fasen: installatie – exploitatie – ontmanteling	22
2.2.7 Resume	22
2.3 Drijvende zonne-energie	23
2.3.1 Verschillende concepten	23
2.3.2 Scheepvaartverkeer	26
2.3.3 Fasen: installatie – exploitatie – ontmanteling	26
2.3.4 Resume	26
2.4 Resume systemen van medegebruik	27
3 CONSULTATIES.....	28
3.1 Inleiding	28
3.2 Betrokken partijen.....	28
3.3 Interview template	29
3.4 Resultaat en analyse consultaties.....	29
3.4.1 Schip-schip interactie	29
3.4.1.1 Categorieën schepen.....	30
3.4.1.2 Factoren van invloed op het risico van schip-schip interacties.....	31
3.4.1.3 Factor 1: Schepen in elkaars nabijheid.....	31
3.4.1.4 Factor 2: Technische betrouwbaarheid van schepen	33
3.4.1.5 Factor 3 - Betrouwbaarheid van de bemanning	34
3.4.1.6 Samenvattende tabel schip-schip interactie	35
3.4.2 Schip-afgemeerd object/schip-vast object interacties.....	36
3.4.2.1 Factor 1 - Vrije Ruimte	37
3.4.2.2 Factor 2 - Fysiek zichtbare markering onder alle (zicht)condities	37
3.4.2.3 Factor 3 - Markering op de zeekaart.....	38

3.4.2.4	Samenvattende tabel Schip-afgemeerd object/schip-vast object interacties	38
3.4.3	Drijvend object interacties	39
3.4.3.1	Interactie met op drift geraakte constructies van medegebruik	40
3.4.3.2	Interactie met drijvende objecten, niet zijnde constructies van medegebruik	41
3.4.3.3	Samenvattende tabel	42
3.4.4	Gevolgen van interacties tussen schepen, vaste objecten, gemeerde objecten en drijvende objecten	43
3.4.4.1	Impact	43
3.4.4.2	Samenvattende tabel	44
3.4.5	Eenzijdige ongevallen	44
3.4.5.1	Samenvattende tabel eenzijdige ongevallen	45
3.5	Resume	46
4	GEÏDENTIFICEERDE BEDREIGINGEN	47
4.1	Inleiding	47
4.2	Schip – schip interactie.....	47
4.3	Schip – vast object interactie.....	49
4.4	Schip – afgemeerd object interactie	51
4.5	Schip – drijvend object interactie.....	52
4.6	Afgemeerd object – drijvend object interactie	53
4.7	Vast object – drijvend object interactie.....	55
4.8	Eenzijdige ongevallen.....	56
4.9	Mitigerende maatregelen.....	56
4.10	Toepassing risicomatrix Noordzee	57
4.11	Resume	57
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	59
	REFERENTIES	61
	APPENDICES:.....	65
APPENDIX 1	INTERVIEW TEMPLATE	66
APPENDIX 2	LONGLIST BEDREIGINGEN.....	71
APPENDIX 3	RISICOMATRIX NOORDZEE	72
APPENDIX 4	SAMSON	73

1 INLEIDING

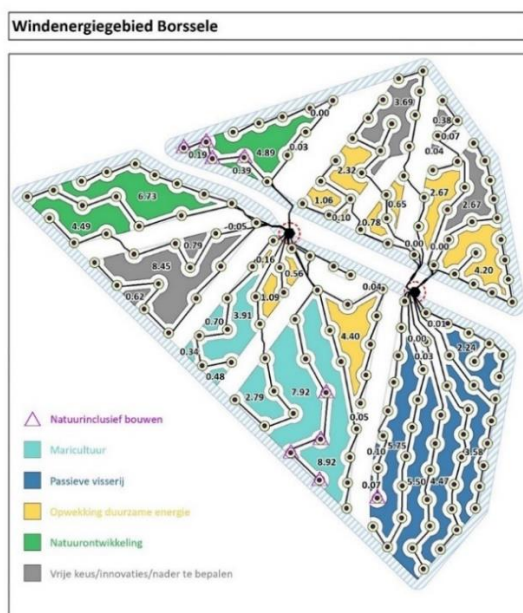
1.1 Aanleiding

Nu het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat nieuwe windparken plant en deze door marktpartijen worden gerealiseerd, wordt een steeds groter gedeelte van de Noordzee in beslag genomen door deze windparken. Deze windparkgebieden bieden echter nog voldoende ruimte voor andere functies zoals onder andere mossel- of zeewierkweek, passieve visserij of zonne-energie velden. Windpark Borssele is een voorbeeld waarvoor al in de Beleidsnota Noordzee 2016-2021 is besloten het windpark open te stellen voor medegebruik [Ref 15.]. Het Programma Noordzee 2022-2027 (PNZ) is het huidige beleidskader dat voorziet in medegebruik van windparken [Ref 16.]. In een Handreiking Gebiedspaspoort zijn richtlijnen gegeven over waar en welke vormen van medegebruik het beste zijn in te passen.

Het toestaan van medegebruik in windparken heeft maritieme veiligheidsconsequenties, voor zowel het scheepvaartverkeer als de medegebruikers zelf. Voorbeelden van voor medegebruik relevante bedreigingen zijn een aantal incidenten rondom de Offshore test locatie nabij Scheveningen waarbij een schip door de zeewierboerderij van The Seaweed Company is gevaren. Een ander voorbeeld is de Julietta D, een bulkcarrier die januari 2022 tijdens een storm van anker raakt, windpark Hollandse Kust Zuid in drift en daarbij diverse objecten in aanbouw raakt.

MARIN heeft veel ervaring met het uitvoeren van studies naar de nautische/maritieme risico's van offshore windparken voor het scheepvaartverkeer. Inmiddels zijn door MARIN meer dan 35 studies uitgevoerd voor verschillende initiatiefnemers in o.a. Nederland, België, Duitsland en Frankrijk. Medegebruik van windparken ligt in het verlengde van de maritieme risico's rondom windparken maar is een nieuwe ontwikkeling. MARIN werkt samen met Wageningen Marine Research aan de haalbaarheid van passieve visserij waarbij scheepvaartveiligheid een van de thema's is. Daarnaast werkt MARIN samen met andere partijen in de ROAD2SID JIP (Joint Industry Project) waarbij de technische symbiose van functies/medegebruik binnen windparken wordt onderzocht.

Rijkswaterstaat (RWS) heeft MARIN gevraagd om onderzoek te doen naar maritieme risico's van medegebruik binnen windparken op zee. Dit als input voor de uit te geven gebiedspaspoorten voor de diverse windparken. In Figuur 1-1 zijn de voorkeurslocaties voor de verschillende vormen van medegebruik voor windpark Borssele weergegeven.



Figuur 1-1 Medegebruik binnen windpark Borssele. (Bron: Ministerie van IenW)

1.2 Doelstelling

Het doel van voorliggend onderzoek is een eerste inventarisatie te doen naar de maritieme bedreigingen rondom medegebruik van windparken op basis van bestaande kennis. Maritieme bedreigingen voor zowel het scheepvaartverkeer als de medegebruikers.

Het betreft een inventarisatie door middel van bureauonderzoek en consultaties. Op basis van deze inventarisatie ontstaat een beeld van de reeds aanwezige kennis en de kennisleemten waarmee het vervolgonderzoek kan worden gedefinieerd.

Dit inventariserende onderzoek beperkt zich vooralsnog tot de volgende typen medegebruik: mossels (betreffende kweek en zaad-invang), zeewierkweek en drijvende zonne-energie. Dit betreft een met de opdrachtgever afgestemde kadering. Andere in de PNZ genoemde voorbeelden zijn andere vormen van energieopwekking en opslag, natuur bevorderende elementen zoals kunstriffen en passieve visserij.

Het resultaat van de inventarisatie is een kwalitatieve beschrijving van de mogelijke bedreigingen als gevolg van scheepvaartverkeer-medegebruik interactie. Hoewel kwantificering van de risico's geen onderdeel is van deze eerste inventarisatie, wordt wel aangegeven in hoeverre kennis beschikbaar is om te komen tot een beoordeling van het risico (kans en gevolg).

Voorliggend onderzoek is een eerste stap naar het uiteindelijke doel van RWS, namelijk om de verschillende maritieme risico's omtrent medegebruik van windparken in beeld te brengen en te prioriteren. Met als aanvulling hierop aanbevelingen te doen ter verlaging van de risico's van medegebruik. Dit volledige overzicht van risico's en mitigerende maatregelen biedt handvatten voor het opstellen van de gebiedspaspoorten per windpark.

1.3 Methodiek

Dit onderzoek volgt de Formal Safety Assessment (FSA) methodologie zoals aangereikt door de International Maritime Organisation (IMO) [Ref 2.]. De eerste twee stappen in deze methodologie zijn:

3. Identificatie/inventarisatie van de bedreigingen
4. Risicoanalyse – inschatten kans * gevolg per bedreiging

Stap 1 wordt volledig uitgevoerd, voor stap 2 wordt geïnventariseerd welke kennis reeds beschikbaar is om te komen tot een volledige risicoanalyse.

Om in termen van oorzaken, kans en effect meer inzicht te kunnen krijgen in deze risico's (Stap 2 in de FSA-methodologie) en te inventariseren in hoeverre kennis en expertise aanwezig is om risico's te kunnen beoordelen, gebruiken we in dit onderzoek de volgende definitie van risico [Ref 4.].

Risico = een onzekere gebeurtenis met oorzaken, kans van optreden en effecten

Deze definitie maakt het mogelijk om oorzaken en gevolgen afzonderlijk van de onzekere (ongewenste) gebeurtenis te beschouwen. Daardoor kan heel specifiek worden geïnventariseerd wat mogelijke oorzaken zijn, welke effecten kunnen optreden en, in een vervolgonderzoek, hoe groot de kans is dat een specifieke oorzaak of een specifiek effect zich voordoet. In een later stadium kan dan vervolgens worden gekeken welke samenloop van oorzaken nodig is om de gebeurtenis daadwerkelijk plaats te laten vinden.

Dit onderzoek is erop gericht om de lijst van eerder geïdentificeerde risico's zoveel mogelijk te actualiseren. Tegelijkertijd is door literatuurstudie en consultaties een inventarisatie gedaan naar mogelijke oorzaken en effecten. De consultaties zijn daarbij specifiek ontworpen om te achterhalen of de beschikbare kennis en expertise bij stakeholders voldoende is om oorzaken, kans op optreden van oorzaken, effecten en kans op optreden van effecten in een later stadium concreet in te vullen. Kennis

en expertise is bijvoorbeeld onvoldoende aanwezig als informatie niet bekend is of als uit de diverse consultaties heel verschillende argumentaties naar voren komen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de verschillende vormen en constructies van medegebruik. In hoofdstuk 3 wordt de in- en output van de consultaties toegelicht. Daarna, in hoofdstuk 4, worden de diverse geïdentificeerde bedreigingen omschreven, zowel de algemene bedreigingen als de bedreigingen bij specifieke vormen van medegebruik. Het laatste hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie en aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

2 VORMEN VAN MEDEGEBRUIK

In het voorliggende hoofdstuk worden de constructies beschreven voor drie vormen van medegebruik: zeewierkweek, mosselkweek en –zaad invang en drijvende zonne-energie. Deze beschrijvingen zijn ontleed uit het uitgevoerde bureauonderzoek naar zowel beproefde als (nog) niet beproefde concepten. De markt voor medegebruik is pril en het innovatietempo ligt hoog waardoor de beschreven concepten niet als uitputtend kunnen worden beschouwd. Daarnaast is ook niet van elk concept/systeem evenveel informatie beschikbaar. De insteek is dat door de gemeenschappelijke delers over de verschillende concepten te identificeren, vanuit de huidige kennis en inzichten de nodige input wordt verkregen voor een voldoende inventarisatie van de bedreigingen.

Zowel mogelijke technische synergie, alsmede de 'Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) methode, pleit voor een geïntegreerde benadering van de verschillende vormen van medegebruik.

De mogelijk technische symbiose tussen verschillende functies binnen een windpark worden onderzocht binnen het Joint Industry Project (JIP) genaamd Road2SID. In dit project werken onderzoeksinstituten en bedrijfsleven samen aan een roadmap met een beoordeling van de symbiosemogelijkheden. Het beoogde resultaat is dat de roadmap onder andere de verschillende mogelijke integratieniveaus beschrijft, variërend van het toevoegen van meerdere functies binnen een windparkcontour tot een volledig symbiose-inclusieve infrastructuur.

Bij de IMTA-methode worden soorten gecombineerd die aanvullend voer nodig hebben, zoals vis, met soorten die de organische en anorganische bijproducten van die vis gebruiken voor hun eigen groei. Hierdoor kunnen negatieve effecten op het milieu worden verminderd en de productie worden vergroot. Een voorbeeld hiervan is het bedrijf Çamli dat in Turkije een pilot draait met een offshore-site waar Europese zeebaars, zwarte mosselen en zeesla (een zeewier) wordt gekweekt en geteeld.

Daar waar de integratie van functies tot andere dan wel aangepaste constructies voor zeewier- of mosselkweek leidt, wordt dat meegenomen in de onderstaande beschrijvingen.

2.1 Zeewierkweek

Onderzoek uit 2016 [Ref 17.] geeft een overzicht van de haalbaarheid van offshore aquacultuur en het potentieel voor meervoudig gebruik in de Nederlandse Noordzee. Een van de conclusies is dat zeewierkweek waarschijnlijk aan potentieel zal winnen wanneer uitdagingen met betrekking tot verwerking zullen worden overwonnen.

De verschillende soorten zeewier hebben verschillende eigenschappen zoals het drijfvermogen. Sommige soorten hebben een negatief drijfvermogen (zinken), andere een neutraal drijfvermogen (blijven op hetzelfde niveau drijven) en ook een positief drijfvermogen komt voor (drijft naar het oppervlak). Elke zeewiersoort vraagt daarmee om een andere constructie.

Een studie uit 2022 naar de status en ontwikkelingen qua zeewierkweek constructies beschrijft verschillende constructies, zijnde variaties op de traditionele systemen longlines en netten [Ref 20.]. Ook worden in deze studie enkele IMTA-methodes belicht. In alle gevallen wordt voor zeewierkweek gebruik gemaakt van een combinatie van touwen/longlines en/of netten in combinatie met boeien. Voor de meeste zeewiersoorten wordt een constructie met longlines geduid als de meest geschikte teelt methode. Zeker als het gaat over offshore locaties waarbij de constructie onder invloed staat van golven en stroom. Een relevante conclusie in dit onderzoek op basis van wereldwijde ervaringen is dat bij offshore toepassingen een ondergedompelde constructie nodig is om storm condities te kunnen weerstaan.

Grootschalige zeewierproductie op zee in een windpark is niet op ware grootte getest, verkennend onderzoek in een Offshore-bassin heeft aangetoond dat het mogelijk is [Ref 21.]. In het Wier&Wind-project, het Europese Impact project en het United Horizon 2020-project zijn meerdere pilots offshore getest.

Wier&Wind is een onderzoeksproject, medegefinancierd door het Interreg-programma van de Europese Unie (Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling, EFRO), dat loopt van juli 2019 tot juni 2022. Een Nederlands-Vlaams consortium werkt in het Belgische windpark Norther aan een grootschalig, geautomatiseerd zeewierproductiesysteem. Het Impact project richt zich niet zozeer op het ontwikkelen van de zeewiersystemen maar op remote managementinformatiesystemen voor IMTA constructies. Het United Horizon project is een EU onderzoeksproject dat loopt van 2020 tot 2024 met als doel [Ref 23.]:

- Adresseren huidige knelpunten met betrekking tot de grootschalige offshore medegebruik installaties;
- Demonstreren synergiën tussen markten en voordelen van offshore medegebruik;
- Ontwikkelen routekaart voor implementatie toekomstige medegebruik voor meerdere gebruikers en met potentiële schaalbelemmeringen die moeten worden aangepakt door middel van geleerde lessen.

Er zijn vijf pilots binnen dit EU-onderzoeksproject waarbij zeewier binnen drie pilots onderdeel is van de combinatie aan functies. Waar voldoende uitgewerkt en bekend zijn de constructies uit deze onderzoeksprojecten ook meegenomen in dit hoofdstuk. De Nederlandse pilot betreft tot dusver het beschikbaar stellen van ruimte binnen de Offshore test locatie nabij Scheveningen door de North Sea Farmers.

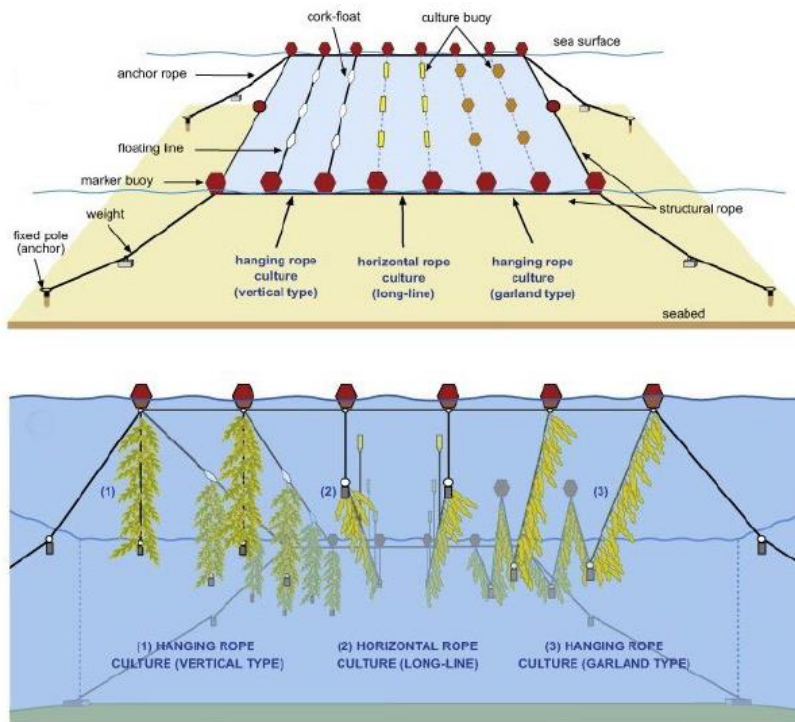
- Duitse pilot – combinatie blauwe mosselen, zeewier en offshore windenergie (R&D centre, Kiel University of Applied Sciences);
- Nederlandse pilot – combinatie zeewier op zee en drijvende zonne-energie (North Sea Farmers);
- Belgische pilot – combinatie offshore wind, aquacultuur & herstel van platte oesters, & zeewierteelt (Universiteit Gent).

2.1.1 Constructies: (traditionele) longline variaties

De traditionele longline constructie wordt gepresenteerd in Figuur 2-1. Dit betreft een systeem van lijnen bevestigd tussen boeien. De drie meest voorkomende vormen, verticale lijnen, horizontale lijnen en diagonale lijnen, worden gepresenteerd in Figuur 2-2 [Ref 20.].



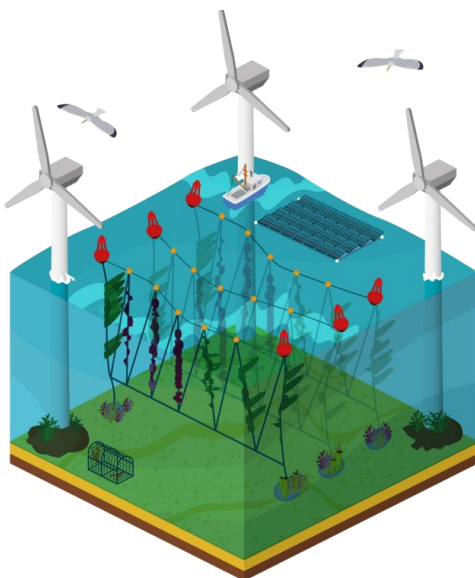
Figuur 2-1 Voorbeeld longline constructie in zuidoost Azië [Ref 20.]



Figuur 2-2 De drie meest voorkomende traditionele longline methoden [Ref 20.]

In een onderzoek van de Wageningen Universiteit wordt gesproken over de volgende zeewier installatie in de Noordzeeboerderij: vijf zeewierkweektouwen van 7m lengte met het zeewiersoort *Saccharina latissima* zijn verticaal geïnstalleerd vanaf 0m tot 7 m onder zeeniveau [Ref 18.].

Een samenwerking tussen Van Oord, The Seaweed Company en Algaia, en met financiering van Amazon, wordt gewerkt aan een grootschalige commerciële zeewier boerderij. Dit initiatief zit in de innovatie fase en heeft de ambitie om in 2028 te gaan opschalen naar 400 zeewiersystemen met een oppervlak van 10km² en een productie van 10.000ton zeewier per jaar, zie Figuur 2-3 voor een representatie van het systeem [Ref 19.].



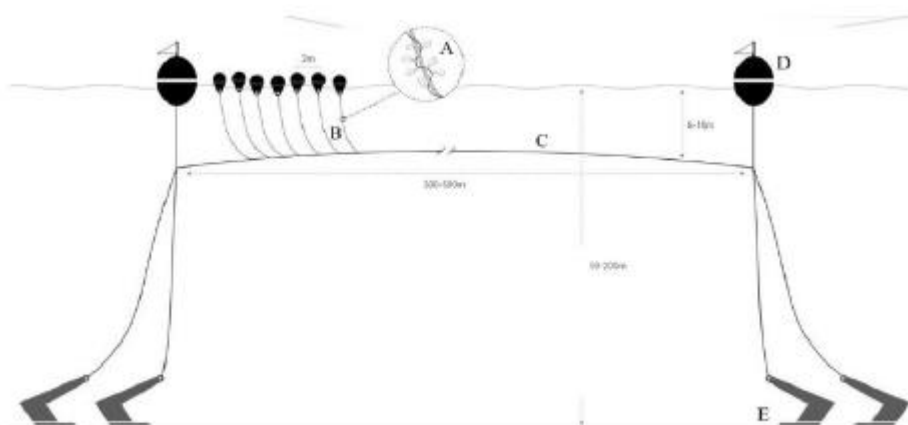
Figuur 2-3 Representatie van een grootschalige zeewierboerderij (bron:norhtseafarmers.org)

Binnen dit project wordt een alternatieve constructie gebruikt, namelijk de bevestiging van zeewiernetten (2D constructie) aan een afmeersysteem, zie Figuur 2-4. In paragraaf 2.1.2 worden ook enkele andere 2D kweeksystemen gepresenteerd.



Figuur 2-4 Teelt systeem van de North Sea Farmers

Een ander voorbeeld van een longline systeem met verticale kweeklijnen is het Macroalgal Cultivation Rig (MACR) van Ocean Rainforest, zie figuur Figuur 2-7. Het idee achter dit concept is dat de hydrodynamische belasting in extreme weersomstandigheden lager is doordat de teeltlijnen mogen meebewegen met de golven. Bij grote golven zijn de kleine boeien aan elkaar vastgemaakt om daarmee de belasting op elke kweekkabel en de totale belasting op de opstelling te verkleinen in vergelijking met een opstelling met vaste kweeklijnen. Het concept is succesvol getest in significante golfhoogtes (H_s) tot 4 meter en in stromingen tot 3 knopen op de Faeröer Eilanden [Ref 31.].

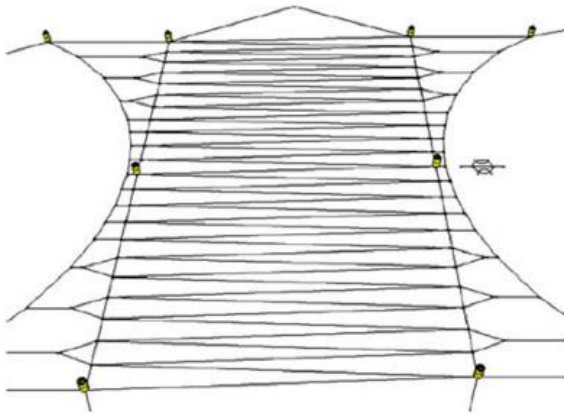


Figuur 2-5 Representatie van MACR zeewierteelstelsysteem

2.1.2 Constructies: alternatieve concepten

Constructie: Buland 10

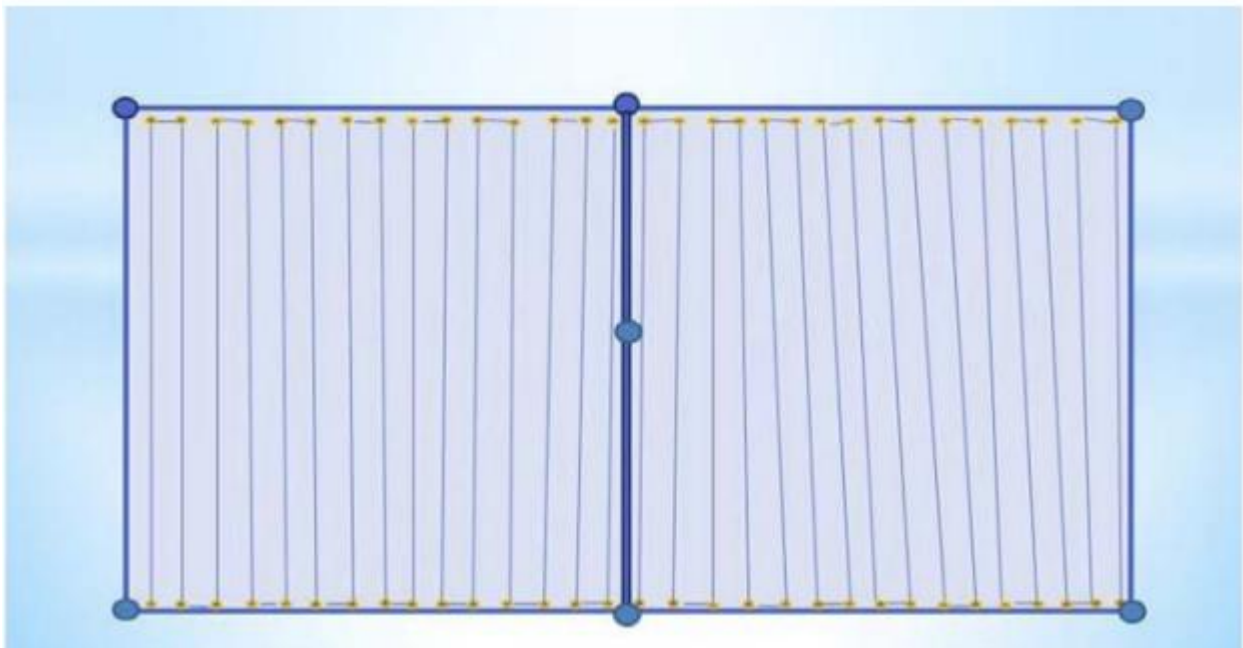
Buland 10 is een zeewier teeltsysteem ontwikkeld in Noorwegen, zijnde een 2D net met horizontale teeltlijnen afgemeerd aan dragende lijnen van het afmeersysteem, zie Figuur 2-6. De teeltlijnen kunnen worden vastgemaakt en verwijderd tijdens het zaaien/oogsten. Buland 10 is een commercieel verkrijgbaar concept voor zeewierkwekerijen, is 1 hectare groot en wordt gebruikt door het bedrijf Seaweed AS aan de westkust van Noorwegen [Ref 31.].



Figuur 2-6 Zeewierkweeksysteem Buland 10

Constructie: Ocean Forest system

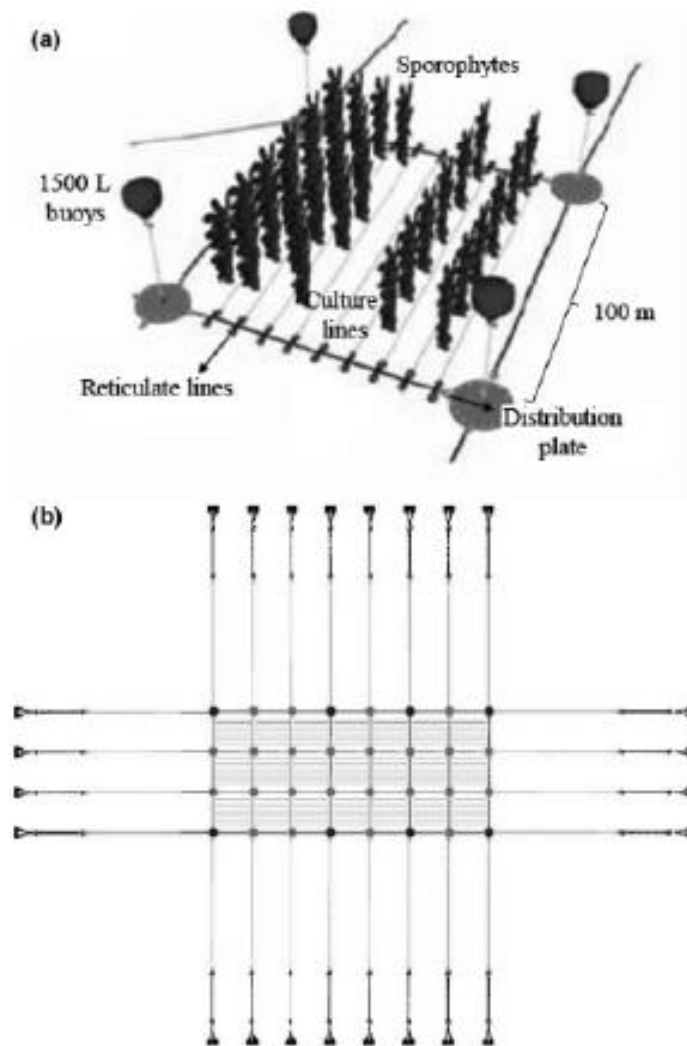
Het systeem van Ocean Forest wordt eveneens in Noorwegen toegepast en bestaat net als de Buland 10 uit horizontale teeltlijnen aan een afmeersysteem. Hier wordt gebruikt gemaakt van een standaard afmeerraster met afmetingen van doorgaans 75 bij 150 meter, zie Figuur 2-7 [Ref 31.].



Figuur 2-7 Schets van het Ocean Forest's zeewierfarm concept [Ref 31.]

Constructie: Bio Architecture Lab (BAL)

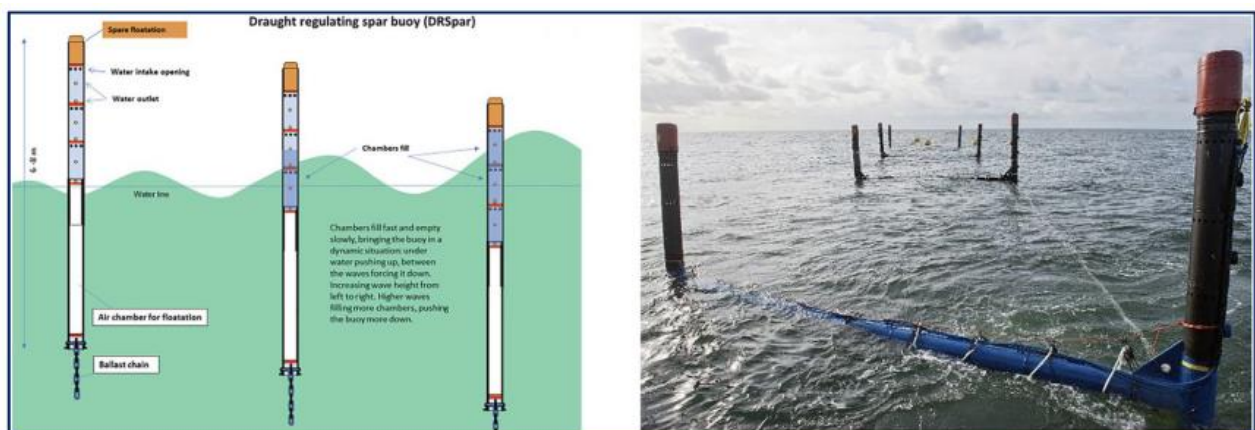
Bij het BAL systeem bestaat het afmeersysteem uit horizontaal raster waarbij gebruik gemaakt wordt van verticale kweeklijnen, zie Figuur 2-8 [Ref 20].



Figuur 2-8 Het BAL kweekstelsel [Ref 20.]

Constructie: H-frame spar boei

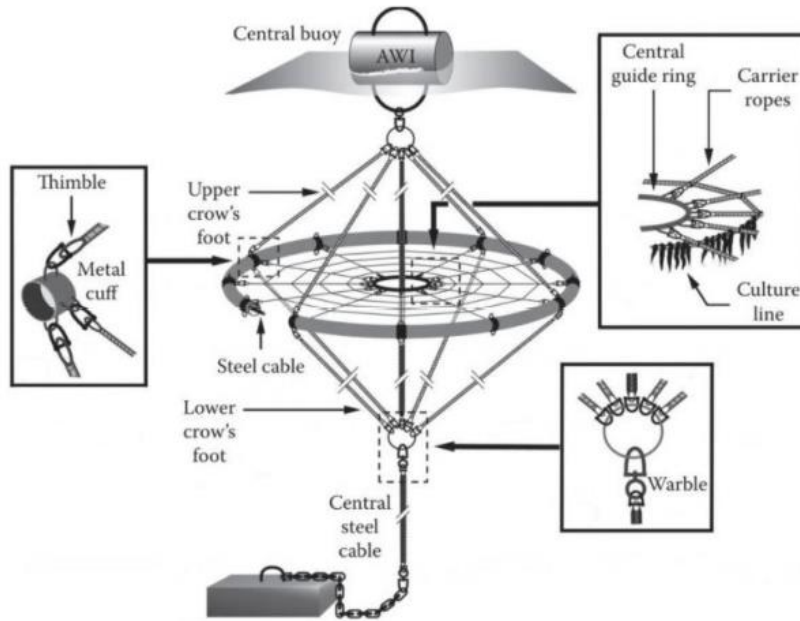
Van 2011 tot 2013 is nabij Texel ervaring opgedaan met de toepassing van een H-frame spar boei dat voorziet in een door golven aangedreven mechanisme om de diepte van de longlines aan te passen, zie Figuur 2-9 [Ref 20].



Figuur 2-9 H-frame spar boei

Constructie: Circulair ring systeem

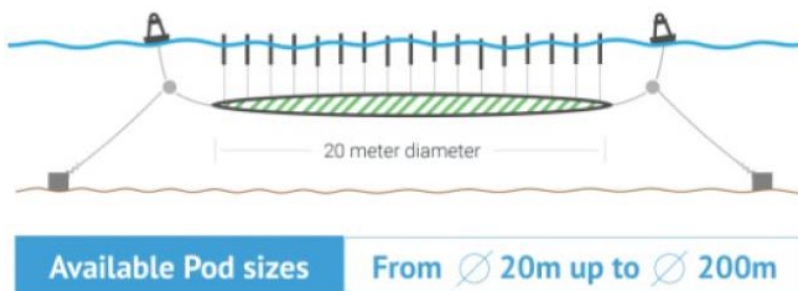
Onderzoek naar diverse zeewierkweeksystemen op de Duitse Noordzee heeft tot dit systeem geleid [Ref 34.]. Het systeem waar patent voor is aangevraagd is voor het eerst gebruikt in 1994/1995 en is geleidelijk verbeterd tot 2002. Dit systeem is bestand tegen ruwe weersomstandigheden (2 m/s stroming en 6 m golfhoogte). De ring kan worden uitgerust met kweeklijnen die offshore kunnen worden verzameld en naar walfaciliteiten kunnen worden getransporteerd om te oogsten, zie Figuur 2-10. Het modulaire karakter van het geteste ringsysteem leent zich voor toekomstig gebruik in geïntegreerde aquacultuursystemen in of gekoppeld aan offshore windparken.



Figuur 2-10 Circular ring system

Constructie: ORCA-SP

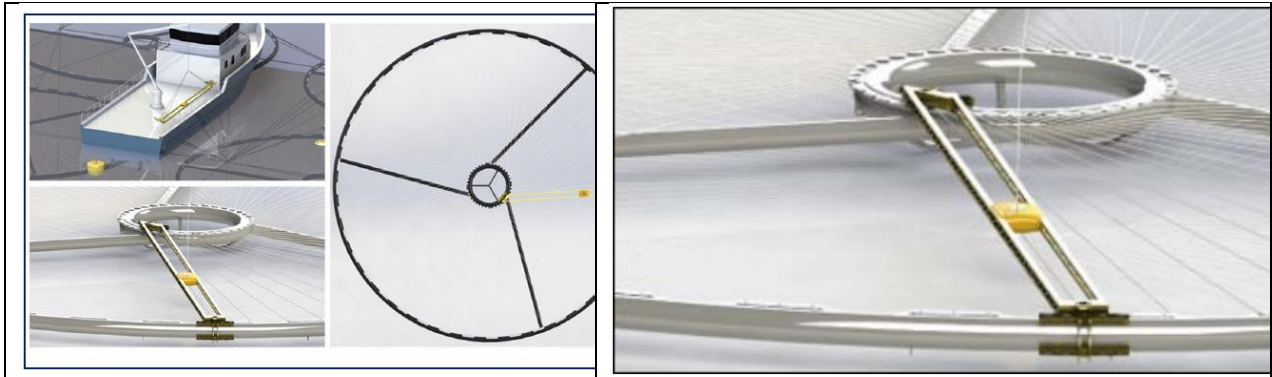
Seatech Energy heeft naar eigen zeggen een constructie ontworpen, gepatenteerd en gecertificeerd die onder offshore omstandigheden op industriële schaal zeewierteelt mogelijk maakt, zie Figuur 2-11. De podstructuur is ontworpen om de jonge sporen te beschermen en om de bedrijfsomstandigheden zoals weersomstandigheden, diepte, instraling, Ph en voedingswaarden voor elke gegeven locatie te beheersen [Ref 33.]. Het is een zelf-diepte-regulerende ronde constructie met een horizontale lijnen voor zeewierkweek.



Figuur 2-11 Het ORCA-SP concept van Seatech Energy

Constructie: SPOKe concept

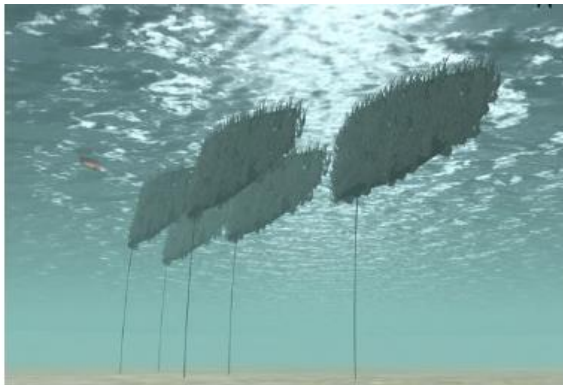
SPOKe staat voor Standardised Production of Kelp. In het MACROSEA-project is een desktopstudie uitgevoerd naar de ontwikkeling van een efficiënt zeewierteeltconcept, dat automatisering mogelijk maakt. Door een hoge mate van standaardisatie is het mogelijk om een geavanceerde oogstrobot in te zetten en om deze robot over te brengen tussen verschillende zeewierkwekerijen, zie Figuur 2-12 [Ref 31.].



Figuur 2-12 Het SPOKe concept

Constructie: seaweed carrier

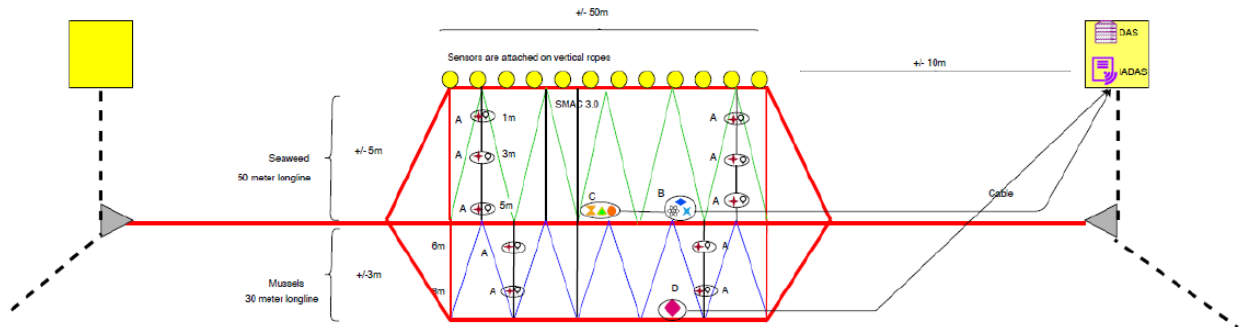
De seaweed carrier van Seaweed Energy Solutions is een gepatenteerd concept waarbij een tweedimensionale structuur is afgemeerd aan een singlepoint afmeersysteem, zie figuur Figuur 2-13. Hierdoor is de oriëntatie van het systeem in lijn met de richting van de heersende omgevingscondities. Dit systeem is op kleine schaal getest en zou geschikt moeten zijn voor ruige weersomstandigheden.



Figuur 2-13 Seaweed carrier concept

2.1.3 IMTA en synergetische constructies (in windparken)

Vanuit het Europese Impact project worden verschillende bestaande IMTA systemen gemonitord. De variatie aan IMTA systemen, waar zeewier onderdeel van is, worden hier gepresenteerd [Ref 40.]. In alle gevallen betreft het zeewierkweek aan longlines.

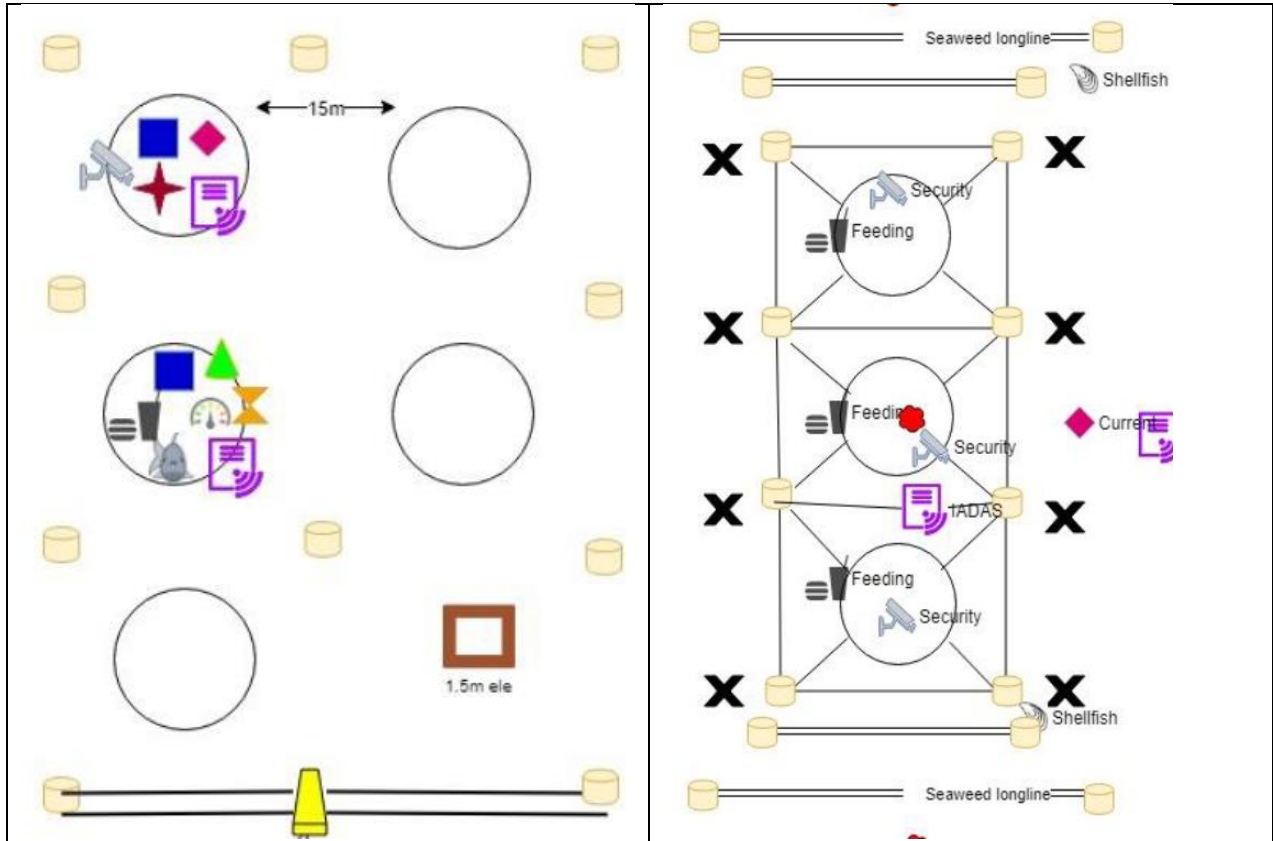


Figuur 2-14 Nederlandse pilot – combinatie zeewier- en mosselkweek [Ref 40.]

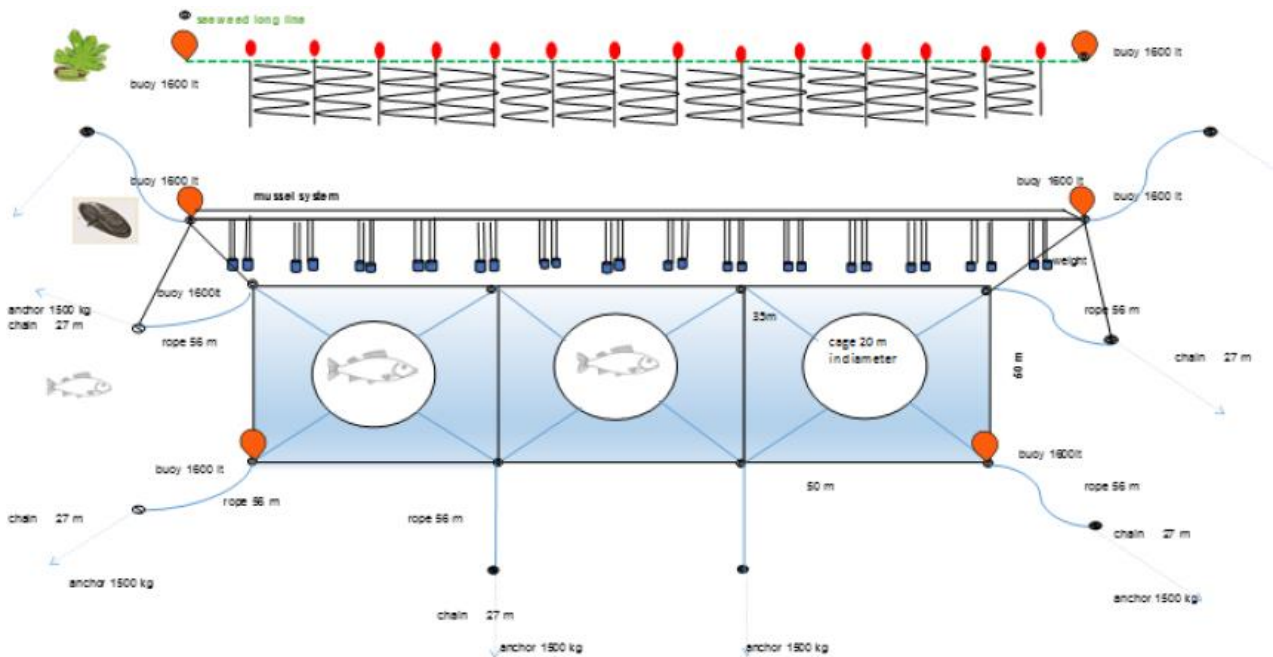
De Nederlandse pilot bestaat uit een combinatie van zeewier en mosselen door gebruik te maken van een longline systeem waarbij het zeewier aan de bovenzijde van het systeem groeit en de mossels aan de onderzijde, zie Figuur 2-14.

In Ierland wordt viskweek gecombineerd met de kweek van kreeft en zeewier. Er wordt gebruikt gemaakt van drijvende viskooien (netten) welke met kettingen in het wateroppervlak zijn vastgemaakt aan boeien. Aan de zuidzijde van de viskooien bevindt zich longlines voor de zeewierkweek. Zie Figuur 2-15 (links) voor een geschematiseerde weergave van het IMTA systeem, de zwarte ronde cirkels zijn de viskooien, de zwarte lijnen aan de onderzijde de longlines voor zeewierkweek.

Het in de inleiding genoemde pilotproject in Turkije ziet er vergelijkbaar uit maar heeft aan twee zijden een dubbel longline systeem, een voor mossels en een voor zeewier, zie Figuur 2-15 (rechts) en Figuur 2-16.

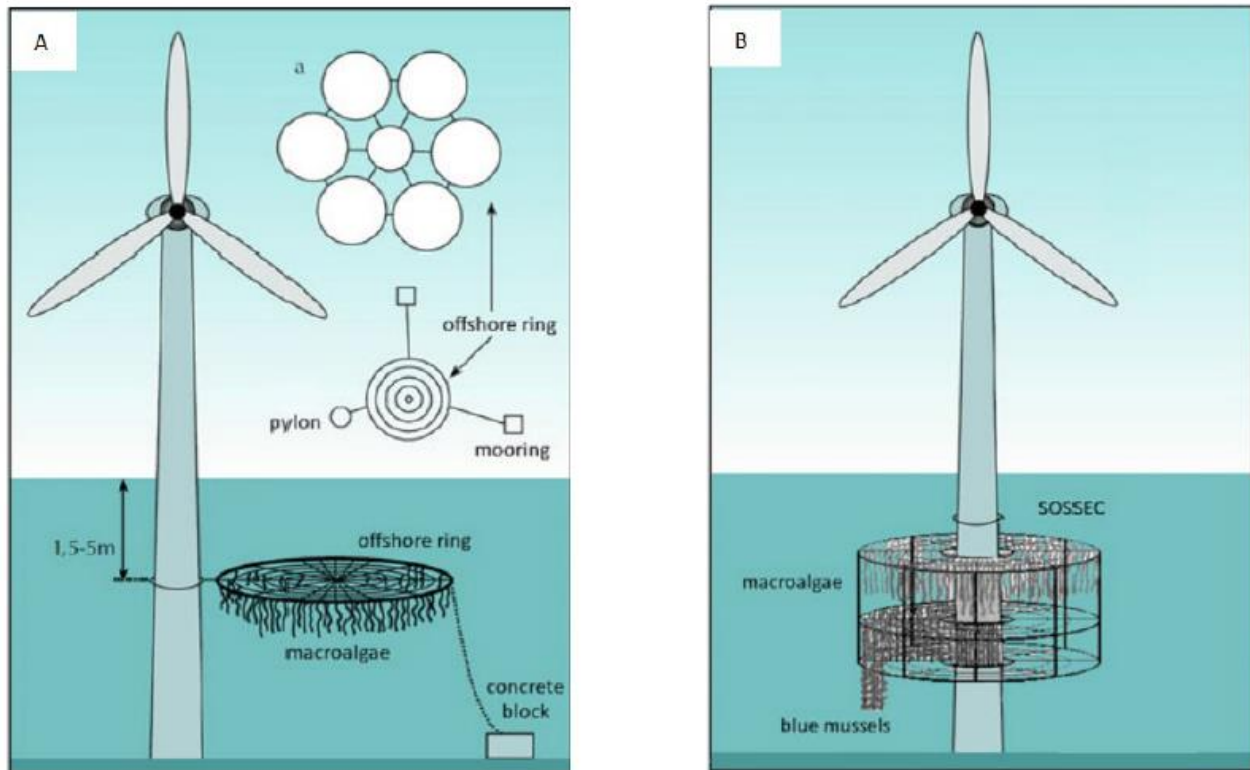


Figuur 2-15 Bovenaanzichten Ierse pilot (links) en Turkse pilot (rechts) [Ref 40.]



Figuur 2-16 Weergave Turkse IMTA pilot

Er zijn concepten waarvan sommige gebruik maken van de basis van windturbines als afmeerplaats, zoals weergegeven in Figuur 2-17. Deze concepten maken alleen kleinschalige offshore-kweek van zeewier en mosselen mogelijk en zijn inherent moeilijker te automatiseren voor oogsten en opnieuw zaaien [Ref 20.].



Figuur 2-17 Voorbeelden van synergetische constructies in windparken [Ref 20.]

2.1.4 Oogsten

Bestaande zeewierkwekerijen en oogstmethoden brengen veel handmatig werk met zich mee, wat tijdrovend is, lichamelijk veeleisend en kan de persoonlijke veiligheid in gevaar brengen. Tegenwoordig worden voor het oogsten dienstvaartuigen uit de aquacultuurindustrie of kleine vissersvaartuigen gebruikt [Ref 31.]. De kweeklijn wordt normaal gesproken binngetrokken door een lier op het dek van het schip, zie Figuur 2-18. De kraanpunt van het schip is geplaatst boven de kratten en het zeewier pelt van het kweektouw als het touw door een ring of beugel bevestigd aan de kraantip.

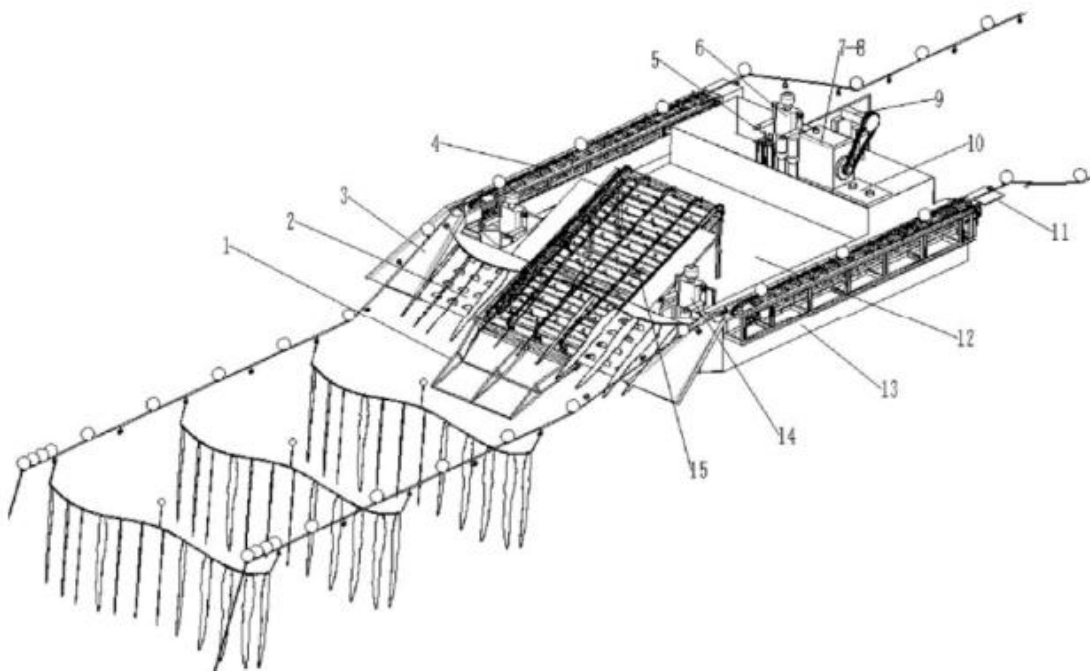
In een onderzoek van de Wageningen Universiteit is vermeld dat bij de oogst in 2019 de teeltlijnen door duikers zijn losgemaakt en direct na de oogst in tonnen naar de vaste wal (Yerseke) gebracht [Ref 18.].



Figuur 2-18 Oogstmethode van zeewier waarbij d.m.v. een kraan op een klein schip [Ref 20.]

Ontwikkeling van zeewierkwekerijen en gespecialiseerde kweekschepen die grote hoeveelheden aankunnen volumes tegen lage bedrijfskosten, door meer automatisering en mechanisatie aan te bieden is belangrijk voor de ontwikkeling van de toekomstige zeewierindustrie.

De zeewierproductie in China is goed voor circa de helft van het wereldwijde productievolume van gecultiveerde zeewieren. In China gebeurt het inzetten en oogsten handmatig. Er wordt bijna geen gemechaniseerd oogstgereedschap gebruikt. Arbeiders snijden het gecultiveerde kelpstouw door en tillen de kelp samen met de lijn op de boot. Er zijn enkele pogingen gedaan om oogstmachines te ontwerpen voor de traditionele zeewierkwekerijen, zie Figuur 2-19. Echter, de teeltlijnen worden nog met de hand losgemaakt aangezien de machine hierin niet voorziet [Ref 31.].



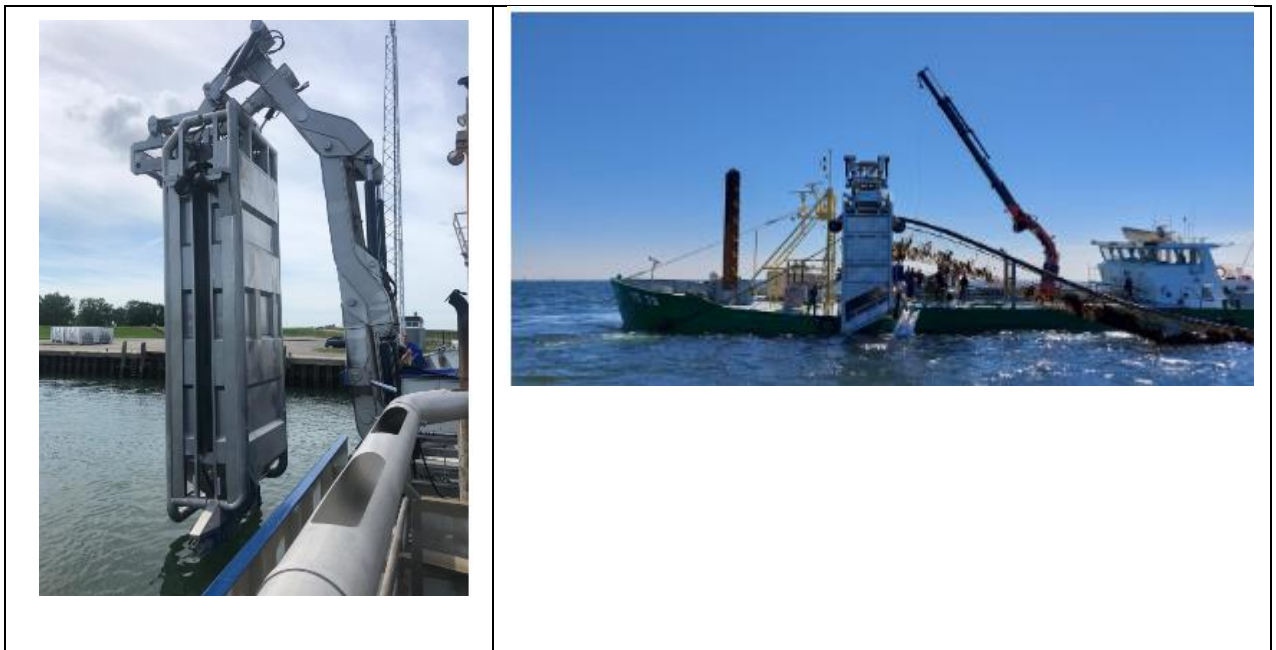
Figuur 2-19 Semi geautomatiseerde Chinese oogstmachine [Ref 31.]

Toch pretendeert het bedrijf AtSeaNova een machine te hebben ontwikkeld dat op basis van 2D teeltsystemen, zie paragraaf 2.1.2 en Figuur 2-4, kan zaaien, oogsten en schoonmaken. Zie hiervoor Figuur 2-20.



Figuur 2-20 De SeaHarvester van AtSeaNova [Ref 32.]

Het bedrijf AtSeaNova is samen met het bedrijf Murre betrokken bij het Wier&Wind project waar een geautomatiseerde oogstmachine is ontworpen, zie Figuur 2-21 [Ref 22.].



Figuur 2-21 Easyfarm machine voor kweken en oogsten van mosselzaad, mossels en zeewier [Ref 22.]

2.1.5 Scheepvaartverkeer

Ervaringen met Operations & Maintenance (O&M) in de offshore windindustrie laten een maximale vaartijd van 1,5 uur zien voor reizen met kleine schepen (CTV's), die dagelijks de haven verlaten en terugkeren. Wanneer de reisduur langer is dan 2 x 1,5 uur / dag worden grotere accommodatie (SOV) schepen ingezet, die het mogelijk maken om offshore te overnachten en op (twee)wekelijkse basis terug te keren naar de haven.

Uit de beschrijving van de oogstmethoden in paragraaf 2.1.4 blijkt dat bij het oogsten ook gebruik gemaakt wordt van schepen. De keuze van de oogstmethode is met name bepalend voor de grootte, manoeuvreerbaarheid en de tijd dat het oogst-schip in de zeevierboerderij aanwezig is.

Het scheepvaartverkeer dat nodig is tijdens installatie, exploitatie en ontmanteling van de zeewiersystemen is expliciet onderdeel van de consultaties aan de (potentieel) exploitanten van medegebruik (groep 3) en wordt belicht in paragraaf 3.4.1.3.

2.1.6 Fasen: installatie – exploitatie – ontmanteling

Het merendeel van literatuur richt zich op de exploitatie van zeewier en bijbehorende systemen. De installatie en ontmanteling fase van de zeewiersystemen zal in geval van longline-varianten vanaf een schip plaatsvinden. Al dan niet met behulp van duikers. De installatie en ontmantelingsfase zijn daarmee een expliciet onderdeel van de consultaties aan de (potentieel) exploitanten van medegebruik (groep 3).

2.1.7 Resume

Het merendeel van de concepten hebben als overeenkomst dat het ondergedompelde systemen zijn waarbij drijvende boeien de enige visueel zichtbare elementen zijn voor overig scheepvaartverkeer. Ook is sprake van verankering aan de bodem door middel van ankers of zware afgezonken objecten. Er zijn concepten waar de verankering aan een windturbine als optie wordt genoemd maar er zijn geen onderzoeksresultaten bekend ten aanzien van de haalbaarheid hiervan.

Uitzonderingen zijn het H-spar systeem en het SPOKe concept waarbij geen gebruik wordt gemaakt van boeien maar grotere en daarmee beter zichtbare drijvers.

De groottes, oriëntatie en zwaarte van gebruikte systemen en materialen verschillen per systeem.

Bij verschillende systemen is aangegeven dat is nagedacht over de bestendigheid van het systeem in ruwe offshore omstandigheden.

2.2 Mosselkweek en invang

Onderzoek uit 2016 [Ref 17.] geeft een overzicht van de haalbaarheid van offshore aquacultuur en het potentieel voor meervoudig gebruik in de Nederlandse Noordzee. Een van de conclusies is dat mosselkweek in de nabije toekomst potentie heeft.

In 2017 uitgevoerd onderzoek worden achtergronden, regelgeving, technische, ecologische en economische overwegingen van de mogelijke combinatie van offshore windenergieproductie en grootschalige mosselkweek in offshore gebieden in de Noordzee [Ref 25.]. Het project onderzoekt de haalbaarheid, concludeert dat er potentieel is voor grootschalige mosselkweek in offshore windparken en geeft een scenario en routekaart van een dergelijke combinatie in de Nederlandse Noordzee.

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en innovatie is in 2011 een verkenning uitgevoerd naar de mogelijkheden van mosselteelt op de Noordzee [Ref 27.]. De hier beschreven technieken worden nader toegelicht in paragraaf 2.2.1.

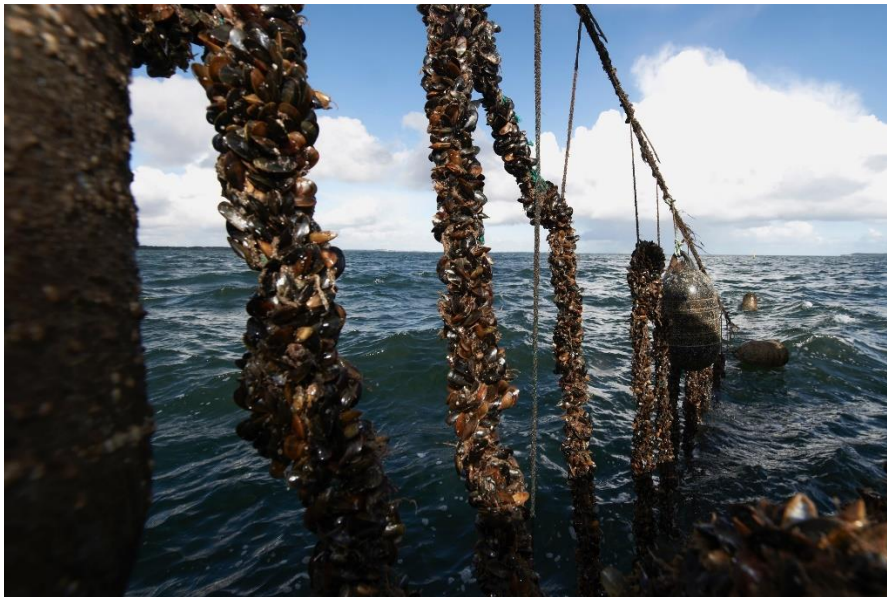
In België wordt een proefproject uitgevoerd met offshore mosselteelt in Zeeboerderij Westdiep [Ref 29.]. Deze pilot vindt niet plaats binnen een windpark maar initiatieven voor mosselkweek binnen offshore windparken worden ondernomen. Het Europese Horizon project United heeft ook een pilot met mosselen [Ref 23.]. Deze Duitse pilot betreft een combinatie van blauwe mosselen, zeewier en offshore windenergie. Het bedrijf OOS is voornemens een half-afzinkbare mosselkwekerij binnen windpark Borssele te realiseren.

Waar voldoende uitgewerkt en bekend, worden de constructies uit deze (onderzoeks)projecten ook meegenomen in dit hoofdstuk.

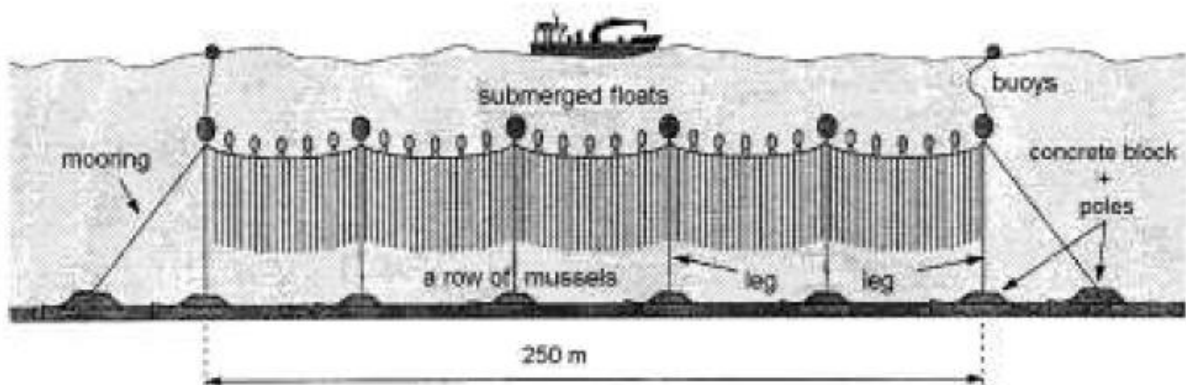
2.2.1 Mosselkweek systemen

Van oudsher is de Nederlandse schelpdiersector gebaseerd op kweek en visserij op bodempercelen. Sinds het laatste decennium worden hangende kweeksystemen toegepast om de visserijdruk op natuurlijke zaaibedden te verlichten. Deze hangende kweeksystemen zijn voornamelijk drijvende kousvormige netten met in het midden een touw waarbij het mosselzaad in de netten worden opgekweekt [Ref 25.]. Alle Nederlandse hangcultuursystemen bevinden zich nu in Zeeuwse wateren.

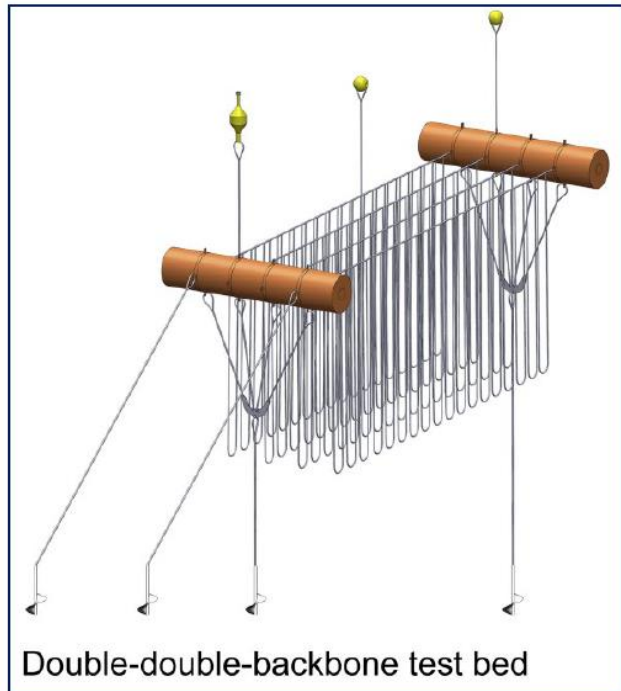
Uit in 2011 uitgevoerd onderzoek blijkt dat ondergedompelde longlines (hangende kweeksystemen), de meest geschikte techniek is voor de kweek van mosselen op de Noordzee [Ref 27.]. Vaak bestaat dit uit een of meer lange horizontale lijnen (longlines) waaraan verticale kweeklijnen bevestigd worden, zie Figuur 2-22 en Figuur 2-23.



Figuur 2-22 Hangende mosselkweekstelsel (longlines)

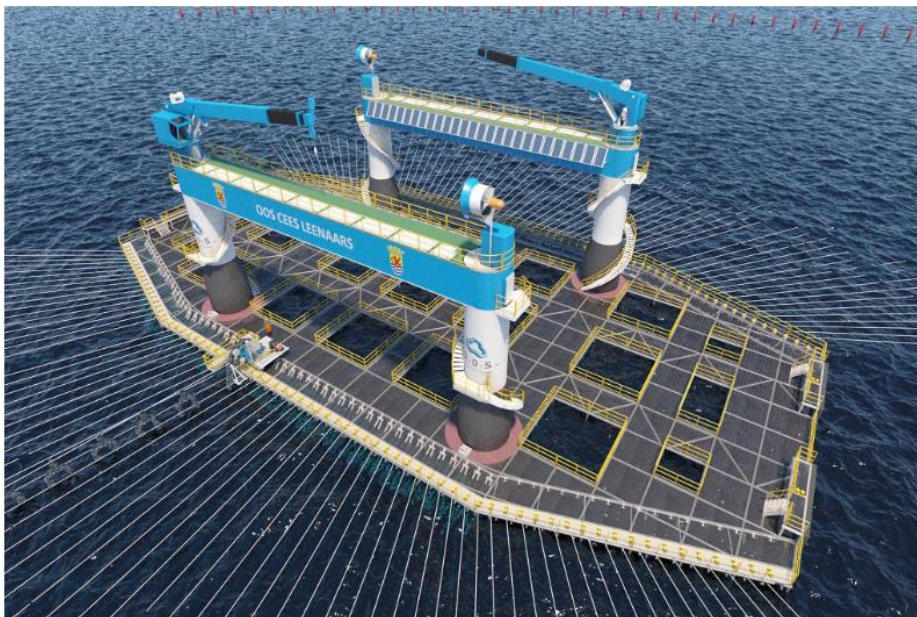


Figuur 2-23 Weergave van een longline hangend mosselkweek systeem [Ref 27.]



Figuur 2-25 Longline mosselkweek systeem voor offshore toepassingen [REF19]

Zoals bij zeeviersystemen ook wordt opgemerkt in paragraaf 2.1, hebben net onder het wateroppervlak hangende systemen grotere krachten te verduren door golven, (getijde)stroom en wind. De firma OOS wil dit probleem omzeilen door een half-afzinkbare mosselkwekerij te ontwerpen [Ref 28.]. Dit ontwerp meet 76 bij 32 meter waarbij vanuit een centrale locatie lijnen in een radiaal patroon worden opgehangen, zie Figuur 2-26. In afgezonken toestand steken slechts nog de vier kolommen met bovendeck en kranen boven het water uit.



Figuur 2-26 Ontwerp half-afzinkbare mosselkwekerij van het bedrijf OOS

Een ander concept is het gebruik van kooien al zijn er verschillende redenen waardoor de toepassing wordt beperkt, zoals o.a. de financiële haalbaarheid, zie ook Figuur 2-27 [Ref 27.]. Ook het gebruik van 'smart-farm' netten aan longlines is beproefd, zie figuur Figuur 2-28.



Figuur 2-27 Mosselkweek d.m.v. kooien [Ref 27.]



Figuur 2-28 Gebruik van 'smart-farm' netten in het MarBioShell project in Denemarken [Ref 30.]

De constructies en afmeersystemen moeten robuust zijn om uitval te voorkomen. Vaste ankers (gestapeld of geschroefd) zijn betrouwbaarder dan zwaartekracht- en sleepankers [Ref 25.].

2.2.2 Mosselzaadinvanginstallaties (MZI's)

Het traditioneel vissen op wild mosselzaad gebeurt in de Waddenzee, op de Oosterschelde en in de Nederlandse kustwateren van de Voordelta. Op twee momenten in het jaar, mei en oktober, mogen de kwekers hier enkele weken op aangewezen vrije banken een beperkte hoeveelheid mosselzaad opvissen. Mosselkwekers vragen een vergunning aan om, rekening houdend met de voedselbehoefte van vogels en ruimte voor de ontwikkeling van oude mosselbanken, een deel van dit zaad te mogen opvissen. Het opgeviste zaad wordt vervolgens overgebracht naar kweekpercelen. Sinds 2009 wordt in

toenemende mate mosselzaad verkregen via de zogenaamde mosselzaadinvanginstallaties (afgekort MZI's). Een MZI bestaat uit in het water hangende netten of touwen, vergelijkbaar met de systemen zoals genoemd in paragraaf 2.2.1 waar de mosselkweeksystemen worden toegelicht. Aan de aan de longline bevestigde netten en touwen hechten zich mossellarven, die vervolgens uitgroeien tot baby mosseltjes van één tot twee centimeter. In de huidige situatie liggen de MZI's ieder jaar van 1 maart tot 1 november in het water. De meeste mosselzaadinvanginstallaties worden gebruikt in de Oosterschelde, Voordelta en Waddenzee. In de zomer en het najaar wordt één of meerdere keren geoogst [Ref 26.].

2.2.3 IMTA en synergetische constructies (in windparken)

Van de IMTA en synergetische systemen zoals beschreven voor zeewier in paragraaf 0 zijn ook een aantal systemen geschikt voor de kweek van mosselen.

2.2.4 Oogsten

De wijze van oogsten van mosselen is afhankelijk van het type kweekstelsel. In de meeste gevallen zal het vanaf het schip de kooi, kweeklijn of net worden binnengehaald, zie Figuur 2-27. De schepen en oogstinstallaties die nu worden gebruikt zullen echter wel moeten worden omgebouwd voor offshore toepassingen [Ref 25.].

Bij de half-afzinkbare mosselboerderij van OOS is niet direct een schip nodig voor het oogsten maar wel om de (verwerkte) mosselen naar de vaste wal te brengen.

2.2.5 Scheepvaartverkeer

Het scheepvaartverkeer dat nodig is tijdens installatie, exploitatie en ontmanteling van de mosselkweek- en mosselinvangsystemen is expliciet onderdeel van de consultaties aan de (potentieel) exploitanten van medegebruik (groep 3).

2.2.6 Fasen: installatie – exploitatie – ontmanteling

Het merendeel van literatuur richt zich op de exploitatie van zeewier en bijbehorende systemen. De installatie en ontmanteling fase van de zeewiersystemen zal in geval van longline-variaties vanaf een schip plaatsvinden. Al dan niet met behulp van duikers. De installatie en ontmantelingsfase zijn daarmee een expliciet onderdeel van de consultaties aan de (potentieel) exploitanten van medegebruik (groep 3).

2.2.7 Resume

Het merendeel van de concepten hebben, net als bij de zeewierkweeksystemen, als overeenkomst dat het ondergedompelde systemen zijn waarbij drijvende boeien de enige visueel zichtbare elementen zijn voor overig scheepvaartverkeer. Ook is sprake van verankering aan de bodem door middel van ankers of zware afgezonken objecten. Er zijn concepten waar de verankering aan een windturbine als optie wordt genoemd maar er zijn geen onderzoeksresultaten bekend ten aanzien van de haalbaarheid hiervan.

De groottes, oriëntatie en zwaarte van gebruikte systemen en materialen verschillen per systeem.

Een uitzondering is het zeewierboerderij ontwerp van OOS waarbij in afgezonken toestand vier kolommen met dek en kranen boven het water blijven uitsteken.

Net als bij de zeewiersystemen is ook hier bij verschillende systemen aangegeven dat is nagedacht over de bestendigheid van het systeem in ruwe offshore omstandigheden.

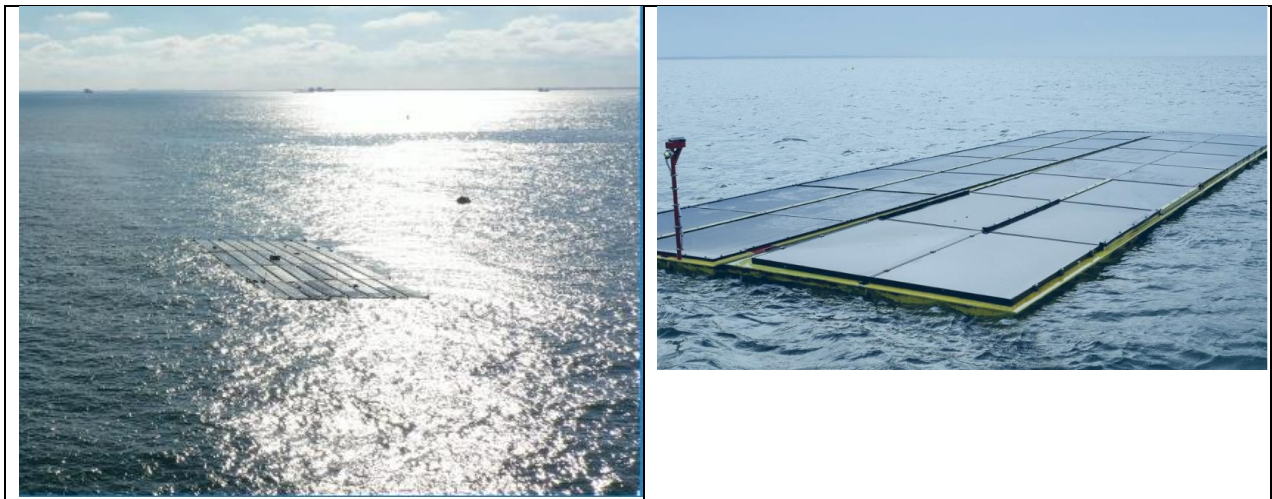
2.3 Drijvende zonne-energie

De meeste drijvende zonne-energie concepten worden ontwikkeld voor beschutte wateren ter voorkoming van grote krachten op de systemen en groen water (water dat over het vrijboord van de constructie slaat). Er bestaan een beperkt aantal concepten voor offshore toepassing, deze worden in de onderstaande paragraaf beschreven.

2.3.1 Verschillende concepten

Oceans of Energy

Het concept van Oceans of Energy betreft aaneen geschakelde drijvende pontons met een laag vrijboord, zie Figuur 2-29 [Ref 35.]. Deze pontons zijn met horizontale lijnen afgemeerd aan boeien. Deze boeien hebben gezien de huidige ligging de zeebodem als de enige mogelijkheid voor bevestiging. Dit pilotproject ligt voor de kust van Scheveningen en betreft een samenwerking met The North Sea Farmers.



Figuur 2-29 Geschakelde pontons van Oceans of Energy

Bluewater/Genap

Dit concept van Bluewater bestaat uit drijvende flexibele opblaas matrassen, onderling verbonden met lijnen, zie Figuur 2-30 [Ref 36.]. Het systeem bestaat uit meerdere individuele drijvers die zijn afgemeerd aan een gedeeld afmeerraster. Elke individuele drijver heeft een grote mate van vrijheid om mee te bewegen met de golven, waardoor de krachten laag blijven. De drijvers bestaan uit een flexibel en met lucht gevuld dubbelwandig weefsel. Dit dubbelwandige weefsel combineert onder lage overdruk een lokale drijverstabiliteit met een dermate lage globale stijfheid dat de drijver het golfprofiel kan volgen.

Voor het afmeren wordt gebruikt gemaakt van een gedeeld afmeerraster [Ref 36.]. Verdere details hiervan zijn niet bekend.



Figuur 2-30 Luchtgevulde matrassen van Bluewater/Genap

SolarDuck

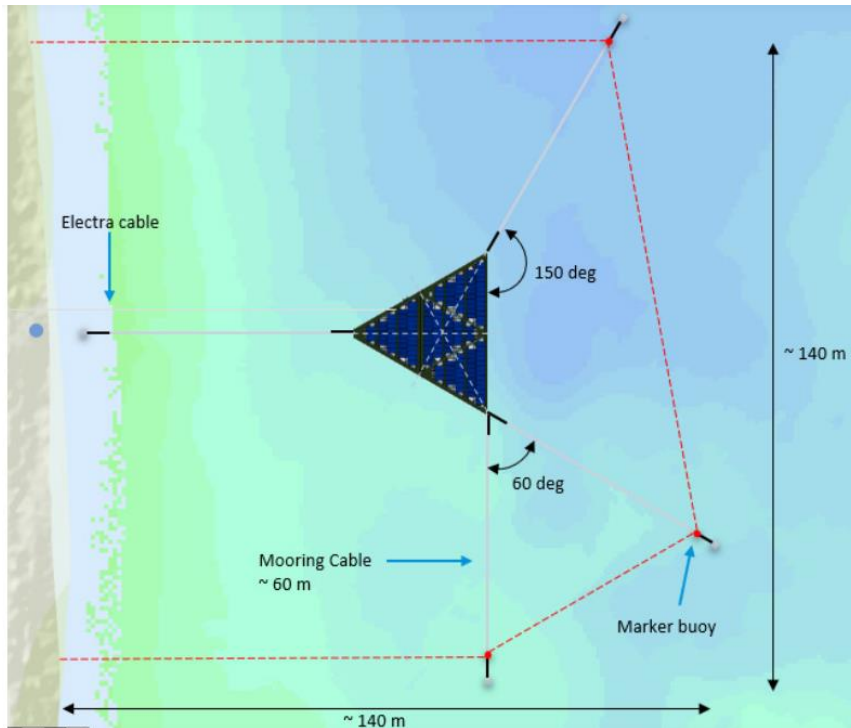
Het concept van SolarDuck betreft geschakelde platformen met een verhoogd dek, zie Figuur 2-31 [Ref 37.]. SolarDuck heeft met RWE een overeenkomst om de grootste offshore drijvende zonne-energiecentrale ter wereld te bouwen in windpark HKW VII. Het betreft een 5MW installatie met geïntegreerde energie opslag. De planning is dat dit project in 2026 operationeel is.



Figuur 2-31 Platform van SolarDuck

Een bovenaanzicht van de lay-out van het afmeersysteem is weergegeven in Figuur 2-32. Vanuit dit figuur lijkt het erop dat de boeien slechts gebruikt worden als markering van het afmeersysteem en dat de rechtstreeks aan de bodem wordt geankerd.

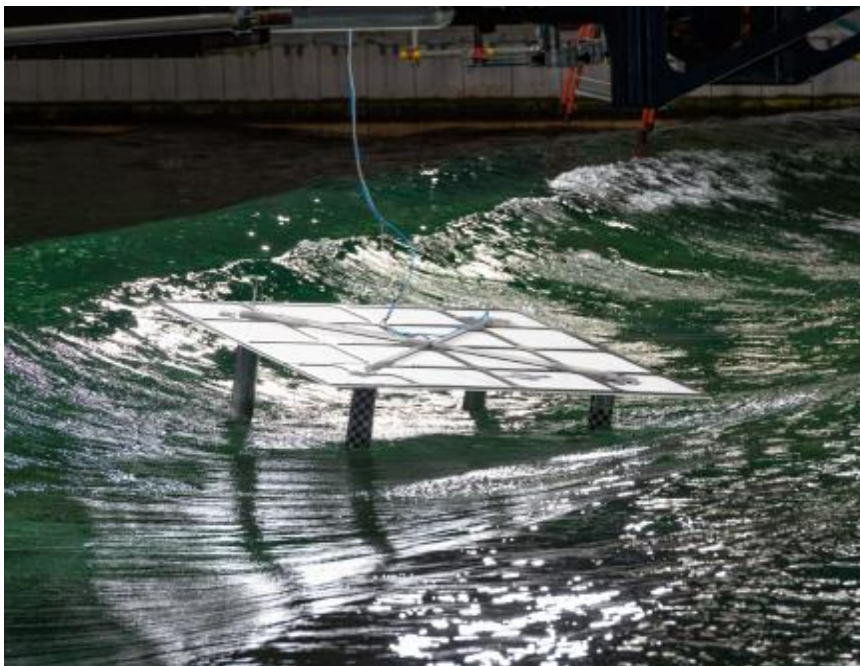
Een lay-out van de combinatie van platformen om de beoogde 5MW te halen is nog niet officieel bekendgemaakt.



Figuur 2-32 Bovenaanzicht lay-out van het afmeersysteem van een enkel platform

Tractebel

Tractebel coördineert het MPVAqua project. Samen met Universiteit Gent, zonnepanelenfabrikant Soltech en baggerbedrijven Jan De Nul en DEME wordt gewerkt aan het eerste drijvende zonne-energiesysteem in de Belgische Noordzee. Het concept betreft net als het concept van SolarDuck een platform met een verhoogd dek, zie Figuur 2-33 [Ref 38.]. Het idee is om dit concept toe te passen binnen offshore windparken. Van het afmeersysteem is nog niets gepubliceerd.



Figuur 2-33 Het drijvende zonne-energie platform van het MPVAqua project

Ocean Sun

Het concept van Ocean Sun betreft een ronde drijver (ring) met daarbinnen een opgespannen folie waarop de zonnecellen worden bevestigd, zie Figuur 2-34 [Ref 39.]. Ook dit concept voorziet in de mogelijkheid om verschillende ringen te combineren. In Shandong (China) is een windpark in gebruik genomen waarbij dit concept van Ocean Sun wordt toegepast.

Het ankersysteem bestaat uit lijnen in de waterlijn naar afmeerboeien. De afmeerboeien zijn geankerd aan de zeebodem.



Figuur 2-34 Drijvende membranen van Ocean Sun

2.3.2 Scheepvaartverkeer

Vanuit de consultatie van Oceans of Energy wordt geprobeerd een eerste beeld te krijgen van de benodigde O&M rondom dit concept. Dit is een van de weinige concepten dat al enige tijd in het water ligt waardoor ervaring is opgedaan met O&M. Alle concepten beogen een zo onderhoudsvrij mogelijke operatie en daarmee beperkt scheepvaartverkeer. Omdat de gepresenteerde concepten nog beperkt en slechts op kleine schaal zijn beproeft in Noordzee omstandigheden, is momenteel nog weinig bekend over het benodigde scheepvaartverkeer. Daarbij zullen de uiteenlopende constructies tot uiteenlopende onderhoudsintensiteiten leiden.

2.3.3 Fasen: installatie – exploitatie – ontmanteling

Voor zover bekend worden de beschouwde concepten onshore gebouwd en vervolgens naar de plek van bestemming gesleept. Daar worden ze verankerd aan elkaar en met een ankersysteem. Met aanbrengen van ankersystemen is in de offshore industrie al veel ervaring opgedaan. Wel vraagt de operatie binnen een windpark aandacht voor de aanwezige assets.

2.3.4 Resume

Er zijn een aantal aspecten in de ontwerpen die onderscheidend zijn. Een daarvan is zichtbaarheid, een aantal concepten liggen in de waterlijn en een aantal duidelijk boven het water. Daarnaast wordt qua verankering in sommige gevallen gebruik gemaakt van afmeerlijnen in het wateroppervlak. Ook de constructies lopen uiteen, van stevige platformen tot flexibele kussens. Voor alle systemen geldt dat elektriciteit wordt opgewekt waardoor een risico bestaat voor kortsluiting en brand. Alle systemen lijken hybride te worden uitgevoerd waarbij ze onshore worden gebouwd en vervolgens naar de bestemming worden gesleept. Niet bekend is of ook gebruik gemaakt gaat worden van ondersteunende niet drijvende constructies. Ook wordt bij een aantal systemen niet expliciet aangegeven in hoeverre ze bestand zijn tegen ruwe offshore condities (stroom, golven en wind).

2.4 Resume systemen van medegebruik

Uit de inventarisatie van de systemen voor de drie typen medegebruik, mossels (kweek/zaad-invang), zeewierkweek en drijvende zonne-energie, blijkt dat sprake is van een innovatiemarkt. Veel genoemde systemen zijn het resultaat van onderzoek en nog relatief weinig systemen zijn de testfase gepasseerd.

Het toepassen van mosselkweek, zeewierkweek en drijvende zonne-energie in ruig water zoals de Noordzee is technisch uitdagender dan bij toepassing in beschutte wateren. Een aantal benoemde systemen, zoals het longline systeem voor zeewier en mosselkweek, betreffen nu veelgebruikte systemen voor beschutte wateren, welke worden aangepast om ook in ruige wateren te kunnen gebruiken. De krachten vanuit omgevingscondities (golven, wind, stroming) zijn vaak de reden om met totaal andere ontwerpen te komen zoals de mosselboerderij van OOS.

Een impliciet gevolg van bovenstaande observaties is dat op dit moment niet een eenduidige conclusie te trekken is over welk systeem voor mosselkweek, zeewierkweek of zonne-energie nu het grootste potentieel heeft voor toepassing binnen windparken op zee zodat daarop een risicoanalyse gebaseerd kan worden. Daarnaast is de kans groot dat een vergunningsaanvraag wordt gedaan voor een systeem dat nog niet in voorliggende rapport is opgenomen.

In het algemeen is zichtbaarheid van de systemen en afmeerlijnen een aandachtspunt. Hetzelfde geldt voor de zeewaardigheid, in hoeverre blijven de systemen en afmeerconstructies intact gedurende een storm en langdurige blootstelling aan golfkrachten.

Daarnaast is vanuit de literatuur erg weinig aandacht voor de installatie en ontmantelingsfase en is weinig informatie bekend over de intensiteit qua scheepvaartverkeer en bemanning. Dit zijn aspecten die bij een vergunningsaanvraag voor medegebruik wel meegewogen dienen te worden.

3 CONSULTATIES

3.1 Inleiding

In APPENDIX 2 is een lijst met bedreigingen opgenomen die de basis vormt voor de consultaties .

Doel van voorliggend onderzoek is om de lijst van bedreigingen te completeren. Een aanvullend doel is om te achterhalen of er voldoende kennis en/of expertise is om te kunnen bepalen wat de oorzaken zijn en de daarbij behorende kans van optreden, en wat de mogelijke effecten en de daarbij behorende kans van optreden. Literatuurstudie aangevuld met informatie uit consultaties met een aantal geselecteerde partijen zorgen samen voor het identificeren van hiaten in kennis en expertise. Die hiaten kunnen bijvoorbeeld blijken uit het niet beschikbaar zijn van kennis en expertise of omdat er vanuit de verschillende consultaties zeer uiteenlopende resultaten komen.

3.2 Betrokken partijen

De volgende partijen zijn bij de consultaties betrokken:

1. Rijkswaterstaat in verband met aansluiting huidige beleid en motiveringsgronden;
2. Onderhoudspartij (Acta Marine) windpark in verband met ervaring zeegang binnen windparken;
3. Noordzeeboerderij, bij voorkeur in combinatie met The Seaweed Company en Oceans of Energy om daarmee zeewier en drijvende zonne-energie pioniers te bevragen;
4. Mosselvisser (PO Mossel);
5. Kustwacht vanuit hun ervaringen op zee en met menselijk falen;
6. Partij die de operatie van een windpark voert (OutSmart).

Om de maximale input te krijgen binnen de beschikbare tijd en kosten is gebruik gemaakt van vragenlijsten die aan de verschillende partijen schriftelijk zijn voorgelegd. De beantwoording hiervan is meegenomen in de voorbereiding van daadwerkelijke (fysieke) interviews. Een tweede voordeel van deze werkwijze is dat de partijen intern bij de beantwoording zoveel mogelijk expertise kunnen betrekken, zodat een zo volledig mogelijk beeld wordt verkregen.

De partijen die zijn geconsulteerd kunnen worden onderverdeeld in drie groepen:

Groep 1

Een groep die is betrokken bij het beheer van de Noordzee. In dit geval zijn dat de Kustwacht en Rijkswaterstaat. Deze partijen zijn van belang voor het actualiseren van de risicolijst, met name gerelateerd aan overheidstaken binnen de windparken (Inrichting, toezicht, handhaving, hulpverlening). Daarnaast het identificeren van mogelijke oorzaken en, specifiek, het identificeren van effecten buiten de grenzen van windparken, als gevolg van gebeurtenissen in windparken.

Groep 2

Een groep die is betrokken bij het beheer (onderhoud, reparatie, inspectie) van de windturbines en bijbehorende assets (kabels, transformatorplatforms) in het windpark. In dit geval zijn dat OutSmart als "operator" en Acta Marine als onderhoudspartij. Deze partijen zijn van belang voor het actualiseren van de risicolijst, met name gerelateerd aan taken binnen de windparken. Daarnaast het identificeren van mogelijke oorzaken en effecten binnen de grenzen van windparken, als gevolg van gebeurtenissen binnen windparken.

Groep 3

Een groep die zelf als (potentieel) medegebruiker activiteiten van medegebruik ontplooit. In dit geval zijn dat de Noordzeeboerderij (i.c.m. The Seaweed Company en Oceans of Energy) en een Mosselvisser (PO mossel). Deze partijen zijn van belang voor het actualiseren van de risicolijst, met name gerelateerd aan specifieke exploitatie-onderwerpen (Constructie, verankering en de exploitatie

zelf). Daarnaast het identificeren van mogelijke oorzaken en specifiek het identificeren van effecten van risico, als gevolg van gebeurtenissen in windparken.

3.3 Interview template

De consultaties zijn uitgevoerd in de vorm van interviews. Een belangrijk deel van de vragen gaan over het beschrijven van de eigen operatie ten aanzien van (mede)gebruik in windparken, in termen van constructie, activiteiten ter plaatse en gebruik materieel. Actuele praktijk, opgedane ervaringen met proefopstellingen of concepten van toekomstige ontwikkelingen zijn onderwerp van gesprek. In dit deel van het interview vindt tevens verkenning naar nieuwe niet eerder geïdentificeerde risico's plaats.

Het tweede deel van de interviews heeft plaats gevonden aan de hand van de lijst met bedreigingen uit APPENDIX 2. Dit is een eerste lijst van bedreigingen die op basis van literatuuronderzoek naar voren is gekomen. De nadruk lag op het inventariseren van oorzaken en mogelijke effecten waarbij de kwetsbaarheid van mensen, constructies en materieel bij onzekere en ongewenste gebeurtenissen van uiteenlopende aard centraal staat. Consultatiepartijen zijn daarnaast uitgedaagd om aan te geven welke kennis en expertise nodig is om de kansen van optreden te kunnen waarderen.

De opzet voor de consultaties staat in APPENDIX 1.

3.4 Resultaat en analyse consultaties

De algemene bedreigingen zijn onderverdeeld in een aantal hoofdcategorieën. Deze hoofdcategorieën worden hier inclusief bijbehorende bedreigingen toegelicht. Het vertrekpunt van de geïdentificeerde bedreigingen is een eerder uitgevoerde studie naar risico's en mitigerende maatregelen omtrent medegebruik van windparken [Ref 8.]. In deze paragraaf zijn, met betrekking tot de beschikbaarheid van kennis en informatie over het bepalen van oorzaken en gevolgen van bedreigingen en de kans dat deze optreden, de resultaten van de consultaties en aanvullende literatuurstudie opgenomen. Elke sub paragraaf gaat in op een hoofdcategorie bedreiging uit APPENDIX 2 en eindigt met een samenvatting van de resultaten in tabelvorm. Uitzonderingen zijn de combinatie *schip-gemeerd object/schip-vast object* interactie en de combinatie *schip-drijvend object/vast object-drijvend/gemeerd object-drijvend object* interactie. Deze combinaties van hoofdcategorieën zijn samengenomen in de navolgende sub paragrafen.

De gevolgen van alle vormen van interactie zijn samengevoegd in een paragraaf 4.2.4.

3.4.1 Schip-schip interactie

De kans dat schepen elkaar aanvaren neemt toe op moment dat er meer schepen gebruik maken van dezelfde ruimte binnen en nabij het windpark. Er is al basis kans op een ongeval (schip – schip aanvaring) als gevolg van het onderhoudsverkeer voor de windturbines. De toename van scheepverkeer ten behoeve van het medegebruik zal deze kans verhogen.

Daarnaast is er een kans op een schip-schip aanvaring tussen scheepvaartverkeer dat vanaf omliggende vaarwegen onbedoeld in het windpark terecht komt en het scheepvaartverkeer binnen het windpark. Ook deze kans wordt hoger als gevolg van toename van het verkeer ten behoeve van het medegebruik.

Toename van het verkeer ten behoeve van medegebruik kan toenemen als gevolg van schaalvergroting van het medegebruik of als gevolg van het toevoegen van medegebruik functies. Ook dit heeft een effect op de operationele veiligheid binnen het windpark.

3.4.1.1 Categorieën schepen

Uit de consultaties komt naar voren dat scheepvaart in een windpark een potentieel risico kan betekenen, maar dan vooral in de interactie tussen schepen van verschillende gebruikers. Er komen in die zin voor de productiefase van een windpark duidelijk vier categorieën (potentiële) gebruikers naar voren.

Schepen windenergiesector

De partijen die vanuit de windenergiesector hun activiteiten in een windpark ontplooiën vormen de eerste categorie. Het zijn dan voornamelijk de servicepartijen die onderhoud en reparatie uitvoeren aan de windturbines en andere assets in het windpark, die gerelateerd zijn aan de productie en transport van windenergie (koppelstations, transformatorplatformen). Deze partijen zetten verschillende soorten schepen in. Genoemd zijn (1) de kleinere schepen zoals de zogenaamde Crew Transfer Vessels (CTV), met afmetingen tot 25 meter in lengte, (2) grotere onderhoudsschepen van gemiddeld 90 meter uitgerust met redundant uitgevoerde Dynamic Positioning (DP2) en (3) grote zogenaamde jack-up vaartuigen tot ongeveer een lengte van 200 meter, vooral ingezet voor grote reparaties zoals het vervangen van turbineonderdelen en rotorbladen. De in de consultaties genoemde schepen vallen daarbij binnen de range van afmetingen zoals benoemd in een onderzoek met betrekking tot de veilige benodigde ruimte die schepen nodig hebben voor onderhoud aan windturbines binnen windparken [Ref 41.]. De onderhoudszones met een straal van 500 meter rondom turbines en 250 meter aan weerszijden van infield-kabels zoals die thans van kracht zijn in windparken, zijn op dit rapport gebaseerd.

Schepen medegebruik

De tweede categorie bestaat uit schepen van (toekomstige) medegebruikers. Hoewel het er vanuit de literatuurstudie op lijkt dat dit waarschijnlijk kleinere schepen zullen zijn, is hier feitelijk weinig over bekend. De mosselsector heeft bijvoorbeeld wel al een grote vloot aan vissersvaartuigen, maar deze schepen hebben een beperkt werkgebied en zijn niet geschikt en gecertificeerd voor gebruik verder op zee.

Schepen hulpverlening

Vaartuigen die worden ingezet voor noodhulp behoren tot de derde categorie. Dat kunnen de reddingsboten van maximaal 20 meter van de KNRM zijn, maar ook sleep- en bergingsvaartuigen voor het bergen van drijvende objecten zoals op drift geraakte schepen, boeien, scheepslading en objecten van medegebruikers zelf. Vooral van de medegebruikers wordt door verschillende partijen verwacht dat zij zelf verantwoordelijkheid nemen voor eventuele bergingswerkzaamheden. Doordoor is het onzeker welk formaat deze schepen dan zullen hebben. Wel is aangegeven dat de ruimte voor het op sleep nemen van op drift geraakte zeeschepen in een windpark in principe te klein is, gelet op het formaat van de noodzakelijke sleepboot, het formaat van zeeschepen, de lengte van sleepdraden en met name de tijd die benodigd is voor het overbrengen en zetten van sleepdraden. Als dezelfde argumenten worden toegepast op andere potentiële bergingswerken in een windpark, dan valt te verwachten dat voor dit type werk grote zeeslepers niet zullen kunnen worden ingezet.

Vissersvaartuigen en recreatievaartuigen

De vierde en laatste categorie schepen bestaat voornamelijk uit vissersvaartuigen en recreatievaart die, anders dan in de daarvoor aangewezen corridor/passages, zich al dan niet opzettelijk in een windpark begeven. In de consultaties is benoemd dat de schepen die van de corridor/passages gebruik mogen maken zijn niet langer dan 46 meter en moeten verplicht een AIS-sigitaal uitzenden en uitluisteren op VHF-kanaal 16. Het gaat in deze categorie voornamelijk om recreatievaart van beperkte afmetingen. Het grootste risico wordt gevormd door die schepen die geen AIS-sigitaal uitzenden en/of niet uitluisteren op VHF-kanaal 16, zij zijn minder goed zichtbaar en slechter bereikbaar. Het algemene beeld dat uit de consultaties naar voren komt, is dat het voornamelijk kleinere recreatievaart betreft, met incidenteel een vissersvaartuig. Rijkswaterstaat heeft in 2022 op basis van AIS de aanwezigheid van deze categorie buiten de toegestane corridor in windpark Borssele gemonitord. Over niet AIS-voerende schepen in windparken bestaat een minder duidelijk beeld.

3.4.1.2 Factoren van invloed op het risico van schip-schip interacties

Uit de consultaties komen in hoofdzaak drie belangrijke factoren naar voren die bijdragen aan de kans dat schip-schip interactie leidt tot ongevallen.

1. Schepen moeten zich in elkaars nabijheid bevinden om risicovolle interactie te kunnen laten plaats vinden;
2. De (technische) betrouwbaarheid van de schepen;
3. De betrouwbaarheid van bemanningen in termen van kennis, kunde, ervaring en beschikbaarheid.

Schip-schip interactie vindt niet alleen tussen schepen van de verschillende gebruikerscategorieën plaats, maar ook tussen de schepen binnen een categorie. Om de verschillende recente ontwikkelingen in risico-mitigerende maatregelen te kunnen plaatsen dienen we hier eerst in globale zin te vermelden hoe de interactie tussen schepen betrokken bij de uitvoering van onderhoud en reparatie van windturbines is georganiseerd.

Naast het incidenteel opereren in een windpark, bijvoorbeeld voor reparatie van een windmolen, voeren servicepartijen steeds vaker grootschalige en langdurige onderhoudscampagnes uit. Daarbij zijn meerdere typen schepen in gelijktijdig in gebruik en is er in een segment van een windpark een hoge intensiteit aan scheepvaartverkeer. Door de inzet van permanent op locatie aanwezige grotere schepen met veel passagiersaccommodatie voor technici en CTV-bemanning, vinden deze campagnes ook steeds vaker 24/7 plaats. De relatieve "hands-on-tool"-tijd vergroot daardoor en verhoogt daarmee de (commerciële) efficiëntie. Omdat de voordelen dermate groot zijn is in de consultaties de trend benoemd om in de windparken dicht bij de kust, die traditioneel werden onderhouden door dagelijks met CTV's vanuit een haven te opereren, ook op die manier onderhoudscampagnes te organiseren.

Uit de consultaties kwam naar voren dat, om in algemene zin de veiligheid van schepen, bemanningen en technici zoveel mogelijk te waarborgen, er systemen ontwikkeld en in werking zijn waarbij windparkeigenaren en operationeel management organisaties de hele operatie beheersbaar proberen te maken en houden. Diverse systeemelementen hebben daarbij een directe relatie met de vier factoren die van belang zijn voor het voorkomen van risicovolle interactie tussen schepen:

- Maritieme Coördinatie (MC) waarbij voortdurend monitoring plaats vindt op basis van verplichte meldmomenten voor schepen en AIS-monitoring vanuit eigen Operationele Controle Centra (OCC). In sommige gevallen is ook radarbeeld onderdeel van die monitoring. Met deze werkwijze in niet alleen in het OCC de positie van elk schip altijd duidelijk maar ook waar elke individueel persoon zich exact bevindt. In noodsituaties kan dat de hulpverlening significant ten goede komen. Het delen van de verschillende posities en vaartrajecten van verschillende schepen is op deze manier vanzelfsprekend;
- Administratieve controle op de certificering van in te zetten schepen, conform (inter)nationale wet- en regelgeving. Hoewel hiermee mogelijk meer zicht is op de staat van het schip, kan de fysieke werkelijke status aan boord nog steeds wel afwijken van de status zoals die vanuit de documenten blijkt;
- Administratieve controle op de bevoegdheden (kennis, kunde, ervaring) van bemanningsleden en het aantal bemanningsleden aan boord (beschikbaarheid), conform (inter)nationale wet- en regelgeving. Hoewel hiermee mogelijk meer zicht is op de staat van de bemanning, kan de fysieke werkelijke status aan boord anders zijn;
- Additionele training met betrekking tot de eigen veiligheidsnormen, voortkomend uit kwaliteits- en veiligheidsmanagementsystemen, te volgen door technici en bemanning.

3.4.1.3 Factor 1: Schepen in elkaars nabijheid

De bij het onderhoud en reparatie van windturbines betrokken consultatiepartijen geven aan dat de nabijheid van andere schepen tijdens het aanschieten van een windmolen niet alleen een aanvaarrisico oplevert. Er is aangegeven dat alleen al de nabijheid kan leiden tot een gevoel van gevaar en daarmee afleiden van de primaire taak. Tegelijkertijd is aangegeven dat dat gevoel ontstaat wanneer de afstand

tot het andere schip (of ander object) relatief klein is. Uit de consultaties kon worden afgeleid dat die afstand in principe kleiner is dan de minimale afstand van 250 meter zoals in het rapport van BMT is benoemd [Ref 41.].

De beschikbaarheid en functionaliteit van OCC's met betrekking tot het organiseren van veilige scheepvaart in windparken, heeft geleid dat in recente watervergunningsvoorwaarden de verplichting is opgenomen om werkzaamheden bij zowel het betrokken OCC als bij de Kustwacht aan te melden. De achtergrond van deze voorwaarden is de verwachting dat daardoor onderling afspraken gemaakt kunnen worden en elkaar te kunnen informeren over werkzaamheden en aanwezigheid van andere schepen. Deze vergunningsvoorwaarden gelden voor de zowel de constructiefase als de productiefase van medegebruik. Complicerende factor hierbij is dat binnen een windpark meerdere windenergie-exploitanten kunnen zijn en daarmee ook meerdere OCC's. Alle geconsulteerde partijen hebben met nadruk aangegeven het belang van samenwerking met windparkoperators in te zien en daar ook invulling aan willen geven. Het ontbreekt echter aan (geformaliseerde) kaders en randvoorwaarden waarbinnen die samenwerking vorm moet worden gegeven. Worden er wel afspraken gemaakt? Faciliteert een OCC afspraken tussen medegebruikers onderling, of alleen als er interactie dreigt met de eigen operatie? Wie bepaalt de vaarroutes? Wat zijn de vaarregels binnen een windpark en binnen de onderhoudszones? Wie krijgt in conflicterende situaties voorrang of welk belang gaat voor? Of de verplichting bestaat voor elke vaarbeweging van schepen van servicepartijen in de windenergie om zich, net als de schepen voor medegebruik, aan te melden bij de Kustwacht is niet geheel duidelijk. Hoewel dit melden op vrijwillige basis wel vaak gebeurt, kan hierdoor niet worden gegarandeerd dat de Kustwacht op elk moment op de hoogte is van alle schepen die in een windpark verwacht kunnen worden. Maritieme Coördinatie vanuit de Kustwacht is daarom, los van het ontbreken van kadering en beschikbaarheid van capaciteit, op dit moment dan ook niet mogelijk.

Uit de consultaties volgt dat in elk (toekomstig) windpark sensoren van de Rijksoverheid zijn geïnstalleerd. AIS-ontvangers op windturbines, radarinstallaties op transformatorplatformen en VHF-zenders en -ontvangers worden zodanig geplaatst dat de scheepvaart in het windpark en ook een daarbuiten goed te monitoren is. Het transport van de signalen naar de wal vindt plaats in (verplicht) gereserveerde glasvezelbundels in de exportkabels van de windparkeigenaren. Die signalen worden aan de wal verder gedistribueerd naar onder andere de Kustwacht, maar kan ook aan derden worden verstrekt zoals de genoemde OCC's indien gewenst. Daarbij worden alleen signalen doorgegeven die afkomstig zijn van objecten binnen het betreffende windpark plus een uit een beperkt gebied (tot maximaal 10 nautische mijlen) buiten dat windpark.

In principe kan daarmee Maritieme Coördinatie vanuit OCC's ook leiden tot het waarschuwen van schepen die onbewust op het windpark afkoersen.

Met name voor het inschatten van de effectiviteit van Maritieme Coördinatie als risico verlagende maatregel betekent het ontbreken van (geformaliseerde) kadering en randvoorwaarden dat er te weinig concrete informatie is om die inschatting te kunnen maken. Daarnaast lijkt de inzetbaarheid van die maatregel voor een deel gestoeld op de aanname dat vanuit de OCC's bereidheid bestaat om die Maritieme Coördinatie binnen een windpark op zich te nemen. Voor zover bij MARIN bekend is die bereidheid niet onderzocht.

Uit de consultaties volgt verder dat het vooralsnog moeilijk te voorspellen is hoe vaak schepen voor medegebruik in windparken aanwezig zullen zijn. Verschillende partijen geven aan dat de daadwerkelijke stap naar medegebruik in windparken in eerste instantie nog onderdeel zal zijn van de ontwikkelfase. Daarom zullen schepen aanvankelijk vaker in de windparken zijn dan vanuit het ontwerp van de constructie is bedacht. In de consultaties is benoemd dat zonnepanelen en zeewierpercelen idealiter uiteindelijk maar maximaal 2x per jaar bezocht hoeven te worden, wat de door medegebruik veroorzaakte toename in verkeersintensiteit relatief gering maakt. Omdat de ontwikkeling nog gaande is, is de realisatie van deze doelstelling echter nog onzeker. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de mogelijke teelt van mosselen in hangculturen. De mosselmarkt is in het 7 tot 8 maanden durende mosselseizoen afhankelijk van dagelijks verse aanvoer, wat concreet dus betekent dat er een groot deel van jaar dagelijks activiteit van schepen te verwachten is.

Een andere benoemde ontwikkeling met de gebiedspaspoorten, in tegenstelling tot Borssele², is dat in nieuwe windparken voor medegebruik opengesteld worden en dat alle aangewezen vakken voor meerdere vormen van medegebruik open staan. Een dergelijke versnippering kan invloed hebben op de verkeersintensiteit en op de complexiteit van Maritieme Complexiteit, bijvoorbeeld omdat verschillende medegebruikers gelijktijdig in een relatief klein gebied activiteiten uitvoeren.

Met betrekking tot de interactie tussen de derde categorie schepen (noodhulp) en andere categorieën blijkt uit de consultaties dat daar de risico's in principe goed in te schatten (en beheersbaar) zijn, voor zover schepen in het windpark zichtbaar zijn op radar en/of AIS. Dat komt met name door de betrokkenheid van en aansturing door de Kustwacht bij Search and Rescue – operaties op zee. De Kustwacht is, zoals eerder gesteld, niet gegarandeerd vooraf op de hoogte van de aanwezigheid van alle schepen in een windpark, maar kan dat beeld wel actualiseren op basis van AIS. Daarnaast voorzien de Emergency Respons Plans (ERP) van servicepartijen en operators in de windturbinesector in 24/7 bereikbaarheid en zijn de bijbehorende contactgegevens bekend bij de Kustwacht. Op die manier kunnen ten aanzien van schip-schip interacties in een windpark noodhulpeenheden in principe niet alleen veilig opereren, maar via de Kustwacht eventueel ook hulp inroepen van reeds aanwezige schepen in een windpark.

De grootste zorg en risico's werden tijdens de consultaties toegekend aan schepen die in principe niet tussen de windturbines aanwezig mogen zijn. Daarbij zijn de risico's van de subcategorie schepen die geen AIS voeren en niet uitluisteren op de marifoon niet alleen het grootst, maar ook het moeilijkst te mitigeren. Dat komt voor een belangrijk deel omdat deze schepen niet met behulp van AIS detecteerbaar zijn en daarnaast, wanneer detectie plaats vindt met behulp van radar of visueel, in veel gevallen niet bereikbaar voor waarschuwingen of aanwijzingen. Hoe groot dit risico daadwerkelijk is, valt op dit moment niet te bepalen omdat er geen concreet beeld is van hoe vaak en wanneer deze subcategorie zich in windparken begeeft en wat voor een schepen dat zijn.

Voor de schepen in deze categorie die wel AIS voeren wordt door MARIN AIS verkeersanalyses uitgevoerd voor de verschillende windparken. Dit gebeurt binnen het Monitoring en Onderzoeksprogramma Wind op Zee (MOSWOZ) van Rijkswaterstaat.

Uit de consultaties volgt wel de algemene tendens dat overtredingen in deze categorie voor een belangrijk deel voortkomen uit onwetendheid, met name onder de recreanten op zee. Aangenomen wordt dat voorlichting en gerichte handhavingsacties de aantallen overtreders significant zullen verminderen, waardoor de risico's eveneens significant zullen verkleinen. Feitelijk is er echter geen informatie beschikbaar die die aanname ondersteunt. Dat maakt een gefundeerde inschatting van de effectiviteit van risico verlagende maatregelen als voorlichting en handhaving onmogelijk.

3.4.1.4 Factor 2: Technische betrouwbaarheid van schepen

Hoewel de administratieve beschouwing (via certificaten) op de technische betrouwbaarheid van schepen een indicatie kan geven over die betrouwbaarheid, kan dit als maatregel alleen niet of nauwelijks dienstdoen als bewezen effectief middel om het risico van technisch falen van schepen te mitigeren. Uit de consultaties blijkt dat dat wel in zekere mate gebeurt, mede ingegeven door de gedachte dat servicepartijen ook baat hebben bij technisch betrouwbare schepen om ten minste te kunnen voldoen aan de prestatienormen in contracten. Zonder concrete fysieke informatie over de technische staat van de schepen kan echter de aanname dat "administratief in orde" ook daadwerkelijk betekent "technisch in orde" niet zondermeer als waar worden aangemerkt.

Desalniettemin vallen de door servicepartijen gebruikte schepen vanwege hun afmetingen wel onder (inter)nationale regels en voorschriften. Dat zou moeten betekenen dat de vlaggenstaat en de havenstaat (Nederland) zowel de administratieve staat als de technische staat periodiek inspecteren en dat zogenaamde klassebureau's op basis van (jaarlijkse) inspecties de technische certificaten verlengen. Kortom, de door servicepartijen ingezette schepen zijn onderhevig aan diverse inspectieregimes en hoewel dit momentopnamen zijn, kan er daarom toch redelijk vertrouwen zijn in de technische staat van deze schepen, overigens zonder daarover zekerheid te bieden. Informatie over de

² In windpark Borssele heeft elk vak een specifiek soort medegebruik-bestemming toegewezen gekregen

resultaten van die inspecties zou tenminste bij de eigenaar of reder van een schip beschikbaar moeten zijn.

Voorgaande geldt zolang de gebruikte schepen langer zijn dan 12 meter. Het gebruik van schepen kleiner dan 12 meter door de servicepartijen is uit de consultaties niet gebleken. Veel minder duidelijk is welke schepen medegebruikers in gaan zetten en onder welke regimes deze gaan vallen. De mosselsector en mogelijk ook de zeewiersector kunnen gebruik gaan maken van vissersvaartuigen waarvoor een ander regime geldt en waarbij schepen onder de 15 meter niet meer certificaat plichtig zijn. De technische betrouwbaarheid van schepen valt daarom op dit moment niet in te schatten en zal, als medegebruik straks ingevuld wordt, mogelijk per medegebruiker verschillen.

Pleziervaartuig zijn in het geheel niet onderhevig aan wat voor een regime dan ook. De technische staat van deze schepen is niet in te schatten en informatie daarover is niet beschikbaar. In principe geldt het ontbreken van een inspectieregime ook voor de schepen van de KNRM. Die schepen worden echter vanwege het grote belang van betrouwbaarheid voor de veilige inzetbaarheid onder alle omstandigheden goed onderhouden.

3.4.1.5 Factor 3 - Betrouwbaarheid van de bemanning

Voorgaande met betrekking tot de technische staat van schepen geldt in zekere mate ook voor de staat van de bemanning. De bemanningssamenstelling, zowel in aantal als in bevoegdheden en rangen, zijn gereguleerd en onderhevig aan inspectieregimes. Maar juist omdat die samenstelling regelmatig wijzigt, zijn incidentele administratieve controles niet voldoende om enkel daarop risico's in te schatten. Voor de schepen in de windturbinesector gelden echter, vanwege de specialistische aard van de werkzaamheden en de (traditionele) focus op veiligheidsmanagement in de offshore-sector, aanvullende trainingseisen opgelegd door windparkeigenaren en operators. Daardoor ontstaat meer zicht op de staat van de bemanning dan alleen op basis van administratieve controles op door wetgeving gereguleerde bevoegdheden en bekwaamheden.

Uit de consultaties kwam wel naar voren dat in de windturbinesector de beschikbaarheid van gekwalificeerd en ervaren (met name ervaring met de condities op de Noordzee) personeel onder druk staat vanwege vergroting van de sector en de meer algemeen gevoelde krapte op de arbeidsmarkt. De bemanningssamenstellingen internationaliseren waardoor bijvoorbeeld cultuurverschillen mogelijk een rol gaan spelen. Met name van kapiteins wordt verwacht dat ze goede risico-inschattingen kunnen maken en daarnaar durven te handelen. Niet te snel omkeren naar de haven en tegelijkertijd de druk om werk door te laten gaan weerstaan als de omstandigheden veilig werken in de weg zitten. Hoe zich dit gaat vertalen naar (een verhoging van) de risico's is moeilijk te voorspellen. Ook de invloed van nieuwe technologie op het gebied van Human Factors (bijvoorbeeld: decision support technology) speelt daarin een nog onzekere rol.

Over de staat van de bemanning van schepen in te zetten voor medegebruik, valt op dit moment niet iets te zeggen. Die situatie blijft bestaan totdat duidelijk is welke schepen worden ingezet en of in overleg met de windsector nadere afspraken worden gemaakt over aanvullende trainingen voor het opereren in de nabijheid van windturbines.

Voor de recreatievaart kan gezegd worden dat de betrouwbaarheid van de bemanning een belangrijke en bepalende factor. Immers, de bemanningen van pleziervaartuigen die zich in een windpark bevinden (uitgezonderd in locaties aangewezen voor passages door het park), hebben al tekortkomingen getoond door daar überhaupt terecht te komen. Daarmee bestaan twijfels over de kennis en kunde om schip-schip interactie veilig te laten verlopen.

3.4.1.6 Samenvattende tabel schip-schip interactie

Bedreiging		Schip – Schip Interactie		
Benoemde oorzaken		Factoren die invloed hebben op de kans dat een oorzaak zich voordoet		
		Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor in te schatten	Toelichting
Scheepen komen in elkaars nabijheid	Beschikbaarheid Radar en AIS	Ja		
	Monitoring op Kustwachtcentrum en in OCC's	Ja		
	Verkeersintensiteit als gevolg van varende schepen die niet in het windpark mogen varen	Gedeeltelijk	Deels beschikbaar op basis van AIS-monitoring en (statistische) analyse. Nog niet voor alle windparken gedaan, niet alle vaart zichtbaar middels AIS.	
	Verkeersintensiteit als gevolg van medegebruik	Nee	Zowel voor de constructie- en installatiefase als voor de productiefase onbekend. Ook onzekerheid omdat er deels nog sprake zal zijn van ontwikkeling	
	Verschillende medegebruikers en medegebruiksvormen naast elkaar in een klein gebied	Nee	Verhoging van de verkeersintensiteit door versnippering van medegebruik in een klein gebied is pas in te schatten als de vakken zijn verdeeld	
Schip technisch onbetrouwbaar	Technische staat van onderhoud	Gedeeltelijk	Alleen actueel vast te stellen door uitvoeren van inspecties. Van schepen onderhevig aan diverse inspectieregimes wordt aangenomen dat deze technisch in orde zijn. Structureel onbekend voor recreatievaart	
	Afmetingen schip in relatie tot voorgeschreven uitrusting	Ja	Het formaat van de schepen (in "GT") bepaald in zekere mate de uitrusting die aan boord moet zijn. Hoe groter de schepen, hoe meer uitrusting (Dat gaat van navigatieapparatuur tot veiligheidsmiddelen. Grofweg ligt er een belangrijke grens bij 500 GT. Daaronder is het per Vlaggenstaat afhankelijk of en in welke mate bijvoorbeeld de eisen uit internationale verdragen zoals SOLAS aan boord moeten zijn).	
	Afmetingen en type schip in relatie tot inspectieregimes	Gedeeltelijk	Voor sommige typen schepen is het inspectieregime bekend, voor sommige schepen nog niet omdat het type schip nog niet bekend is	
Bemanning onbetrouwbaar	Kennis en ervaring bemanning	Nee	Alleen op alle aspecten van de operatie vast te stellen door toetsing, onbekend voor recreatievaart	
	Afmetingen schip in relatie tot voorgeschreven bemanning	Ja	Het formaat van de schepen (in lengte en in vermogen voortstuwing) is bepalend voor de minimum eisen aan de bemanningssamenstelling. Dat heeft betrekking op zowel het aantal bemanningsleden, op welke functies aan boord moeten zijn en op de opleidings- en ervaringseisen van bemanningsleden in die functie	

		Afmetingen en type schip in relatie tot inspectieregimes	Gedeeltelijk	Voor sommige typen schepen is het inspectieregime bekend, voor sommige schepen niet omdat het type schip nog niet bekend is
Gevolgen		Opgenomen in de tabel van paragraaf 4.2.4. – Gevolgen van interacties		
Benoemde mitigerende maatregelen		Factoren die invloed hebben op het effect van een mitigerende maatregel		
		Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor in te schatten	Toelichting
	Maritieme Coördinatie	Geformaliseerde kaders en afspraken	Nee	De kaders en afspraken (wie, wat, hoe) waarbinnen maritieme coördinatie plaats zou moeten vinden, bestaan niet. Binnen dit aspect vallen ook het detecteren en eventueel aanroepen van varende schepen die een windpark in dreigen te varen.
	Administratieve Controle	Verskil tussen papieren werkelijkheid en fysieke werkelijkheid	Nee	Niet is vastgesteld hoe goed de papieren werkelijkheid gemiddeld genomen aansluit op de fysieke werkelijkheid aan boord
	Additionele training en opleiding	Beschikbaarheid relevante trainingsprogramma's	Ja	
	Voorlichting en handhaving	Verspreiding en concrete en effectieve handhavingssacties	Gedeeltelijk	Voorlichtings- en handhavingscampagnes kunnen goed verspreid en concreet worden ingezet. Het effect is echter alleen goed te bepalen aan de hand van meting

3.4.2 Schip-afgemeerd object/schip-vast object interacties

Bijna alle geïnventariseerde medegebruik-systemen, voor zowel zeewierkweek, mosselkweek en – invang als drijvende zonne-energie, betreffen afgemeerde systemen (zie Hoofdstuk 2). Dat wil zeggen dat gebruik gemaakt wordt van een afmeersysteem met ankers en lijnen.

Elke toegevoegde scheepsreis binnen het windpark als gevolg van de komst van of uitbreiding van het medegebruik, betekent een verhoogde kans op aanvaren of aandrijven met een afgemeerd object. Die verhoogde kans geldt ook voor interacties tussen schepen en vaste objecten. Daarnaast betekent dat elk toegevoegd medegebruik systeem een extra bedreiging vormt voor het bestaande scheepvaartverkeer. Dit geldt zowel voor scheepvaart binnen het windpark als scheepvaart buiten het windpark.

Voor deze categorie bedreiging zijn eveneens de technische betrouwbaarheid van schepen en staat van de bemanning relevant. Deze oorzaken zijn reeds in paragraaf 3.4.1 beschreven en worden in deze paragraaf niet normaal behandeld.

Uit de consultaties kwamen in hoofdzaak drie factoren naar voren die van invloed zijn op het risico dat wordt gevormd door de interactie tussen schepen en gemeerde objecten van medegebruikers.

1. Vrije ruimte;
2. Fysiek zichtbare markering medegebruik-constructies onder alle (zicht)condities
3. Markering op (elektronische) zeekaarten

3.4.2.1 Factor 1 - Vrije Ruimte

Alle geconsulteerde partijen waren het erover eens dat medegebruik in de ruimte tussen windturbines in een windpark mogelijk moet zijn maar dat er wel grenzen zijn aan dat gebruik. De vrije ruimte die nodig is voor het onderhoud van windturbines, koppelstations en transformatorplatformen en de vrije ruimte die nodig is om deze assets te bereiken, vormen samen de vrije ruimte die geborgd moet worden. Tegelijkertijd moet de vrije ruimte door medegebruikers ook beschikbaar zijn om van en naar de medegebruik locaties te varen.

Bij de indeling van windpark Borssele zijn voor passieve visserij al regels opgesteld die voorzien in onderhoudszones dan wel verbodszones waarbinnen het visvaartuig of het vistuig zich niet mag bevinden [Ref 42.]. Dit betreft een afstand van 250 meter tot windturbines, 500 meter tot transformatorstations en een strook van 250 meter breed aan weerszijden van de tussen windturbines gelegen in-field kabels [Ref 41.]. Binnen deze zones is medegebruik niet toegestaan waardoor onderhoud aan windturbines in principe altijd plaats kan vinden zonder hinderlijke interactie met de gemeerde objecten van medegebruikers. Daarnaast ontstaan "vaarwegen" met een breedte van 500 meter die windturbines en medegebruik-objecten bereikbaar houden voor schepen.

Deze ingestelde verbodszones komen overeen met en zijn gebaseerd op de bevindingen uit het voornoemde rapport van BMT [Ref 41.]. De geconsulteerde partijen benoemden echter, zonder dat inhoudelijk te kunnen beargumenteren, verschillende andere minimaal benodigde vrije ruimten dan in het BMT-rapport genoemd. In alle gevallen was die benoemde vrije ruimte overigens kleiner dan de in het BMT-rapport voorgesteld. Uit het BMT-rapport blijkt niet of de windenergiesector was geconsulteerd. Om te kunnen concluderen dat met het instellen van de huidige onderhoudszones de factor vrije ruimte minimaal bijdraagt aan de risico's van schip-gemeerd object interactie, is het wenselijk dat partijen die met schepen in de windparken actief zijn, de bevindingen uit het BMT-rapport onderschrijven en of bijvoorbeeld de invloeden van omgevingscondities (weer, stroom, zeegang) voldoende zijn meegewogen.

Er is in voorliggend onderzoek vanuit consultaties en literatuurstudie geen duidelijkheid verkregen over de vrije ruimte die schepen bestemd voor medegebruik-activiteiten nodig zullen hebben. Dat is op dit moment ook niet mogelijk omdat nu nog niet bekend is hoe en met welke dichtheid medegebruik-constructies uiteindelijk geïnstalleerd gaan worden en met welke schepen. Daarnaast bestaat er geen duidelijkheid over de mogelijkheid voor medegebruikers om voor hun eigen activiteiten en vaarroutes gebruikt te kunnen en mogen maken van de ingestelde onderhoudszones rond de windturbines en aan weerszijden van de in-field-kabels. Die duidelijkheid is wel vereist voor de bepaling van het schip-gemeerd object risico.

3.4.2.2 Factor 2 - Fysiek zichtbare markering onder alle (zicht)condities

Wat heel duidelijk naar voren komt is dat activiteiten in windparken steeds vaker en op meer plaatsen zoveel mogelijk 24/7 door zullen gaan. Daarbij zal sprake zijn van langdurige onderhoudscampagnes met grotere schepen die weken of maanden permanent aanwezig zijn en waarvandaan rechtstreeks of met behulp van kleinere schepen transport van technici en materieel plaats gaat vinden. Deze schepen zullen zich ook in of in de nabijheid van windparken bevinden als de zichtcondities kortstondig (mist, neerslag) de werkzaamheden belemmeren. Samen met de mogelijkheid dat noodhulpverleningsdiensten met schepen moeten opereren binnen de windparken, is de markering van alle medegebruik-constructies die zich op het wateroppervlak of in de waterkolom bevinden, essentieel om het risico op schip-gemeerd object interactie significant laag te houden. Om die markering functioneel en effectief te laten zijn, is markering van de hoekpunten en contouren van constructies voor medegebruik noodzakelijk bij zowel daglicht (boeien, vaste markeringen), als bij nacht (verlichting) en bij slecht zicht (radarreflectoren, (virtuele) AIS-bakens).

Uit de consultaties valt op te maken dat een vast normenkader voor die markeringen momenteel ontbreekt. Daardoor is deze risicofactor op dit moment hoog. Het ontbreken van een normenkader belet tevens een objectief oordeel over de effectiviteit van een dergelijk kader.

3.4.2.3 Factor 3 - Markering op de zeekaart

De fysiek zichtbare markeringen beschreven in de vorige paragraaf, zorgen ervoor dat de het risico op schip-gemeerd object interactie in een windpark verlaagd wordt voor schepen die in de directe nabijheid van gemeerde objecten aanwezig zijn. Een markering in de zeekaart draagt ook bij aan een vermindering van dit risico, omdat dit voorkomt dat schepen in de nabijheid van deze objecten komen. Denk daarbij bijvoorbeeld aan de door servicepartijen ingezette schepen die in hun reisvoorbereiding routes kunnen kiezen die ruim vrij blijven van gemeerde objecten. Een ander voorbeeld heeft betrekking op recreatievaart die, bewust of onbewust, een niet toegestane route door een windpark uitzet.

Uit de consultaties is naar voren gekomen dat de huidige praktijk is dat gemeerde objecten van medegebruikers na voltooiing van de constructie en installatie, in de zeekaart opgenomen gaan worden³. De Hydrografische Dienst van de Marine is in Nederland verantwoordelijk voor het maken en uitgeven van zeekaarten. Als de Hydrografische Dienst van de Marine inderdaad adequaat de gemeerde objecten verwerkt in de zeekaarten heeft dit een gunstig effect op het risico schip-gemeerd object interactie.

3.4.2.4 Samenvattende tabel Schip-afgemeerd object/schip-vast object interacties

Bedreiging		Schip – Gemeerd object/Schip – Vast object Interactie		
Benoemde oorzaken		Factoren die invloed hebben op de kans dat een oorzaak zich voordoet		
		Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor in te schatten	Toelichting
Onvoldoende vrije ruimte voor varen, manoeuvreren, ook tijdens werkzaamheden aan assets	Op basis van onderzoek ingestelde verbodszones rond vaste objecten en infield-kabels	Gedeeltelijk	Onbekend is of de huidige vastgestelde onderhoud-/verbodszones door gebruikers uit de windenergiesector worden gedragen.	
	Benodigde ruimte voor activiteiten medegebruik	Nee	Onbekend zolang er geen duidelijkheid bestaat over type en formaat schepen medegebruik, vaarroutes, dichtheid van gemeerde objecten en benodigde vrije ruimte voor activiteiten in de aan onderhoud-/verbodszones grenzende wateren	
	Mogelijkheid voor medegebruikers om en route of tijdens activiteiten gebruik te mogen maken van de ingestelde onderhoud-/verbodszones	Nee	Nog de mogelijkheid nog de voorwaarden waaronder zijn vastgesteld. Onduidelijk blijft zo of schepen van medegebruikers voldoende vrije ruimte zullen hebben	
Fysiek zichtbare markering van medegebruik objecten onder alle omstandigheden	Aanwezigheid van toetsbare normenkaders of richtlijnen die voor de markering van alle objecten op het water en in de waterkolom leidend zijn	Gedeeltelijk	Zonder een vastgesteld normenkader is de bedreiging alleen voor elk medegebruik apart in te schatten, op basis van actueel ontwerp. Daarbij kan het resulteren in verschillende soorten markeringen, hetgeen verwarrend kan werken.	

³ Tijdens de constructie en installatie wordt de scheepvaart geïnformeerd middels Berichten aan de Scheepvaart en VHF informatie-uitzendingen van de Kustwacht. De Kustwacht moet daarvoor verplicht op de hoogte worden gehouden van werkzaamheden en scheepsbewegingen.

	Aanwezigheid van markering in zowel de constructie- en installatiefase, de productiefase als de ontmantelingsfase	Gedeeltelijk	Uit de consultaties is niet gebleken of en hoe gemeerde constructies in constructie- en installatiefase en de ontmantelingsfase moeten worden gemarkeerd
Markering in de zeekaart	Accurate en spoedige opname in de zeekaart nadat het gemeerde object in de productiefase is beland (en de definitieve ligging bekend is)	Ja	
Gevolgen	Opgenomen in de tabel van paragraaf 4.2.4. – Gevolgen van interacties		
Benoemde mitigerende maatregelen	Factoren die invloed hebben op het effect van een mitigerende maatregel		
	Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor of maatregel in te schatten	Toelichting
Onderzoeken of de thans ingestelde onderhoud-/verbodszones rond vaste objecten door zowel de windenergiesector als medegebruikers worden onderschreven.	Consultatie van zoveel mogelijk in windparken actieve partijen in de windsector	Ja	
Vaststellen of en onder welke voorwaarden medegebruikers de ruimte binnen de thans ingerichte onderhoud-/verbodszones mogen en willen gebruiken en of deze ruimte voldoende is voor de eigen activiteiten	Type en formaat schepen medegebruik, vaarroutes, dichtheid van gemeerde objecten en benodigde vrije ruimte voor activiteiten in de aan onderhoud-/verbodszones grenzende wateren	Nee	Veel van de benodigde informatie moet nog (proefondervindelijk) worden vastgesteld of anderszins nog onbekend.
Opstellen normenkader of richtlijn voor de fysieke zichtbare markering van gemeerde objecten		Ja	

3.4.3 Drijvend object interacties

Uit het onderzoek zijn in grote lijnen twee soorten interacties met drijvende objecten naar voren gekomen. De eerste soort betreft constructies van medegebruikers die op drift raken in een windpark. De tweede soort is de interactie met andere op drift geraakte drijvende objecten zoals schepen, boeien, verloren lading en verloren sleepobjecten.

De interacties die het gevolg kunnen zijn van drijvende objecten, zijn interacties met vaste objecten zoals windturbines en transformatorplatformen, met gemeerde constructies voor medegebruik en met schepen zowel in het windpark als daarbuiten. Belangrijke opmerking is daarbij dat deze sub-paragraaf in principe ook toepasbaar is op het risico van op drift geraakte schepen die activiteiten ondernemen in een windpark.

3.4.3.1 Interactie met op drift geraakte constructies van medegebruik

Alle consultatiepartijen zien het falen van de verankering van de constructies van medegebruik als een hoog risico met betrekking tot schip – drijvend object interactie. Bijvoorbeeld door het ontstaan van materiaalvermoeding als gevolg van langdurige bewegingen, corrosie of door onvoldoende gedimensioneerde afmeersystemen die de krachten van omgevingscondities als stroom en golven niet kunnen weerstaan.

Deze bedreiging heeft effect op zowel schepen in het windpark als op scheepvaart buiten het windpark. Zowel op het wateroppervlak drijvende constructies (bijvoorbeeld pontons) als constructies in de waterkolom (bijvoorbeeld netten, lijnen) kunnen daarbij schade opleveren aan scheepsrompen en voorstuwingsystemen, waarbij vooral wordt gevreesd voor vervolgschade door verlies van voortstuwing en manoeuvreerbaarheid. Uit de consultaties komen de volgende factoren die een belangrijke invloed op deze bedreiging hebben:

- Verankering van afgemeerde medegebruik constructies
- Detectie en monitoring van drijvende objecten
- Interceptie en berging van drijvende objecten

Met uitzondering van de factor verankering is deze paragraaf ook van toepassing op schepen actief in de windenergiesector die in een windpark op drift raken.

Verankering van afgemeerde medegebruik constructies

Een deugdelijke verankering van medegebruik constructies is een belangrijke barrière in het voorkomen van het op drift raken van deze constructies. Tegelijkertijd is dit ook een factor waar, in tegenstelling tot de ankersystemen van schepen, niet éénduidig mee wordt omgegaan. Het uitgangspunt zoals in de consultaties benoemd is dat “bewezen betrouwbare technologie” voorwaardelijk is voor het verkrijgen van een vergunning voor het plaatsen en gebruiken van constructies van medegebruik in windparken. Ook hier geldt echter dat er tijdens de consultaties geen normkaders zijn benoemd waarin of specifieke technische details voor verankeringsystemen zijn opgenomen en/of specifieke beproevingsmethoden en -procedures voor dergelijke systemen zijn voorgeschreven. De consultaties schetsen wel een beeld over (het gebruik) van verschillende benaderingen in het voldoen aan de norm van “bewezen betrouwbare technologie”. Er is bijvoorbeeld een partij die geen andere oplossing ziet dan (dure) over-dimensionering waardoor medegebruik vooralsnog financieel en commercieel niet haalbaar is. Een andere benoemde benadering betreft een iteratief ontwikkelproces waarbij verankeringsystemen met modelproeven en op testlocaties in de Noordzee worden getest en gemonitord. Een derde gehoorde benadering, al dan niet in combinatie met een iteratief ontwikkelproces, is het ontwikkelen van een rekenkundig simulatiemodel en dat model te laten valideren door een onafhankelijk deskundige partij.

Als “bewezen betrouwbare technologie” de norm is, dan is het is voor een risico inschatting voor de hand liggend om in de eerste plaats te toetsen in hoeverre die norm valide is. In de tweede plaats is het belangrijk te toetsen of de procedures voor het beoordelen naar die norm voor het doel geschikt zijn en in de derde plaats te bepalen in hoeverre een ontwerp daadwerkelijk aan de norm voldoet. De risico inschatting kan daarom op dit moment niet plaats vinden, omdat uit de consultatie niet is gebleken dat een dergelijke gevalideerde norm met bijbehorende toetsingsprocedures zijn bepaald.

Detectie

Uit de consultaties komt naar voren dat een deel van het risico van interactie met op drift geraakte constructies voor medegebruik afhankelijk is van de detectiesnelheid en monitoring. Detecteren kan op verschillende manieren, bijvoorbeeld door het inzetten en monitoren van gps-apparatuur, camera's, het meten van trekkrachten op verankeringskabels en -kettingen en alarmeringen op het breken daarvan. Het monitoren gaat over de vraag of detectieapparatuur permanent of periodiek wordt bewaakt. Tot op

heden is ook hier geen standaard of norm voor afgesproken. Dit deel van het risico zal dan ook alleen per individuele medegebruiker in te schatten zijn, tenzij de bevoegde autoriteit ook hier een normenkader voor ontwikkelt en verplicht stelt.

Volgen en volgbaarheid

Het vervolgens met succes volgen van op drift geraakte objecten is afhankelijk van afspraken over wie dat uitvoert en of de partij die de uitvoering moet doen, tijdig op de hoogte wordt gesteld van een op drift geraakte constructie. Voorwaarde is wel dat het object zichtbaar moet zijn op radar en/of AIS en/of (satelliet)baken. Er volgde uit de consultaties geen kader op basis waarvan die zichtbaarheid is geborgd.

Interceptie en berging

Eenzelfde soort vraagstuk komt naar voren als het gaat om interceptie en berging. Er wordt thans in zekere zin van uitgegaan dat medegebruikers zelf dit organiseren en opnemen in een, al dan niet verplicht gesteld, Emergency Respons Plan (ERP). Tegelijkertijd is er de versterkende aanname dat die verantwoordelijk niet zondermeer bij de Kustwacht kan worden neergelegd. Beperking van het risico is dan ook sterk afhankelijk van wat er in een ERP is opgenomen, of bijvoorbeeld commercieel in te zetten bergers beschikbaar zijn, hoe lang het duurt voordat een berging of interceptie plaats kan vinden en onder welke omstandigheden de Kustwacht wel actie onderneemt.

3.4.3.2 Interactie met drijvende objecten, niet zijnde constructies van medegebruik

In deze paragraaf gaat het met name om objecten die van buiten een windpark het windpark in (dreigen) te drijven. Het kan daarbij bijvoorbeeld gaan om grote en kleine op drift geraakte schepen, losgeslagen boeien en verloren ladingen zoals containers, dekladingen hout en olie/chemicaliën. In principe gelden hier dezelfde facetten van detectie, monitoring, interceptie en berging zoals die in de vorige paragraaf zijn vastgesteld, met dien verstande dat voor een aantal soorten objecten, zoals verloren lading en boeien, niet of niet altijd zal gelden dat deze detecteerbaar zijn. Het risico is dan afhankelijk van het accuraat melden van verloren lading of vermiste boeien en het voorspellen van het driftraject op basis van wind, zeegang en stroom.

In de consultaties is de casus Julietta D regelmatig aan de orde geweest. Belangrijkste bevinding was de inzetbaarheid van de door de Kustwacht aangestuurde eenheden zoals de Emergency Respons Towing Vessels (ERTV's). Die inzetbaarheid blijkt in eerste aanleg beperkt tot het gebied buiten de windparken, omdat de interceptie, het opzetten van een sleepverbinding en het manoeuvreren met een sleep in een windpark maar zeer beperkt veilig mogelijk is. In tweede aanleg geldt ook hier dat de Kustwacht niet zondermeer verantwoordelijk is voor de (tijdige) interceptie en berging van kleinere objecten die op een windpark afdrijven. Net als in de vorige paragraaf is daarom de grote van het risico afhankelijk van wat in een ERP's is opgenomen, de beschikbaarheid en snelheid van commerciële bergers en nog vast te stellen kaders over onder welke omstandigheden de Kustwacht wel actie onderneemt. Ook samenwerkingsplannen tussen medegebruikers en gebruikers uit de windenergiesector kunnen van invloed zijn op het risico. Immers, beide gebruikersgroepen kunnen op locatie bedreigd worden door hetzelfde drijvende object.

3.4.3.3 Samenvattende tabel

Bedreiging	Schip – Gemeerd object Interactie		
Benoemde oorzaken	Factoren die invloed hebben op de kans dat een oorzaak zich voordoet		
	Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor in te schatten	Toelichting
Assets van medegebruikers raken op drift en kunnen niet tijdig worden onderschept	Deugdelijke verankering	Gedeeltelijk	Om in te kunnen schatten of verankering deugdelijk is, zijn gevalideerde normenkaders en toetsingsprocedures noodzakelijk. Dit normenkader bestaat wel voor de ankersystemen van schepen en andere offshore constructies.
	Detectie	Gedeeltelijk	Allen per individueel te beoordelen, geen algemeen geldend normenkader beschikbaar, zowel over detectieapparatuur zelf als de monitoring van die apparatuur
	Volgen en Volgbaarheid	Nee	<p>Geen afspraken bekend over welke partij op drift geraakte assets gaat volgen en hoe die partij dat tijdig krijgt gemeld.</p> <p>Volgbaarheid is afhankelijk van de zichtbaarheid op radar en/of met behulp van een baken. Uit de consultaties volgde geen kader waarmee die zichtbaarheid wordt geborgd. Thans per geval verschillend en bij afwezigheid van genoemde zichtbaarheid alleen te gissen op basis van berekeningen irt stroom, wind en zeegang.</p>
	Interceptie en berging	Gedeeltelijk	Vanuit de consultaties geen helderheid over verantwoordelijkheid (kustwacht/medegebruiker) voor interceptie en berging. Alleen per medegebruiker te bepalen aan de hand van inhoud van een Emergency Respons Plan, mits deze is voorgeschreven in de vergunningsvoorwaarden
Objecten niet van medegebruikers raken op drift buiten het windpark en kunnen niet worden onderschept voordat ze worden een windpark in drijven	Detectie	Gedeeltelijk	<p>Statistische kans op driftende schepen wel bekend.</p> <p>Beschikbaarheid van betrouwbare cijfers over verloren lading en overige op drift geraakte objecten is in deze studie niet nader onderzocht</p>
	Volgbaarheid	Gedeeltelijk	<p>Geen afspraken bekend over welke partij op drift geraakte assets gaat volgen en hoe die partij dat tijdig krijgt gemeld. Dat een object daadwerkelijk gevolgd wordt, staat niet zondermeer vast.</p> <p>Volgbaarheid is afhankelijk van de zichtbaarheid op radar en/of met behulp van een baken. Schepen en drijvende voorwerpen zullen, mits gemeld, volgbaar zijn AIS en/of Radar bij afwezigheid van genoemde zichtbaarheid alleen te gissen op basis van berekeningen irt stroom, wind en zeegang.</p>

	Interceptie en berging		Vanuit de consultaties geen helderheid over verantwoordelijkheid (kustwacht of bedreigde (mede)gebruiker) voor interceptie en berging. Alleen per (mede)gebruiker of gebruikers en medegebruikers tezamen te bepalen aan de hand van inhoud van een Emergency Respons Plannen en samenwerkingsafspraken, mits deze zijn gemaakt en/of voorgeschreven in de vergunningsvoorwaarden
Gevolgen	Opgenomen in de tabel van paragraaf 4.2.4. – Gevolgen van interacties		
Benoemde mitigerende maatregelen	Factoren die invloed hebben op het effect van een mitigerende maatregel		
	Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor in te schatten	Toelichting

3.4.4 Gevolgen van interacties tussen schepen, vaste objecten, gemeerde objecten en drijvende objecten

3.4.4.1 Impact

De impact die welke interactie dan ook maakt, kan nadelige effecten hebben op zowel mensen en objecten. Drijvende platformen kunnen zaken beschadigen en netten, lijnen, kettingen en kabels kunnen blijven hangen achter vaste en gemeerde obstakels, deze meesleuren of verzwakken en voortstuwings- en roersystemen van schepen onbruikbaar maken. Krabbende ankers kunnen infield-kabels beschadigen waardoor (delen van) windparken niet meer leveren.

De mate van impact is op complexe wijze afhankelijk van een aantal factoren:

1. Type en formaat schip of schepen;
2. Type voorstuwing en roeren
3. Snelheid van de interactie
4. Plaats van de interactie
5. Formaat en rigiditeit van drijvende en gemeerde objecten
6. Plaats in de waterkolom van gemeerde en drijvende objecten
7. Aanwezigheid van krabbende ankers

Voor het bepalen van de gevolgen van het risico is het, door de grote verscheidenheid aan factoren en hun complexe samenhang, onontkoombaar om telkens separate impactanalyses te doen op moment dat bekend is welke constructies en schepen van medegebruik in een bepaald gebied aanwezig zullen zijn en met welke schepen en vaste objecten zij in aanraking kunnen komen.

Het inperken en beheersen van de gevolgen van interacties met schepen, is daarnaast afhankelijk van de acties die de bemanning met beschikbare middelen met succes kan ondernemen. De in paragraaf 4.2.1 besproken technische betrouwbaarheid van schepen en staat van de bemanning zijn daarom eveneens bepalend factoren.

3.4.4.2 Samenvattende tabel

Gevolgen	Factoren die invloed hebben op de kans dat een gevolg zich voordoet en de ernst van dat gevolg		
	Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor in te schatten	Toelichting
Persoonlijke ongevallen en schade aan schepen	formaat schepen	Gedeeltelijk	Niet bekend welk formaat schepen voor medegebruik ingezet gaan worden.
	snelheid van de interactie	Gedeeltelijk	In principe is het mogelijk om de impact van aanvaringen bij verschillende snelheden in te schatten, mits de typen schepen bekend zijn
Schade aan infield-kabels door zinken	Plaats van interactie	Nee	Kader over toegestane routes voor alle schepen bestaat niet.

3.4.5 Eenzijdige ongevallen

De eerder beschreven bedreigen betreffen met ongewenste interacties maar bedreigingen zijn ook eenzijdige ongevallen. Een schip kan zinken, in brand vliegen of exploderen. Ook voor drijvende zonne-energie geldt dat kortsluiting kan plaatsvinden waardoor de systemen in brand vliegen.

De oorzaken voor dit soort eenzijdige ongevallen aan boord van schepen zijn legio. Zinken is meestal het gevolg van een interactie, maar kan ook komen door slechte stabiliteit (kapseizen) en slecht onderhoud. Brand kan het gevolg zijn van werkzaamheden, kortsluiting, roken, broei, brandstoflekkages en oververhitting van machineonderdelen. Het is ondoenlijk om al deze oorzaken apart te benoemen. Veel hangt ook hier af van (technische) betrouwbaarheid van het schip als factor en staat van de bemanning als factor, aangevuld met de staat van technici voor onderhoud en reparatie van constructies.

De (technische) betrouwbaarheid van constructies van medegebruik vormt in deze paragraaf een aparte factor. Uit de consultaties is niet gebleken aan welke technische (veiligheids)normen deze constructies moeten voldoen. Hoe hoog het risico op eenzijdige ongevallen op of aan constructies van medegebruik is, kan dan ook niet worden ingeschat.

Een derde factor die uit de consultaties volgt is het ontstaan van eenzijdige ongevallen als gevolg van het overstappen van schepen op constructies van medegebruik. Zowel de frequentie, het formaat van de gebruikte schepen als de constructie zelf bepalen gezamenlijk hoe groot de kans is dat een eenzijdig ongeval tijdens het overstappen plaats vindt. In dit geval geldt dat dit alleen per individuele situatie inschatbaar is.

3.4.5.1 Samenvattende tabel eenzijdige ongevallen

Bedreiging		Eenzijdige ongevallen		
Benoemde oorzaken		Factoren die invloed hebben op de kans dat een oorzaak zich voordoet		
		Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor in te schatten	Toelichting
Schip technisch onbetrouwbaar	Technische staat van onderhoud	Gedeeltelijk	Alleen actueel vast te stellen door uitvoeren van inspecties. Van schepen onderhevig aan diverse inspectieregimes wordt aangenomen dat deze technisch in orde zijn. Structureel onbekend voor recreatievaart	
	Afmetingen schip in relatie tot voorgeschreven uitrusting	Ja	Het formaat van de schepen (in "GT") bepaald in zekere mate de uitrusting die aan boord moet zijn. Hoe groter de schepen, hoe meer uitrusting (Dat gaat van navigatieapparatuur tot veiligheidsmiddelen. Grofweg ligt er een belangrijke grens bij 500 GT. Daaronder is het per Vlaggenstaat afhankelijk of en in welke mate bijvoorbeeld de eisen uit internationale verdragen zoals SOLAS aan boord moeten zijn).	
	Afmetingen en type schip in relatie tot inspectieregimes	Gedeeltelijk	Voor sommige typen schepen is het inspectieregime bekend, voor sommige schepen nog niet omdat het type schip nog niet bekend is	
Bemanning en technici onbetrouwbaar	Kennis en ervaring bemanning	Nee	Alleen op alle aspecten van de operatie vast te stellen door toetsing	
	Afmetingen schip in relatie tot voorgeschreven bemanning	Ja	Het formaat van de schepen (in lengte en in vermogen voortstuwing) is bepalend voor de minimum eisen aan de bemanningssamenstelling. Dat heeft betrekking op zowel het aantal bemanningsleden, op welke functies aan boord moeten zijn en op de opleidings- en ervaringseisen van bemanningsleden in die functie.	
	Afmetingen en type schip in relatie tot inspectieregimes	Gedeeltelijk	Voor sommige typen schepen is het inspectieregime bekend, voor sommige schepen niet omdat het type schip nog niet bekend is	
Constructie technisch onbetrouwbaar	Normenkader voor constructies	Nee	Onbekend	

Gevolgen			
	Factor	Beschikbaarheid van kennis en informatie om de invloed van de factor in te schatten	Toelichting
Zinken, kapseizen, brand, explosie, vallen/slippen/struikelen, vallen van hoogte, verdrinking/verstikking/vergiftiging, verbranding/bevriezing/onderkoeling, beknelling, stoten etc.	Kennis en ervaring betrokken bemanningen en technici	Nee	Alleen op alle aspecten van de operatie vast te stellen door toetsing

3.5 Resume

De consultaties geven een beeld van de huidige kennis van medegebruik bij betrokken partijen. Uit de consultaties komt dat het medegebruik van windparken nog is omgeven door onzekerheden en onduidelijkheden. Dit komt onder andere door de weinige praktijkervaringen, verscheidenheid in mogelijke medegebruik systemen, verscheidenheid in de wijze waarop en met welke schepen de installatie/operatie/ontmanteling wordt vormgegeven en het ontbreken van normenkaders. Benoemde factoren van invloed op het risiconiveau van medegebruik worden hieronder kort geresumeerd.

Voor zowel schip-schip interacties als schip-object interacties geldt dat schepen in elkaars nabijheid of in nabijheid van objecten de kans op calamiteiten vergroot. Deze (on)nodige nabijheid van schepen onderling en ten opzichte van afgemeerde en drijvende objecten wordt beïnvloed door:

- Het type operatie van het medegebruik en daarmee de mate van scheepsintensiteit;
- Maritieme coördinatie, waarbij centraal per windpark het scheepvaartverkeer binnen het windpark wordt begeleid op basis van radarbeelden en AIS-posities, wordt als risico reducerende maatregel gezien;
- De ruimtelijke planning binnen windparken; de ruimtelijke situering en mate van diversiteit qua vormen van medegebruik, als ook voldoende manoeuvreerruimte voor alle toegestane schepen en onderhoud-/verbodszones rondom medegebruik functies;
- Onduidelijkheid over vaarregels en gebruik gedefinieerde onderhoud-/verbodszones binnen windpark;
- Zichtbaarheid; digitale en fysiek zichtbare markering onder alle (zicht)condities, momenteel ontbreekt een normenkader voor deze markeringen;
- Een Emergency Respons Plan (ERP); dit komt ten goede van de samenwerking tussen de Kustwacht en servicepartijen bij SAR-operaties binnen/nabij windparken en het kan duidelijkheid scheppen over verantwoordelijkheden bij interceptie en berging;
- Een degelijke verankering van de medegebruik-objecten; een vereiste is dat verankering bestand dient te zijn tegen de omgevingscondities (golf- wind en stroomkrachten) en is beproefd op materiaalvermoeiing.

Ook benoemd wordt de kleinere (recreatie)scheepvaart zonder AIS-systeem en waarbij niet de marifoon wordt uitgeluisterd. Deze scheepvaart wordt als risico gezien omdat zij zich mogelijk, al dan niet bedoeld, zich in de windparken begeven, slecht detecteerbaar zijn en slecht bereikbaar zijn voor waarschuwingen of aanwijzingen.

De meldplicht van schepen aan de Kustwacht en OCC's is niet waterdicht. OCC's bestaan maar zijn per marktpartij georganiseerd zonder bevoegdheden en zonder een uniforme kader t.a.v. samenwerking, taken, monitoring en communicatie.

4 GEÏDENTIFICEERDE BEDREIGINGEN

4.1 Inleiding

In APPENDIX 2 is een lijst met bedreigingen opgenomen. Deze lijst van bedreigingen volgt uit eerdere onderzoeken [Ref 1.][Ref 8.][Ref 10.][Ref 13.] en is aangevuld op basis van de consultaties en de literatuurstudie die in voorliggende onderzoek zijn uitgevoerd [Ref 14.][Ref 46.][Ref 48.]. Daarmee lijkt deze lijst voldoende limitatief en geldt voor alle drie de hier beschouwde typen van medegebruik.

In APPENDIX 3 is de risicomatrix opgenomen zoals wordt gehanteerd voor alle beleidsmatige risicoafwegingen aangaande Noordzee ontwikkelingen.

Het doel van voorliggend onderzoek is om voor drie typen medegebruik, mossels (kweek/zaad-Invang), zeewierkweek en drijvende zonne-energie, in beeld te brengen welke kennis al dan niet aanwezig is ten aanzien van kans van voorkomen dan wel mogelijke gevolgen van de maritieme bedreigingen. Uit de inventarisatie van de verschillende systemen (Hoofdstuk 2) blijkt dat er per type medegebruik verschillende systemen mogelijk zijn. De mogelijke gevolgen van een bedreiging zijn afhankelijk van het type systeem.

Voorliggend hoofdstuk beschrijft de verschillende bedreigingen en mogelijke oorzaken en gevolgen van de bedreigingen. Tevens wordt aangegeven in hoeverre op basis van huidige kennis en methoden het risico kan worden ingeschat. Hierbij wordt uitgegaan van het moment van vergunningsaanvraag, of wel er wordt van uitgegaan dat alle informatie over het systeem en de operatie bekend is op basis van de aanvraag. In de beschrijving van de bedreigingen wordt daarom nu geen onderscheid gemaakt tussen mosselkweek, zeewierkweek of drijvende zonne-energie.

Omdat bij de vergunningsaanvraag pas alle benodigde informatie voor een risicobeoordeling kan worden opgevraagd, er vele (anker)systemen mogelijk zijn met verschillende implicaties als het gaat over invloed omgevingscondities en aanvaringsgevolgen, wordt voorgesteld om een team van experts samen te stellen dat de vergunningsaanvraag mede beoordeeld op basis van tevoren opgestelde kaders.

Ondanks dat mitigerende maatregelen niet expliciet onderdeel uitmaken van het doel van de opdracht, zijn deze wel meegenomen en benoemd waar deze uit de literatuur en consultaties duidelijk naar voren kwamen.

Een stuurloos drijvend schip wordt in voorliggend hoofdstuk meegenomen als een drijvend object en valt daarmee in dezelfde categorie als een losgeraakt medegebruik systeem of verloren lading zoals containers.

4.2 Schip – schip interactie

Schip – schip interactie betreft de aanvaring tussen twee varende schepen. De bedreigingen als gedefinieerd binnen deze categorie staan in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Schip – schip interactie bedreigingen

Hazard categorie	Hazards
Schip - schip interactie	Aanvaring medegebruik-schip - werkschip windpark
	Aanvaring medegebruik-schip - vaarweg schip
	Aanvaring medegebruik-schip - medegebruik-schip

De kans dat schepen elkaar aanvaren neemt toe op moment dat er meer schepen gebruik maken van dezelfde ruimte binnen en nabij het windpark. Er is al een basis kans op een ongeval (schip-schip

aanvaring) als gevolg van het onderhoudsverkeer voor de windturbines. De toename van scheepverkeer ten behoeve van het medegebruik zal deze kans verhogen.

Daarnaast is er een kans op een schip-schip aanvaring tussen scheepvaartverkeer dat vanaf omliggende vaarwegen onbedoeld in het windpark terecht komt en het scheepvaartverkeer binnen het windpark. Ook deze kans wordt hoger als gevolg van toename van het verkeer ten behoeve van het medegebruik.

Toename van verkeer ten behoeve van medegebruik kan toenemen als gevolg van schaalvergroting van het medegebruik of als gevolg van het toevoegen van medegebruik functies. Ook dit heeft een effect op het maritieme veiligheidsniveau binnen het windpark.

Oorzaken bedreiging

Hoofdoorzaak van deze bedreiging is menselijk falen. Dit kan door onder andere een stuurfout, onwetendheid, onoplettendheid of miscommunicatie [Ref 1.]. Een voorbeeld hiervan is een voorval in 2021 waarbij een schip onbedoeld de veiligheidszone van windpark Borssele binnenvaart door gebrekkige kaarten waarop wordt genavigeerd [Ref 44.]. Door het waarnemen hiervan door de ERTV ter plaatse kon in samenwerking met het Schelde Coördinatie Centrum een aanvaring worden voorkomen.

Mogelijke gevolgen bedreiging

De gevolgen bij een schip-schip aanvaring kunnen ernstig zijn, ook als het kleine schepen (<500GT) betreft, zoals blijkt uit een incident uit 2013 waarbij een visserschip een bewakingschip aanvaart met 11 knopen [Ref 43.]. Hierbij zijn drie bemanningsleden overleden. Zoals ook blijkt uit de consultaties worden voor onderhoud van windturbines zogenaamde Crew Transfer Vessels (CTV's) gebruikt. Dit zijn snelle schepen waarmee een snelheid van 25 knopen haalbaar is.

Mogelijke gevolgen van schip-schip interactie bedreigingen zijn met name:

- Zinkend schip en daarmee schade aan in-field kabels [Ref 8.];
- Zinkend schip en daarmee doden en gewonden [Ref 8.];
- Schade aan de schepen;
- Doden en/of gewonden als gevolg van de impact;
- Uitstroom schadelijke stoffen ((bunker)olie, chemicaliën).

Er zijn geen wetenschappelijke onderzoeksresultaten bekend waarbij voor verschillende scheepstypen, beladingscondities, snelheden en ontmoetingshoeken de gevolgschades in beeld zijn gebracht.

Een numerieke analyse van de ontmoeting van een aantal in het windpark toegestane schepen op verschillende snelheden en onder verschillende hoeken is een mogelijkheid. Een beperking hierbij is dat nu nog niet bekend is welke schepen gebruikt gaan worden voor de diverse vormen van medegebruik, dit wordt pas bij de vergunningsaanvraag bekend.

Een mogelijke aanpak bij het kwantificeren van de mogelijke gevolgen is uitgaan van het worst-case scenario waarbij alle betrokken bemanning in gevaar is, het medegebruik schip vergaat of beide schepen vergaan, alle bunkerolie vrijkomt en dat het zinkende schip dan wel schepen op de kabels terecht komen gezien de onderhoudszones voor in-field kabels nu gebruikt worden voor de onderhoudsvaart. Het voordeel van deze aanpak is de kennisleemten geen belemmering zijn, de benodigde informatie voor deze aanpak is bekend bij de vergunningsaanvraag van het medegebruik. Het nadeel van deze aanpak is dat de kans groot is dat de gevolgschade wordt overschat. Een team van experts kan bij vergunningverlening deze worst-case benadering mogelijk bijstellen.

Kans van optreden bedreiging

Uit een onderzoek naar doorvaart in passages binnen windparken blijkt dat het verwachte aantal incidenten zal afnemen wanneer gebruik gemaakt wordt van passages in plaats van integrale doorvaart van windparken [Ref 10.]. In dit onderzoek is rekening gehouden met de geldende onderhoud-/verbodszones rondom turbines. Vanuit de consultaties wordt ook gepleit voor duidelijke ruimtelijke zoneringen voor de combinatie van windturbines en voorzien medegebruik.

De beschikbare Lloyds ongevallenstatistiek bestaat o.a. uit alle schip – schip aanvaringen. Door hier gebruik van te maken zijn alle mogelijke oorzaken van een schip – schip aanvaring daarmee gedekt. Uitgaande van duidelijke vaarbanen binnen het windpark voor bestemmingsverkeer kunnen SAMSON-modeleringen (APPENDIX 4) in combinatie met ongevallenstatistiek van Lloyds worden gebruikt om te bepalen:

- In hoeverre verkeer in dezelfde vaarbaan (zelfde richting en tegengestelde richting) met een bepaalde intensiteit leidt tot ontmoetingen en wat de kans is dat deze ontmoetingen leidt tot een ongeval;
- In hoeverre verkeer in kruisende vaarbanen met een bepaalde intensiteit leidt tot ontmoetingen en wat de kans is dat deze ontmoetingen leidt tot een ongeval.

De kans dat een schip van buiten het windpark de veiligheidszone van het windpark doorvaart om vervolgens een aanvaring te hebben met een varend schip binnen het windpark is lastig te modelleren met SAMSON omdat dit een beduidend andere situatie is dan op open zee. Binnen huidige beschikbare SAMSON-modelering komen de varende schepen op de vaarwegen rondom het windpark niet tot ontmoetingen met varende schepen binnen het windpark. Tenzij ze daar stil liggen afgemeerd, echter deze vorm van ontmoeting valt in een andere bedreigingscategorie 'schip – afgemeerd object interactie'. Een expertsessie wordt aanbevolen om deze kans in te schatten.

4.3 Schip – vast object interactie

Vaste objecten betreffen op de zeebodem gefundeerde objecten zoals windturbines en transformatorplatforms. Op moment dat een medegebruik functie de stabiliteit haalt uit fixatie/fundatie in/op de zeebodem (bijvoorbeeld door gebruik van een jack-up schip) valt dit ook binnen hier geadresseerde bedreigingen. Binnen de in Hoofdstuk 2 geïnventariseerde systemen komt een dergelijk medegebruik niet voor maar vanuit de consultaties blijkt wel een jack-up schip te worden gebruikt voor groot onderhoud aan windturbines. Geankerde objecten behoren niet tot de hier bedoelde vaste objecten maar zijn onderdeel van de bedreigingen als opgenomen in paragraaf 4.4. De bedreigingen als gedefinieerd binnen deze categorie staan in Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Schip – vast object interactie bedreigingen

Hazard categorie	Hazards
Schip - vast object interactie	Aanvaring medegebruik-schip met windturbine
	Aanvaring medegebruik-schip met transformator platform
	Aanvaring medegebruik-schip met geïnstalleerd jack-up schip

Elke toegevoegde scheepsreis binnen het windpark als gevolg van de komst van of uitbreiding van het medegebruik, betekent een verhoogde kans op aanvaren met een vast object.

Voor de vaste objecten in een windpark geldt dat de objecten gelegen langs een vaarroute (geen doorvaartpassage in windpark) een veiligheidszone hebben van 500 meter op basis van het Zeerechtverdrag. Daarnaast is varen door windparken verboden en zijn aanvullende regels opgesteld voor verkeer dat wel in het windpark mag komen, al dan niet door gebruik te maken van een doorvaartpassage. Dit verbod en aanvullende regels zijn gegeven in de, op basis van de waterwet opgestelde, 'Beleidsregel instelling veiligheidszone windparken op zee'. Aanvullend hieraan kunnen per windpark nog aanvullende regels worden opgesteld in een Besluit van Algemene Strekking (BAS) zoals dat is gebeurd voor windpark Borssele.

Resumerend betekent dit dat, met uitzondering van onderhoudsvaartuigen met een dergelijk object als bestemming, dat een afstand van 500 meter gehanteerd wordt voor transformatorstations en minstens 150 meter tot een windturbine. Voor medegebruik vormen, anders dan passieve visserij, bestaat deze wetgeving en daarmee veiligheidsafstanden nog niet.

Oorzaken bedreiging

De oorzaken zijn hetzelfde als bij schip – schip interacties, ofwel de hoofdoorzaak van deze bedreiging is menselijk falen. Dit kan door onder andere een stuurfout, onwetendheid, onoplettendheid of miscommunicatie [Ref 1.].

Mogelijke gevolgen bedreiging

Voor aanvaringen van windturbines en transformator platformen bestaan DNV-constructie richtlijnen. Voor windturbines is in DNV-OS-J101 voorgeschreven dat de constructie bestand moet zijn tegen een aanvaring met een 'authorised service vessels', ofwel de benodigde onderhoudsschepen met een displacement van circa 2000 ton [Ref 47.].

Ook uit een verkennende studie, waarbij een 2D FEM model is gebruikt voor modelering van een aantal aanvaringsscenario's met een windturbine (~10MW), blijkt dat een kleiner schip (kruiplijncoaster 1550GT, displacement 2850 ton) op snelheid (~11knopen) alleen te leiden tot plastische deformatie maar geen windturbine failure [Ref 7.].

Daarmee lijken de gevolgen van aanvaring van windturbines en transformatorplatformen door kleinere werkschepen niet significant als het gaat om de schade aan de objecten.

Wat betreft de schade aan schepen als gevolg van een aanvaring met een windturbine of transformator platform zijn geen recente onderzoeksresultaten bekend voor windturbines van circa 10MW of groter. Voor een aanvaring met een geïnstalleerde jack-up schip geldt voor de mogelijke gevolgschade eenzelfde onwetendheid als aangegeven bij gevolgen van schip-schip interacties.

Gevolgen van schip-vast object interactie bedreigingen zijn met name:

- Zinkend schip en daarmee schade aan kabels [Ref 8.];
- Zinkend schip en daarmee doden en gewonden [Ref 8.];
- Schade aan het schip;
- Schade aan het vast object;
- Doden en/of gewonden als gevolg van de impact;
- Uitstroom schadelijke stoffen (bunkerolie).

Door het ontbreken van kennis over de gevolgen van dergelijke aanvaringen voor het schip zelf wordt aanbevolen om experts dit te laten beoordelen.

Kans van optreden bedreiging

Door de definiëring van onderhoud-/verbodszones rondom windturbines en transformatorplatformen waar niet gevaren mag worden door medegebruikers neemt de kans op een aanvaring af. Dit geldt ook voor het jack-up schip dat binnen de onderhoud-/verbodszones kan worden geïnstalleerd.

Uitgaande van duidelijke vaarbanen binnen het windpark voor bestemmingsverkeer, zie ook de kans van optreden bij schip-schip interactie in de vorige paragraaf 4.2, kunnen SAMSON modeleringen in combinatie met ongevalenstatistiek van Lloyds worden gebruikt. Hiermee kan worden bepaald in hoeverre verkeer op een vaarbaan in het windpark met een bepaalde intensiteit, rekening houdend met de onderhoud-/verbodszones, leidt tot ontmoetingen en wat de kans is dat deze ontmoetingen leidt tot een ongeval.

4.4 Schip – afgemeerd object interactie

Bijna alle geïnventariseerde medegebruik-systemen, voor zowel zeewierkweek, mosselkweek en – invang als drijvende zonne-energie, betreffen afgemeerde systemen (zie Hoofdstuk 2). Dat wil zeggen dat gebruik gemaakt wordt van een afmeersysteem met ankers en lijnen. De afgemeerde objecten kunnen ook de medegebruik schepen zijn die zijn afgemeerd aan het medegebruik systeem.

Deze bedreigingen binnen deze categorie betreft alleen de aanvaarkans die ontstaat door de aanwezigheid van medegebruik-systemen of de aanvaarkans die ontstaat doordat een medegebruik schip een afgemeerd object aanvaart. Dus in alle gevallen is sprake van een varende en bestuurbaar schip.

Elke toegevoegde scheepsreis binnen het windpark als gevolg van de komst van of uitbreiding van het medegebruik, betekent een verhoogde kans op aanvaren of aandrijven met een afgemeerd object. Daarnaast betekent dat elk toegevoegd medegebruik systeem een extra bedreiging vormt voor het bestaande scheepvaartverkeer. Dit geldt zowel voor scheepvaart binnen het windpark als scheepvaart van buiten het windpark.

De bedreigingen als gedefinieerd binnen deze categorie staan in Tabel 4-3.

Tabel 4-3 Schip – afgemeerd object interactie bedreigingen

Hazard categorie	Hazards
Schip - afgemeerd object interactie	Aanvaring medegebruik-schip met medegebruik object/schip
	Aanvaring werkschip windpark met medegebruik object/schip
	Aanvaring vaarweg schip met medegebruik object/schip
	Aanvaring medegebruik-schip met betonning

Het gebruik van lijnen en boeien/betonning betekent een kans op aanvaring met de lijnen en/of boeien. Wanneer de lijnen zich in of onder het wateroppervlak bevinden vermindert dit de zichtbaarheid, tenzij dit door voldoende duidelijke markeringen wordt voorkomen. Bij aanvaring van de lijnen door een schip bestaat een kans op zowel falen van het afmeersysteem, als schade aan het schip, als schade aan de in-field kabels door slepende/verplaatste ankers.

Oorzaken bedreiging

De oorzaken zijn hetzelfde als bij schip – schip interacties, ofwel de hoofdoorzaak van deze bedreiging is menselijk falen. Dit kan door onder andere een stuurfout, onwetendheid, onoplettendheid of miscommunicatie [Ref 1.].

Mogelijke gevolgen bedreiging

De mogelijke gevolgen bij een aanvaring met een medegebruik object is sterk afhankelijk van het type medegebruik systeem. De gevolgen bij het aanvaren van een ondergedompeld longline systeem zullen minder ernstig zijn dan bij aanvaring van een rigide drijvende constructie met uitstekende punten boven het watervlak, zoals enkele platform concepten voor zonne-energie.

In het geval van aanvaren van touwen en netten wordt vanuit de consultaties aangegeven dat dit kan leiden tot onbruikbaar maken van voortstuwings- en roersystemen van schepen. In geval van aanvaren van rigide drijvende constructies is de schade afhankelijk van diverse variabelen zoals bijvoorbeeld ontmoetingsnelheid, type constructie van zowel medegebruik als schip, locatie van de impact, massa van zowel schip als medegebruik systeem.

Er zijn geen onderzoeksresultaten bekend waarbij de gevolgschade aan het schip of aan het medegebruik systeem zijn onderzocht. Voor wat betreft het opwekken van elektriciteit door middel van zonnepanelen is ook niet bekend in hoeverre een aanvaring kan zorgen voor brand of gevaar voor elektrocutie.

Gevolgen van schip-afgemeerd object interactie bedreigingen zijn met name:

- Schade aan het medegebruik systeem [Ref 8.];
- Falen van het ankersysteem van het medegebruik;
- Schade aan de in-field kabels als gevolg van slepende ankers door de impact;
- Zinkend schip en daarmee schade aan kabels [Ref 8.];
- Zinkend schip en daarmee doden en gewonden [Ref 8.];
- Schade aan het schip;
- Doden en/of gewonden als gevolg van de impact/elektrocutie;
- Uitstroom schadelijke stoffen ((bunker)olie, chemicaliën);
- Vastslaan stuurinrichting of voorstuwing door touwen/netten.

Door het ontbreken van kennis over de gevolgen van dergelijke aanvaringen voor het schip zelf wordt aanbevolen om experts dit te laten beoordelen. Dit kan echter pas op het moment dat meer bekend is over het ontwerp van het medegebruik systeem waarvoor vergunning wordt aangevraagd.

Kans van optreden bedreiging

Momenteel is nog niets bekend over in te stellen onderhoud-/verbodszones rondom medegebruik systemen. Instellen van deze onderhoud-/verbodszones heeft een reducerend effect op de kans dat een systeem wordt aangevaren.

Uitgaande van duidelijke vaarbanen binnen het windpark voor bestemmingsverkeer, zie ook de kans van optreden bij schip-schip interactie in de vorige paragraaf 4.2, kunnen SAMSON modeleringen in combinatie met ongevallenstatistiek van Lloyds worden gebruikt. Hiermee kan worden bepaald wat de kans is dat verkeer op een vaarbaan in het windpark tot een aanvaring komt met een object.

4.5 Schip – drijvend object interactie

Bijna alle geïnventariseerde medegebruik-systemen, voor zowel zeewierkweek, mosselkweek en – invang als drijvende zonne-energie, betreffen afgemeerde systemen (zie Hoofdstuk 2). En zoals al in de vorige paragraaf 4.4 is beschreven, kan er sprake zijn van falen van het afmeersysteem waardoor het medegebruik systeem op drift kan raken [Ref 8.]. Naast falen als gevolg van een aanvaring kan falen van het afmeersysteem ontstaan door materiaalvermoeiing of door onvoldoende gedimensioneerde afmeersystemen. Het afmeersysteem moet de krachten van omgevingscondities (stroom, golven en wind) kunnen weerstaan in een storm en maar ook op lange termijn waarbij sprake is van continue bewegingen. Falen van een afmeersysteem is een zeer onwenselijke situatie, mede omdat daarmee het risico zich kan verplaatsen van binnen het windpark naar buiten het windpark. Bijvoorbeeld naar een drukke bevaren verkeersbaan. Daarbij zijn een aantal medegebruik systemen, zoals de ondergedompelde longline systemen, slecht zichtbaar voor het scheepvaartverkeer.

Naast driftende medegebruik systemen worden hier onder drijvende objecten ook onbestuurbaar geraakte driftende schepen bedoeld. Dat betekent dat op drift geraakte medegebruik schepen een gevaar kunnen zijn voor andere schepen binnen het windpark maar ook voor schepen buiten het windpark als niet tijdig genoeg kan worden ingegrepen. Ook kunnen schepen buiten het windpark op drift raken en binnen het windpark een gevaar vormen voor het daar aanwezige werkverkeer.

Andere drijvende objecten zijn bijvoorbeeld op drift geraakte boeien of verloren lading zoals containers. Scheepvaartverkeer buiten het windpark kan lading verliezen, een voorbeeld hiervan is het containerschip MSC Zoe dat in januari 2019 boven de Waddeneilanden containers is verloren. Deze objecten zijn net als sommige medegebruik systemen minder goed zichtbaar voor werkverkeer binnen het windpark.

De bedreigingen als gedefinieerd binnen deze categorie staan in Tabel 4-4.

Tabel 4-4 Schip – drijvend object interactie bedreigingen

Hazard categorie	Hazards
Schip - drijvend object interactie	Aanvaring medegebruik -schip met losgeraakt medegebruik object
	Aanvaring medegebruik -schip met driftend schip
	Aanvaring medegebruik -schip met driftende boeien
	Aanvaring medegebruik -schip met verloren lading
	Aanvaring werkschip windpark met losgeraakt medegebruik object
	Aanvaring werkschip windpark met driftend medegebruik schip
	Aanvaring vaarweg schip met losgeraakt medegebruik object
	Aanvaring vaarweg schip met driftend medegebruik schip

Oorzaken bedreiging

Oorzaken voor schip-drijvend object interactie bedreigingen zijn met name:

- Technisch falen afmeersysteem medegebruik [Ref 1.];
- Technisch falen schip (problemen met voortstuwing of stuurinrichting) [Ref 1.];
- Verloren lading of losgeraakte boeien.

Mogelijke gevolgen bedreiging

Gevolgen van schip-drijvend object interactie bedreigingen zijn met name:

- Zinkend schip en daarmee schade aan kabels [Ref 8.];
- Zinkend schip en daarmee doden en gewonden [Ref 8.];
- Schade aan het schip;
- Doden en/of gewonden als gevolg van de impact/elektrocutie;
- Uitstroom schadelijke stoffen ((bunker)olie, chemicaliën);
- Mankementen stuurinrichting of voortstuwing door touwen/netten.

Deze genoemde gevolgen zijn ook al toegelicht in de paragrafen 4.2, 4.3 en 4.4. Op dit moment is er onvoldoende informatie om deze gevolgschades te kunnen beoordelen.

Kans van optreden bedreiging

De ongevallenstatistiek van Lloyds biedt onvoldoende handvatten om de kans in te schatten dat een varend schip een van de gedefinieerde drijvende objecten aanvaart. De kans dat een medegebruik systeem op drift raakt is mede afhankelijk van de eisen die bij de vergunningsaanvraag gesteld gaan worden aan het ankersysteem.

De kans dat schepen door technisch falen op drift raken, gegeven een bepaalde scheepsintensiteit, kan wel worden ontleend uit de ongevallenstatistiek. Dit kan als input dienen voor experts om iets te zeggen over de uiteindelijke kans op een aanvaring.

4.6 Afgemeerd object – drijvend object interactie

Naast de bedreigingen dat een schip een drijvend object aanvaart bestaan ook bedreigingen dat drijvende objecten schade aanrichten aan afgemeerde objecten. Een bekend voorbeeld is de in januari 2022 op drift geraakte bulkcarrier Julietta D die schade heeft veroorzaakt binnen windpark Hollandse Kust Zuid. Dergelijke drifters binnen een windpark levert een risico op voor zowel de medegebruik systemen als de daar mogelijk afgemeerde medegebruik schepen.

Ook de overige in paragraaf 4.5 genoemde drijvende objecten kunnen schade aanrichten. De bedreigingen als gedefinieerd binnen deze categorie staan in Tabel 4-5.

Tabel 4-5 Afgemeerd object – drijvend object interactie bedreigingen

Hazard categorie	Hazards
Afgemeerd object - drijvend object interactie	Aandrijving medegebruik object/schip door losgeraakt medegebruik object
	Aandrijving medegebruik object/schip door verloren lading
	Aandrijving medegebruik object/schip door boeien op drift
	Aandrijving medegebruik object/schip door driftend werkschip windpark
	Aandrijving medegebruik object/schip door driftend vaarweg schip
	Aandrijving medegebruik object/schip door driftend medegebruik-schip
	Aandrijving betonning door medegebruik-schip
	Aandrijving betonning door losgeraakt medegebruik object

Oorzaken bedreiging

Oorzaken voor schip-drijvend object interactie bedreigingen zijn met name:

- Technisch falen afmeersysteem medegebruik [Ref 1.];
- Technisch falen schip (problemen met voortstuwing of stuurinrichting) [Ref 1.];
- Verloren lading of losgeraakte boeien.

Mogelijke gevolgen bedreiging

Gevolgen van schip-drijvend object interactie bedreigingen zijn met name:

- Schade aan het medegebruik systeem [Ref 8.];
- Zinkend schip en daarmee schade aan kabels [Ref 8.];
- Zinkend schip en daarmee doden en gewonden [Ref 8.];
- Schade aan het driftende schip/object;
- Doden en/of gewonden als gevolg van de impact;
- Uitstroom schadelijke stoffen ((bunker)olie, chemicaliën).

Deze genoemde gevolgen zijn ook al toegelicht in de paragrafen 4.2, 4.3 en 4.4. Op dit moment is er onvoldoende informatie om deze gevolgschades te kunnen beoordelen.

Kans van optreden bedreiging

De kans dat een medegebruik systeem op drift raakt is mede afhankelijk van de eisen die bij de vergunningsaanvraag gesteld gaan worden aan het ankersysteem.

De kans dat schepen door technisch falen op drift raken, gegeven een bepaalde scheepsintensiteit, kan wel worden ontleend uit de ongevallenstatistiek in combinatie met een SAMSON-modelering. Dit is van meerwaarde als input voor een expertsessie over de uiteindelijke kans op een aanvaring.

4.7 Vast object – drijvend object interactie

Voorgaande paragrafen richten zich op de bedreiging dat een schip een drijvend object aanvaart of de bedreiging dat drijvende objecten schade aanrichten aan afgemeerde objecten. Echter drijvende objecten kunnen ook schade aanrichten aan de windpark assets zoals windturbines en transformatorplatformen. De bedreigingen als gedefinieerd binnen deze categorie staan in Tabel 4-6.

Tabel 4-6 Vast object – drijvend object interactie bedreigingen

Hazard categorie	Hazards
Vast object - drijvend object interactie	Aandrijving medegebruik object met windturbine
	Aandrijving medegebruik object met transformator platform
	Aandrijving medegebruik-schip met windturbine
	Aandrijving medegebruik-schip met transformator platform

Oorzaken bedreiging

Oorzaken voor schip-drijvend object interactie bedreigingen zijn met name:

- Technisch falen afmeersysteem medegebruik [Ref 1.];
- Technisch falen schip (problemen met voortstuwing of stuurinrichting) [Ref 1.].

Mogelijke gevolgen bedreiging

Zoals in paragraaf 4.3 beschreven wordt de kans op significante schade aan de windturbine of transformatorplatform als gevolg van een aanvaring of aandrijving met een medegebruik schip erg klein geacht.

De gevolgschade aan de windturbine of transformator platform als gevolg van aandrijving door medegebruik objecten wordt om dezelfde reden klein geacht zolang de massa van het medegebruik systeem onder de aangegeven massa's blijft.

Uit onderzoek blijkt dat grootschalige drijvende netconstructies voor mossel- of zeewierteelt grote trekkracht kan opleveren wanneer dit zich rond een windturbine vouwt, een jacket constructie is hier mogelijk niet op berekend maar monopile-constructies zijn hier tegen bestand [Ref 25.].

Over de mogelijke gevolgschade aan het drijvende schip of het medegebruik systeem zelf weinig bekend.

Gevolgen van schip-drijvend object interactie bedreigingen zijn onder andere :

- Schade aan het medegebruik systeem [Ref 8.];
- Zinkend schip en daarmee schade aan kabels [Ref 8.];
- Zinkend schip en daarmee doden en gewonden [Ref 8.];
- Schade aan het drijvende schip;
- Schade aan het vast object;
- Doden en/of gewonden als gevolg van de impact;
- Uitstroom schadelijke stoffen (bunkerolie);

Deze genoemde gevolgen zijn ook al toegelicht in de paragrafen 4.2, 4.3 en 4.4. Op dit moment is er onvoldoende informatie om deze gevolgschades te kunnen beoordelen.

Kans van optreden bedreiging

De kans dat een medegebruik systeem op drift raakt is mede afhankelijk van de eisen die bij de vergunningsaanvraag gesteld gaan worden aan het ankersysteem.

De kans dat schepen door technisch falen op drift raken, gegeven een bepaalde scheepsintensiteit, kan wel worden ontleend uit de ongevallenstatistiek in combinatie met een SAMSON-modelering. Dit kan als input dienen voor experts om iets te zeggen over de uiteindelijke kans op een aanvaring.

4.8 Eenzijdige ongevallen

Het overgrote deel van de maritieme bedreigingen bestaan uit ongewenste interacties. Echter het de aanwezigheid van schepen en systemen op zee vergroot ook de kans op eenzijdige ongevallen. Bedrijfsongevallen behoren niet tot de hier beschouwde maritieme bedreigingen maar gezien eenzijdige ongevallen wel een aanspraak doen op SAR-capaciteit van de Kustwacht zijn deze hier wel kort benoemd. Daarbij bestaat er ongevallenstatistiek ten aanzien van deze bedreigingen. De bedreigingen als gedefinieerd binnen deze categorie staan in Tabel 4-7.

Tabel 4-7 *Schip – vast object interactie bedreigingen*

Hazard categorie	Hazards
Eenzijdige ongevallen	Zinken
	Brand
	Explosie

4.9 Mitigerende maatregelen

Ondanks dat mitigerende maatregelen niet expliciet onderdeel uitmaken van het doel van de opdracht, zijn deze wel meegenomen en benoemd waar deze uit de literatuur en consultaties duidelijk naar voren kwamen.

Als meest effectieve mitigerende maatregelen worden aangemerkt [Ref 8.]:

- Toezicht op windparkgebieden om bedreigingen te voorkomen door middel van:
 - Vessel Traffic Service/Monitoring (VTS/VTM);
 - Inzet vaartuigen/vliegtuigen Kustwacht;
 - Automatische afwijkingen detectie om ongebruikelijk gedrag van schepen in/nabij windparkgebieden te detecteren.
- Inzet extra ERTV;
- Reduceren van het aantal schepen dat wordt gebruikt voor onderhoud binnen een windpark door gebruik van onderhoudsvriendelijke materialen, onderhoud op afstand, geïntegreerde onderhoudsplanningen van windturbines en medegebruik systemen;
- Gebruik van autonome of op afstand bedienbare schepen voor onderhoud en installatie waardoor het aantal in het windpark aanwezige mensen wordt gereduceerd.

Overige mitigerende maatregelen vanuit de consultaties of uit de literatuur [Ref 1.] [Ref 8.] [Ref 46.][Ref 48.] zijn:

- Het beperken van de snelheid binnen (delen van) het windpark om de schade bij een mogelijke aanvaring te beperken.
- Zoals onder andere uit de consultaties blijkt zijn bepaalde kleine schepen niet onderhevig aan een wettelijk regime waardoor de technische betrouwbaarheid onbekend is. Deze schepen kunnen worden buitengesloten als het aankomt op toepassing voor medegebruik activiteiten.
- Voldoende ruimte voor normale en bijzondere vaaracties.
- Bufferruimte om afwijkingen te herstellen of maatregelen te treffen bij onbestuurbaarheid.
- Toepassen weer/zicht criteria voor uitvaren om bedreigingen door slecht zicht (mist, nacht) dan wel slecht weer (golven, wind en stroom) te voorkomen.
- Allerlei technische maatregelen, zoals:
 - Robuust ontwerp van de medegebruik systemen en de verankering hiervan.
 - Technische oplossingen om de zichtbaarheid van medegebruik systemen te vergroten, zowel intact of driftend na falen van het afmeersysteem.
 - Detectiesystemen op de randen van de veiligheidszones om schepen te kunnen waarschuwen als deze te dicht nadert.

- Bescherming van de in-field kabels tegen zinkende schepen door deze te bedekken met blokken steen.
- Medegebruik systeem zo ontwerpen dat dit bij een naderend schip verder kan worden ondergedompeld om zo een aanvaring te voorkomen.
- Detectiesystemen aan boord van schepen die de bemanning helpen om objecten tijdig te detecteren.
- Eisen aan het personeel binnen windparken qua opleiding, werkvergunningen, kennis van maatregelen om incidenten binnen een bepaalde tijd af te handelen.
- Gedetailleerde kaarten van de windparken voor windparkpersoneel met daarin de medegebruik systemen, zowel de drijvende delen en onderwaterstructuren zoals afmeerlijnen of ondergedompelde longline systemen.
- Duidelijke informatievoorziening voor alle zeelui (en recreatievaart) door middel van duiding van de medegebruik systemen op de ENC's (elektronische navigatie kaarten) en informatie campagnes.
- AIS verplichting voor alle recreatievaart om de zichtbaarheid te vergroten.
- Het risico van nood-ankering binnen windparken voorkomen door redundant aandrijving/stuurinrichting.

4.10 Toepassing risicomatrix Noordzee

Zoals blijkt uit voorgaande paragrafen heeft het toestaan van extra objecten voor medegebruik op de Noordzee een negatief effect op het risiconiveau. Medegebruik van windparken is echter vanwege andere overwegingen, zoals nader uiteengezet in programma Noordzee [Ref 16.], wel wenselijk. De vraag bij elke aanvraag voor medegebruik is of het risiconiveau voldoet aan het ALARA principe. ALARA principe staat voor 'As Low As Reasonably Achievable', ofwel 'zo laag als redelijkerwijs haalbaar is'.

Niet bekend is of bij het gebruik van de risicomatrix een beleidsmatig standpunt bestaat over een al dan niet acceptabel risiconiveau ondanks dat het ALARA-principe van toepassing is. In het Beleidskader Maritieme Veiligheid 'In Veilige Vaart Vooruit' staat als doelstelling dat wordt gestreefd naar verbetering van de maritieme veiligheid door het kennen, analyseren en beheersen van de grootste risico's [Ref 45.]. Wanneer ontwikkelingen worden toegestaan onder het ALARA-principe betekent dit niet dat sprake is van verbetering van de maritieme veiligheid.

Een aanbeveling is om een acceptabel maximaal gemitigeerd risiconiveau te bepalen op basis van een score binnen de risicomatrix Noordzee. Dit om een aanvraag voor medegebruik toetsbaar te maken en onevenredige hoge risico's te voorkomen ondanks het toegepaste ALARA-principe.

4.11 Resume

De mogelijke maritieme bedreigingen als gevolg van het toestaan van medegebruik zijn in kaart gebracht.

De kans op aanvaringen door schepen is uit te rekenen op basis SAMSON-modeleringen waarbij gebruik gemaakt wordt van Lloyds ongevalstatistiek. Hiermee zijn alle mogelijke oorzaken voor aanvaren gedekt. Ditzelfde geldt voor driftende schepen in relatie tot vaste of afgemeerde objecten. Wanneer dit wordt gedaan voor verschillende groottes van objecten, verschillende afstanden tot vaarbanen en verschillende intensiteiten van verkeer op vaarbanen, kan dit voldoende input opleveren voor een inschatting van de kans bij een risicobeoordeling bij vergunningsaanvraag.

De kans op incidenten met andere driftende objecten zoals medegebruik systemen, verloren lading, is momenteel slecht in te schatten.

De gevolgen van de diverse onderscheiden aanvaar- en aandrijfscenario's zijn over het algemeen een grote onbekende factor. Hier is weinig tot geen onderzoek naar gedaan en er is een grote verscheidenheid aan mogelijke medegebruik systemen.

Een mogelijkheid is om bij geen informatie over de gevolgschade uit te gaan van het worst-case scenario met maximale schade aan de bemanning, schepen en systemen.

De aanbeveling is om na te denken over invulling van multidisciplinair team van experts dat op basis de aanvaarscenario's de worst-case benadering van de gevolgschade nogmaals beoordeeld. Daarnaast kan dit team beoordelen of de degelijkheid verankering van de medegebruik systemen voldoende wordt aangetoond bij de vergunningsaanvraag.

Een andere aanbeveling is om beleidsmatig vast te leggen of het ALARA-principe volstaat of dat een maximum score op basis van de risicomatrix Noordzee geldt voor medegebruik initiatieven.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het doel van voorliggend onderzoek is een eerste inventarisatie te doen naar de maritieme bedreigingen rondom medegebruik van windparken op zee op basis van bestaande kennis. Maritieme bedreigingen voor zowel het scheepvaartverkeer als de medegebruikers.

Het betreft een inventarisatie door middel van bureauonderzoek en consultaties. Op basis van deze inventarisatie is ook een goed beeld ontstaan van de reeds aanwezige kennis en de kennisleemten.

Dit inventariserende onderzoek beperkt zich vooralsnog tot de drie volgende typen medegebruik: mossels (betreffende kweek en zaad-Invang), zeewierkweek en drijvende zonne-energie. Dit betreft een met de opdrachtgever afgestemde kadering.

De conclusie op basis van analyse van de verschillende medegebruik systemen blijkt dat sprake is van een innovatiemarkt. Veel genoemde systemen zijn het resultaat van onderzoek en nog relatief weinig systemen zijn de testfase gepasseerd.

Het toepassen deze systemen in ruig water zoals de Noordzee is technisch uitdagender dan bij toepassing in beschutte wateren. De krachten vanuit omgevingscondities (golven, wind, stroming) zijn vaak de reden om met totaal andere ontwerpen te komen dan de nu gebruikte systemen in beschutte wateren. Een impliciet gevolg van bovenstaande observaties is dat op dit moment niet een eenduidige conclusie te trekken is over welk systeem voor mosselkweek, zeewierkweek of zonne-energie nu het grootste potentieel heeft voor toepassing binnen windparken op zee zodat daarop een risicoanalyse gebaseerd kan worden. Daarnaast is de kans groot dat een vergunningsaanvraag wordt gedaan voor een systeem dat nog niet in voorliggende rapport is opgenomen.

In het algemeen is zichtbaarheid van de systemen en afmeerlijnen een aandachtspunt. Hetzelfde geldt voor de zeewaardigheid, in hoeverre blijven de systemen en afmeerconstructies intact gedurende een storm en langdurige blootstelling aan golfkrachten.

Daarnaast is vanuit de literatuur erg weinig aandacht voor de installatie en ontmantelingsfase en is weinig informatie bekend over de intensiteit qua scheepvaartverkeer en bemanning. Dit zijn aspecten die bij een vergunningsaanvraag voor medegebruik wel meegewogen dienen te worden.

Ook op basis van de consultaties komt naar voren dat bij relevante betrokken partijen nog de nodige onduidelijkheden en onzekerheden bestaan rondom medegebruik van windparken. Het ontbreken van normenkaders is hier een van de oorzaken van. Vanuit de consultaties zijn een aantal factoren van invloed benoemd die tevens een aanbeveling zijn voor mitigerende maatregelen:

- Centrale maritieme coördinatie, waarbij per windpark het scheepvaartverkeer binnen het windpark wordt begeleid op basis van radarbeelden en AIS-posities;
- Duidelijke ruimtelijke planning binnen windparken; de ruimtelijke situering en mate van diversiteit qua vormen van medegebruik, als ook voldoende manoeuvreer- en onderhoudsruimte voor alle toegestane schepen en onderhoud-/verbodszones rondom medegebruik functies;
- Duidelijkheid geven over vaarregels en gebruik gedefinieerde onderhoud-/verbodszones binnen windpark;
- Normenkader voor zichtbaarheid; digitale en fysiek zichtbare markering medegebruik systemen onder alle (zicht)condities;
- Gebruik Emergency Respons Plan (ERP); dit komt ten goede van de samenwerking tussen de Kustwacht en servicepartijen bij SAR-operaties binnen/nabij windparken en het kan duidelijkheid scheppen over verantwoordelijkheden bij interceptie en berging;
- Een aangetoonde degelijke verankering van de medegebruik-objecten.

Ook benoemd wordt de kleinere (recreatie)scheepvaart zonder AIS-systeem en waarbij niet de marifoon wordt uitgeluisterd. Deze scheepvaart wordt als risico gezien omdat zij zich mogelijk, al dan niet bedoeld, zich in de windparken begeven, slecht detecteerbaar zijn en slecht bereikbaar zijn voor waarschuwingen of aanwijzingen.

De mogelijke maritieme bedreigingen als gevolg van het toestaan van medegebruik zijn in kaart gebracht (APPENDIX 2) en in voorliggende rapportage toegelicht (Hoofdstuk 4). Daarnaast zijn mogelijke (kans op) oorzaken, gevolgen en mitigerende maatregelen beschreven zoals uit de literatuur naar voren zijn gekomen. Hoewel kwantificering van de risico's geen onderdeel van deze eerste inventarisatie, wordt wel aangegeven in hoeverre kennis beschikbaar is om te komen tot een beoordeling van het risico (kans * gevolg).

De lijst van mogelijke bedreigingen in combinatie met de risicomatrix Noordzee is de basis voor verdere risico inschattingen. Het nu opstellen van een volledige risicoanalyse wordt bemoeilijkt doordat veel van de benodigde informatie voor een risicobeoordeling pas op moment van de vergunningsaanvraag kan worden verkregen.

De kans op aanvaringen, van vaste en afgemeerde objecten door schepen en schepen onderling, is uit te rekenen op basis SAMSON-modeleringen waarbij gebruik gemaakt wordt van Lloyds ongevallenstatistiek. Hiermee zijn alle mogelijke oorzaken voor aanvaren gedekt. Ditzelfde geldt voor driftende schepen in relatie tot vaste of afgemeerde objecten. Wanneer dit wordt gedaan voor verschillende groottes van objecten, verschillende afstanden tot vaarbanen en verschillende intensiteiten van verkeer op vaarbanen, kan dit voldoende input opleveren voor een inschatting van de kans bij een risicobeoordeling bij vergunningsaanvraag.

De kans op incidenten met andere driftende objecten zoals medegebruik systemen of verloren lading, is momenteel slecht in te schatten omdat hiervoor geen modellen en statistiek voor aanwezig zijn.

De gevolgen van de diverse onderscheiden aanvaar- en aandrijfscenario's zijn over het algemeen een grote onbekende factor. Hier is weinig tot geen onderzoek naar gedaan en er is een grote verscheidenheid aan mogelijke medegebruik systemen. Een mogelijkheid is om bij geen informatie over de gevolgschade uit te gaan van het worst-case scenario met maximale schade aan de bemanning, schepen en systemen.

Vanuit de consultaties zijn aantal factoren van invloed benoemd die tevens een aanbeveling zijn voor mitigerende maatregelen. Daarnaast blijkt uit de inventarisatie van de bedreigingen dat voor veel bedreigingen de kans/frequentie al vooraf kan worden uitgerekend als input voor een latere risicobeoordeling.

De aanbeveling is om een multidisciplinair team van experts samen te stellen dat op basis de aanvaarscenario's de worst-case benadering van de gevolgschade nogmaals beoordeeld. Daarnaast kan dit team beoordelen of de degelijkheid van de verankering van de medegebruik systemen voldoende wordt aangetoond bij de vergunningsaanvraag. Ook de kans van voorkomen kan worden geschat voor de bedreigingen waarvoor geen kansrekening kan worden uitgevoerd.

Een andere aanbeveling is om beleidsmatig vast te leggen of het ALARA-principe volstaat of dat een maximum score op basis van de risicomatrix Noordzee geldt voor medegebruik initiatieven.

REFERENTIES

- [Ref 1.] M. Duursma, J.T.M. van Doorn, Y. Koldenhof, J. Valstar
WIND OP ZEE 2030: Gevolgen voor scheepvaartveiligheid en mogelijk mitigerende maatregelen
MARIN, 31132-3-MSCN-rev.1.0, 13 mei 2019
- [Ref 2.] International Maritime Organisation (IMO)
Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process
IMO, MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2, 9 April 2018
- [Ref 3.] Maritime & Coastguard Agency (MCA)
Methodology for Assessing Marine Navigational Safety & Emergency Response Risks of Offshore Renewable Energy Installations (OREI)
April 2021
- [Ref 4.] M. Th. van Staveren
Risicogestuurd werken in de praktijk, pagina 47
Vakmedianet, 2015
- [Ref 5.] Y. Koldenhof
Netwerkevaluatie Noordzee 2018/2019
MARIN, 32091-1-MO-rev.1, 29 oktober 2020
- [Ref 6.] K. Kauffman
Monitoring doorvaart windparken Hollandse Kust
MARIN, 30173.603-1-MO-rev.1, 4 december 2020
- [Ref 7.] J.H.A. van Rooij
Investigation of ship impact against wind turbine foundations in the Dutch part of the North Sea
HVR engineering, 081.R030.M006, 9 December 2020
- [Ref 8.] G.J. van der Want
Risk Mitigation Multi-Use Offshore Wind Farms
MARIN, 32934-1-MO-rev.2, 4 March 2021
- [Ref 9.] H. Huisman, Y. Koldenhof
FSA Routing Baltic
MARIN, 32091-1-MO-rev0.2, 22 April 2021
- [Ref 10.] H. Huisman, Y. Koldenhof
FSA doorvaart in passages in windparken
MARIN, 33020-1-MO-rev.1, 19 oktober 2021
- [Ref 11.] C. Droppers
Presentatie: Stakeholdersessie BowTie Schip-turbine aanvaringen
RWS, 27 januari 2022

- [Ref 12.] Y. Koldenhof
SAMSON-analyse Wind Op Zee; versnellingsopgave 2030 met doorkijk naar 2040
MARIN, 31797-1-MO-rev.0.2, 7 maart 2022
- [Ref 13.] A. Nap
Risico-indicatoren scheepvaartveiligheid MOSWOZ – uitgewerkt in profielen en kaarten per windpark
MARIN, 33887-1-MO-rev.1.0, 23 juni 2022
- [Ref 14.] North Sea Farm Foundation (NSF)
Multi-use Procedure Risk Register
NSF, Revision01, 11 maart 2020
- [Ref 15.] Ministerie IenM en ministerie EZ
Beleidsnota Noordzee 2016-2021
December 2015
- [Ref 16.] Ministerie IenW, ministerie EZK, ministerie LNV & ministerie BZK
Programma Noordzee 2022-2027
Maart 2022
- [Ref 17.] Jansen, Henrice M., Sander Van Den Burg, Bas Bolman, Robbert G. Jak, Pauline Kamermans, Marnix Poelman, and Marian Stuiver
The Feasibility of Offshore Aquaculture and Its Potential for Multi-Use in the North Sea.
Aquaculture International 24(3):735–56. doi: 10.1007/s10499-016-9987-y, Maart 2016
- [Ref 18.] M.S. Bernard, H. Jansen, A. van der Werf, I. van der Meer, Linda Tonk
Development of Offshore Seaweed Farming: Ecology & Cultivation.
Wageningen University, Research report C054/20, Juni 2020
- [Ref 19.] North Sea Farmers
<https://www.northseafarmers.org/projects/north-sea-farm-1>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 20.] Tullberg, Robert Maxwell, Huu Phu Nguyen, and Chien Ming Wang. 2022.
Review of the Status and Developments in Seaweed Farming Infrastructure.
Journal of Marine Science and Engineering 10(10):1447. doi: 10.3390/jmse10101447,
Oktober 2022
- [Ref 21.] Spaargaren, Floor, William Otto
“Model Testing of a Multi-Use North Sea Farm.”
MARIN, 70050-1-OB-v.2.0 DRAFT, juli 2019
- [Ref 22.] Murre Technologies
<https://www.murre.nl/en/successful-seaweed-harvest-operation-on-the-north-sea/>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 23.] UNITED. 2020.
<https://www.h2020united.eu/>
Geraadpleegd November

- [Ref 24.] North Sea Farmers: Wier&Wind
<https://www.northseafarmers.org/projects/wier-en-wind>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 25.] Lagerveld, Sander, Christine Röckmann, and Michaela Scholl. 2017.
“Combining Offshore Wind Energy and Large-Scale Mussel Farming: Background & Technical, Ecological and Economic Considerations.”
2017
- [Ref 26.] Nederlands Mosselbureau
<https://www.mosselen.nl>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 27.] Kamermans, Pauline, Tim Schellekens, Rik Beukers
Verkenning van mogelijkheden voor mosselteelt op Noordzee.
2011
- [Ref 28.] OOS international
<https://www.oosinternational.com/oos-group-introduces-the-semi-submersible-mussel-farm-smf/>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 29.] Colruyt group – Zeeboerderij Westdiep
<https://seafarm.colruytgroup.com/nl/home/>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 30.] Hans Ulrik Riisgård
MarBioShell (2008-2012)
Final Report 2012
- [Ref 31.] Eivind Lona, Per Christian Endresen, Jorunn Skjermo, Andrei Tsarau, Christos Stefanakos, Ole Jacob Broch
AkvaLab – Project Summery Report
Sintef, 2020:00593, oktober 2020
- [Ref 32.] AtSeaNova
<https://atseanova.com/>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 33.] SeatechEnergy
<https://seatechinnovation.com/seaweed-solutions/>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 34.] Bela Hieronymus Buck & Cornelia Maria Buchholz
The offshore-ring: A new system design for the open ocean aquaculture of macroalgae
Journal of Applied Phycology 16: 355–368, 2004
- [Ref 35.] Oceans of Energy
<https://oceansofenergy.blue/>
Geraadpleegd November 2022

- [Ref 36.] Bluewater
<https://www.bluewater.com/our-solutions/renewable-energy-solutions/>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 37.] Solarduck
<https://solarduck.tech/unique-solution/>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 38.] Tractebel engie
<https://tractebel-engie.com/en/news/2021/can-floating-solar-farms-withstand-the-north-sea>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 39.] Ocean Sun
<https://oceansun.no/>
Geraadpleegd November 2022
- [Ref 40.] Michele Stanley
D1.3 IMTA SYSTEM DESIGN SPECIFICATIONS
EU H2020 program, Grant Agreement No 774109, 2019
- [Ref 41.] BMT Netherlands B.V., 2020, *Rapport inzake de benodigde ruimte voor onderhoud aan windturbines binnen windparken*, R190707/DvdE
- [Ref 42.] Besluit Algemene Strekking (BAS) Borssele
Ministerie I&W, 17 maart 2021
- [Ref 43.] Aanvaring bewakingschip en visserschip Noordzee
Onderzoeksraad voor veiligheid (OVV), 2015
- [Ref 44.] Schip vaart veiligheidszone windpark Borssele binnen
<https://www.trouw.nl/binnenland/schip-vaart-veiligheidszone-windpark-borssele-binnen~bb3043fc/#:~:text=Een%20schip%20ligt%20sinds%20zaterdag,van%20windenergiegebied%20Borssele%20was%20binnengevaren.&text=Een%20aanvaring%20kon%20worden%20voorkomen,politie%20veel%20niet%20in%20orde>
Trouw 2021, geraadpleegd Maart 2023
- [Ref 45.] Beleidskader Maritieme Veiligheid 'In veilige vaart vooruit'
Ministerie IenM, November 2020
- [Ref 46.] S. Lokhorst & G. Kolk
Breedte doorvaartpassages
December 2022
- [Ref 47.] Design of Offshore Wind Turbine Structures
Det Norske Veritas AS (DNV)
May 2014
- [Ref 48.] F. Groenendijk
Review of risk assessment on transit and co-use of offshore wind farms in dutch coastal water
Arcadis, April 2018

APPENDICES

APPENDIX 1 INTERVIEW TEMPLATE

In het onderzoek zullen diverse partijen worden geconsulteerd, waarbij in een semigestructureerd interview vragen worden gesteld. Om de maximale input te krijgen binnen de beschikbare tijd en kosten wordt gebruik gemaakt van vragenlijsten die aan de verschillende partijen schriftelijk worden voorgelegd. Deze beantwoording hiervan wordt meegenomen in de voorbereiding van daadwerkelijke (fysieke) interviews. Een tweede voordeel van deze werkwijze is dat de partijen intern bij de beantwoording zoveel mogelijk expertise kunnen betrekken, zodat een zo volledig mogelijk beeld wordt verkregen.

De partijen die worden geconsulteerd kunnen worden onderverdeeld in drie groepen:

GROEP 1

Een groep die is betrokken bij het beheer van de Noordzee. In dit geval zijn dat de Kustwacht en Rijkswaterstaat. Deze partijen zijn van belang voor het actualiseren van de risicolijst, met name gerelateerd aan overheidstaken binnen de windparken (Inrichting, toezicht, handhaving, hulpverlening). Daarnaast het identificeren van mogelijke oorzaken en specifiek het identificeren van effecten buiten de grenzen van windparken, als gevolg van gebeurtenissen in windparken.

- Welke taken heeft uw organisatie binnen windparken?
- Hoe heeft (mede)gebruik invloed op die taken?
 - welke soorten (mede)gebruik zijn bij u bekend?
 - welke risico's levert (mede)gebruik u op ten aanzien van uw taken?
 - Waarom zijn dat risico's?
 - Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
 - In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - Wat zijn de mogelijke effecten op uw taken, uw werknemers en uw materieel wanneer risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- In welke mate wordt uw organisatie betrokken bij het ontwerpen, testen en installeren van (concepten van) medegebruik?
- Welke risico's van (mede)gebruik ziet u voor gebruikers van de Noordzee buiten de windparken?
 - Waarom zijn dat risico's?
 - Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
 - In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - Wat zijn de mogelijke effecten op uw taken wanneer deze risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?

- In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Welke risico's als gevolg van (mede)gebruik in windparken ontbreken in de risicomatrix?
 - Waarom zijn dat risico's?
 - Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
 - In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - Wat zijn de mogelijke effecten wanneer deze risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Welke risico's als gevolg van (mede)gebruik in windparken horen niet thuis in de risicomatrix?
 - Waarom?

GROEP 2

Een groep die is betrokken bij het beheer (onderhoud, reparatie, inspectie) van de windturbines en bijbehorende assets (kabels, transformatorplatforms) in het windpark. In dit geval zijn dat de OutSmart als "operator" en Acta Marine als onderhoudspartij.. Deze partijen zijn van belang voor het actualiseren van de risicolijst, met name gerelateerd aan taken binnen de windparken. Daarnaast het identificeren van mogelijke oorzaken en effecten binnen de grenzen van windparken, als gevolg van gebeurtenissen binnen windparken.

- Welke taken heeft uw organisatie binnen windparken?
- Hoe heeft (mede)gebruik invloed op die taken?
 - welke soorten (mede)gebruik zijn bij u bekend?
 - welke risico's levert (mede)gebruik u op ten aanzien van uw taken?
 - Waarom zijn dat risico's?
 - Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
 - In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - Wat zijn de mogelijke effecten op uw taken, uw werknemers en uw materieel wanneer risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- In welke mate wordt uw organisatie betrokken bij het ontwerpen, testen en installeren van (concepten van) medegebruik?
- Welke risico's als gevolg van (mede)gebruik in windparken ontbreken in de risicomatrix?
 - Waarom zijn dat risico's?
 - Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
 - In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?

- In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - Wat zijn de mogelijke effecten wanneer deze risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Welke risico's als gevolg van (mede)gebruik in windparken horen niet thuis in de risicomatrix?
 - Waarom?

GROEP 3

Een groep die zelf als (potentieel) medegebruiker activiteiten van medegebruik ontplooit. In dit geval zijn dat de Noordzeeboerderij (icm The Seaweed Company en Oceans of Energy) en een Mosselvisser (ntb). Deze partijen zijn van belang voor het actualiseren van de risicolijst, met name gerelateerd aan specifieke exploitatie-onderwerpen (Constructie, verankering en de exploitatie zelf). Daarnaast het identificeren van mogelijke oorzaken en specifiek het identificeren van effecten van risico, als gevolg van gebeurtenissen in windparken.

• Constructies

- Welke vormen van constructies zijn er of maken in de toekomst een reële kans om als concept te worden getest of daadwerkelijk in gebruik worden genomen:
 - Welke constructie-elementen drijven aan het wateroppervlak, welke afmetingen hebben deze constructies, van welk materiaal zijn ze gemaakt, Hoe groot is het (beoogde) oppervlakte van gekoppelde constructies?
 - Welke constructie-elementen bevinden zich in de waterkolom, welke afmetingen hebben deze constructies, van welk materiaal zijn ze gemaakt, Hoe groot is het (beoogde) oppervlakte van gekoppelde constructies?
 - Welke constructie-elementen bevinden zich op de bodem, welke afmetingen hebben deze constructies, van welk materiaal zijn ze gemaakt, Hoe groot is het (beoogde) oppervlakte van gekoppelde constructies?
- Aan welke risico's staan deze verschillende constructie-elementen bloot?
 - Waarom zijn dat risico's?
 - Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
 - In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Wat zijn de mogelijke effecten op de constructie-elementen wanneer risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Hoe worden constructie-elementen met betrekking tot risico's getest voordat ze ten behoeve van productie in gebruik worden genomen?

- **Verankering**

- Hoe zijn of worden de verschillende vormen van constructies verankerd of op ander wijze in positie gehouden?
- Aan welke risico's staan deze verankeringen bloot?
 - Waarom zijn dat risico's?
 - Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
 - In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Wat zijn de mogelijke effecten wanneer risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Hoe worden verankeringen met betrekking tot risico's getest voordat ze ten behoeve van productie in gebruik worden genomen?
- Welke voorzieningen zijn er om het falen van verankeringen te detecteren?

- **Exploitatie**

- Welke werkzaamheden ten behoeve van de exploitatie moeten binnen de grenzen van een windpark worden uitgevoerd?
 - Hoe vaak moeten schepen voor werkzaamheden naar de medegebruikslocaties in een windpark (per oppervlakte eenheid)?
 - Wat zijn de (verwachte) operationele limieten voor deze werkzaamheden?
 - Hoeveel schepen zijn daarbij betrokken?
 - Om welke typen schepen gaat het en wat zijn de verwachte afmetingen van deze schepen?
 - Hoe groot is het (verwachte) aantal bemanningsleden per schip?
 - Moet er voor de werkzaamheden worden overgestapt op drijvende constructie-elementen?
- Welke risico's zijn direct gerelateerd aan de exploitatie van medegebruik?
 - Waarom zijn dat risico's?
 - Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
 - In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Wat zijn de mogelijke effecten op mensen en materieel wanneer risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Welke procedures zijn er om bij calamiteiten hulp te bieden en/of hulpdiensten te alarmeren?
- Welke risico's als gevolg van (mede)gebruik in windparken ontbreken in de risicomatrix?
 - Waarom zijn dat risico's?

- Wat zouden daarvan oorzaken kunnen zijn en waarom?
- In welke mate is bij uw organisatie bekend of deze oorzaken zich daadwerkelijk voor doen? Welke informatie ontbreekt?
- In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze oorzaken zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Wat zijn de mogelijke effecten wanneer deze risico's zich daadwerkelijk voor doen?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de mogelijke ernst van deze effecten? Welke kennis en expertise ontbreekt?
 - In welke mate is er bij uw organisatie kennis en expertise om een inschatting te maken over de kans dat deze effecten zich voor doen? Welke kennis en expertise ontbreekt?
- Welke risico's als gevolg van (mede)gebruik in windparken horen niet thuis in de risicomatrix?
 - Waarom?

APPENDIX 2 LONGLIST BEDREIGINGEN

Hazard categorie	Hazard
Schip - schip interactie	Aanvaring medegebruik-schip - werkschip windpark
	Aanvaring medegebruik-schip - vaarweg schip
	Aanvaring medegebruik-schip - medegebruik-schip
Schip - vast object* interactie	Aanvaring medegebruik-schip met windturbine
	Aanvaring medegebruik-schip met transformator platform
Schip - afgemeerd object interactie	Aanvaring medegebruik-schip met medegebruik object
	Aanvaring werkschip windpark met medegebruik object
	Aanvaring vaarweg schip met medegebruik object
	Aanvaring medegebruik-schip met betonning
Schip - drijvend object** interactie	Aanvaring medegebruik -schip met losgeraakt medegebruik object
	Aanvaring medegebruik -schip met driftend medegebruik schip
	Aanvaring medegebruik -schip met driftende boeien
	Aanvaring medegebruik -schip met verloren lading
	Aanvaring werkschip windpark met losgeraakt medegebruik object
	Aanvaring werkschip windpark met driftend medegebruik schip
	Aanvaring vaarweg schip met losgeraakt medegebruik object
	Aanvaring vaarweg schip met driftend medegebruik schip
	Aandrijving medegebruik object/schip door losgeraakt medegebruik object
	Aandrijving medegebruik object/schip door verloren lading
Afgemeerd object - drijvend object interactie	Aandrijving medegebruik object/schip door boeien op drift
	Aandrijving medegebruik object/schip door driftend werkschip windpark
	Aandrijving medegebruik object/schip door driftend vaarweg schip
	Aandrijving medegebruik object/schip door driftend medegebruik-schip
	Aandrijving betonning door medegebruik-schip
	Aandrijving betonning door losgeraakt medegebruik object
	Aandrijving medegebruik object met windturbine
Vast object - drijvend object interactie	Aandrijving medegebruik object met transformator platform
	Aandrijving medegebruik-schip met windturbine
	Aandrijving medegebruik-schip met transformator platform
Eenzijdige ongevallen	Zinken
	Brand
	Explosie

* met vast object wordt een object bedoeld dat de stabiliteit haalt uit fixatie in de zeebodem

** een driftend schip wordt hier gecategoriseerd als 'drijvend object'

APPENDIX 3 RISICOMATRIX NOORDZEE

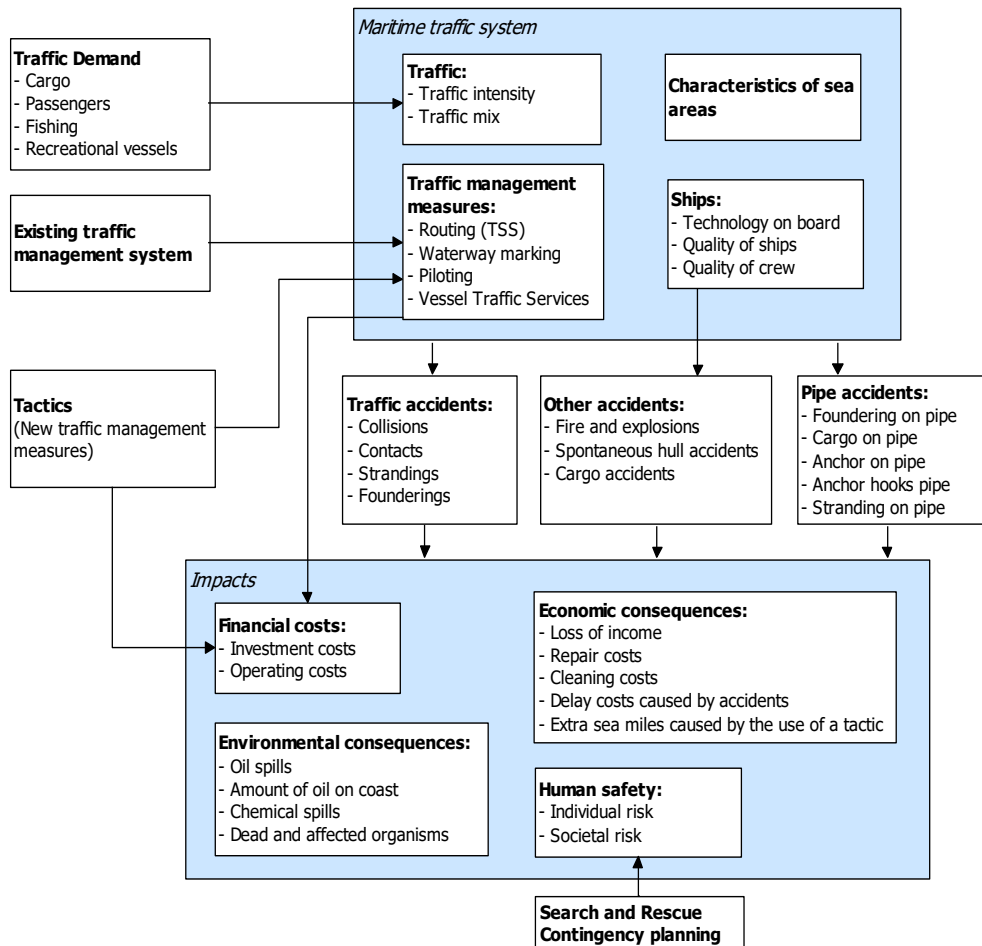
Effect klasse	Veiligheid, Gezondheid, Maatschappij	Milieuschade	Economische schade en stremming	Nauwelijks (<i><1 per 20 jaar</i>) Komt minder dan eens per 20 jaar op de Noordzee voor.	Af en toe (<i>1 per 20 tot 1 per 2 jr.</i>) Komt minder dan eens per 20 jaar en tot iedere twee jaar op de Noordzee voor.	Regelmatig (<i>1 per 2 jr. tot 5 per jr.</i>) Komt minder dan eens per twee jaar tot 5 keer per jaar op de Noordzee voor.	Vaak (<i>5 tot 50 per jaar</i>) Komt tussen 5 en 50 keer per jaar op de Noordzee voor.
5- Zeer ernstig	Meer dan 10 doden	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 materiële schade groter dan 100 Mln				
4- Ernstig	Meer dan 10 ernstig gewonden en minder dan 10 doden	Significante impact. Ernstige verstoring van meer dan 1 jaar in een middelgroot gebied. Grotendeels herstel van milieewaarden binnen een periode van enkele jaren mogelijk.	Stremming vaargeul meerdere dagen, en/of materiële schade tussen 15 Mln - 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 herstel mogelijkheden van het milieu.	Stremming vaargeul 1 dag, en/of materiële schade tussen 1 Mln - 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 materiële schade tot 1 Mln				
1 Nihil	Geen slachtoffers	Geen effect	Minder dan 1 uur stremming, en/of geen materiële schade				

APPENDIX 4 SAMSON

Algemene beschrijving SAMSON model

De aanvaar- en aandrijffrequentie worden bepaald met het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea). Het model is ontwikkeld in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en wordt gebruikt voor het berekenen van frequenties en gevolgen van allerlei soorten ongevallen op zee. Zie referenties [1] – [5].

De meeste blokken van het systeemschema van het maritiem verkeerssysteem, zoals weergegeven in figuur A1, zijn gemodelleerd in het SAMSON-model. Het grote blok “Maritiem verkeerssysteem” bevat vier deelblokken. Deze blokken beschrijven de verkeerssituatie; het aantal bewegingen, de scheepskenmerken en de inrichting van het zeegebied. De ongevalsmodellen voor aanvaringen, strandingen en brand/explosies etc. worden gebruikt om de frequentie van de ongevallen te berekenen op basis van de verkeerssituatie. Het grote blok “Impact” bevat de subblokken die worden gebruikt om de gevolgen van de ongevallen te bepalen. De modelparameters zijn bepaald door een analyse van de wereldwijde ongevallendatabase 1990-2012 van Lloyds’ Register Fairplay (thans IHS Fairplay).



Figuur 35 Risico modelering diagram

Referenties

- [1] Y. Koldenhof, C. van der Tak
Collision risk for platform K1A
MARIN, Report 21056.620/1, July 2006

- [2] C.C. Glansdorp, C. van der Tak
Safety of Platforms in the North Sea
1st World Congress on Safety of Transportation
Delft, November 1992

- [3] C.C. Glansdorp, C. van der Tak
Ship Offshore Collision Risk Assessment (SOCRA)
5th International Conference Loss Prevention in the Oil and Gas Industry
Aberdeen, UK 11-13 September 1995

- [4] W.E. Walker, M. Pöyhönen, C. van der Tak, J.H. de Jong
POLSSS- - Policy for Sea Shipping Safety
RAND Europe / MARIN December 1998

- [5] Y. Koldenhof
SAMSON Collision risk assessment for offshore installations
MARIN-report, issue 82, March 2004
<http://www.marin.nl/web/Publications/MARIN-Report/Previous-issues/MARIN-Report-2004/SAMSON-Collision-risk-assessment-for-offshore-installations.htm>

MARIN
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

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

I www.marin.nl
   