

Natuurversterking in windparken op zee

Bureaustudie MONS project 51

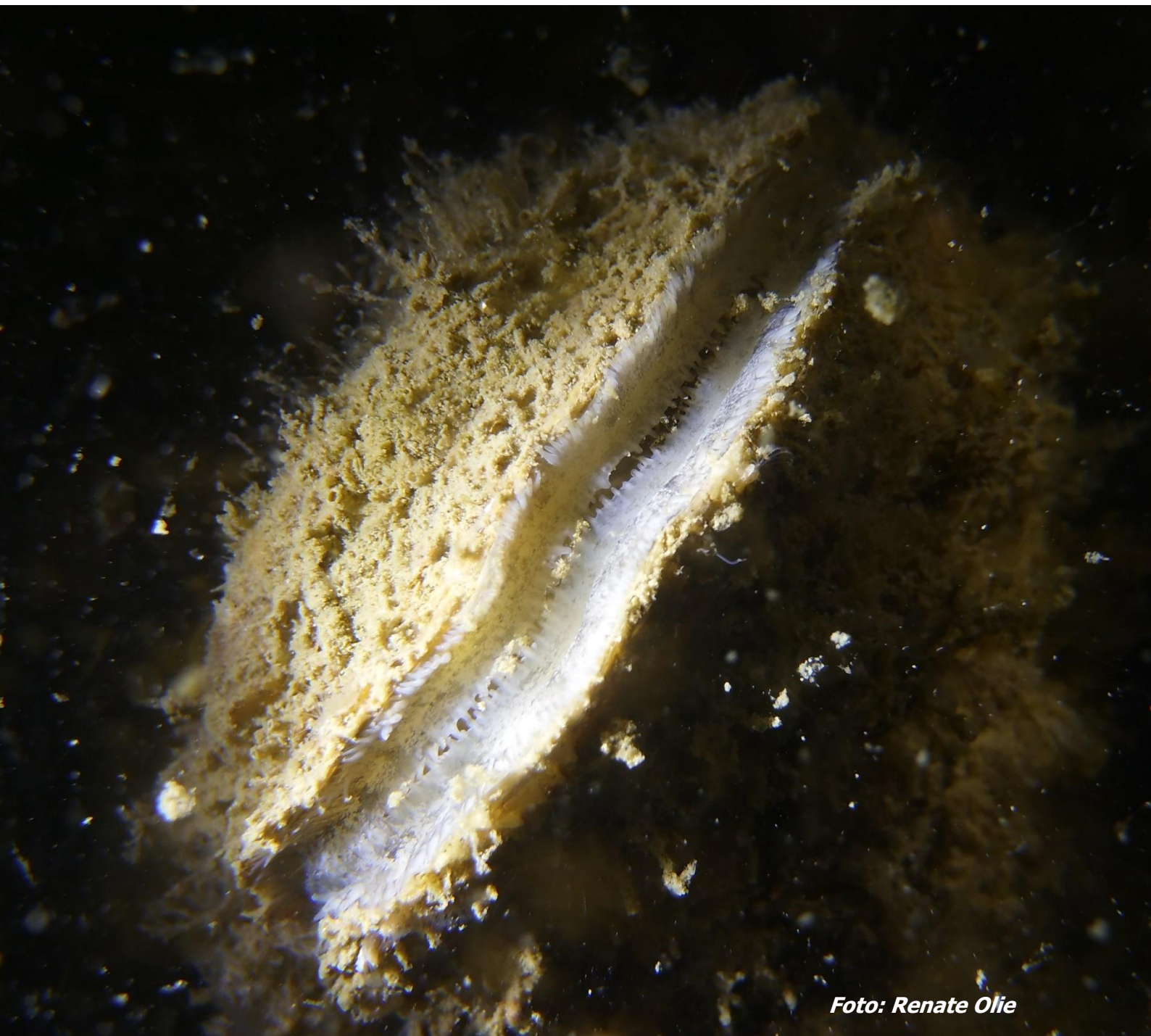


Foto: Renate Olie

Auteurs:

E. van Onselen (De Rijke Noordzee)

Dit rapport is mede tot stand gekomen dankzij:

Hein Sas (Sas Consultancy)

Karin Didderen (Bureau Waardenburg)

Daarnaast is er een stakeholderconsultatie uitgevoerd waarbij de personen in bijlage 1 een bijdrage aan het rapport hebben geleverd.

Over De Rijke Noordzee

De Rijke Noordzee werkt aan het vergroten van de biodiversiteit binnen windmolenparken in de Noordzee door het ontwikkelen en implementeren van natuurinclusieve maatregelen en het creëren van riffen. Offshore windparken bieden kansen voor de versterking van de Noordzee-biodiversiteit door de toevoeging van harde substraten zoals erosiebescherming en het uitsluiten van bodemverstoring door bodemvisserij. Zowel zachte sediment habitats als hard substraatgemeenschappen krijgen de kans om zich te ontwikkelen.

Onze missie is het creëren van veerkrachtig onderwaterleven en opties voor verbetering van de biodiversiteit als de nieuwe standaard bij de constructie van windparken op zee. De Rijke Noordzee bouwt aan een wetenschappelijke kennisbasis voor ecosysteemontwikkeling in de Noordzee. Deze kennis vertaalt zich in een Toolbox met de meest benodigde informatie over natuurontwikkeling in windmolenparken. De DRN Toolbox dient als leidraad voor toekomstige offshore energieprojecten. Daarnaast is De Rijke Noordzee gericht op het oplossen van problemen in de toeleveringsketen van *Bonamia*-vrije platte oesters voor herstelprojecten. Tegelijkertijd pleit De Rijke Noordzee voor nieuw beleid om de combinatie van natuurontwikkeling en windenergie op zee te stimuleren.

Inhoud

Samenvatting.....	5
1. Introductie	7
1.1 Natuur in windmolenparken op zee	7
1.2 MONS 51	9
2. Aanpak	11
2.1 Literatuurstudie	11
2.2 Stakeholderconsultatie	11
2.3 Tijdlijn en kennishiaten	12
2.4 Review en toekomstvisie	12
3. Resultaten.....	13
3.1 Achtergrond.....	13
3.1.1 Kansen en risico's van windmolenparken op zee.....	13
3.1.2 Effecten van windmolenparken op zee op biodiversiteit en ecologisch functioneren	14
Temporele en ruimtelijke ontwikkelingen van benthosbiodiversiteit	16
Effecten van kolonisatie door filter feeders.....	16
Overige effecten.....	18
Link met Natuurversterking	18
3.2 Projecten binnen en buiten windparken.....	19
3.3 Effecten van natuurversterkingsmaatregelen op biodiversiteit en ecologisch functioneren in windparken.....	27
3.3.3 Effecten van natuurversterkingsprojecten buiten windmolenparken op zee	29
Case study: platte oester.....	30
3.4 Discussie	35
3.4.1 Schaal	35
3.4.2 Visie vorming	36
3.4.3 Meervoudig gebruik van windparken	37
3.5 Kennishiaten	40
4. Aanzet voor een toekomstvisie.....	42
4.1 Conclusies natuurversterking onderwater natuur in windparken op zee	43
4.2 Aanbevelingen	44
4.2.1 Monitoring, onderzoek en kartering.....	44
4.2.2 Infrastructuur.....	45
4.2.3 Actieve en passieve natuurversterking.....	46

4.2.4 Management en kennisdeling	47
5. Conclusies	49
Referenties	50
Bijlage 1. Stakeholderlijst	54
Bijlage 2. Overzichtstabel platte oesterpilots	55
Bijlage 3. Kennishiaten.....	59

Samenvatting

Dit rapport is een uitwerking van MONS ID51 als onderdeel van de *no regret*-lijst van MONS en betreft een quickscan met als doel het aanbieden van bouwstenen of ingrediënten voor het ontwikkelen van een visie in het kader van natuurversterking van benthische habitats (zeebodemhabitats) in windmolenparken op zee, op basis van een inventarisatie van projecten en onderzoeken, aanvullende literatuurstudie en een stakeholderconsultatie. De centrale kennisvragen hierbij waren: (a) hoe kan optimaal natuurversterking ingezet worden, rekening houdend met omgevingsvariabelen zoals bodemdynamiek, voedsel, stroming en met reeds aanwezige soorten? (b) Wat zijn de effecten van verschillende toegepaste maatregelen?

Het huidige Noordzee ecosysteem wordt als verarmd beschouwd, onder andere omdat de natuurlijke platte-oesterriffen verdwenen zijn. Het aanbrengen van windmolenparken in de Nederlandse Noordzee verandert kenmerken binnen het huidige ecosysteem. Er kunnen lokale effecten optreden, alsook cumulatieve effecten. In de Nederlandse Noordzee fungeren onderdelen van windmolenparken als artificieel rif, met bijbehorende veranderingen in soortensamenstelling en populatiegroottes, niet alleen binnen de windparken, maar ook erbuiten. Ze kunnen echter niet gezien worden als vervangers voor de natuurlijke riffen. Natuurversterking in windmolenparken kan ook niet los gezien worden van de – mogelijk negatieve- effecten van windmolenparken op het ecosysteem. De invulling van natuurversterking is echter afhankelijk van de doelstellingen voor het verrijken van de huidige Noordzeenatuur.

Tot "natuurversterking" worden in dit rapport "natuurherstel" (gericht de op oorspronkelijke staat of kwaliteit van natuur), "natuurinclusief bouwen" (benut natuurlijke structuurvorming of past kunstwerken toe die het leefgebied voor inheemse soorten waar mogelijk vergroot of verrijkt) en "habitatcreatie" (ter ondersteuning van specifieke natuurwaarden die niet eerder op een locatie voorkwamen) gerekend. De effecten van natuurversterking op biodiversiteit en ecologisch functioneren lijken onder andere afhankelijk van het type maatregel, het habitat, de biodiversiteit en het ecologisch functioneren vóór de maatregelen, evenals de schaal, locatie op de Noordzee en uitvoering van het project. Niet alleen actieve ingrepen hebben effect op biodiversiteit. Windmolenparken op zee zonder natuurversterkende maatregelen hebben ook effecten op biodiversiteit en ecologisch functioneren van het benthische habitat. Door de plaatsing van een windmolenpark zal het benthische habitat plaatselijk extreem veranderen: van zachtsubstraathabitat (zand) naar hardsubstraathabitat (erosiebescherming en turbine).

In de (Nederlandse) Noordzee is een duidelijk toenemende trend te zien in het aantal offshore natuurversterkingsprojecten buiten en binnen windmolenparken. Kennis wordt vergaard in de vorm van praktische veelal nog kleinschalige natuurherstelprojecten, toegepast onderzoek, theoretisch onderzoek en pilotprojecten. Monitoring en de ontwikkeling van nieuwe technieken, alsook (ecosysteem)modellering zijn onderdelen hiervan. Resultaten kunnen lang op zich laten wachten omdat de ontwikkeling van de natuur de tijd nodig heeft (tot tientallen jaren). Op het moment van schrijven (november 2021) was er slechts één afgerond project bekend in een Nederlands windpark op de Noordzee (Luchterduinen) dat zich heeft gefocust op natuurversterking. Momenteel lopen er echter op meerdere plekken pilot projecten, waarvan de eerste monitoringsresultaten positief zijn (maar nog grotendeels niet gepubliceerd). Daarnaast kan er veel geleerd worden van natuurversterkingsprojecten

buiten windmolenparken. Resultaten tot nu toe laten zien dat bijvoorbeeld het uitzetten van platte oesters als natuurversterkingsmaatregel mogelijk is. Effecten rondom een toename van biodiversiteit zijn waargenomen. Effecten van natuurversterking buiten windmolenparken kan inzicht verschaffen in de effectiviteit en effecten van de maatregelen om deze toe te kunnen passen binnen windmolenparken. Meer onderzoek is nodig omdat er nog beperkt resultaten bekend zijn van natuurversterkingsmaatregelen binnen windmolenparken op zee om de effecten goed te duiden.

Omdat er op het gebied van natuurversterking nog veel kennisleemten zijn en de meningen soms uiteenlopen, is kort de stand van zaken beschreven over de onderwerpen schaal, visievorming, meervoudig ruimtegebruik en ontmanteling. De vraag of het verstandig is om hardsubstraathabitat te creëren in zachtsubstraatgebieden wordt niet beantwoord, maar wel aangeduid als een belangrijk discussiepunt. Daarnaast worden de volgende kennislücken genoemd:

- De kansen en doelen voor natuurontwikkeling voor diverse locaties op de Nederlandse Noordzee zijn nog onduidelijk: het opstellen van een kansenkaart, doelenkaart en afwegingskader is nodig. In verband hiermee zijn er nog veel basale kennisvragen over het referentiekader voor natuurontwikkeling op zee en wat er op dat vlak goed of wenselijk is.
- Er zijn veel kennisleemten rond de algemene effecten van windenergie op zee en natuurversterking op de draagkracht en het functioneren van het ecosysteem alsook overkoepelende effecten van medegebruik.
- Er zijn nog veel fundamentele vragen over de effecten van maatregelen om (schelpdier)riffen te herstellen of te ontwikkelen, zoals wat geschikte locaties zijn en wat de benodigde schaal is om tot zichzelf instandhoudende riffen te komen.

Voor een volledige toekomstvisie is momenteel nog te weinig informatie beschikbaar. Aanbeveling is om de huidige opdracht te herhalen en/of uit te breiden zodat deze visie wel volledig gemaakt kan worden. Uitgangspunt van een toekomstige visie blijft een schone en gezonde Noordzee, met een verscheidenheid aan habitats en soorten, waarin windparken op zee faciliteren in het herstel en behoud van een goede ecologische status en natuurversterking standaard wordt meegenomen in de bouw van een nieuw windpark, afgestemd op de lokale behoeftes en potenties.

1. Introductie

Dit rapport richt zich op natuurversterking voor onderwaternatuur in de operationele fase van een windmolenpark op zee. Hoofdstuk 1 geeft een introductie met een korte achtergrond en gebruikte definities in het kader van **natuurversterking in windmolenparken op zee** en een beschrijving van de huidige opdracht (**MONS 51**) met onderzoeksvraag.

1.1 Natuurversterking in windmolenparken op zee

Het huidige rapport richt zich op de onderwater natuur binnen windmolenparken, met name het bentische habitat. Een aantal definities waarmee in dit rapport wordt gewerkt, zijn (overeenkomend met de definities in de definitieve versie van MONS, 4 oktober 2021 (Asjes et al., 2021), met uitzondering van habitatcreatie en soortbeschermingsactiviteiten):

<i>Natuurversterking</i>	Natuurversterking is binnen MONS een overkoepelende term voor de activiteiten die als doel hebben de toestand van de natuurlijke waarde te verbeteren. Hieronder vallen de activiteiten voor natuurherstel, natuurinclusief bouwen en de soortbeschermingsactiviteiten.
<i>Natuurherstel</i>	Het geheel van activiteiten dat er toe moet leiden dat een stuk (onderwater) natuur of een onderdeel daarvan in zijn oorspronkelijke staat of kwaliteit wordt hersteld. Denk hierbij aan het uitvoeren van positieve beheer interventies zoals het (actieve) herstel van een aangetast gebied en passief herstel (bijv. d.m.v., het creëren van gebieden die vrij zijn van specifieke typen menselijke verstoring).
<i>Natuurinclusief bouwen</i>	Een manier van bouwen waarbij enerzijds gebruik wordt gemaakt van natuurlijke structuurvorming, en anderzijds kunstwerken zodanig ontworpen worden, dat leefgebied voor inheemse soorten waar mogelijk wordt vergroot/verrijkt.
<i>Habitatcreatie</i>	Het creëren van een habitat met als doel specifieke natuurwaarden te ondersteunen zonder dat deze natuurwaarden voorheen op deze locatie voorkwamen.
<i>Soortbeschermingsactiviteiten</i>	Al datgene dat nodig is om een bepaalde soort te behouden, in het habitat waar deze van nature voortkomt.

In sommige gevallen kunnen de definities elkaar (deels) overlappen.

Natuurversterking voor onderwaternatuur op zee is niet nieuw: er wordt al decennialang gebruik gemaakt van diverse algemene ecologische principes voor de aanleg van kunststriften, inrichting van havens, kades en dijken. Deze kennis is afkomstig van de vele onderzoeken wereldwijd waarin deze principes worden getoetst en onderbouwd.

Natuurversterkend bouwen **in windparken** in de Nederlandse Noordzee is wel nieuw. De Nederlandse overheid streeft naar natuurversterking, inclusief natuurinclusief bouwen: het stimuleren van natuur bij de ontwikkeling en aanleg van offshorewindprojecten (zie o.a. de kavelbesluiten op pagina 7, Noordzee 2050 Gebiedsagenda (juli 2014) het Ontwerp Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2022-2027 (deel 3) – KRM programma

van maatregelen (maart 2021)¹ en het Ontwerp Programma Noordzee 2022-2027 (maart 2021)². Het gaat hierbij om het stimuleren van Noordzeesoorten en -habitats die van nature in het Nederlandse Noordzeegebied voorkomen en om het versterken van het ecosysteem van de Noordzee. Dit heeft onder andere inhoudelijke vorm gekregen door diverse studies in opdracht van de overheid:

- 1) Technisch en ecologisch kader voor inrichting van de erosiebescherming - met een selectie van "paraplusoorten" (i.e. platte oester of kabeljauw)(Lengkeek et al., 2017);
- 2) Modelleren van condities in windparken met betrekking tot hun geschiktheid van het herstel van platte oester (*Ostrea edulis*)(Kamermans et al., 2018a; Smaal et al., 2017);
- 3) Een catalogus met voorbeelden en kosten van materialen (Hermans et al., 2020).

Daarnaast is het concept tot nu toe formeel verankerd:

- 1) in kavelbesluitvoorschriften als inspanningsverplichting (Borssele, I³ en II⁴, Borssele III⁵ en IV⁶, Borssele V⁷, Hollandse Kust (zuid), I-IV⁸ en resultaatverplichting (m.b.t. te realiseren structuren) (Hollandse Kust (noord), V (gedeeltelijk)⁹ en Hollandse Kust (west, VI¹⁰ en VII¹¹);

¹ <https://www.omgevingsweb.nl/wp-content/uploads/po-assets/397166.pdf>

²

<https://www.platformparticipatie.nl/nationaalwaterprogramma/ontwerp+nwp/relevante+documenten+nwp+ontwerp/default.aspx#folder=1917246>

³ - Kavelbesluit I windenergiegebied Borssele (24 maart 2016), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-14428.pdf>

⁴ Kavelbesluit II windenergiegebied Borssele (24 maart 2016), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-14513.pdf>

⁵ Kavelbesluit III windenergiegebied Borssele (24 maart 2016), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-14523.pdf>

⁶ Kavelbesluit IV windenergiegebied Borssele (24 maart 2016), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-14545.pdf>

⁷ Kavelbesluit V (innovatiekavel) windenergiegebied Borssele (24 maart 2016), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-14551.pdf>

⁸ Kavelbesluit I windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) (8 december 2016), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-67082.pdf>

Kavelbesluit II windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) (8 december 2016), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-67120.pdf>

Kavelbesluit III windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) (10 januari 2018), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2018-2543.pdf>

Kavelbesluit IV windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) (10 januari 2018), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2018-2497.pdf>

⁹ Kavelbesluit V windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (4 april 2019), zie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2019-24545.pdf>

¹⁰ Kavelbesluit VI windenergiegebied Hollandse Kust (west) (26 november 2021), zie

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/12/Kavelbesluit-Wind-op-zee-Hollandse-Kust-west-kavel-VI-fase-1.pdf>

¹¹ Kavelbesluit VII windenergiegebied Hollandse Kust (west) (26 november 2021), zie

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/12/Kavelbesluit-Wind-op-zee-Hollandse-Kust-west-kavel-VII-fase-1.pdf>

- 2) in een conceptregeling vergunningverlening, als onderdeel van rangschikkingscriteria voor natuur van een vergelijkende toets voor het tenderen van Hollandse Kust (west), VI¹².

Naast dat natuurversterking (in de vorm van natuurinclusief bouwen) inmiddels is opgenomen in kavelbesluitvoorschriften en een conceptregeling voor het tenderen van een windparkkavel, is er ook vanuit industrie, natuurbeschermingsorganisaties en onderzoeksinstellingen een toenemende interesse voor dit onderwerp, zoals bijvoorbeeld het programma De Rijke Noordzee, Stichting Ark, NORA (the Native Oyster Restoration Alliance), het Wereldnatuurfonds, Bureau Waardenburg en Wageningen Marine Research.

Natuurversterking, binnen of buiten windparken, bestaat in verschillende vormen:

1. *Passief*. Bijvoorbeeld in de vorm van beschermde gebieden. Hierbij wordt een gebied (deels) afgesloten voor menselijk gebruik en laat men de natuur haar gang gaan.
2. *Actief*. Actief ingrijpen kan in de vorm van herstel, het actief terugbrengen van (onderdelen van een) habitat of soort, of in de vorm van habitatcreatie, waarbij een habitat ontstaat wat niet eerder op die locatie aanwezig was.

In windparken op zee is (bodemberoerende sleepnet-) visserij niet toegestaan (N.B. er zijn wel formele mogelijkheden voor passieve visserij) en daarmee biedt het kansen voor de (bodem)natuur om zich te ontwikkelen. Een windpark is een combinatie van passief en actief ingrijpen. Door het aanbrengen van hard substraat in de vorm van windmolens, platforms en erosiebescherming in de vorm van steenbestortingen (*scour protection*) veranderen huidige habitats in de Nederlandse Noordzee. Deze verandering kan gezien worden als habitatcreatie (hard substraat op plaatsen waar deze niet van nature voorkomt), maar ook deels als natuurherstel (hard substraat op plaatsen waar dit wellicht wel voorkwam). Het afsluiten van windmolenparken voor andere activiteiten is een vorm van passief ingrijpen: door de bodemrust kan de natuur zich ontwikkelen (H. Lindeboom, Noordzeedagen 2021: rust, ruimte en reliëf).

Tenslotte kan er actief in een windpark natuurversterking toegepast worden. Aantekening hierbij is dat natuurversterking vaak geassocieerd wordt met hard substraat toevoegingen, bijvoorbeeld in de vorm van artificiële riffen. Echter, natuurversterking kan ook andere maatregelen omvatten die afhankelijk zijn van het doel, de doelsoorten of habitats. Voorbeelden hiervan zijn de keuze tussen het aanbrengen van hard substraat structuren of zacht substraat of het faciliteren van zacht substraat soorten of zelfs het actief uitzetten van bepaalde soorten.

Dit rapport verkent de huidige kennis van natuurversterking in windmolenparken op zee.

1.2 MONS 51

Het MONS-programma (Monitoring Onderzoek Natuurversterking en Soortenbescherming) geeft een eerste uitwerking van het onderzoek dat de komende tien jaar wordt uitgevoerd.

¹² Regeling van de Staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat van, nr. WJZ/ 21307522, houdende regels inzake de vergunningverlening windenergiegebied Hollandse Kust (wet) kavel VI (concept), zie https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/12/CONCEPT_Regeling_vergunningverlening_windenergiegebied_Hollandse_Kust_west_kavel_VI.pdf

Beantwoording van de kennisvragen zoals die geformuleerd zijn in het Noordzeeakkoord (NZA) staan hierbij centraal.

Binnen het Mons-programma is inmiddels een lijst met 'no regret-onderzoeksprojecten' opgesteld. Deze onderzoeksprojecten worden op korte termijn uitgevoerd en al deels afgerond voor het einde van het jaar 2021. MONS ID51 (vanaf hier MONS51) is onderdeel van deze *no regret*-lijst en focust op het ontwikkelen van een visie in het kader van natuurversterking van windmolenparken op zee.

De centrale kennisvragen voor dit rapport luiden:

- (a) Hoe kan optimaal natuurversterking ingezet worden, rekening houdend met omgevingsvariabelen zoals bodemdynamiek, voedsel, stroming en met reeds aanwezige soorten?*
- (b) Wat zijn de effecten van verschillende toegepaste maatregelen?*

In voorliggend rapport zijn projecten en onderzoeken over natuurversterking in windmolenparken op zee verzameld uit de wetenschappelijke literatuur en een stakeholderconsultatie. Daarnaast is er een aanzet gedaan om focuspunten te verzamelen om een visie te ontwikkelen op het onderwerp natuurversterking van bodemgebonden (benthische) habitats in windmolenparken op zee. De redenen waarom benthische habitats centraal staan zijn:

- Ze vormen een belangrijke potentiële verrijking van de onderwaternatuur, met name van relatief ondiepe zeeën, zoals de Noordzee.
- De bodembescherming en extra toevoeging van hard substraat vormen een grote kans voor stimulering van deze vorm van habitat.

Een volledige visie hierin is nog niet mogelijk, omdat er nog te veel informatie ontbreekt. Hierbij wordt benadrukt dat deze studie een "quickscan" betreft, en het advies hierbij is om deze studie op korte termijn (in een meer uitgebreide vorm) te herhalen. Dit advies komt voort uit het beperkte tijdsplan van de huidige studie, maar ook de razendsnelle ontwikkelingen op het gebied van natuurversterking en windenergie op zee, alsook de lange tijd die de natuur nodig heeft om tot een stabiele staat te ontwikkelen.

2. Aanpak

Voor de uitvoering van MONS51 zijn verschillende methoden gebruikt die hier onder beschreven worden. De focus van alle onderdelen ligt op de onderwaternatuur op het Nederlands continentaal plat (NCP) en binnen windmolenparken op zee), ook als dit niet expliciet vermeld staat. Indien hiervan wordt afgeweken staat dit aangeduid in de resultaten.

2.1 Literatuurstudie

Er is een beknopte literatuurstudie uitgevoerd naar de volgende onderwerpen:

- Natuurinclusief bouwen
- Effecten op biodiversiteit en ecologisch functioneren
- Herstelprojecten platte oester
- Herstelprojecten overige soorten

De focus lag in eerste instantie op het NCP (of Nederlandse EEZ) en windmolenparken op zee. Indien hierover weinig informatie of literatuur beschikbaar was, werd ook buiten de Nederlandse gebiedsgrenzen gezocht. Aan de hand van de gevonden informatie is een overzicht gemaakt van alle afgeronde projecten of onderdelen hiervan en studies op bovengenoemde onderwerpen. Ook is er gekeken naar de discussiepunten en conclusies binnen de gevonden onderzoeken voor de visievorming (zie paragraaf 2.4). Daarnaast is extra aandacht besteed aan omgevingsvariabelen binnen de gevonden projecten.

Kennishiaten aangegeven in de conclusies van de uitgevoerde projecten en onderzoeken zijn bijgehouden en geordend, de lijst met kennishiaten is terug te vinden in Bijlage 3. De resultaten van de literatuurstudie zijn verwerkt in de tekst van Hoofdstuk 3.

2.2 Stakeholderconsultatie

Binnen de stakeholderconsultatie zijn personen uit de volgende sectoren benaderd:

- Onderzoek/wetenschap
- Advies/consultancy
- Windindustrie
- Ngo's
- Overheid

Hierbij is gebruik gemaakt van het uitgebreide netwerk van De Rijke Noordzee met o.a. partners in de windindustrie en directe contacten in zowel onderzoek als advies. De benaderde personen zijn bevraagd op de onderwerpen natuurherstel, natuurinclusief bouwen en effecten op het ecosysteem in windmolenparken op zee. Hierbij is notitie gemaakt van lopende projecten rondom natuur in windmolenparken met looptijd en doelstellingen. Daarnaast zijn de benaderde personen ook bevraagd over de omgevingsfactoren in de lopende en geplande onderzoeken, eventuele discussiepunten en conclusies die nu al volgen uit lopende projecten, evenals over kennishiaten.

Naast een directe benadering is er ook input verzameld en gebruikt vanuit de volgende events:

- De Noordzeedagen (sessie Natuurversterking en Draagkracht mede verzorgd door De Rijke Noordzee) – 7 en 8 oktober 2021;
- Nederlandse Schelpdierrif Herstel Alliantie 1e bijeenkomst – 26 oktober 2021;
- Discussie met de wetenschappelijke raad van De Rijke Noordzee – 29 oktober 2021;
- Offshore wind and biodiversity session COP26 – 5 november 2021
- NORA 4 Conference – 23-25 november 2021.

De uitkomsten van de stakeholderconsultatie zijn verwerkt in het rapport, in de vorm van voorbeelden, projecten, discussie, en in de aanzet voor de toekomstvisie. Bijlage 1 geeft de lijst van geconsulteerde stakeholders.

2.3 Tijdljn en kennishiaten

Om een totaaloverzicht te creëren van projecten in het kader van natuurversterking in windmolenparken op zee is er een tijdljn opgezet. Hierin zijn de kennishiaten die uit de tijdljn volgen bijgehouden in de lijst die ook is gebruikt tijdens de literatuurstudie (Bijlage 3).

2.4 Review en toekomstvisie

De review van projecten richt zich op de focuspunten van natuurversterking binnen windmolenparken voor benthische habitats . Op basis van de gevonden kennishiaten en de review van de projecten en onderzoeken, zijn aanbevelingen opgesteld over monitoring en onderzoek, infrastructuur, natuurversterking en management en kennisdeling.

Tot slot is er een aanzet gedaan voor het ontwikkelen van een visie over de toekomst van natuur in windmolenparken op zee door de focuspunten te beschrijven. De conclusies die getrokken kunnen worden uit de projecten en onderzoeken zijn terug te vinden in Hoofdstuk 3. De aanzet voor een toekomstvisie en de aanbevelingen zijn terug te vinden in Hoofdstuk 4.

3. Resultaten

Dit hoofdstuk is opgedeeld in de volgende onderdelen:

- De **achtergrond** van natuur in windmolenparken op zee. Hierbij ligt de nadruk op de kennis over de ontwikkeling van onderwaternatuur in windparken zonder natuurversterkende maatregelen, dit om de juiste context te scheppen van de toegevoegde waarde van maatregelen.
- **Rifvormende soorten** in de Nederlandse Noordzee.
- **Natuurversterkingsprojecten** binnen en buiten windparken. Een tijdlijn met natuurversterkingsprojecten in Noordwest Europa en een bijbehorende kaart. Omdat er nog niet veel resultaten zijn van lopende projecten in windmolenparken op zee, zijn hier ook andere herstel/verbeterprojecten bij opgenomen. Ook wordt een tabel gepresenteerd met projecten gericht op kennisontwikkeling voor natuurversterkingsmaatregelen.
- **Effecten** van natuurversterkingsmaatregelen op het ecologisch functioneren en op de biodiversiteit in windmolenparken op zee. Daarnaast is herstel van de **platte oester als casestudy** gepresenteerd, om meer inzicht te creëren in de effecten van soortgelijke maatregelen in windmolenparken.
- Een **discussie**, waarbij relevante overwegingen en discussies die tijdens de review en interviews naar boven zijn gekomen en nadere aandacht behoeven worden besproken of toegelicht.
- Een lijst met **kennishiaten**. Deze kennishiaten zijn gevonden in de gebruikte literatuur voor de huidige studie, of verkregen tijdens de stakeholderconsultatie. Per kennishiaat is aangegeven (indien bekend) of deze opgepakt wordt in MONS of in een ander project.

3.1 Achtergrond

3.1.1 Kansen en risico's van windmolenparken op zee

Klimaatverandering en de gestelde klimaatdoelen vragen om een energietransitie. In de komende tien jaar zal het winnen van energie door middel van windmolens op zee groeien naar 21,5 GW (zie o.a. het aanvullend ontwerp Programma Noordzee 2022-2027¹³). Het grootschalig aanbrengen van windparken op zee geeft zowel risico's als kansen (o.a. Bergström et al., 2014; Causon and Gill, 2018; Stichting de Noordzee, 2021, 2018). De aanwezigheid van een enkele windturbine in de Nederlandse Noordzee brengt al verandering met zich mee onderwater: oppervlak dat niet eerder aanwezig was in de vorm van de turbine, de fundering en de erosiebescherming, in plaats van het zandige habitat wat er omheen nog aanwezig is. Meerdere windmolenparken kunnen het habitat in een groter gebied veranderen. Het huidige rapport focust exclusief op onderwaternatuur en het benthische habitat.

De windparken kunnen (cumulatieve) effecten hebben op het ecosysteem: primaire productie, stroming, stratificatie en andere factoren kunnen direct of indirect beïnvloed worden¹⁴ (Boon et al., 2018; van Duren et al., 2021). Modelresultaten tonen aan dat de (hypothetische) grootschalige aanleg van windmolenparken mogelijk effecten kunnen gaan

¹³ Aanvullend ontwerp Programma Noordzee 2022-2017 (31 oktober 2021), zie <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/11/09/bijlage-aanvullend-ontwerp-programma-noordzee-2022-2027>

¹⁴ Zie ook het onderdeel ecosysteemonderzoek in WOZEP: <https://www.noordzeeloket.nl/funcities-gebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch-programma-wozep/ecosysteemonderzoek/>

hebben op fundamentele ecosysteemprocessen, waarvan verandering in stratificatie en de doorwerking hiervan op het voedselweb één van de belangrijkste is (van Duren et al., 2021). In het Wind op zee ecologisch programma (Wozep) wordt de cumulatieve effectbeoordeling gedaan met het KEC (Kader Ecologie en Cumulatie).

Naast mogelijke ecosysteemeffecten bestaan er ook risico's door effecten op zeezoogdieren en benthos tijdens de aanlegfase van een windpark, en effecten op vogels en vleermuizen tijdens de exploitatiefase¹⁵. In dit rapport ligt de focus op het benthische habitat. Effecten op zeezoogdieren, vleermuizen en vogels worden niet verder behandeld. Ook tijdelijke effecten (op o.a. benthische soorten) die kunnen optreden tijdens de bouw van een windmolenpark door bijvoorbeeld geluid of trillingen worden niet verder behandeld.

Steins et al (2021) geven een overzicht van kansen en beperkingen voor natuurinclusieve maatregelen in windparken op zee. Onder kansen vallen onder andere (het faciliteren van) natuurherstel in de vorm van toevoeging van hard substraat (in de vorm van de windmolens zelf en de erosiebescherming of artificiële riffen), zorgen voor bodemrust en beschutting en bescherming voor zeeleven, een fysieke grens voor andere activiteiten en de kans voor meervoudig ruimtegebruik. Onder beperkingen vallen onderdelen van de huidige wet- en regelgeving, kosten, verandering van het ecosysteem en kennishiaten.

3.1.2 Effecten van windmolenparken op zee op biodiversiteit en ecologisch functioneren

Windmolenparken an sich brengen al een grote verandering met zich mee in de Nederlandse Noordzee als het gaat om type habitat en ecosysteem. Bij de bouw kan er habitat verloren gaan maar wordt er ook habitat gecreëerd. Afhankelijk van het habitat vóór de bouw en de gebruikte technieken en materialen, kunnen er voor- en nadelen optreden voor soorten en biodiversiteit (Wilson and Elliott, 2009). Tabel 1 geeft een overzicht van de algemene gevolgen van een windpark op zee in gebruik, op het (onderwater) ecosysteem (Hammar et al., 2016). Effecten van onderwatergeluid en trillingen door het gebruik van de turbines zelf en onderhoudsschepen, alsook effecten van elektromagnetische velden door de aanwezige kabels worden in deze tabel niet genoemd maar vormen mogelijk ook een risico voor aanwezige benthosoorten. De exacte effecten hiervan zijn nog niet vastgesteld.

Tabel 1. Algemene gevolgen van een windmolenpark op zee in de operationele fase op ecosysteem onderdelen. Bron: Hammar et al. 2016.

Gevolg				
Categorie	Biodiversiteit	Aantallen	Negatieve effecten	Positieve effecten
Benthische habitats en benthos	Toename	Toename van hard substraat habitats en rif functie	Verlies van oppervlakte zacht sediment habitats	Geen schade aan habitats door bodemvisserij
Epifouling benthos	Toename	Toename	Mogelijke introductie van invasieve exoten. Concurrentie	Hogere filtercapaciteit door toename <i>filter feeders</i> ,

¹⁵ Zie ook de individuele onderwerpen binnen het WOZEP programma: <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch-programma-wozep/monitoring-onderzoek/>

Vissen			voor zoöplankton in de vorm van <i>filter feeders</i> *.	toename organisch materiaal rondom turbine*.
	Toename	Toename	Geen indicaties**	Verminderde druk door visserij

* Toegevoegd aan de hand van Degraer et al., 2021. De hogere filtercapaciteit is niet per definitie een positief effect, zie ook van Duren et al., 2021.

** Een verandering in soortsaamenstelling is mogelijk: Een modelstudie toont aan dat de platvis populaties in de Noordzee negatief effect kunnen ondervinden in hun voortplantingscyclus door de overlap van windparken op zee en paaigronden van de meest voorkomende platvissoorten in het zachte substraat (Barbut et al., 2020).

Het overgrote deel van de Nederlandse Noordzee bestaat momenteel uit zandig sediment en daarmee zacht-substraat habitat (Lindeboom et al., 2008). Dat was circa een eeuw geleden niet het geval: op de bodem bevonden duizenden vierkante kilometers natuurlijk hard substraat, in de vorm van (o.a.) platte oesterriffen (*Ostrea edulis*, zie ook par. 3.3)(Bennema et al., 2020a). Deze zijn in eerste instantie door overbevissing en vervolgens door bodemberoerende visserij op andere soorten en ziekten in de open Noordzee geheel verdwenen, alleen in de kustzones komen ze nog voor(Bennema et al., 2020a). Het Noordzee-ecosysteem is daardoor - al sinds vrij lange tijd - als verarmd te beschouwen (Lindeboom et al., 2008; van Duren et al., 2016).

Een windpark zelf kan, doordat zowel de fundaties en monopiles, als de erosiebescherming uit hard materiaal bestaan, als een artificieel rif beschouwd worden, met de bijbehorende flora en fauna en een toename in biodiversiteit en biomassa (o.a. Ashley et al., 2014; Langhamer, 2012; Vanagt and Faasse, 2014). Een voorbeeld van de plaatselijke verandering van het ecosysteem na plaatsing van een windturbine is een toename in de aanwezigheid van vissoorten zoals kabeljauw (Lindeboom et al., 2011; Reubens et al., 2013). Een windturbine met bijbehorende infrastructuur geeft hiermee direct het 'artificieelrifeffect' weer, waarbij bepaalde soorten aangetrokken kunnen worden (Reubens et al., 2014). Naast vissoorten geldt dit effect ook voor andere benthossoorten die baat hebben bij hard substraat zoals ongewervelden als de fluwelen zwemkrab (*Necora puber*) en Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) en Noordzeekreeft (*Homarus gammarus*) (van Hal et al., 2017). Onderzoek tot nu toe wijst uit dat de biodiversiteit op en rond olie- en gaswinningsplatforms vergelijkbaar is met die van windmolens (Coolen et al., 2018).

Onderzoekresultaten tonen echter wel aan dat artificieel hard substraat significant verschilt met natuurlijk hard substraat als het gaat om soortenrijkdom en dat artificieel hard substraat niet als vervanging kan worden gezien voor natuurlijk hard substraat zoals kiezelgronden (Coolen et al., 2018; Degraer et al., 2019). Ook blijkt de gevoeligheid van benthos voor de effecten van duurzame energie op zee groter dan van te voren was voorspeld; benthos wordt via verschillende paden beïnvloed en niet alle effecten van het plaatsen en functioneren van een windpark op zee op de lokale benthospopulaties zijn nog bekend (Dannheim et al., 2020). Wel is er steeds meer bekend over aangroei, successie en temporele ontwikkeling van organismen op en aan windmolens op zee (Figuur 1, Degraer et al. 2021).

Temporele en ruimtelijke ontwikkelingen van benthosbiodiversiteit

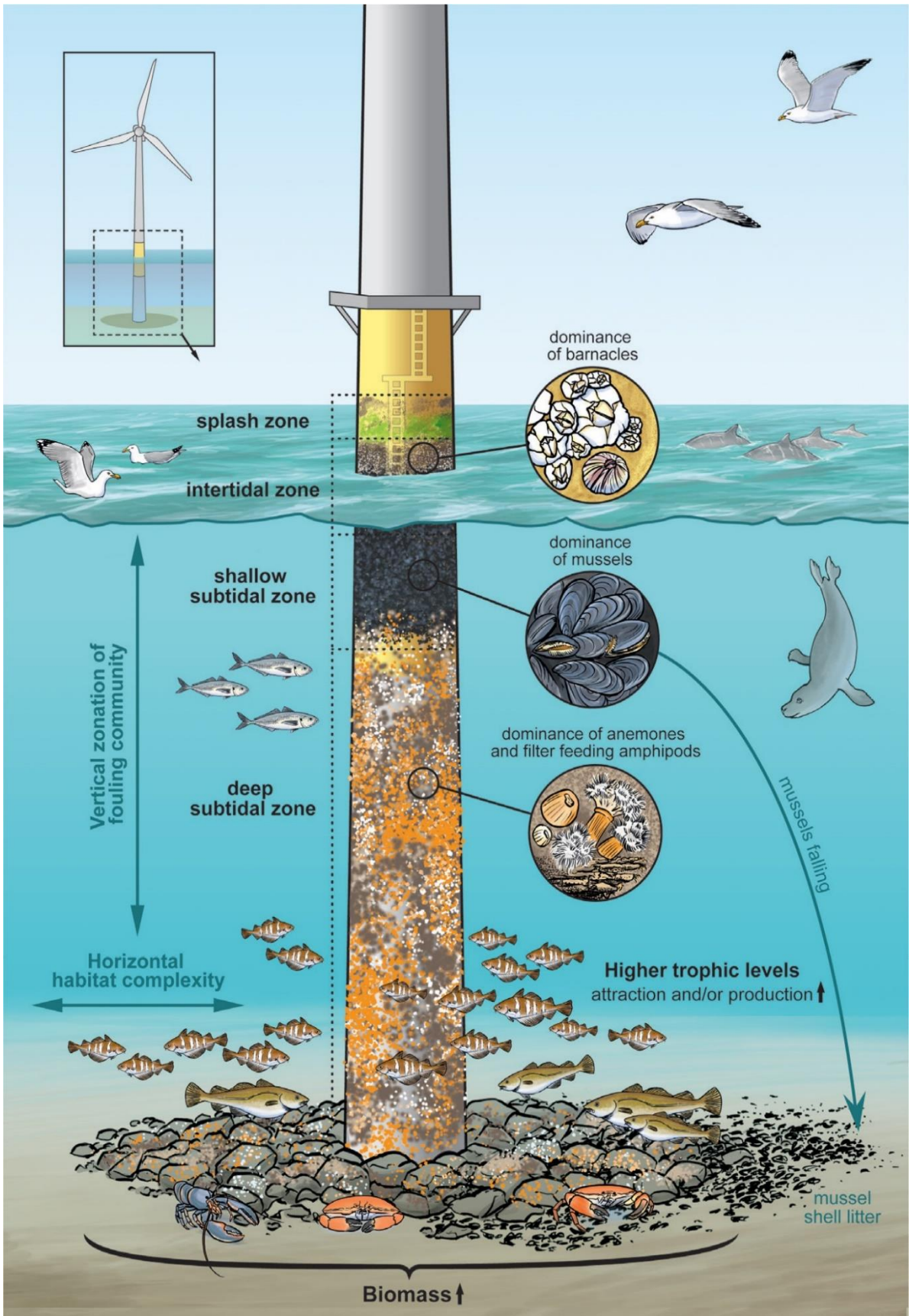
Een voorbeeld van de temporele ontwikkeling van de aangroei op een windmolen kan worden gevonden in de Belgische Noordzee. In twee Belgische windparken op zee (C-Power en Belwind) werd een kolonisatie gevonden van de turbines (zowel 'gravity-based-fundaties' als 'monopile-fundaties') in drie fases: een eerste vroege kolonisatiefase met een snelle opeenvolging van soorten, een soortenrijke tweede fase en een zeeanjer (een zeeanemoon, *Metridium Senile*) gedomineerde of zeeanjer-mossel (*M. senile-Mytilus edulis*) co-gedomineerde derde fase of 'climaxfase' (Kerckhof et al., 2019). Het bereiken van de laatste fase kan zes tot tien jaar duren, waardoor het bestempelen van windmolenparken als biodiversiteitshotspots mogelijk prematuur is, aangezien de tweede fase van kolonisatie soortenrijker lijkt te zijn (Kerckhof et al., 2019).

Een studie in het eerste Amerikaanse windpark op zee, Block Island Wind Farm (BIWF), toonde ook een duidelijke kolonisatie van mossel aan op de fundaties (*jackets*) van de turbines, waarbij verandering in het benthische habitat door de mosselkolonisatie binnen de 90m van het studiegebied werd aangetroffen: de biodiversiteit in het gebied ging omhoog mede omdat mosselen, op hun beurt weer nieuw driedimensionaal habitat vormen voor kleine rifsoorten en vissoorten (Hutchison et al., 2020). Na drie jaar was in BIWF te zien dat de mosselpopulatie zich ook buiten het bereik van de windmolenstructuren ging begeven, op plekken waar ze eerder niet waargenomen zijn (Hutchison et al., 2020).

Effecten van kolonisatie door *filter feeders*

Soorten die hard substraat koloniseren, bestaan voor een groot deel uit 'filter feeders', zoals mosselen, filterende kreeftjes, kokerwormen en anemonen, die organisch materiaal uit het water filteren. Dit kan de omgevingsfactoren binnen een windpark flink veranderen: het organisch materiaal wordt uit de waterkolom gefilterd en komt na vertering op de zeebodem terecht. Hierbij veranderen de omliggende bodemgemeenschappen door een grotere beschikbaarheid aan organisch materiaal binnen een windpark. Dit werkt vervolgens ook door op de hogere trofische niveaus, waarbij er ook een tekort aan voedingsstoffen in het water kan ontstaan door het wegfilteren. De veranderingen in het ecosysteem en het voedselweb zijn afhankelijk van de ecologische ontwikkeling en de effecten op soorten variëren dan ook in de ruimte en de tijd (Degraer et al., 2021; van Duren et al., 2021).

Met alle geplande windparken op de Noordzee kan het voorkomen van de mossel met 40% toenemen (Slavik et al., 2019). Wat precies de draagkracht is van de Noordzee voor *filter feeders* is nog een kennisleemte. Hutchison et al. (2020) beschrijven eenzelfde soort effect in BIWF: de hoge concentratie mosselen verandert de biodiversiteit, maar ook de lokale omstandigheden door het water te filteren, biologisch materiaal uit te scheiden richting de bodem waardoor de koolstofassimilatie toeneemt (Hutchison et al., 2020). Modelstudies tonen aan dat de aanwezigheid van mosselen de primaire productie zowel binnen als buiten het windpark significant kan veranderen (Slavik et al., 2019). Mavraki et al., 2020 bevestigen dit in een experiment met mosselen en *Jassa Herdmani*, waarbij de primaire productie in de Belgische Noordzee lokaal met 1,3% kan afnemen bij de opschaling van windenergie op zee. De gevolgen van de toename van *filter feeders* en veranderingen in de primaire productie in de (Nederlandse) Noordzee zijn nog onduidelijk, maar mogelijk kunnen er grootschalige effecten optreden in het voedselweb.



Figuur 1. Het habitat op en rond een windturbine, zoals beschreven in Degraer et al. 2021. Illustratie: Hendrik Gheerardyn, bron: Degraer et al. 2021.

Overige effecten

Over de ontwikkeling van het ecosysteem op het zacht substraat tussen de windmolens is nog minder bekend dan over de ontwikkeling op de structuren zelf. De soortensamenstelling van het zachte substraat binnen het Amaliawindpark bleek aan de hand van vergelijkingen tussen 2003, 2012, 2013 en 2017 zeer tijdsafhankelijk te zijn, (het uitsluiten van) visserij lijkt echter geen grote rol te spelen in de samenstelling van de benthische gemeenschap (Leewis et al., 2018).

Een modelstudie toont aan dat de platvis populaties in de Noordzee negatief effect kunnen ondervinden in hun voortplantingscyclus door de overlap van windparken op zee en paaigronden van de meest voorkomende platvissoorten in het zachte substraat (Barbut et al., 2020).

Link met Natuurversterking

Natuurversterking binnen windmolenparken kan niet los gezien worden van de effecten van windenergie op zee op de natuur. Effecten van windenergie op zee zullen ook te zien zijn op de natuur in windmolenparken. De inrichting van natuurversterking binnen windmolenparken is afhankelijk van de (lokale) doelstellingen. Voorbeelden van doelstellingen zijn een toename van bepaalde (doel)soorten of het uitbreiden van bepaalde typen habitat, zoals bijvoorbeeld de Nederlandse Natura2000 doelstellingen, of het behalen van een goede milieu toestand vanuit de Kaderrichtlijn Mariene Strategie. De natuurversterkingsmaatregelen kunnen op hun beurt faciliteren in het behalen van de doelstellingen, maar moeten geenszins een vervanging vormen voor maatregelen bedoeld om de doelstellingen te behalen.

Conclusie paragraaf 3.1:

Het huidige Noordzee ecosysteem wordt als verarmd beschouwd, onder andere omdat de natuurlijke platte-oesterriffen verdwenen zijn. Het aanbrengen van windmolenparken in de Nederlandse Noordzee verandert kenmerken binnen het huidige ecosysteem. Er kunnen lokale effecten optreden, alsook cumulatieve effecten. In de Nederlandse Noordzee fungeren onderdelen van windmolenparken als artificieel rif, met bijbehorende veranderingen in soortensamenstelling en populatiegroottes, niet alleen binnen de windparken, maar ook erbuiten. Ze kunnen echter niet gezien worden als vervangers voor de natuurlijke riffen. Natuurversterking in windmolenparken kan ook niet los gezien worden van de – mogelijk negatieve- effecten van windmolenparken op het ecosysteem. De invulling van natuurversterking is echter afhankelijk van de doelstellingen voor het verrijken van de huidige Noordzeenatuur.

3.2 Rifvormende soorten in de Nederlandse Noordzee

Het voorliggend rapport focust zich op natuurversterking van benthoshabitats in windmolenparken op zee. Grof gezien zijn er twee type habitats binnen een windmolenpark op zee: zacht substraat habitat (zand, slib) en hard substraat habitat (de infrastructuur van het windmolenpark). Riffen zijn een logische keuze voor natuurversterking binnen windmolenparken gezien de aangeboden ondergrond (Bureau Waardenburg, 2020). Voor het ontstaan van een rif kunnen actieve natuurversterkende maatregelen nodig zijn in de vorm van het aanbieden van (extra) substraat of het inbrengen van een bronpopulatie. Een aantal soorten kunnen faciliteren in de vorming van een rif. Rifbouwende inheemse soorten in de Nederlandse Noordzee zijn o.a. (Bureau Waardenburg, 2020):

- Platte oester (*Ostrea edulis*)
- Mossel (*Mytilus edulis*)
- Paardenmossel (*Modiolus modiolus*)
- Zandkokerworm (*Sabellaria sp.*)
- Schelpkokerworm (*Lanice conchilega*)

De Japanse oester (*Crassostrea gigas*), een invasieve exoot, zou mogelijk ook een faciliterende rol kunnen spelen. Echter, deze soort gedijt waarschijnlijk minder goed in waterdiepten groter dan 20 meter (Kardinaal et al., 2021b). Daarnaast is het actief stimuleren van een invasieve exoot een discussiepunt. Daarom blijft deze soort hier buiten beschouwing.

Van mosselen en de kokerwormsoorten bevinden zich grote bestanden in de open Noordzee (Bos et al., 2019). Het is daarom aannemelijk dat er genoeg larven in het water zijn om autonome vestiging te bewerkstelligen waar de natuurlijke omstandigheden geschikt zijn en het bodembeschermingsregime adequaat is. Voor mosselen is, door hun veelvuldige voorkomen, duidelijk dat vestiging op de bodem weliswaar plaatsvindt, maar dat de predatie in het algemeen hoog is. Men vindt ze daarom voor het merendeel op door de mens aangebrachte infrastructuur en in de bovenste waterlagen, zoals in o.a. Bos et al. 2019 ook wordt vermeld.

Voor de kokerwormen is niet bekend hoe lang het duurt totdat zich, bij adequaat bodembeschermingsregime, grootschalige riffen gaan vormen. Evenmin is bekend welke omstandigheden en bijbehorende locaties in de Nederlandse Noordzee daarvoor het meest geschikt zijn. In Bos et al. (2019) zijn weliswaar geschiktheidskaarten voor vestiging van deze soorten opgenomen, maar ze zijn grofmazig en de betrouwbaarheid van het gebruikte voorspellingsmodel is beperkt. Dat geldt met name voor zandkokerwormen, doordat de waarnemingen van deze soort zeer beperkt zijn, waardoor validatie van het gebruikte voorspellingsmodel niet goed mogelijk was (O. Bos, pers. com). Aan schelpkokerwormen zijn meer waarnemingen gedaan, zodat de geschiktheidskaart daarvoor een stuk betrouwbaarder is (O. Bos, pers. com). Een heel ander soort kennislacune is dat nog weinig bekend is over de mate waarin kokerwormriffen de mariene natuur kunnen verrijken: aan de bestaande riffen is nog maar weinig onderzoek gedaan op dat vlak.

Van paardenmosselen wordt vaak aangenomen dat ze weinig kansrijk in de zuidelijke Noordzee zijn, aangezien dit een diepwatersoort is. Toch worden in Bos et al. (2019) wel enige vondsten van losse exemplaren in de Nederlandse Noordzee vermeld. Mogelijk zijn daarom bij deze soort toch pogingen tot actief herstel gerechtvaardigd. Over de kansen op

ontwikkeling van riffen in de Nederlandse Noordzee is momenteel nog heel weinig te zeggen en in Bos et al. (2019) is dan ook geen geschiktheidskaart opgenomen.

De schelpdiersoort die, gezien zijn historische voorkomen, waarschijnlijk wel kansrijk is voor het vormen van riffen in de Nederlandse Noordzee is de platte oester (o.a. Bennema et al., 2020b; Sas et al., 2019; Smaal et al., 2015). Deze soort zal in een *case study* verder worden beschreven als kandidaat voor natuurversterkingsmaatregelen.

Voor alle soorten is een verbeterde kansenkaart nodig. Ook is nog weinig bekend over de omvang van de aan te brengen startpopulatie en de hersteltijd die het vervolgens vergt opdat zich autonoom handhavende riffen ontstaan. Ook zijn meer gegevens nodig over de wijze waarop en de mate waarin de mariene natuur van open zee verrijkt wordt door kokerworm- en platte oesterriffen.

Conclusie paragraaf 3.2:

- Mosselen komen vanzelf daar waar ze van nature thuishoren, maar waarschijnlijk in mindere mate op de bodem.

- Paardenmosselen worden als weinig kansrijk gezien in de Nederlandse Noordzee, zij het dat daar nog twijfel over kan bestaan.

- Kokerwormen komen waarschijnlijk vanzelf terug waar ze van nature thuishoren. Van zandkokerwormen is het nog zeer onzeker wat de omstandigheden en bijbehorende locaties zijn waar ze zich bij voldoende bodemrust kunnen vestigen en de tijd die vervolgens nodig is om tot het ontstaan van substantiële riffen te komen. Van schelpkokerwormen is enigszins duidelijk waar ze kunnen ontstaan, maar is ook de hersteltijd niet goed bekend.

- Platte oester is tot nu toe de meest voordehandliggende soort om in te zetten voor natuurversterkingsmaatregelen.

3.3 Projecten binnen en buiten windparken

Aan de hand van het literatuuronderzoek en de stakeholderconsultatie is een tijdlijn opgesteld met natuurversterkingsprojecten binnen en buiten windmolenparken in Noordwest Europa (Figuur 2), deze projecten zijn waar mogelijk weergegeven op de kaart in Figuur 3. Vanwege het tijdsbestek van de huidige opdracht is deze lijst mogelijk niet compleet, maar geeft het wel een beeld van de lopende natuurversterkingsprojecten.

In het kader van invulling van kavelbesluitvoorschriften voor natuurinclusief bouwen van windparken hebben vergunninghouders de volgende projecten in voorbereiding of uitvoering:

1. Borssele, I + II (Ørsted): kabeljauw en begeleidende biodiversiteit.
2. Borssele, III + IV (Blauwwind): platte oester en begeleidende biodiversiteit.
3. Borssele, V (Two Towers): platte oester en begeleidende biodiversiteit, "Eco-friendly scour protection" <https://www.vanoord.com/en/projects/borssele-wind-farm-site-v-turning-innovations-reality/>.
4. Hollandse Kust (zuid), I-IV (Vattenfall): kabeljauw en begeleidende biodiversiteit. Daarnaast zijn er op basis van resultaatvoorschriften in kavelbesluiten substantiële projecten (betreft 20% van (het oppervlak van) de turbinepalen) te verwachten in:
 5. Hollandse Kust (noord): maatregelen voor kabeljauw en begeleidende biodiversiteit of voor platte oesters en begeleidende biodiversiteit.
 6. Hollandse Kust (west), VI en VII: kabeljauw en begeleidende biodiversiteit.

Momenteel lopen er een aantal natuurversterkingsprojecten binnen windmolenparken (deels in relatie tot bovenstaande projecten):

- Project Blauwwind, in Borssele III + IV, in samenwerking met het programma De Rijke Noordzee, zie tekstbox op pagina 19 (<https://www.derijkenoordzee.nl/locaties/blauwwind>).
- Kabeljauwpijpriffen in Borssele I + II, project Ørsted in samenwerking met Wageningen Marine Research en programma De Rijke Noordzee, waarin Noordzeekreeften en kabeljauwen zijn getagd en uitgezet (<https://orsted.nl/onze-windparken/multifunctioneel-gebruik>, <https://www.derijkenoordzee.nl/locaties/orsted>).
- Project Luchterduinen 2.0 (Eneco en van Oord, in samenwerking met De Rijke Noordzee). Een vervolg op het pilotproject uit 2018, dat in 2022 gaat lopen, hierbij worden opnieuw platte oesters uitgezet, dit keer op de erosiebescherming van de turbines.
- Project in Hollandse Kust Zuid (Vattenfall), waarbij een natuurinclusief design getest en gemonitord wordt, in samenwerking met De Rijke Noordzee.
- Project in Gemini windpark (ZeeEnergie, in combinatie met WINOR) waarbij platte oesters uitgezet worden, in samenwerking met De Rijke Noordzee.
- Platte oesters in Gemini (Buitengaats, een samenwerking tussen ARK natuurontwikkeling, WNF, Bureau Waardenburg, SAS Consultancy en Wageningen Marine Research) (<https://www.ark.eu/nieuws/2018/oesterbank-windmolenpark-gezond>).
- Vishotels aan platform van TenneT Hollandse Kust Noord, "cable crossings" van TenneT met kalkhoudend materiaal.

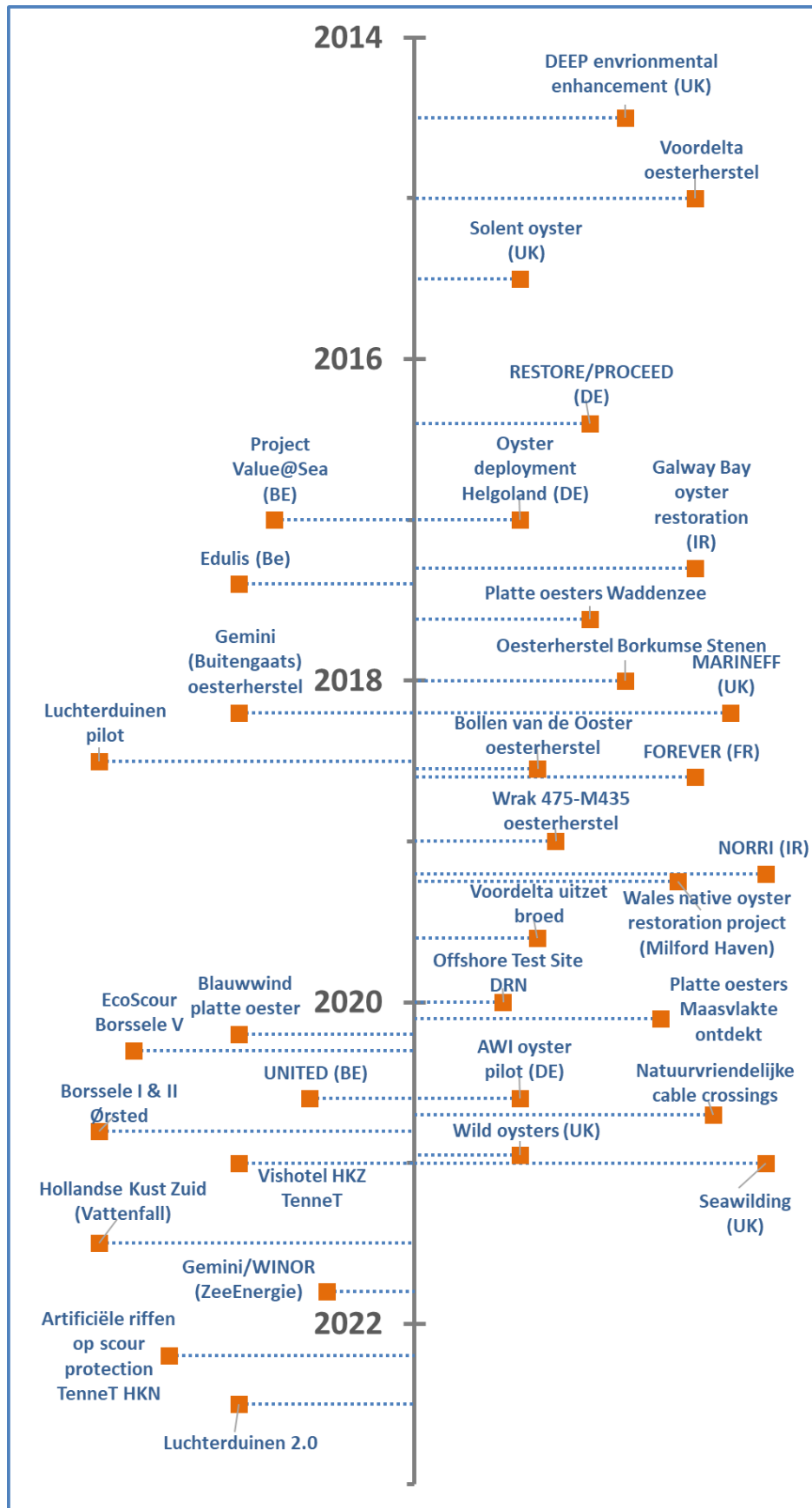
Naast de toegepaste natuurversterkingsprojecten, zijn er ook kennisprojecten die raken aan dit onderwerp, direct en indirect. Een aantal voorbeelden hiervan zijn gegeven in Tabel 2.

Aan de tijdlijn is duidelijk te zien dat er een toename is in de aandacht voor natuurversterking in de Noordzee. Projecten verschillen in type locatie (*nearshore* en *offshore*), doelstellingen en opzet. Vaak betreft het ook onderzoek, zowel praktijkgericht als fundamenteel. Buiten de weergegeven projecten in de tijdlijn en op de kaart, zijn er in de literatuur ook onderzoeken te vinden die meer focussen op het begrijpen, voorspellen en modelleren van de Noordzeenatuur en de effecten van de uitrol van windenergie op zee. Daarnaast is te zien dat verplichtingen gericht op natuur in de uitrol van windenergie op zee ook leiden tot meer (praktisch) onderzoek en pilotprojecten. De motivatie voor onderzoek of monitoring kan verschillen (Leeney et al., 2014), dit zou echter geen invloed moeten hebben op de resultaten. De resultaten zijn niet altijd beschikbaar omdat er veel lang lopende projecten tussen zitten; de natuur heeft tijd nodig om zich te ontwikkelen en dit kan tot tientallen jaren in beslag nemen.

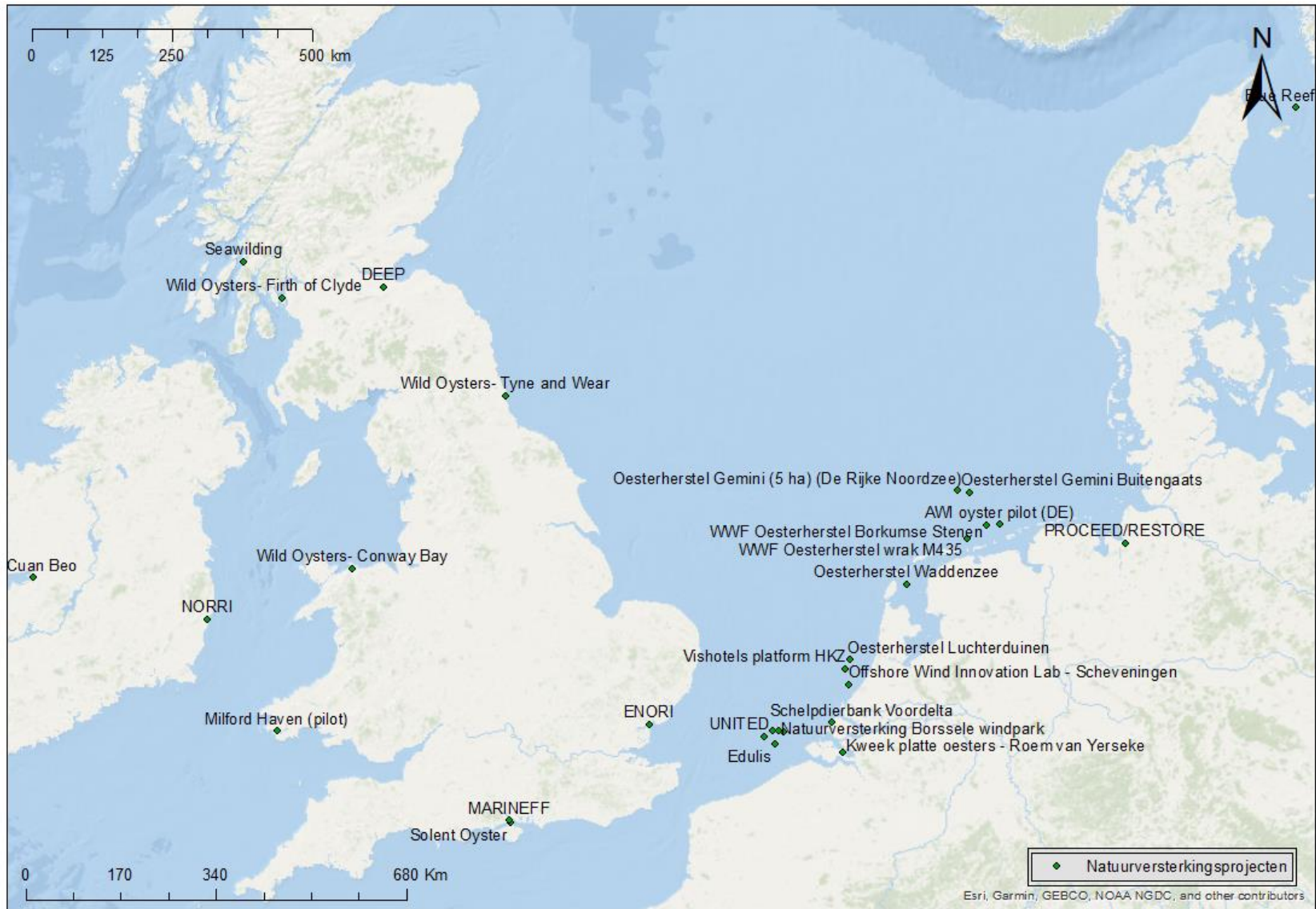
Veel onderzoeken richten zich op *nearshore* natuurherstel (m.n. schelpdierriffen, zoals de oesterprojecten in de Voordelta bij de Brouwersdam) en in mindere mate op natuurversterking in offshore gebieden, inclusief windmolenparken. Biodiversiteit is vaak een speerpunt. Het testen van verschillende natuurversterkingsmaatregelen gebeurt in het algemeen op relatief kleine schaal. De onderzoeksmethodieken variëren en zijn niet altijd met elkaar te vergelijken. Daarnaast kan de monitoring negatief worden beïnvloed door hoge kosten, regelgeving of slechte weersomstandigheden. De projecten verschillen ook, van één of enkele artificiële riffen tot aan het storten van enkele duizenden losse oesters. In de Nederlandse Noordzee zijn er nog geen echt grootschalige (meerdere hectares) projecten in windmolenparken. Het WINOR project gaat hier verandering in brengen. Ook de kavelbesluitvoorschriften van HKN en HKW VI en VII kunnen hier verandering in gaan brengen; ze schrijven maatregelen voor bij 20% van (het oppervlak van) de turbinepalen voor kabeljauw of platte oester. Daarnaast hebben WWF Nederland en ARK Natuurontwikkeling sinds 2018 een natuurherstelproject in de Borkumse Stenen. Buiten Nederland is alleen in de Duitse Noordzee een offshore natuurherstelpilot gaande, in het kader van het grote RESTORE project van het Alfred Wegener Instituut te Bremerhaven. Zowel klein- als grootschalige oesterherstelprojecten in *nearshore* gebieden zijn momenteel vooral te vinden rond de Britse eilanden.

Conclusie paragraaf 3.3:

In de (Nederlandse) Noordzee is een duidelijk toenemende trend te zien in het aantal offshore natuurversterkingsprojecten buiten en binnen windmolenparken. Kennis wordt vergaard in de vorm van praktische veelal nog kleinschalige natuurherstelprojecten, toegepast onderzoek, theoretisch onderzoek en pilotprojecten. Monitoring en de ontwikkeling van nieuwe technieken, alsook (ecosysteem)modelleren zijn onderdelen hiervan. Resultaten kunnen lang op zich laten wachten omdat de ontwikkeling van de natuur de tijd nodig heeft (tot tientallen jaren).



Figuur 2. Tijdlijn van natuurversterkingsprojecten binnen (links) en buiten (rechts) windmolenparken op zee in Noordwest Europa, tussen 2014 en 2023. Veel van de projecten zijn gericht op platte oester. In 2011 startte een pilotproject in Groot Brittannië: ENORI, deze is vanwege de ruimte op de tijdlijn niet weergegeven.



Figuur 3. Natuurversterkingsprojecten in en om de Noordzee. Met dank aan: Oscar Bos, WMR.

Project Blauwwind

Platte oesters aan de voet van windturbines op zee

De Rijke Noordzee onderzoekt hoe het onderwaterleven in de Noordzee weer kan floreren door gebruik te maken van de mogelijkheden van windparken. Door bodemverstoring, ziekten en veranderde omgevingsfactoren is de biodiversiteit enorm afgenomen en zijn veel vissen, schaal- en schelpdieren en ander zeeleven verdwenen. De Rijke Noordzee onderzoekt hoe we met het terugbrengen van innovatieve structuren en riffen de Noordzeebodem kunnen verrijken.

In het project Blauwwind plaatsen we platte oesters op de bodem bij de voet van windturbines. Oesters filteren het water en bieden een geschikte leefomgeving voor ander zeeleven zoals vissen, zachte koralen, garnalen en krabben. Oesters zijn een belangrijke basis voor een gezonde zee. In dit project onderzoeken we of de geplaatste oesters zich gaan voortplanten en hoe het onderwaterleven zich ontwikkelt rondom de oesters.



Tabel 2. Lijst* van kennisprojecten gelinkt aan natuurversterking in windmolenparken op zee in Nederland.
* Incompleteet

<i>Naam</i>	<i>In windpark Ja/Nee</i>	<i>Land</i>	<i>Type*</i>	<i>Onderwerp</i>	<i>Links</i>
JIP HASPRO	Ja	NL	NID	Ontwikkeling van een framework voor het ontwerp van een breed spectrum aan bodembeschermingsmethoden voor zowel funderingen als kabels.	<u>X</u>
EcoFriend	Ja	NL	Monitoring Herstel	In samenwerking met de industrie nieuwe methoden ontwikkelen om platte oesterbanken en de daarmee samenhangende biodiversiteit te (her)introduceren in offshore windparken.	<u>X</u>
ReViFes	Ja		Monitoring Herstel NID	Fundamentele kennis voor het herstel van biogene riffen in De Noordzee, Kwantificeren ecosysteemdiensten, integratie ecologie en erosiebescherming, methoden voor rifherstel op grote schaal in windparken.	<u>X</u> <u>X</u>
BENSO	Ja		NID	Methoden en technieken voor ontwikkelen implementeren en monitoren van biodiversiteit in offshore windparken. Het project richt zich op erosiebescherming.	<u>X</u> <u>X</u>
KOBINE	Ja	NL	Monitoring Herstel NID	Kosten en baten van biodiversiteitsmaatregelen in offshore windparken en innovatieve monitoringstechnieken.	<u>X</u>

* NID = Natuurinclusief ontwerp

3.4 Effecten van natuurversterkingsmaatregelen op biodiversiteit en ecologisch functioneren

3.4.1 Effecten in windmolenparken op zee

Natuurversterking in windparken is van recente datum, met een eerste project in 2018. Op dit moment bestaan actieve natuurversterkingsmaatregelen in Nederlandse windparken uit:

- 1) Aangepast ontwerp van de erosiebescherming om de riffunctie te vergroten (formaat, type materiaal) (natuurinclusief bouwen, mogelijk met natuurherstel of habitatcreatie tot gevolg, afhankelijk van de locatie);
- 2) Actief toevoegen van doelsoorten (o.a. platte oester) (natuurherstel of habitatcreatie, afhankelijk van de locatie);
- 3) Plaatsen van kunstmatige rifstructuren (natuurinclusief bouwen/habitatcreatie).

De effecten van natuurversterkingsmaatregelen, zijn afhankelijk van de omgevingsfactoren en gekoppeld aan de locatie en omstandigheden (Didderen et al., 2019a). Naast de omstandigheden en locatie kan ook het type structuur waar de versterkingsmaatregelen op worden getroffen invloed hebben op de uiteindelijke effecten (Lefaible et al., 2019).

Tot op heden (december 2021) zijn er nog niet veel afgeronde natuurversterkingsprojecten in Nederlandse windmolenparken op zee. Slechts één pilot heeft tot nu toe definitief resultaat gegeven; de pilot in Luchterduinen van 2018/2019 met 'Reef Balls' en oesterkooien met levende platte oesters (Hein Sas et al., 2018). Tijdens deze pilot was een toename aan biodiversiteit ten opzichte van de omliggende zandige bodem te zien met 19 verschillende aangetoonde taxa op de structuren (Didderen et al., 2019a). Waterkwaliteit en voedselvoorziening waren voldoende voor de uitgezette platte oesters om zich voort te planten. De constructie van de kooien was niet bestand tegen de omstandigheden op de zeebodem waardoor deze deels onder het zand zijn geraakt. De oesters die onder het zand terecht waren gekomen hebben het niet overleefd (Didderen et al., 2019a). In eerdere studies werd Luchterduinen als redelijk tot goede locatie bestempeld voor platte-oesterherstel (Kamermans et al., 2018a; Smaal et al., 2017). De overleving van de oesters bevestigt dit, de constructie van de structuren kan echter nog een verbeteringslag gebruiken.

Natuurversterking in windparken is pas sinds 2018 in de praktijk gebracht. Veel effecten hiervan zijn zodoende nog niet bekend. Verwachtingen zijn een toename aan biomassa voor bepaalde soorten (afhankelijk van de doelsoorten van de maatregelen) en een toename in de bijbehorende biodiversiteit (Hermans et al., 2020). Deze aanname is o.a. gebaseerd op bevindingen van onderzoeken naar biodiversiteitsontwikkelingen op andere antropogene structuren zoals bijvoorbeeld olie- en gasplatforms en

In het Nederlandse offshoregebied is een duidelijke trend te zien in het gebruik van platte oesters, als inheemse rifbouwende *filter feeder* in natuurversterkingsprojecten. Het succes van (oester)herstel of versterkingsprojecten is o.a. afhankelijk van de locatie. Niet alle windparken zijn geschikt voor oesterrifherstel (Robertson et al. 2021). Hetzelfde geldt voor andere soorten die wellicht tot de verbeelding spreken, zeegras is bijvoorbeeld minder geschikt voor projecten in windmolenparken op de Noordzee, maar heeft mogelijk wel potentie voor natuurversterkingsprojecten dicht bij de kust.

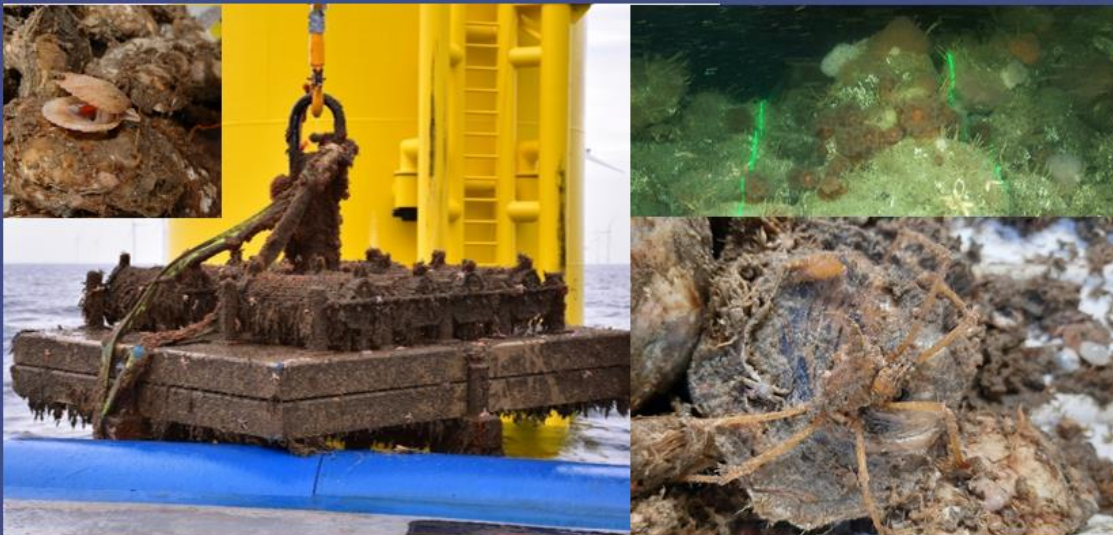
natuurversterkingsprojecten buiten windmolenparken (zie paragraaf hier onder). De platte oester kan, gezien zijn brede vroegere voorkomen op de open Noordzee, een sleutelsoort zijn in het vormen van natuurlijke riffen in windparken op zee. Vanwege de bodemrust is een windpark op zee een logische keus voor het implementeren van oesterherstelprojecten (Smaal et al., 2015). Platte oesters inzetten in natuurversterkingsprojecten in windmolenparken kan bijdragen aan doelstellingen omtrent biodiversiteit, herstel van ecosysteemfuncties en de verbetering van ecosystemendiensten (Kamermans et al., 2018b) binnen het windpark, maar kan ook bijdragen aan de verdere verspreiding van platte-oesterriffen in de Noordzee.

Resultaten tot nu toe in het Blauwwind-project

Na plaatsing van 2400 platte oesters in oestermanden op de erosiebescherming in windpark Borssele III & IV is in juli 2021 de eerste monitoring uitgevoerd.

Voorlopige resultaten van deze monitoring:

- Hoge overleving van de oesters (96,3%);
- Significante groei van de oesters bij alle vier de *monopiles* waar manden geplaatst zijn;
- 32 verder onderzochte oesters hadden geen van allen *Bonamia*-infectie of ontwikkeling van geslachtsorganen;
- Op de oestermanden was een hoge biodiversiteit te zien. Op de ROV-videobeelden zijn 38 soorten waargenomen, met behulp van eDNA zijn 37 soorten aangetoond, hiervan overlappen slechts 11 soorten wat het belang van complementaire monitoringstechnieken benadrukt;
- Resultaten van de larvenmonitoring worden in Q1 2022 verwacht.



Tot nu toe is aangetoond dat het plaatsen van oesters in windmolenparken mogelijk is, dat de overleving van de oesters hoog is, en dat er voorplanting plaats vindt. Daarnaast is aangetoond dat de plaatselijke biodiversiteit na het plaatsen van oestermanden of kooien omhoog gaat. Een beperkende factor voor de rifontwikkeling binnen windparken is de dynamiek, waardoor begraving of wegspoeling plaatsvindt (zie ook de *case study* hieronder). Ook het hoge aantal *filter feeders* in hogere waterlagen op de *monopiles* (met name

mosselen), die in competitie kunnen komen met de platte oester voor het fytoplankton, kunnen een beperkende factor vormen (Sas et al., 2019). Dit zou ook kunnen gelden voor andere voorkomende *filter feeders*. In de praktijk wordt dit tot op heden niet bevestigd.

3.4.2 Effecten van natuurversterkingsprojecten buiten windmolenparken op zee

Natuurversterkingsprojecten buiten windmolenparken op zee kunnen inzicht verschaffen in de ontwikkeling van soorten en habitats. Deze kennis kan vervolgens toegepast worden om windmolenparken zo optimaal mogelijk te situeren én in te richten. In de Nederlandse Noordzee zien we in de afgelopen 10 jaar voornamelijk projecten rondom platte oester. In de paragraaf hieronder wordt verder ingegaan op projecten met platte oester in de Nederlandse Noordzee en de lessen die hiervan geleerd kunnen worden. Ook wordt verder ingegaan op natuurversterking van de Nederlandse Noordzee, gericht op schelpdierbanken met als focus de platte oester.

Conclusie paragraaf 3.4:

Resultaten tot nu toe laten zien dat het uitzetten van platte oesters als natuurversterkingsmaatregel mogelijk is. Effecten rondom een toename van biodiversiteit zijn waargenomen.

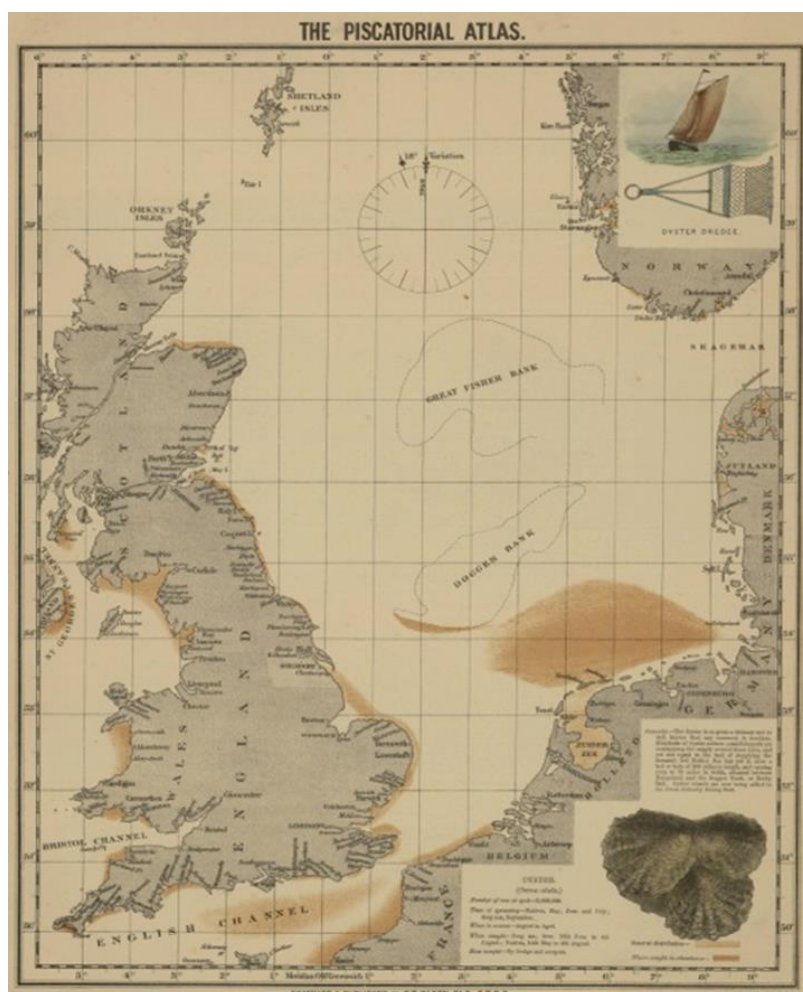
Effecten van natuurversterking buiten windmolenparken kan inzicht verschaffen in de effectiviteit en effecten van de maatregelen om deze toe te kunnen passen binnen windmolenparken. Meer onderzoek is nodig omdat er nog beperkt resultaten bekend zijn van natuurversterkingsmaatregelen binnen windmolenparken op zee om de effecten goed te duiden.

Case study: platte oesters

Vanwege de relatieve (bodem)rust in een windmolenpark op zee krijgt de natuur de kans zich te ontwikkelen. Door het treffen van actieve maatregelen kan deze natuur ondersteund worden in zijn ontwikkeling. Momenteel zijn er in de Noordzee veel zandige gebieden, waar vroeger veel oesterriffen voorkwamen. Grootschalige schelpdierriffen zijn alleen op enkele *nearshore* locaties nog aanwezig (Voordelta, Maasvlakte, Waddenzee). De Platte oester is een rifbouwer; de aanwezige oesters kunnen riffen vormen doordat de individuen zich naast en op elkaar vestigen. Deze riffen vormen leefgebied voor veel andere soorten. Door de eigenschappen van de platte oester – inheemse soort, kweekbaar, relatief groot, *filter feeder*, harde schaal, diep water soort (tot 80 meter) – is het een soort die goed ingezet kan worden om een *offshore* rifhabitat een kickstart te geven. De nog bestaande riffen blijken zowel hoog in biomassa als biodiversiteit. Dit hoofdstuk gaat in op de platte oester en het inzetten van deze sleutelsoort bij natuurversterking.



Figuur 4. Een platte oester, in Zeeland, Nederland. Foto: Renate Olie.



Figuur 5. Platte oesterriffen (oranje gekleurde gebieden) zoals die eind 19^e eeuw in de Noordzee en de Kanaalzone voorkwamen. Bron: Olsen 1883.

In het niet al te verre verleden waren er naast andere vormen van hard substraat ook grote arealen oesterbanken (*Ostrea edulis*, platte oester, Figuur 4) aanwezig in de Nederlandse Noordzee, zie Figuur 5 (Coolen, 2017; Olsen, 1883). Door menselijk ingrijpen zoals overbevising en effecten van sleepnetvisserij maar ook ziektes, zijn de oesterbanken vrijwel geheel verdwenen (Airoldi and Beck, 2007; Coolen, 2017; Smaal et al., 2015). Momenteel zijn op enkele plekken in de kustzone van de Noordzee platte-oesterriffen (al dan niet gemengd met Japanse oester *Crassostrea gigas*) aanwezig, waaronder in de Voordelta.

Uit onderzoek is af te leiden dat een schelpdierrif een

hogere biodiversiteit geeft dan de omliggende zandige habitats, zoals in het gemengde rif in de Voordelta met Japanse oesters, mosselen en platte oesters: De hoeveelheid epibenthische soorten bleek 60% hoger dan in het naastliggende zandige substraat (Christianen et al., 2018).

Een ander voorbeeld is het project waarbij platte oesters in de Borkumse stenezijn uitgezet, waarbij tijdens monitoring in 2019 42 verschillende soorten werden gevonden en in 2020 84 (Didderen et al., 2019b; Kardinaal et al., 2021a), zie tekstbox hier onder.

Platte oesters bij de Borkumse stenen

In 2018 plaatsen het Wereld Natuur Fonds en ARK natuurontwikkeling platte oesters in het gebied De Borkumse Stenen. In 2019 werden al nakomelingen gevonden op de uitgezette oesters. In 2019 werden 42 soorten gevonden in het onderzoeksgebied, in 2020 waren dit er 84. Conclusies die getrokken konden worden na monitoring in 2020 (o.a.): na 28 maanden waren er nog steeds oesters aanwezig in het gebied. De dichtheid was minder hoog dan verwacht en kan mogelijk verklaard worden door verspreiding van de individuen door bijvoorbeeld storm. De resultaten tot nu toe zien er veelbelovend uit. (Didderen et al. 2019, Kardinaal et al. 2021)



Figuur 6. Biodiversiteit op een platte oester en een artificieel rif bij de Borkumse stenen. Bron: Kardinaal et al. 2021.

Voorwaarden natuurversterking oesterriffen

Historische gegevens over het verspreidingsgebied van oesterbanken kunnen worden beschouwd als een kwalitatieve maatstaf voor de geschiktheid van habitats voor oesterherstel (Smaal et al., 2017). Het is echter geen garantie dat de condities geschikt zijn in de huidige werkelijkheid. De afwezigheid van oesterbanken kan de processen van sedimentatie en resuspensie wezenlijk hebben veranderd (Kamermaans et al., 2018a). Daarnaast is de exacte plaatsing en ecologie van oesters in het verleden nooit met volledige zekerheid te herleiden (Bennema et al., 2020a) De volgende factoren zijn belangrijk voor de ontwikkeling van oesterbanken volgens Smaal et al. (2017): i) grootschalige en kleinschalige zeebodemdynamieken, ii) sedimentsamenstelling, iii) zwevende deeltjes niveaus in de waterkolom en iv) de mogelijkheid voor kansrijke voortplanting (voldoende voedsel).

Kamermans et al. (2018a) geven een opsomming van deze omgevingsvariabelen, zoals in Tabel 3.

Tabel 3. Omgevingsvariabelen voor habitatgeschiktheid van platte oester. Uit Kamermans et al., 2018a.

Kenmerken	Draagwijdte
Sedimentsamenstelling	Fijn zand (>63 µm) en stevig slib of slibhoudend grind met schelpen en stenen
Bodemschuifspanning (tau N/m²)	Gemiddelde < 10
Bodembeweging (cm/day)	< 0.8
Zwevendstofgehalte (mg/l)	< 50
Temperatuur winter, T_{min} (°C)	> 3
Temperatuur zomer, T_{max} (°C)	< 30
Zuurstofgehalte (mg/l)	> 3.5
Zoutgehalte	25 – 35
Voedselconcentratie (chla in µg/l)	Groei > 0.5, ontwikkeling geslachtskenmerken > 1.68
Larvenretentie	Larven blijven relatief dichtbij punt van loslaten (klein verspreidingsgebied)
Predatie	Hoge predatiedruk kan een populatie decimeren
Concurrentie	Competitie voor voedsel kan groei en reproductie limiteren.

Factoren die op dit moment waarschijnlijk geen limiterend effect op oesterontwikkeling in de Nederlandse Noordzee hebben zijn volgens Smaal et al. (2017): fytoplankton, zoutgehalte en zuurstofgehalte. Predatie en concurrentie spelen ook een rol, momenteel is het echter nog onbekend in hoeverre deze factoren limiterend zijn voor de ontwikkeling van oesterbanken (Smaal et al., 2017). Aanwezigheid van lege schelpen of ander hard substraat faciliteert de vestiging van larven (Sas et al., 2019), de afwezigheid hiervan kan derhalve mogelijk limiterend werken voor de verspreiding van platte oesters. Gebieden met de laagste netto stroming worden vaak geselecteerd voor restauratieprojecten, omdat daar de oesterlarven minder ver van de ouderdieren wegraken (vestiging van jonge oesters in de buurt van de ouderdieren is een voorwaarde om een zichzelf handhavend rif te krijgen). Getijdestroming is minder problematisch en vindt overal in de Noordzee plaats. Al deze omgevingsvariabelen dienen meegenomen te worden in de afwegingen of platte oesterrifherstel (of andere natuurversterkingsprojecten) zinvol of haalbaar zijn binnen windmolenparken. Het samenbrengen van op bepaalde locaties heersende omgevingscondities en de omgevingseisen die het herstel van platte-oesterriffen stelt is echter nog niet gebeurd.

Het probleem dat zich bij platte oester voordoet is echter dat de grote riffen die ooit op open zee bestonden verdwenen zijn. Alleen in de kustwateren komen nog platte oesterbestanden voor, in de regel gemengd met Japanse oesters (Kardinaal et al., 2021b; H. Sas et al., 2018; van der Have et al., 2019, 2017), maar uitbreiding daarvan naar open zee wordt - door de beperkte verspreidingscapaciteit van deze soort - niet op afzienbare termijn verwacht. Hier en daar worden op open zee nog wel individuele exemplaren aangetroffen en zelfs zijn, ten noorden van de Waddenzee, larven aangetroffen bij monitoring in het kader van het Ecofriend project (Bos, O. et al., 2020). Dit doet vermoeden dat ergens op de Noordzeebodem nog wel kleine wilde bestanden liggen, maar deze zijn nooit gevonden.

In het Amalia windpark werd in 2013 platte oesters aangetroffen zonder actieve herstelmaatregelen (Vanagt and Faasse, 2014). Ook andere recente waarnemingen van platte oesters op wrakken, boeien en in windparken in de Noordzee laten zien dat de platte oester kan overleven, zich kan voortplanten en verspreiden op open zee (Kerckhof et al., 2018). Om daadwerkelijk een rif te bouwen is echter wel meer nodig dan een enkele oester. Voor de ontwikkeling van een rif zijn voldoende larven nodig, waarbij dus een voldoende grote ouderpopulatie aanwezig dient te zijn.

Pilots en onderzoek

In diverse pilots wordt geprobeerd om platte-oesterriffen actief op open zee te herintroduceren, door (nu nog beperkte) startpopulaties aan te leggen: zonder die startpopulaties komen deze daar niet op afzienbare termijn terug. Het is alleen nog weinig duidelijk waar aanlegpogingen voor platte-oesterriffen de grootste kans hebben. De bodemsamenstelling en de dynamiek van bodem en waterkolom, plus de manier waarop volwassen oesters op de bodem en larven in de waterkolom op die dynamiek reageren zijn van groot belang zijn voor de vestiging van platte-oesterriffen. Deze factoren zijn in Bos et al. (2019) in het gebruikte voorspellingsmodel alleen grof ingeschat (larvenbeweging), of ontbreken geheel (bodemsamenstelling en -dynamiek, reactie van oesters daarop). Ook is nog niet goed bekend hoe groot de startpopulatie moet zijn opdat daaruit een zelfstandig handhavend of uitbreidend rif ontstaat en hoe lang dat duurt vanaf het begin van het aanbrengen van die startpopulatie.

Van platte oesterriffen op open zee is - uiteraard, zolang ze er nog niet zijn - nog niet bekend hoe ze de mariene natuur op open zee kunnen verrijken. Onder andere afgaand op onderzoek aan het gemengde oesterrif in de Voordelta (Christianen et al., 2018) kan er wel van uit worden gegaan dat ze voor een belangrijke vergroting van de biodiversiteit zullen zorgen, maar niet in welke mate en op welke wijze dat op open zee gaat gebeuren.

Meerdere projecten boeken echter wel positieve resultaten. In Bijlage 2 is een overzichtstabel weergegeven van de volgende oesterprojecten: Luchterduinen, Blauwwind en Gemini (binnen windparken), en de Borkumse stenen en Helgoland (buiten windparken). Dit zijn niet alle lopende platte-oesterprojecten, maar slechts een selectie hiervan. Uit deze tabel kan het volgende worden samengevat:

In 2018 werd door Kamermans et al. (2018b) aangeraden om de geschiktheid van windparken op zee voor het herstel van platte oesters te verifiëren, met behulp van empirische tests. Op het moment van schrijven (november 2021) lopen er in diverse windparken proeven op dit gebied (Borsele-windpark, Gemini-windpark, plannen voor Luchterduinen-windpark) én is er buiten windparken al veel geleerd over het voorkomen, voortplanten en de verspreiding van platte oesters. Door op land te werken aan een betrouwbare kweek van *Bonamia*-vrije oesters, is de noodzaak voor import in de toekomst overbodig.

- Nederlandse pilots (zowel binnen als buiten windparken): volwassen oesters van buiten de Noordzee overleven in hoge mate en groeien goed, in uitzetmiddelen en op de bodem. Volwassen oesters maken veelal al geslachtsorganen, waargenomen in monsters uit

kooien. Dit duidt op een goede gezondheid en dus op goede groeiomstandigheden in de Nederlandse Noordzee. In lijn hiermee zijn veelal ook larven in het water gevonden, bij uitzetting in kooien en waarschijnlijk ook bij los gestrooide oesters.

- Helgoland: zeer jonge oesters overleven na initiële sterfte ook goed en groeien dan zeer snel, maken zelfs na ongeveer 1 jaar geslachtsorganen, ondergaan seksewisseling en produceren larven. Dit is extreem snel, en duidt opnieuw op goede groeiomstandigheden in de Noordzee. De jonge oesters kitten soms ook aan elkaar, geholpen door andere soorten en laten daardoor zien dat ze riffen kunnen bouwen.
- Vestiging van jonge oesters: in geringe mate waargenomen in de Borkumse Stenen.
- Biodiversiteit in/rond pilots: neemt waarschijnlijk toe (kwalitatieve waarneming).
- Predatie: op los uitgestrooide volwassen oesters gering, invloed op jonge oesters nog onduidelijk (zaten allen in kooien). Predatoren waargenomen (zeesterren en krabben).

Verder is op basis van afspraak 4.43 van het Noordzeeakkoord een gebied van 100 km² voor oesterherstel voorzien binnen de visserijvrije zone van het Friese Front, zoals inmiddels ook is vastgelegd in het (aanvullend) ontwerp van het Programma Noordzee 2022-2027.]

Uitdagingen

Actief herstel van platte oesterriffen in Nederlandse wateren lijkt haalbaar. Er zijn echter nog wel een aantal uitdagingen die overwonnen moet worden om tot zichzelf handhavende en rijke riffen te komen. De uitdagingen zijn op het gebied van kennisontwikkeling en productie (Kamermans et al., 2020), als ook op het gebied van overheidsmaatregelen en financiering. De draagkracht voor oesters in de Nederlandse Noordzee is nog niet duidelijk; modeloefeningen op basis van veldmetingen zijn nodig om in te schatten wat een realistische verwachting is in de toekomstige Noordzee met de aanwezigheid van grootschalige windparken en bijbehorende mosselpopulatie (Kamermans et al., 2018a).

3.5 Discussie

3.5.1 Schaal

Op dit moment worden er op een aantal locaties in de Nederlandse Noordzee onderzoek en pilotprojecten uitgevoerd om natuurversterking toe te passen binnen windmolenparken. Het onderzoek en de pilots lopen uiteen van monitoring binnen en buiten windmolenparken zonder aanvullende natuurversterkingsmaatregelen, tot actieve natuurversterking in de vorm van natuurinclusief bouwen, het plaatsen van artificiële riffen en actief uitzetten van oesters. De windmolenparken zijn door de huidige wet- en regelgeving één van de weinige locaties in de Nederlandse Noordzee waar voorsnog relatieve bodemrust gegarandeerd is voor de ontwikkeling van de benthos gemeenschap, door de uitsluiting van sleepnetvisserij. De schaal van de huidige projecten tegenover de schaal van de uitrol van windenergie op zee is minimaal (Figuur 7). Er kan wel geleerd worden van de lopende projecten binnen en buiten windparken, om deze in de toekomst zo optimaal mogelijk in te richten. Het plaatsen van windmolens op zee en het hiermee creëren van habitat kan in sommige gevallen gezien worden als (passief) natuurherstel (Wilson and Elliott 2009). Het voorliggende rapport wil echter benadrukken dat natuurversterking in windmolenparken géén vervanging is en mag zijn van het verbeteren van de Noordzee natuur als op zichzelf staand doel. Verbeteren van de Noordzeenatuur is nodig, vanwege de achteruitgang van de natuur en vanwege het gebruik van de Noordzee met bijkomende effecten. Het verbeteren van de natuur in een



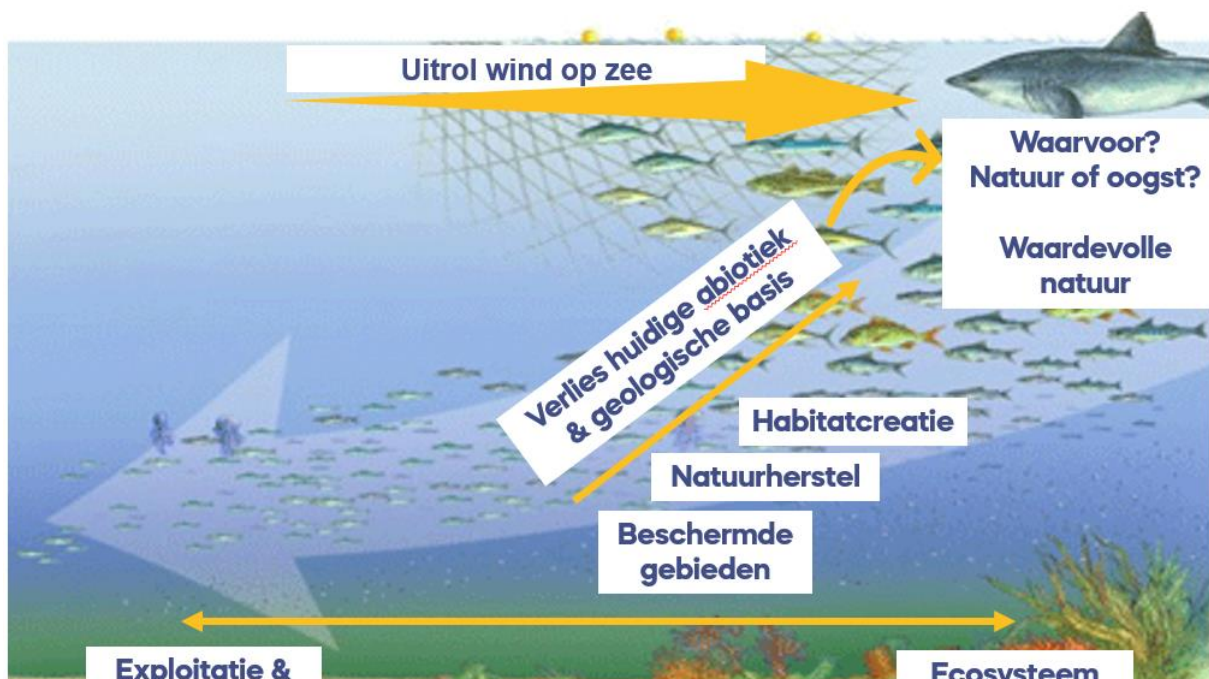
Figuur 7. Huidige schaal van natuurversterking binnen windmolenparken. Dit is slechts een illustratie van de schaalgrootte van (huidige) natuurversterkingsprojecten. In deze afbeelding worden niet alle natuurversterkingsprojecten getoond die momenteel in windmolenparken op zee uitgevoerd worden.

windmolenpark is niet voldoende om deze effecten in evenwicht te brengen met de behoefte aan een verbeterde ecologische kwaliteit.

Windmolenparken op zee kunnen mogelijk wel bijdragen in de vorm van *OECMs* ('*Other effective area-based conservation measures*')¹⁶.

3.5.2 Visie vorming

Er is al veel bekend over de Noordzee. Wat er echter nog niet is, is een breed gedragen visie voor de Noordzeenatuur. Het Noordzeeakkoord is een eerste stap in dit proces ([Het akkoord voor de Noordzee, 2020](#)), alsook het ontwerp van het Programma Noordzee ([ontwerp programma 2022-2027](#)). Het doel is echter vaak nog niet duidelijk (genoeg). Terug naar het verleden is niet mogelijk, wel vooruit naar de toekomst (Noordzeedagen, 2021). De discussie hierin gaat voornamelijk over natuurherstel tegenover habitatcreatie. Is het wel ethisch verantwoord om habitat te creëren op een locatie waar dit habitat historisch gezien niet aanwezig was? Deze vraag is moeilijk te beantwoorden. Daarvoor zal eerst in kaart moet worden gebracht hoe de Nederlandse Noordzee er uit heeft gezien in het verre verleden qua biodiversiteit, habitats, soortensamenstelling en biomassa (Bennema et al. 2020 geven een inzicht in de historische verspreiding van platte oesters). Ook is er geen consensus over habitatcreatie (is het wel ethisch verantwoord om habitat te creëren op locaties waar dit habitat van nature niet voorkwam?) en het al dan niet toepassen van natuurversterkende



Figuur 8. De Noordzee als verarmd ecosysteem. Door natuurversterking toe te passen kan verlies van de huidige abiotiek en geologische basis optreden. De uitrol van windenergie op zee kan dit effect versterken maar ook natuurversterking faciliteren. De doelstellingen op het gebied van natuur en ecosystemen in de Noordzee zijn nog niet altijd duidelijk. Bron: S. Van Sluis, Noordzeedagen 2021. Originele bron achtergrond illustratie: www.fishingdown.org

¹⁶ Een OECM is een geografisch afgebakend gebied anders dan een beschermd gebied, dat wordt bestuurd en beheerd op een manier die positieve en duurzame langetermijnresultaten oplevert voor het in situ behoud van de biodiversiteit, met bijbehorende ecosystemefuncties en -diensten en, waar van toepassing, culturele, spirituele, sociaal- economische en andere lokaal relevante waarden. Zie <https://www.iucn.org/commissions/world-commission-protected-areas/our-work/oecms> .

maatregelen die gericht zijn op hard substraat habitat en soorten in een op dit moment zandig en hoogdynamisch gebied.

Figuur 8 geeft een schematisch overzicht van de huidige kijk op natuurversterking in de Noordzee. Hierbij is het uitgangspunt dat het huidige Noordzee-ecosysteem is verarmd door menselijk gebruik. Natuurversterkende maatregelen in de vorm van beschermde gebieden, natuurherstel en habitatcreatie kunnen bijdragen aan het herstel van het ecosysteem. Dit kan echter wel gepaard gaan met grote veranderingen in de huidige abiotische kenmerken van het systeem, met nog onbekende effecten op het ecosysteem. De uitrol van windenergie op zee kan zodoende faciliteren in de natuurversterking, maar neemt tegelijkertijd ook risico's voor het ecosysteem met zich mee.

De uitbreiding van windenergie op zee gaat in een zeer hoog tempo. Wetenschappelijke onderzoeken kosten tijd en kan niet in hetzelfde tempo uitgevoerd worden als de uitrol van windenergie op zee. Vanwege de druk van klimaatverandering en de noodzaak voor duurzame energie is geaccepteerd dat er gewerkt wordt met verschillende snelheden voor de uitrol en wetenschappelijk onderzoek. Voor het schrijven van een volledige visie, die recht doet aan de Noordzee en de potentie voor natuur in windparken op zee, is soms informatie nodig die nu nog ontbreekt, zoals de hierboven beschreven breed gedragen visie voor de Noordzeenatuur. Daarnaast heeft de natuur de tijd nodig om zich te ontwikkelen, een toekomstvisie heeft die tijd ook nodig en is daarom een levend document. In dit rapport zal geen volledige visie worden beschreven, maar worden bouwstenen of ingrediënten voor de toekomst aangereikt en aangeraden wordt het huidige onderzoek te herhalen. Met de verkregen inzichten zal het levende document uitgroeien tot een duidelijk visie.

3.5.3 Meervoudig gebruik van windparken

Een aanverwant discussiepunt is het medegebruik van windparken op zee, waarbij een windpark opgedeeld wordt in verschillende zones voor verschillende extra gebruiksopties. Voorbeelden hiervan zijn voedselvoorziening zoals aquacultuur, passieve visserij of zeevicultuur en ander vormen van energieopwekking zoals zonne-energie. Momenteel wordt natuurontwikkeling veelal ook gezien als een vorm van medegebruik. Diverse stakeholders brengen daartegenover in dat de natuur juist de basis voor een goed functionerend systeem vormt. Hierdoor zou natuur geen medegebruiker zijn, maar het uitgangspunt voor al het andere gebruik. Er is hier echter ook sprake van een schijntegenstelling, omdat in het ene geval "medegebruik" wordt opgevat als "ruimtelijk medegebruik", waarbij natuurontwikkeling als een geografische bestemming wordt gezien, en in het andere geval als "economisch medegebruik", waarbij natuurontwikkeling zich vanzelfsprekend onderscheidt van daadwerkelijke vormen van "economisch medegebruik", zoals passieve visserij en aquacultuur.

Voorwaarde voor het (ruimtelijke) medegebruik van de natuur in windmolenparken op zee is dat er ook ruimte (en rust) over blijft om de natuur haar gang te laten gaan. Vanuit de stakeholderconsultatie komt bovendien meerdere malen naar voren dat het opdelen van een windmolenpark voor verschillende doeleinden zo min mogelijk moet gebeuren: hoe groter de onderdelen, hoe voordeliger voor de natuur. Daarmee zou een conclusie kunnen zijn om de grootste natuurversterkingsmaatregelen buiten de windparken te realiseren.

3.5.4 Ontmanteling

De huidige Nederlandse wetgeving stelt dat, nadat een windpark buiten gebruik is gesteld, het moet worden verwijderd (eerste lid Artikel 6.16l van het Waterbesluit¹⁷). De verwijderplicht voor windparken vloeit mede voort uit verdragsrechtelijke verplichtingen uit het OSPAR-verdrag¹⁸ en het Londen Protocol¹⁹. Op grond van artikel 6.3 van de Waterwet is het verboden zich in zee te ontdoen van op de zeebodem opgerichte werken. Het Waterbesluit stelt echter ook: het eerste lid is niet van toepassing, indien op grond van artikel 6.3, eerste lid, aanhef en onderdeel b van de wet, een vergunning is verleend.

Op het moment van schrijven is het uitgangspunt dat alle nieuwe windmolenparken op zee na een levensduur van circa 30 tot 40 jaar, weer verwijderd worden. De natuur die zich heeft gevestigd op de aanwezige infrastructuur (erosiebescherming, fundaties, turbines) kan hiermee ook verloren gaan. Het is daarom van belang ook nu al na te denken, ondanks de eventuele vergunning die kan worden verleend voor het niet verwijderen van onderdelen van het windpark, over de eventuele ontmanteling van een windpark, en hier eventueel rekening mee te houden in het ontwerp van natuurversterkende maatregelen. Hierbij kunnen verschillende denkrichtingen ontstaan:

- Natuurversterking op de infrastructuur heeft geen zin als deze na de levensduur van het windpark toch weer verwijderd wordt;
- Natuurversterking op de infrastructuur heeft tijdelijke nut gedurende de levensduur van het windpark;
- Natuurversterking op de infrastructuur heeft een rol als startlocatie voor de natuur, waarvan uit de natuur zich verder kan uitbreiden en de versterkende maatregel in de toekomst niet meer nodig is.

Momenteel wordt er in de inrichting van natuurversterkende maatregelen in windparken op zee rekening gehouden met eventuele ontmanteling door:

- Structuren te plaatsen die relatief makkelijk terug te vinden en uit het water te verwijderen zijn;
- Te experimenteren met bio-afbreekbare structuren die aan het einde van de levensduur van een windpark volledig zijn afgebroken waardoor ontmanteling overbodig is geworden;
- Maatregelen toe te passen zonder de toevoeging van onnatuurlijk materiaal.

¹⁷Besluit van 30 november 2009 houdende regels met betrekking tot het beheer en gebruik van watersystemen, zie <https://wetten.overheid.nl/BWBR0026872/2020-10-01#Hoofdstuk6>.

¹⁸ De OSPAR Commissie (15 landen in het noordoostelijk Atlantisch gebied) en de EU zijn verdragspartijen) houdt zich bezig met de implementatie van OSPAR's 'North East Atlantic Environment Strategy', zie <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/trb-1993-16>.

¹⁹ Protocol van 1996 bij het Verdrag inzake de voorkoming van verontreiniging van de zee ten gevolge van het storten van afval en andere stoffen van 1972, zie <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/trb-1998-134.html>.

Samenvatting paragraaf 3.5:

Omdat er op het gebied van natuurversterking nog veel kennisleemten zijn en de meningen soms uiteenlopen, is kort de stand van zaken beschreven over de onderwerpen schaal, visievorming, meervoudig ruimtegebruik en ontmanteling. De vraag of het verstandig is om hardsubstraathabitat te creëren in zachtsubstraatgebieden wordt niet beantwoord, maar wel aangeduid als een belangrijk discussiepunt.

3.6 Kennishiaten

Kennishiaten volgend uit het literatuuronderzoek en de stakeholderconsultatie zijn weergegeven in Bijlage 3. Onderwerpen omvatten natuurversterking, effecten door windmolenparken op zee en klimaatverandering, draagkracht en ecosysteem en overig. Door de tijdslijm van de huidige bureaustudie, is dit overzicht niet compleet. Het geeft wel een beeld van de vigerende kennisleemtes. In de tabel is aangegeven of het bekend is of deze kennisleemte al wordt opgepakt in andere projecten of in MONS. Het is belangrijk hierbij te vermelden dat de genoemde vragen zijn voorgesteld in het MONS-programma, maar het nog onzeker is of ze zullen worden opgepakt. Vanuit MONS zijn een aantal *no regret*-onderzoeken gestart, en het jaarplan 2022 en verder wordt momenteel uitgewerkt. De meeste dringende kennishiaten lijken goed onder de aandacht te zijn.

Het huidige rapport focust zich op natuurversterking in windmolenparken op zee, met de nadruk op benthische habitats. De kennishiaten die hierbij duidelijk naar voren komen sluiten nauw aan bij de kennishiaten die naar voren komen in de *case study* naar platte-oesterherstel. Samengevat worden de volgende kennishiaten gezien:

Onvoldoende kartering van het huidige ecosysteem Noordzee

De huidige natuurwaarden van de Noordzee zijn niet op alle locaties in voldoende detail bekend. Omdat de inrichting van natuurversterkende maatregelen afhankelijk is van de plaatselijke situatie, is er behoefte aan vlakdekkende en voldoende gedetailleerde informatie hierover. Daarnaast is er behoefte aan kaarten waar deze informatie op terug is te vinden. bovenstaande punt te bewerkstelligen is een gestandaardiseerde en repeterende monitoring nodig van het (benthos) habitat in de (Nederlandse) Noordzee.

Kansen- en doelstellingenkaart voor de Noordzee natuur ontbreken

Er zijn weinig inzichten in de potentiële natuurwaarden, en mede in verband daarmee ook geen duidelijke ruimtelijke doelstellingen voor de te realiseren natuurwaarden in de Nederlandse Noordzee. Een kansenkaart en een doelstellingenkaart voor natuurontwikkeling zijn nodig. Deze kaarten moeten rekening houden met de invloed van menselijke gebruiksfuncties op natuurwaarden. Dat geldt zowel voor het gewenste oppervlak biotisch hard als zacht substraat en het bijbehorende habitat in de (Nederlandse) Noordzee. De offshore locaties waar aangelegde schelpdierriffen zelfstandig kunnen voortbestaan (of beter nog: groeien) en de bijbehorende schaalgrootte is nu nog niet bekend. Hier zal modellering vermoedelijk essentieel zijn, mede gebaseerd op de ervaringen die opgedaan worden in pilots.

Als het gaat om natuurversterking grijpt men vaak terug op een (incompleet) historisch beeld, waarvan bovendien niet duidelijk is of dat nog strookt met de huidige toestand, onder andere doordat het menselijke gebruik inmiddels sterk is veranderd (en meestal geïntensiveerd). Daarnaast is er weinig tot geen internationale samenwerking of afstemming tussen Noordzeelanden om een dergelijke gezamenlijke ruimtelijke visie en bijbehorend beleid te bewerkstelligen.

Natuurversterking in windmolenparken op zee

De effecten van natuurversterkende maatregelen (in windmolenparken op zee) zijn locatie- en maatregelspecifiek. Mede in verband met de 2 voornoemde kennishiaten zijn de effecten met het huidige kennisniveau slecht in te schatten. Daardoor zijn de meest optimale vorm,

schaalgrootte, type en omvang van natuurversterkingsmaatregelen in windparken ook nog niet met enige zekerheid te voorspellen. De levensduur van natuurversterkende maatregelen en de tijd die nodig is om het doel te bereiken is meestal evenmin bekend.

Er zijn bovendien nog veel kennisleemtes over de effecten van wind op zee op de draagkracht en het functioneren van het ecosysteem. Ook de effecten van multifunctioneel ruimtegebruik in windparken op de natuur zijn nog niet goed in kaart gebracht. De netto effecten van natuurversterking zijn moeilijk in kaart te brengen zonder een duidelijk beeld van de effecten van wind op zee. Een duidelijk afwegingskader voor natuurversterking ontbreekt daardoor eveneens nog.

Monitoring

De monitoring van (offshore) natuur(versterking) is duur en geeft niet altijd de gewenste resultaten. Betere en goedkopere (offshore) monitoringtechnieken zijn noodzakelijk maar ontbreken momenteel. Vlakdekkende monitoring voor kartering van het habitat op het NCP ontbreekt momenteel nog maar zou behulpzaam zijn voor het maken van habitat- en kansenskaarten.

Aangeraden wordt om deze onderwerpen hoog op de agenda te zetten en/of houden in MONS. Aangeraden wordt om het onderdeel kennishiaten in een volgende bureaustudie verder uit te werken.

Samenvatting paragraaf 3.5 en bijlage 3:

Uit het literatuuronderzoek en de stakeholderconsultatie zijn kennishiaten samengevat. De meest belangrijke zijn:

- De kansen en doelen voor natuurontwikkeling voor diverse locaties op de Nederlandse Noordzee zijn nog onduidelijk: het opstellen van een kanskaart, doelenkaart en afwegingskader is nodig. In verband hiermee zijn er nog veel basale kennisvragen over het referentiekader voor natuurontwikkeling op zee en wat er op dat vlak goed of wenselijk is.

- Er zijn veel kennisleemten rond de algemene effecten van windenergie op zee en natuurversterking op de draagkracht en het functioneren van het ecosysteem alsook overkoepelende effecten van medegebruik.

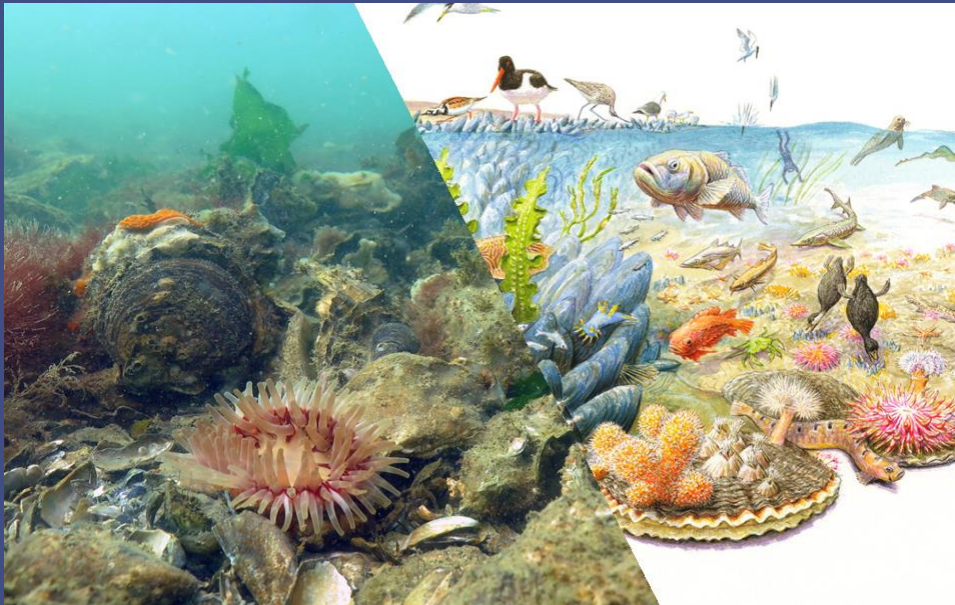
- Er zijn nog veel fundamentele vragen over de effecten van maatregelen om (schelpdier)riffen te herstellen of te ontwikkelen, zoals wat geschikte locaties zijn en wat de benodigde schaal is om tot zichzelf instandhoudende riffen te komen.

4. Aanzet voor een toekomstvisie

In dit hoofdstuk worden de punten behandeld die vaak terugkomen in zowel literatuur als interviews en een belangrijk ingrediënt vormen voor een visie t.a.v. natuurversterking voor onderwaternatuur in windparken. Hierbij worden in paragraaf 4.1 in het **geel** gevonden conclusies gegeven en daarna besproken ten aanzien van natuurversterking in windparken op zee. In paragraaf 4.2 worden aanbevelingen gegeven om de in 4.1 besproken punten te behalen. Voor een volledige toekomstvisie is momenteel nog te weinig informatie beschikbaar. Aanbeveling is om de huidige opdracht te herhalen en/of uit te breiden zodat deze visie wel volledig gemaakt kan worden. Uitgangspunt van een toekomstige visie blijft **een schone en gezonde Noordzee, met een verscheidenheid aan habitats en soorten, waarin windparken op zee faciliteren in het herstel en behoud van een goede ecologische status en natuurversterking standaard wordt meegenomen in de bouw van een nieuw windpark, afgestemd op de lokale behoeftes en potenties.**

Visie voor schelpdierriffen in de Nederlandse Noordzee van NSHA (Nederlandse Schelpdierrif Herstel Alliantie)

In 2050 zijn grote delen van de Nederlandse Noordzeebodem bedekt met zichzelf handhavende/groeiende, goed beschermde schelpdierriffen. Die barsten van het leven.



Figuur 9: Foto: Floor Driessen Tekening: Jeroen Helmer. Bron: NSHA 2021

4.1 Conclusies natuurversterking onderwaternatuur in windparken op zee

Bodemrust in windparken biedt kansen voor onderwaternatuur

Natuurversterkingsmaatregelen kunnen onderdeel uitmaken van een verbetering van de Noordzeenatuur. Windmolenparken kunnen faciliteren hierin, maar kunnen geen onderdelen vervangen. De grootschalige uitbreiding van windenergie op zee (2.5GW in 2021 tot 21.5GW in 2030) is een kans om kritisch te kijken naar de inrichting van de Nederlandse Noordzee, waar natuurversterking onderdeel is van een rijkere Noordzee. Op dit moment bieden windmolenparken kansen voor de ontwikkeling van onderwaternatuur, zowel passief als actief, dankzij de uitsluiting van (bodemberoerende) activiteiten. Het Noordzeeakkoord, Programma Noordzee en een voorstel dat de Europese Commissie voorbereidt voor wettelijk bindende natuurhersteldoelen (*EU nature restoration targets*) gaan hierin naar verwachting sturend en ondersteunend werken. Veel zal gaan afhangen van de definitieve formulering en het uitvoeringsprogramma van deze beleidskaders.

Omgevingsfactoren doorslaggevend voor succesvolle natuurversterking

Natuurversterking in windmolenparken op zee kan verschillende startpunten hebben zoals locatie, doelsoort(en) en bouwplannen. Echter vanuit al deze startpunten gezien zijn de omgevingsfactoren uiteindelijk doorslaggevend voor het succes van de natuurversterkingsmaatregel. De omgevingsvariabelen van de Nederlandse Noordzee moeten daarom mede de doelen bepalen (doelsoorten en -habitats) binnen natuurprojecten binnen (of buiten) windmolenparken. De aanwezige biotische en abiotische factoren bepalen of een gebied geschikt is voor een bepaalde soort (of habitatype) of niet. De natuurlijke omstandigheden en de aanwezige habitats, soorten en/of potentie hiervoor zijn leidend in de plaatsing van windgebieden op zee. Deze natuurlijke omstandigheden zijn de kaders voor de natuurversterking binnen het gebied en geven de potenties en beperkingen aan. Er is daarom behoefte aan habitatkartering en kansencarten voor aanlegmethoden in de Nederlandse Noordzee.

Leren van bestaande natuurversterking binnen en buiten windparken

Er is nog veel onzeker over de ontwikkelingen van habitats en soorten naar aanleiding van het opschalen van windenergie op zee. Wat duidelijk is uit zowel het literatuur onderzoek als de stakeholderconsultatie, is dat de natuurversterkingsmaatregelen zeer afhankelijk zijn van de beoogde doelstellingen en locatie, en dat de uiteindelijke effecten ook afhankelijk zijn van de kwaliteit van de maatregel, de uitvoering en de schaal. Windenergie op zee zal op zichzelfstaand al veel veranderingen in het systeem teweeg brengen, hoe deze veranderingen er precies uit gaan zien is (deels nog) onbekend. Er kan echter veel geleerd worden van lopende projecten binnen én buiten windmolenparken. Hieruit blijkt dat natuurversterking positieve effecten kan hebben en ook dat eerste resultaten met aanleg van platte oesterriffen bemoedigend zijn. Natuurversterking binnen windmolenparken kan zodoende gaan dienen als kickstart voor een habitat en de bijbehorende soorten, waarna de natuur zelf verder uit kan groeien en middels een kettingreactie ervoor kan zorgen dat de natuur in een groter gebied rijker wordt. Effecten van bestaande projecten zijn onder andere een hogere lokale biodiversiteit en een hogere lokale biomassa. Hierbij gaat het dus

nadrukkelijk niet om de individuen of specifieke doelsoorten, maar om een rijk en biodivers habitat wat van nature voorkomt in de Nederlandse Noordzee (zoals een platte oesterrif).

Leren door onderzoek en monitoring in windparken

Natuurversterking in windparken is een relatief nieuw gebied, waar de komende jaren nog veel geleerd kan worden. Blijven proberen, onderzoeken, monitoren en evalueren is essentieel. Een belangrijke manier om snel kennis te vergaren van zowel het systeem als van effecten van maatregelen is experimenteel onderzoek in veldpilots. Kennis die uit pilots van natuurversterking in windmolenparken komt, is te gebruiken voor toekomstige windparken, maar bovendien ook beschikbaar voor natuurherstel- en versterking buiten windparken. Aan de andere kant kunnen natuurversterkingsprojecten buiten windmolenparken inzicht verschaffen in de ontwikkeling van soorten en habitats. Deze kennis kan vervolgens toegepast worden om windmolenparken zo optimaal mogelijk te situeren én in te richten. Door de snelheid van de uitrol van windenergie op zee is het raadzaam niet alleen te werken met resultaten van lange tijdreeksen, maar ook tussentijdse meetmomenten en evaluaties te gebruiken als belangrijke input van de stand van de kennis.

4.2 Aanbevelingen

4.2.1 Monitoring, onderzoek en kartering

Monitoring is noodzakelijk om trends in kaart te brengen. Onderzoek is nodig om deze trends te kunnen verklaren en daarmee het systeem en de veranderingen daarin te begrijpen. Om passende natuurversterkende maatregelen te nemen dienen de effecten van windenergie op zee op het systeem goed in kaart te worden gebracht. De huidige en toekomstige cumulatieve effecten van windmolenparken op zee moeten daarom nader onderzocht worden (Barbut et al., 2020; Boon et al., 2018; van Duren et al., 2021). Meerdere studies constateren dat de huidige monitoring van benthos in windmolenparken op zee onvoldoende is en opgeschaald of beter geïntegreerd dient te worden (Hermans et al., 2020; Hutchison et al., 2020). Geplande windparken zijn doorgaans verder offshore en op grotere waterdieptes gepland dan de operationele windparken. De diversiteit en het functioneren van het benthische ecosysteem hangt sterk samen met afstand tot de kust en waterdiepte. Als deze trend doorzet neemt daardoor de relevantie van onderzoeksresultaten tot dusverre af omdat veel onderzoek tot nu toe dichtbij de kust heeft plaatsgevonden (Jak and Glorius, 2017). Dit geeft weer extra urgentie om te blijven monitoren tijdens de uitrol van windenergie op zee.

Daarnaast dienen natuurversterkende maatregelen zelf ook onderzocht te worden door middel van monitoring en begeleidend onderzoek/modellering om de bij monitoring geobserveerde verschijnselen te kunnen verklaren (zie ook actiepoint in het ontwerp programma Noordzee 2022-2027 in paragraaf 3.3.4). De monitoring dient afgestemd te zijn op de locatie en het type maatregel (Didderen et al., 2019a; Lefaible et al., 2019). Naast het monitoren dient er ook informatie en data gedeeld te worden, internationaal, om de inrichting en monitoring van windenergie op zee zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Momenteel zijn er al voorbeelden van *data-sharing* te vinden in de vorm van online en offline nationale en internationale databases, benutting hiervan kan helpen bij de inrichting en monitoring van windenergie op zee (UN Global Compact, 2021).

Monitoring kan zo strategisch mogelijk ingezet worden, door bijvoorbeeld monitoringsmissies te combineren waar mogelijk, of gebruik te maken van onderhoudsmisssies. Daarnaast wordt aangeraden om het overheid gedreven monitoringsprogramma uit te breiden naar

benthische habitats binnen en buiten windmolenparken. Internationale uitwisseling van gegevens is hier cruciaal. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van internationale data uitwisselingsplatforms zoals Emodnet, of *open source data apps* zoals de "OneBenthic"-tool van CEFAS ([link](#)).

Tenslotte is ook geheel nieuwe informatie nodig om natuurversterkingsmaatregelen, binnen en buiten windparken, op de Noordzee doelgericht te kunnen plannen. Ten eerste een habitatgeschiktheidskaart: waar kan welke vorm van natuurontwikkeling überhaupt voorkomen? Ten tweede een kansenkaart voor de toe te passen verbetermethode: waar levert welke methode de meeste kans op resultaat op?

4.2.2 Infrastructuur

Onder infrastructuur wordt in dit geval alle bouwwerken bedoeld die horen bij windenergie op zee: fundaties, turbines, erosiebescherming en platforms. Op het NCP maken de huidige en geplande windparken gebruik van *monopile foundations*. De verwachting is dat dit zo blijft in het NCP, waar de waterdiepte over het algemeen goed geschikt is voor *monopiles* (Jak and Glorius, 2017). Deze manier van werken op het NCP vraagt over het algemeen ook om gebruik van erosiebescherming met hard substraat, meestal in de vorm van steenbestorting. De steenbestorting biedt kansen voor hard substraat habitat, zeker als deze op een ecologische manier ingericht wordt. Momenteel is een toenemende trend te zien in hoogte en spanwijdte van de windmolens, wat in de toekomst zal leiden tot minder turbines per oppervlakte-eenheid en ook een lagere inbreng van hard substraat oppervlak per oppervlakte-eenheid in de vorm van turbines en erosiebescherming (Jak and Glorius, 2017).

Door natuurinclusief te bouwen kan een windmolenpark zo ingericht worden dat enerzijds gebruik wordt gemaakt van natuurlijke structuurvorming, en anderzijds kunstwerken die zodanig ontworpen worden, dat leefgebied voor inheemse soorten waar mogelijk wordt vergroot/verrijkt. In de in 2020 opgestelde catalogus voor natuurinclusieve ontwerpen in windparken op zee, zijn drie categorieën gedefinieerd als het gaat om natuurinclusief bouwen in windmolenparken:

1. toevoegingen aan de assets (zoals vishotels);
2. geoptimaliseerde erosiebescherming (zoals aangepaste stenenlaag, vervanging van erosiebescherming of toevoeging hierop van artificiële structuren) en;
3. geoptimaliseerde kabelbescherming (zoals matten of andere artificiële structuren) (Hermans et al., 2020).

Voor voorbeelden van de verschillende opties voor natuurinclusief bouwen is er een catalogus (Hermans et al., 2020).

Er kan echter ook voor gekozen worden om de voetafdruk van de infrastructuur zo klein mogelijk te maken, en te zoeken naar andere oplossingen voor erosiebescherming of in zijn geheel voor andere methoden om de windmolens in zee te plaatsen. Voorbeelden hiervan zijn de turbine zo diep in de bodem plaatsen dat erosiebescherming niet meer nodig is, of werken met andere (innovatieve) vormen van verankering en erosiebescherming. Hoe realistisch deze opties zijn, en wat de effecten zijn op de natuur, is niet verder onderzocht voor het huidige rapport, maar aanbeveling is wel om alle opties te verkennen.

Wat betreft de bouw van de infrastructuur, waaronder alle onderdelen van een windmolenpark vallen, wordt aangeraden natuurinclusieve maatregelen al zo vroeg mogelijk

in het project mee te nemen, en ten alle tijden de natuur leidend te laten zijn voor het design en de inrichting. De aanpak van natuurversterking is bovendien mede afhankelijk van de locatie, zoals ook hierboven al gesteld. Natuurversterking, inclusief natuurinclusief bouwen, is geen vervanging voor mitigerende maatregelen van negatieve effecten door windmolenparken op zee, ze kunnen hier echter wel in bijdragen. Technologische ontwikkelingen in het ontwerp en de bouw van een windmolenpark moeten gestimuleerd blijven worden om te voorkomen dat mitigerende maatregelen nodig zijn.

Daarnaast is het belangrijk om ook nu al na te denken over de eventuele ontmanteling van de infrastructuur. Het huidige beleid schrijft voor dat nadat een windpark buiten gebruik is gesteld, het moet worden verwijderd. In het geval dat er waardevolle natuur is ontstaan zou dit niet altijd de voorkeur genieten. Dit is echter zeer afhankelijk van de omstandigheden, het ontstane habitat en de ecologische doelstellingen van dat moment en momenteel nog moeilijk te voorspellen.

4.2.3 Actieve en passieve natuurversterking

De waarde van niks doen wordt soms onderschat. Echter, de "waarde" of de "baten" van passieve natuurversterking (bescherming, herstel) zijn pas na verloop van tijd meetbaar. Het herstel van het bodemleven in de Nederlandse Noordzee tot een volwassen stadium kan zonder hulp tientallen jaren duren. Windmolenparken kunnen hier mogelijk in faciliteren, op locatie of elders, in middelen of financiën.

Actieve natuurversterking zou nooit een langetermijnoplossing moeten zijn: dit is slechts een manier om de natuur naar een hoger niveau te tillen. De opschaalbaarheid van natuurversterkende maatregelen is belangrijk, maar niet het ultieme doel, slechts een middel om het doel te bereiken, namelijk een gezonde Noordzee natuur. Bescherming valt niet onder actieve natuurversterking, en blijft, ook in de toekomst, noodzakelijk. De manier waarop op land en in zoetwater natuurversterking, herstel en bescherming wordt toegepast kan leerzaam zijn voor op zee.

Een aantal aanbevelingen uit van Duren et al. (2016) die nu ook nog relevant zijn, als het gaat om natuurversterkende maatregelen, zowel passief als actief:

1. Focus op soorten/structuren die van nature in het NCP voorkomen;
2. Laat de natuur zoveel mogelijk het werk doen (activiteiten primair richten op verminderen van versturende activiteiten, pas in tweede instantie op actieve restauratie);
3. Minimaliseer noodzaak voor gebruik van gebiedsvreemd materiaal;
4. Reduceer de kans op introductie van exoten;
5. Formuleer duidelijke doelstellingen en evalueer deze achteraf (van Duren et al., 2016).

Daaraan toegevoegd wordt het volgende aangeraden door de schrijvers van het huidige rapport, op basis van de bevindingen uit voorgaande hoofdstukken:

1. Als aanvulling op punt 1 uit van Duren et. al (2016), maak ook onderscheid tussen locaties binnen het NCP waar soorten of structuren van nature voorkomen.
2. Als aanvulling op punt 3 uit van Duren et. al (2016), of maak gebruik van bio-afbreekbaar materiaal.

3. Focus op habitats en niet op soorten. Een soort kan wel een faciliterende rol spelen om een beoogd habitat te creëren zoals de platte oester.
4. Neem natuurversterking zo vroeg mogelijk mee in het proces voor een windpark op zee.
5. Ontwikkel een habitatgeschiktheidskaart en een natuurherstelkansenkaart, om te bepalen waar op de Noordzee welke vormen van natuurversterking het meest kansrijk zijn, en met welke methoden, en richt vervolgens de versterkingsmaatregelen daarop in.
6. Zet monitoring strategisch in om in een zo vroeg mogelijk stadium kennis te vergaren over de eigenschappen en potentie van het habitat in een windmolenpark. Deze kennis kan vervolgens ingezet worden om zo passend mogelijke maatregelen te ontwikkelen en in te zetten.
7. Neem ook de effecten van ontmanteling op in het ontwerp en formuleer eventueel mitigerende maatregelen om zo veel mogelijk natuur te kunnen behouden.
8. Neem de huidige maar ook de historische kenmerken van het gebied mee in het ontwerp.
9. Geef de natuur de tijd en de ruimte om te ontwikkelen. Bij het indelen van een windmolenpark is de natuur geen mede-gebruiker maar de basis voor al het andere wat plaatsvindt in de Noordzee.

4.2.4 Management en kennisdeling

Wat blijkt uit zowel de literatuur als uit de stakeholder bijdragen: het management (beheer), ofwel de wet- en regelgeving, dient zich aan te passen aan de behoeften (en beperkingen) van de natuur. *Adaptive management* (adaptief beheer) of het 'hand-aan-de-kraan-principe' zijn hierbij sleuteltermen. Als blijkt dat een bepaalde natuurversterkingsmaatregel niet de gewenste effecten heeft, of zelfs negatieve effecten veroorzaakt, moet deze maatregel niet doorgevoerd worden en waar mogelijk aangepast of teruggedraaid.

Voor de indeling en het gebruik van de Noordzee zou de natuur altijd leidend moeten zijn; de Noordzee is immers het grootste natuurgebied van Nederland. De intrinsieke waarde van de natuur biedt niet altijd genoeg motivatie voor de industrie om natuurversterkende maatregelen te nemen, wettelijke verplichtingen, vergunningen en subsidies zijn daarom belangrijke hulpmiddelen om de industrie te helpen om de transitie naar meer natuurinclusief te maken. De tendervoorschriften voor Hollandse Kust West VI zijn hier een mooi voorbeeld van.

Bij meervoudig ruimtegebruik van windparken, geldt eveneens dit uitgangspunt. Indien meervoudig gebruik economisch rendabel wordt, zou de indeling wel gebaseerd moeten zijn op de natuurlijke (gewenste) ecologische omstandigheden. Vanuit de stakeholderconsultatie komt meerdere malen naar voren dat het opdelen van een windmolenpark voor verschillende doeleinden zo min mogelijk moet gebeuren: hoe groter de onderdelen, hoe voordeliger voor de natuur. Ook kan, op grond van de habitatkartering, blijken dat de meest kansrijke plekken voor natuurversterking buiten de geplande windmolenlocaties liggen. Op grond daarvan zou het aanbevelenswaardig zijn om de grootste natuurversterkingsmaatregelen buiten de windparklocaties te realiseren. Daarnaast zijn verhoudingsgewijs de kosten voor natuurversterkingsmaatregelen niet groot, financiering voor de opzet, het onderhoud, monitoring en bescherming van natuurwaarden moet vastgelegd en gewaarborgd worden.

Wat betreft natuurversterkingsmaatregelen, komt uit de stakeholderconsultatie naar voren dat natuurinclusief bouwen en standaardisatie voor de industrie de beste optie lijkt. Met het oogpunt van uitrol op grote schaal zijn artificiële riffen niet wenselijk vanwege de kosten en extra handelingen. Hoe inclusiever de designs, hoe makkelijk het is om dit mee te nemen in het hele traject. Standaardisatie werkt draagvlak in de hand, evenals kwaliteitsverhoging. Daarnaast is het meer kostenbesparend om op deze manier te werken. Echter, de natuur moet leidend blijven en de natuurinclusieve designs blijven afhankelijk van de lokale omstandigheden en natuurlijke doelstellingen en behoeften.

Internationale afstemming is nodig op het gebied van zowel inrichting als beleid. De aanwezige natuurlijke omstandigheden zijn per definitie grensoverschrijdend, een internationale visie voor natuur in windmolenparken is er niet. Daarnaast is de huidige Natura2000 inrichting en het beleid niet dekkend als het gaat om bodembescherming, benthosoorten en (nieuw ontstaan) habitat. Internationale kennisdeling is relevant en kan beter.

Als laatste spreekt de Noordzeenatuur bij het breder publiek niet altijd tot de verbeelding. Door het meer zichtbaar maken van de pracht van de Noordzeenatuur door publiekscommunicatie, kan er een breder draagvlak ontstaan voor de bescherming van de Noordzeenatuur. Technieken zoals *live-view* camera's kunnen hierbij ondersteunend werken.

5. Conclusies

Het aantal natuurversterkingsprojecten is de afgelopen jaren aanzienlijk toegenomen. Er wordt veel kennis vergaard over natuurversterking buiten en binnen windmolenparken op zee. De uitdagingen liggen bij het feit dat de uitbreiding van windenergie op zee in een dermate hoog tempo gebeurt, dat de wetenschap moeilijk bij kan blijven. Kennisgaten worden niet of te laat opgevuld. Deze aanpak brengt risico's met zich mee. De aanwezigheid van een windmolenpark op zee biedt echter ook kansen voor de natuur.

Natuurversterking, in de vorm van natuurinclusief bouwen, natuurherstel of habitatcreatie kan bijdragen aan het verduurzamen van de opschaling van windenergie op zee. Door een goede afweging te maken tussen verschillende belangen, waarbij de natuur hoge urgentie heeft, kunnen windparken zo optimaal mogelijk ingericht worden. Hierbij zijn de natuurversterkingsmaatregelen in windparken geen vervanging voor beschermde gebieden. De bodemrust, ruimte en reliëf die een windmolenpark biedt zijn wel kansen voor de natuur waar van geleerd kan worden en bij een zo optimaal mogelijke inrichting ook voordelen kunnen bieden voor natuurdoelstellingen in de Noordzee.

De centrale kennisvragen van dit rapport luiden:

- a) *Hoe kan optimaal natuurinclusief gebouwd worden, rekening houdend met omgevingsvariabelen zoals bodemdynamiek, voedsel, stroming en met reeds aanwezige soorten?*
- b) *Wat zijn de effecten van verschillende toegepaste maatregelen?*

Natuurinclusief bouwen, en ook andere vormen van natuurversterkende maatregelen, dienen afgestemd te worden op de locatie en de omstandigheden ter plekke. Hierbij kan gekeken worden naar de doelstellingen van het gebied, maar ook naar de kansen die het gebied biedt voor habitats na de bouw van een windmolenpark. De gebiedskenmerken zijn leidend hierin. Er kan op dat vlak veel geleerd worden van natuurversterkingsprojecten binnen en buiten windmolenparken, zoals oesterrifaanleg/herstelprojecten en natuurinclusieve ontwerpen zoals geoptimaliseerde erosiebescherming of artificiële riffen. De effecten van de toegepaste maatregelen zijn daarom afhankelijk van zowel de maatregelen als de gebiedskenmerken. De voor natuurversterking op de Noordzee relevante gebiedskenmerken dienen echter nog in kaart te worden gebracht (habitatkartering). Door de focus niet op doelsoorten te leggen maar op habitatniveau, kan er efficiënt gebruik gemaakt worden van de omgevingsvariabelen zoals bodemdynamiek, voedsel, stroming en reeds aanwezige soorten. De natuurversterkingsmaatregelen worden dan afgestemd op de behoeften van het beoogde habitat. Hierbij kan actief gestuurd worden door soorten of structuren aan het habitat toe te voegen. Dat vergt echter nog wel een kansenkaart voor de te kiezen versterkingsmethoden. Om het gehele systeem te ondersteunen dient verder gekeken te worden dan alleen windmolenparken. Beschermde gebieden, ook buiten windmolenparken, zijn cruciaal om de Noordzeenatuur te versterken. Bovendien kan uit de habitatkartering blijken dat bepaalde vormen van natuurversterking kansrijker zijn in andere gebieden dan waar de windmolenparken gepland worden. Voor de ontwikkeling van natuur, zowel binnen als buiten windmolenparken, is bovendien tijd en rust nodig. De effecten van de maatregelen zullen zichtbaar worden over de tijd en dienen gemonitord te worden.

De uitkomsten zijn een momentopname, en wij raden ten eerste aan om deze exercitie te herhalen en/of uit te breiden in de toekomst.

Referenties

- Airoidi, L., Beck, M.W., 2007. Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Oceanogr. Mar. Biol. An Annu. Rev.* 45, 345–405. <https://doi.org/10.1201/9781420050943.ch7>
- Ashley, M.C., Mangi, S.C., Rodwell, L.D., 2014. The potential of offshore windfarms to act as marine protected areas - A systematic review of current evidence. *Mar. Policy* 45, 301–309. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.09.002>
- Asjes, J., Merkus, H., Bos, O.G., Steenbergen, J., Stuijzand, S., Van Splunder, I., Van Kooten, T., Rivero, S., Vis, G.A.J., 2021. Monitoring en Onderzoek Natuurversterking en Soortenbescherming (MONS).
- Barbut, L., Vastenhouw, B., Vigin, L., Degraer, S., Volckaert, F.A.M., Lacroix, G., 2020. The proportion of flatfish recruitment in the North Sea potentially affected by offshore windfarms. *ICES J. Mar. Sci.* 77, 1227–1237. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz050>
- Bennema, F.P., Engelhard, G.H., Lindeboom, H., 2020a. *Ostrea edulis* beds in the central North Sea: Delineation, ecology, and restoration. *ICES J. Mar. Sci.* 77, 2694–2705. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa134>
- Bennema, F.P., Engelhard, G.H., Lindeboom, H., 2020b. *Ostrea edulis* beds in the central North Sea: delineation, ecology, and restoration. *ICES J. Mar. Sci.* 77, 2694–2705. <https://doi.org/10.1093/ICESJMS/FSAA134>
- Bergström, L., Kautsky, L., Malm, T., Rosenberg, R., Wahlberg, M., Åstrand Capetillo, N., Wilhelmsson, D., 2014. Effects of offshore wind farms on marine wildlife - A generalized impact assessment. *Environ. Res. Lett.* 9, 12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034012>
- Boon, A.R., Caires, S., Wijnant, I.L., Verzijlbergh, R., Zijl, F., Schouten, J.J., Muis, S., van Kessel, T., van Duren, L., van Kooten, T., 2018. The assessment of system effects of large-scale implementation of offshore wind in the southern North Sea.
- Bos, O., Kamermans, P., Schutter, M., Maathuis, M., Gool, A. van, 2020. Monitoring of oyster bank restoration Gemini Offshore windfarm and Borkum Reef 2019, Progress report Project Ecofriend, Den Helder.
- Bos, O.G., Coolen, J.W.P., Tjalling Van Der Wal, J., 2019. Biogene riffen in de Noordzee, Biogene Riffen in de Noordzee Actuele en potentiële verspreiding van rifvormende schelpdieren en wormen. Den Helder.
- Bureau Waardenburg, 2020. Options for biodiversity enhancement in offshore wind farms. Knowledge base for the implementation of the Rich North Sea Programme. Culemborg. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Causon, P.D., Gill, A.B., 2018. Linking ecosystem services with epibenthic biodiversity change following installation of offshore wind farms. *Environ. Sci. Policy* 89, 340–347. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2018.08.013>
- Christianen, M.J.A., Lengkeek, W., Bergsma, J.H., Coolen, J.W.P., Dideren, K., Dorenbosch, M., Driessen, F.M.F., Kamermans, P., Reuchlin-Hugenholtz, E., Sas, H., Smaal, A., van den Wijngaard, K.A., van der Have, T.M., 2018. Return of the native facilitated by the invasive? Population composition, substrate preferences and epibenthic species richness of a recently discovered shellfish reef with native European flat oysters (*Ostrea edulis*) in the North Sea. *Mar. Biol. Res.* 14, 590–597. https://doi.org/10.1080/17451000.2018.1498520/SUPPL_FILE/SMAR_A_1498520_SM4019.DOCX
- Coolen, J.W.P., 2017. North Sea reefs: benthic biodiversity of artificial and rocky reefs in the southern North Sea. PhD-thesis North Sea Reefs. Benthic Biodivers. Artif. rocky reefs South. North Sea. Wageningen University. <https://doi.org/10.18174/404837>
- Coolen, J.W.P., Van Der Weide, B., Cuperus, J., Blomberg, M., Van Moorsel, G.W.N.M., Faasse, M.A., Bos, O.G., Degraer, S., Lindeboom, H.J., 2018. Benthic biodiversity on old platforms, young wind farms, and rocky reefs. *ICES J. Mar. Sci.* 77, 1250–1265. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy092>
- Dannheim, J., Bergström, L., Birchenough, S.N.R., Brzana, R., Boon, A.R., Coolen, J.W.P., Dauvin, J.C., De Mesel, I., Derweduwen, J., Gill, A.B., Hutchison, Z.L., Jackson, A.C., Janas, U., Martin, G., Raoux, A., Reubens, J., Rostin, L., Vanaverbeke, J., Wilding, T.A.,

- Wilhelmsson, D., Degraer, S., 2020. Benthic effects of offshore renewables: Identification of knowledge gaps and urgently needed research. ICES J. Mar. Sci. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz018>
- Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L., (eds), 2019. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation . Brussel.
- Degraer, S., Carey, D.A., Coolen, J.W.P., Hutchison, Z.L., Kerckhof, F., Rumes, B., Vanaverbeke, J., 2021. Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning. *Oceanography* 33, 48–57.
- Didderen, K., Bergsma, J.H., Kamermans, P., 2019a. Offshore flat oyster pilot Luchterduinen wind farm. Results campaign 2 (July 2019) and lessons learned. Culemborg.
- Didderen, K., Lengkeek, W., Bergsma, J.H., Van Dongen, U., Driessen, F.M.F., Kamermans, P., 2019b. WWF & ARK Borkum Reef Ground oyster pilot. Active restoration of native oysters in the North Sea - Monitoring September 2019. Culemborg.
- Hammar, L., Perry, D., Gullström, M., 2016. Offshore Wind Power for Marine Conservation. *Open J. Mar. Sci.* 06, 66–78. <https://doi.org/10.4236/ojms.2016.61007>
- Hermans, A., Prusina, I., Bos, O., Kilinge, M., 2020. Nature-Inclusive Design: a catalogue for offshore wind infrastructure. Deventer.
- Hutchison, Z.L., LaFrance Bartley, M., Degraer, S., English, P., Khan, A., Livermore, J., Rumes, B., King, J.W., 2020. Offshore wind energy and benthic habitat changes, lessons from Block Island Wind Farm. *Oceanography* 33, 58–69.
- Jak, R., Glorius, S., 2017. Macrobenthos in offshore wind farms : a review of research, results and relevance for future developments. Den Helder. <https://doi.org/10.18174/415357>
- Kamermans, P., Blanco, A., Van Dalen, P., 2020. Sources of European flat oysters (*Ostrea edulis* L.) for restoration projects in the Dutch North Sea. Yerseke. <https://doi.org/10.18174/532003>
- Kamermans, P., van Duren, L., Kleissen, F., 2018a. European flat oysters on offshore wind farms: additional locations; Opportunities for the development of European flat oyster (*Ostrea edulis*) populations on planned wind farms and additional locations in the Dutch section of the North Sea Wageningen, Wage. *Wageningen Mar. Res.* C053/18, 33. <https://doi.org/10.18174/456358>
- Kamermans, P., Walles, B., Kraan, M., van Duren, L.A., Kleissen, F., van der Have, T.M., Smaal, A.C., Poelman, M., 2018b. Offshore wind farms as potential locations for flat oyster (*Ostrea edulis*) restoration in the Dutch North Sea. *Sustain.* 10. <https://doi.org/10.3390/su10113942>
- Kardinaal, E., Bergsma, J.H., van Dongen, L.G.J.M., Driessen, F.M.F., 2021a. WWF & ARK Borkum Reef Ground oyster pilot, active restoration of native oysters in the North Sea, Monitoring september 2020. Culemborg.
- Kardinaal, E., Kamermans, P., Sas, H., van der Have, T.M., 2021b. Inventarisatie verspreiding platte oester (*Ostrea edulis*) en Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) in de Maasvlakte haven van Rotterdam.
- Kerckhof, F., Coolen, J.W.P., Rumes, B., Degraer, S., 2018. Recent findings of wild european flat oysters *ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) in belgian and dutch offshore waters: New perspectives for offshore oyster reef restoration in the southern north sea. *Belgian J. Zool.* 148, 13–24. <https://doi.org/10.26496/bjz.2018.16>
- Kerckhof, F., Rumes, Bob, Degraer, Steven, 2019. About “Mytilisation” and “slimeification”: a decade of succession of the fouling assemblages on wind turbines off the Belgian coast, in: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B, Vigin, L. (Eds.), *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation.* Brussels, p. 139.
- Kosten en Biodiversiteit Natuurinclusieve Energie (KOBINE) – Kia Landbouw Water Voedsel [WWW Document], n.d. URL <https://kia-landbouwwatervoedsel.nl/projecten/kosten-en-biodiversiteit-natuurinclusieve-energie-kobine/> (accessed 10.26.21).
- Langhamer, O., 2012. Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: State of the art. *Sci. World J.* 2012. <https://doi.org/10.1100/2012/386713>
- Leeney, R.H., Greaves, D., Conley, D., O’Hagan, A.M., 2014. Environmental Impact

- Assessments for wave energy developments - Learning from existing activities and informing future research priorities. *Ocean Coast. Manag.* 99, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.05.025>
- Leewis, L., Klink, A.D., Verduin, E.D., 2018. Benthic development in and around offshore wind farm Prinses Amalia Wind Park near the Dutch coastal zone before and after construction (2003-2017). Amsterdam.
- Lefaible, N., Colson, L., Braeckman, U., Moens, T., 2019. Evaluation of turbine-related impacts on macrobenthic communities within two offshore wind farms during the operational phase, in: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L. (Eds.), *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, Brussels, pp. 47–63.
- Lengkeek, W., Didderen, K., Teunis, M., Driessen, F., Coolen, J.W.P., Bos, O.G., Vergouwen, S.A., Raaijmakers, T.C., de Vries, M.B., van Koningsveld, M., 2017. Eco-friendly design of scour protection: potential enhancement of ecological functioning in offshore wind farms. Culemborg.
- Lindeboom, H.J., Kouwenhoven, H.J., Bergman, M.J.N., Bouma, S., Brouwer, S., Daan, R., Fijn, R.C., De Haan, D., Dirksen, S., Van Hal, R., Hille Ris Lambers, R., Ter Hofstede, R., Krijgsveld, K.L., Leopold, M., Scheidat, M., 2011. Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; A compilation. *Environ. Res. Lett.* 6. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/3/035101>
- Lindeboom, H.J., Witbaard, R., Bos, O.G., Meesters, E., 2008. *Gebiedsbescherming Noordzee: habitattypen, instandhoudingdoelen en beheermaatregelen*. Wageningen.
- Mavraki, N., Degraer, S., Vanaverbeke, J., Braeckman, U., 2020. Organic matter assimilation by hard substrate fauna in an offshore wind farm area: a pulse-chase study. *ICES J. Mar. Sci.* 77, 2681–2693. <https://doi.org/10.1093/ICESJMS/FSAA133>
- Olsen, O.T., 1883. *The piscatorial atlas of the North Sea, English and St. George's Channels, illustrating the fishing ports, boats, gear, species of fish (how, where, and when caught), and other information concerning fish and fisheries*. Taylor and Francis, London.
- Reubens, J.T., Degraer, S., Vincx, M., 2014. The ecology of benthopelagic fishes at offshore wind farms: A synthesis of 4 years of research. *Hydrobiologia* 727, 121–136. <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1793-1>
- Reubens, J.T., Pasotti, F., Degraer, S., Vincx, M., 2013. Residency, site fidelity and habitat use of atlantic cod (*Gadus morhua*) at an offshore wind farm using acoustic telemetry. *Mar. Environ. Res.* 90, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.07.001>
- Sas, H., Didderen, K., Van Der Have, T., Kamermans, P., Van Den Wijngaard, K., Reuchlin, E., 2019. Recommendations for flat oyster restoration in the North Sea Synthesis of lessons learned from the Dutch Voordelta experiments, with additional observations from flat oyster pilots in Borkum Reef and Gemini wind farm, modelling exercises and literature.
- Sas, H., Kamermans, P., Have, T.M. van der, Christianen, M.J.A., Coolen, J.W.P., Lengkeek, W., Didderen, K., Driessen, F., Bergsma, J., Dalen, P. van, Gool, A.C.M. van, Pool, J. van der, Weide, B.E. van der, 2018. *Shellfish bed restoration pilots: Voordelta The Netherlands: Annual report 2017*. Wageningen Marine Research, Yerseke. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Sas, Hein, van der Have, T.M., Kamermans, P., Lengkeek, W., 2018. Flat oyster pilot design in Luchterduinen offshore wind farm.
- Slavik, K., Lemmen, C., Zhang, W., Kerimoglu, O., Klingbeil, K., Wirtz, K.W., 2019. The large-scale impact of offshore wind farm structures on pelagic primary productivity in the southern North Sea. *Hydrobiologia* 845, 35–53. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3653-5>
- Smaal, A., Kamermans, P., Kleissen, F., Van Duren, L., Van Der Have, T., 2017. Flat oysters on offshore wind farms: Opportunities for the development of flat oyster populations on existing and planned wind farms in the Dutch section of the North Sea. Yerseke.

- <https://doi.org/10.18174/418092>
- Smaal, A.C., Kamermans, P., Have, T.M. Van Der, Engelsma, M.Y., Sas, H.J.W., 2015. Feasibility of flat oyster (*Ostrea edulis* L.) restoration in the Dutch part of the North Sea, Imares Report for the Ministry of Economic Affairs. Wageningen.
- Stichting de Noordzee, 2021. De Noordzee: wind en natuur hand in hand. een analyse van potentiële risico's voor Noordzeenatuur door de energietransitie. Utrecht.
- Stichting de Noordzee, 2018. Windparken op de Noordzee: kansen en risico ' s voor de natuur [DUTCH]. Utrecht.
- UN Global Compact, 2021. Roadmap to integrate clean offshore renewable energy into climate-smart marine spatial planning.
- van den Bogaart, L., van der Wal, J.T., Tonk, L., Bos, O., Coolen, J., Poelman, M., Vergouwen, S., van Duren, L., Janssen, H., Timmermans, K., 2020. Geschiktheid zeewindparken voor maricultuur en passieve visserij: een kwantitatieve beoordeling van de kansrijkheid van de gebieden voor de potentiële productiviteit van een selectie aan commercieel interessante soorten. Yerseke. <https://doi.org/10.18174/509196>
- van der Have, T.M., Jagt, H. Van Der, Kamermans, P., Sas, H., 2019. Biogene riffen in de Voordelta. Verspreiding en verkenning van verklarende factoren.
- van der Have, T.M., Kamermans, P., van der Zee, E.M., 2017. Flat oysters in the Eierlandse Gat, Wadden Sea : Results of a survey in 2017 .
- van Duren, L., Zijl, F., van Kessel, T., van Zelst, V.T.M., Vilmin, L.M., van der Meer, J., Aarts, G.M., van der Molen, J., Soetaert, K., Minns, A.W., 2021. Ecosystem effects of large upscaling of offshore wind on the North Sea - Synthesis report.
- van Duren, L.A., Gittenberger, A., Smaal, A.C., van Koningsveld, M., Osinga, R., Cado van der Lelij, J.A., de Vries, M.B., 2016. Rijke riffen in de Noordzee.
- van Hal, R., Griffioen, A.B., van Keecken, O.A., 2017. Changes in fish communities on a small spatial scale, an effect of increased habitat complexity by an offshore wind farm. *Mar. Environ. Res.* 126, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.01.009>
- Vanagt, T., Faasse, M., 2014. Development of hard substrate fauna in the Princess Amalia Wind Farm: Monitoring 3.5 years after construction.
- Wilson, J.C., Elliott, M., 2009. The habitat-creation potential of offshore wind farms. *Wind Energy* 12, 203–212. <https://doi.org/10.1002/we.324>

Bijlage 1. Stakeholderlijst

Dit rapport is mede tot stand gebracht dankzij de inbreng van de volgende partijen:

Naam	Affiliatie
	WMR
	Eneco
	W+B / TenneT
	BuWa
	Stichting de Noordzee
	Sas Consultancy
	Vattenfall
	ECHT
	De Rijke Noordzee
	Stichting de Noordzee
	Natuur & Milieu

Bijlage 2. Overzichtstabel platte-oesterpilots

Data	Binnen windparken			Buiten windparken	
	Luchterduinen	Blauwwind	Gemini	Borkumse Stenen (NL)	Helgoland (D)
Looptijd pilot (begin- en einddatum)	11-2018 7-2019	10-2020 7-2028	2018-2020	24/25 mei 2018 tot ca. 2028	Tussen mei 2016 en 2018 oesters geplaatst, einde pilot in 2020
Opschaling voorzien? (zo ja: wanneer en in welke mate/welke methode?)	Herhaling van de pilot, met levende oesters op oestertafels, op de erosiebescherming.	Nee	Nee	Nee	Nee, dit is een pilot voor de aanleg van een oesterrif in de Borkumse Stenen
Uitzetmethode (in kooien, gehecht op substraat en/of los uitgestrooid)	3 rekken met elk 4 kooien met 40 oesters	In 8 mandjes op 4 tafels. 75 oesters per mandje. 160 m ³ los schelpmateriaal geïnstalleerd bij 8 turbines in juli 2021.	In mei 2018: 14.000 oesters los uitgestrooid in en nabij de erosiebescherming bij windmolen W5, plus 120 oesters in 6 lichte kooien uitgezet naast de s.p. In april 2019: opnieuw ca. 14.000 oester los uitgestrooid en 60 oesters in 3 lichte kooien uitgezet in en nabij de s.p. bij W5	In mei 2018: ca. 80.000 oesters los uitgestrooid, daarnaast 4 kooien met in totaal 560 oesters op de bodem geplaatst plus 8 rifstructuren met onbekend # oesters erop	3 kooien, op 3 verschillende locaties nabij Helgoland
Bodemsamenstelling in en rond pilot (zand/slib, veel of weinig natuurlijk substraat)	Zand, weinig natuurlijk substraat.	Tafels op de erosiebescherming, omgeving zand	In 2018 en 2019 2x 5 big bags mosselen uitgestrooid Veel origineel schelpmateriaal op zandige bodem waargenomen	Veel schelpmateriaal aanwezig (o.a. veel jonge St. Jacobs-schelpen) Ook 12 m ³ mosselschelpen uitgestrooid (2018)	Zandig, met hier en daar stenen
Waterdiepte		Ca. 30 m	Ca. 31 m	Ca. 25 m	Op 2 locaties 26 m, op 1 locatie 10 m
Leeftijd(en) en bron(non) van uitgebrachte oesters	Oesters uit Hafrsfjord, Noorwegen, formaat tussen 4.5-11 cm schelpbreedte.	Bron is Tralee Bay Hatchery, Ierland. Gemiddelde lengte en breedte van 78 en 74 mm respectievelijk.	Oesters uit Hafrsfjord, Noorwegen, formaat tussen 4.5-11 cm schelpbreedte.	Oesters uit Hafrsfjord, Noorwegen, formaat tussen 4.5 en 11 cm schelpbreedte.	Jonge oesters: 2 mm lengte
Aantal uitgebrachte oesters (bij meerdere keren: per keer + jaartal)	480 oesters	2400 in okt 2020	Zie boven	Zie boven	In totaal 24.000 oesters uitgebracht
Oppervlak en moment van uitbrengen (bij los uitgestrooid)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Op ca. 20% van 25 ha oppervlak zijn oesters los uitgestrooid (ofwel gem. ca. 1.6 oester/m ²)	n.v.t.
Overleving (% op beginpopulatie)	14.2 % gemiddelde oester overleving met een minimum van 0% in 7 van de 12	96,3% overall, gemeten in juli 2021. 1 mandje 68%,	Eind juli 2018: 100% overleving bij 21 onderzochte oesters uit kooi en enige	In kooien: 37.5 – 92.5% in juli 2018 en 40-73% in sept. 2019 (lage	Hoge sterfte in 1 ^e weken na plaatsing (40-90%), daarna

	kooien, en tot 80 %. Lage overleving door bedekking met zand.	rest boven de 87% waarvan 10 mandjes met 100%	sterfte bij oesters op de bodem waargenomen (geen % bekend) April 2019: 89% overleving bij 35 onderzochte oesters uit kooien	overleving wsch. door minder geschikte kooien) Op de bodem: 92% overleving op 212 waargenomen oesters	verbetering tot 100% overleving na ca. 1 jaar
Groei (i.i.g. wel/niet, zo mogelijk ook in % op beginlengte of -vleesgewicht)	Wel, op 26.5% van de oesters. Een significante toename in nat gewicht was gezien in 2 kooien.	Wel, significante groei, % nog niet berekend	Eind juli 2018: 14 van de 21 onderzochte oesters uit kooien hadden groeiranden April 2019: alle 35 onderzochte oesters uit kooien hadden groeiranden	In kooien: 10-30% hoger vleesgewicht in juli 2018 t.o.v. mei 2018 20-50% hoger vleesgewicht in sept. 2019 t.o.v. mei 2018 Los op bodem: alle levende oesters hadden groeiranden	Gemiddelde groei van een factor 10 in 1 jaar, wel met grote variatie (vooral afh. van T en Chl-concentratie in groeiseizoen)
Conditie-index (droog vlees/schelpgewicht; % t.o.v. beginconditie)		n.v.t.	Eind juli 2018: C.I. tussen 1.0 en 4.7, bij de 21 onderzochte oesters uit kooien	Geen verandering in juli 2018 C.I. was 1-4.8 in sept. 2019 (lage waarde wsch. door minder geschikte kooien); verandering t.o.v. mei 2018 niet bekend	Conditie bepaald door analyse van infectie met macroparasieten: blijkt i.h.a. goed
Gonaden-ontwikkeling (i.i.g. wel/niet, zo mogelijk ook in % van uitgebrachte oesters)	Van de 17 onderzochte oesters waren 7 vrouw, 1 man en 9 onbepaald. Eén vrouwelijke oester bevatte larven.	32 oesters onderzocht, geen gonaden aangetroffen in juli 2021	Eind juli 2018: alle 21 oesters uit kooien hadden gonaden, waarvan 10 eicellen en 2 spermacellen	Juli 2018: 50% op 20 oesters vertoonden gonaden-ontwikkeling, en 2 op 15 bevatten larven	Na 9-14 maanden bleek een (onbekend) deel al geslachtsrijp en van geslacht gewisseld (vrouwelijk geworden)
Larven in omringend water in zomerperiode? (i.i.g. wel/niet, z.m. ook in # larven per 100 liter water)	De watermonsters bevatten larven met concentraties variërend van 90 -125 larven per 100 liter	Nog niet definitief bekend, maar vermoedelijk geen/weinig larven	Eind juli 2019: 6-12 larven per 100 liter (wsch. onderschat) NB: halfweg tussen Gemini en Borkumse Stenen ook 6-7 larven per 100 liter waargenomen!	Juli 2018: 3 watermonsters genomen, 5-43 larven per 100 l Juli 2019: geen larven waargenomen, mogelijk door verkeerde analysemethode	Ja, maar onbekend hoeveel (op zich al bijzonder bij zo jonge oesters)
Recruitment (i.i.g. wel/niet waargenomen, zo mogelijk ook % jonge oesters op aantal uitgebrachte volwassen oesters)	niet	Nog niet	NG	4 jonge oesters op kooien waargenomen, 1 op oester op bodem (6-7 cm doorsnede); wsch. alle gevestigd in 2018. Geen vestiging op <i>spat</i> -collectoren	NG
Groei van nieuw gevestigd <i>spat</i> (wel/niet, mits waargenomen)	niet	N.v.t.	NG	NG	NG
Biodiversiteit in pilot toegenomen? (i.i.g. wel/niet, z.m. ook in % toename t.o.v. omgeving)	Geen kwantitatieve vergelijking mogelijk. Op de structuren zijn 19 taxa aangetoond.	Analyse nog niet af, in ieder geval hoge biodiversiteit op de oestertafels zelf, ook met soorten die in de T0 niet gezien zijn met ROV/eDNA	Onduidelijk	Op bodem onduidelijk (oesters zijn erg verspreid geraakt, dat bemoeilijkt analyse; wordt wel aan gewerkt in ReVIFES).	Toename gemeld rond kooien, verder geen gegevens

				Rondom kooien/riffen: veel organismen, maar vergelijking met omgeving nog niet gemaakt	
Predatoren waargenomen, bij vrij uitgestrooide oesters? (kwalitatief)	NG		Diverse zeesterren waargenomen bij ROV-inspectie	2.5 zeesterren en krabben per m ² in sept. 2019 waargenomen. Geen invloed op volwassen oesters.	NG
<i>Bonamia</i> of andere ziekte waargenomen (ja/nee)	17 bemonsterde oesters testen negatief op <i>Bonamia</i> .	32 oesters onderzocht, geen <i>Bonamia</i> aangetroffen	April 2019: geen <i>Bonamia</i> bij 35 bemonsterde oesters	Sept. 2019: geen <i>Bonamia</i> bij 36 bemonsterde oesters	100 bemonsterde oesters testen negatief op <i>Bonamia</i>
Dichtheidsverandering van los uitgestrooide oesters (i.i.g. wel/niet, z.m. ook in % t.o.v. oorspronkelijke dichtheid per m²) Bij afname: oorzaak bekend?	n.v.t.	n.v.t.	Oesters zijn zeer verspreid geraakt (en ook de meeste – lichte - oesterkooien zijn niet teruggevonden)	0.37 oester per m ² waargenomen in uitstrooigebied in sept. 2019, ofwel 23% van oorspronkelijk	-
Zandgolven (bewegend) waargenomen? (ja/nee) Invloed op pilot? (wel/niet sterk negatief)	Ja, sterk negatief.	Ja, maar geen invloed op de pilot	Niet waargenomen	Nee. Wel enige bodemmobiliteit (kleine rifstructuur was bijna geheel in het zand gezakt)	-
Overige waarnemingen		Redelijk wat aangroei op de mandjes, besloten terug te zetten met enkele grotere gaten daarin.	Veel aangroei op kooien (vooral de hydroid <i>Tubularia larynx</i> , ook de bryozoan <i>Electra pilosa</i>)		De oesters kitten soms aan elkaar m.b.v. <i>Lanice conchilega</i> en <i>Spirobranchus triqueter</i> en vormen zo 3-D structuren
Bronnen	Didderen et al., 2019; Sas et al., 2018	T0 scientific report en T1 field report, Eurofins AquaSense 2021	Didderen et al., 2018, Bos et al., 2020	Didderen et al., 2019 en Bos et al., 2020	Pogoda et al., 2020

NG = Niet Gemeten

NNG = Nog Niet Gemeten (of nog niet gerapporteerd)

Bronnen:

- Bos, O., P. Kamermans, M. Schutter, M. Maathuis, A. van Gool, Monitoring of oyster bank restoration Gemini Offshore windfarm and Borkum Reef 2019, Progress report Project Ecofriend, Wageningen Marine Research, Den Helder, February 2020
- Didderen, K., P. Kamermans, W. Lengkeek, 2018. Gemini wind farm oyster pilot. Bureau Waardenburg, Culemborg
- Didderen, K., W. Lengkeek, P. Kamermans, B. Deden, E. Reuchlin-Hugenholtz, 2019. Pilot to actively restore native oyster reefs in the North Sea, *Comprehensive report to share lessons learned in 2018*, Report 19-013. Bureau Waardenburg, Culemborg
- Didderen, K., W. Lengkeek, J.H. Bergsma, U. van Dongen, F.M.F. Driessen, P. Kamermans, 2020. WWF & ARK Borkum Reef Ground oyster pilot, Active restoration of native oysters in the North Sea, Monitoring September 2019, Report 19-227. Bureau Waardenburg, Culemborg
- Eurofins Aquasense 2021, [Ongepubliceerd manuscript]

- Lengkeek, W., M.A.M. Maathuis, J.H Bergsma, K. Didderen, 2019. Field report monitoring oyster pilot Borkum Reef ground. Bureau Waardenburg, Culemborg
- Pogoda, B., B. Colsoul, T. Hausen, V. Merk, C. Peter, 2020. Wiederherstellung der Bestände der Europäischen Auster (*Ostrea edulis*) in der deutschen Nordsee (RESTORE Voruntersuchung), BfN-Skripten 582

Bijlage 3. Kennishiaten

Natuurversterking	Wordt opgepakt in
Het is nog onduidelijk welke kritische populatiegrootte nodig is voor een zichzelf in standhoudend oesterbank (Kamermans et al., 2018b).	MONS: 4.4.3.4.2. <i>Kennisvragen</i> (punt 6) Gericht op benthos populatie
Het is nog niet voldoende bewezen op welke locaties (schelpdier)riffen voldoende kans hebben om zichzelf in stand te houden (Stakeholderconsultatie)	NB
De ecologische (kosten en) baten door natuurinclusief bouwen in windmolenparken op zee zijn nog niet kwantificeerbaar (Hermans et al., 2020)..	Dit kennishiaat probeert het lopende project KOBINE te vullen ("Kosten en Biodiversiteit Natuurinclusieve Energie (KOBINE) – Kia Landbouw Water Voedsel," n.d.)
De verwachte levensduur van natuurinclusieve maatregelen is vaak niet bekend (Hermans et al., 2020).	In MONS is opgenomen onder het onderwerp <i>decommissioning</i> : 4.4.3.2. Natuurversterking & soortenbescherming. <i>Decommissioning</i> : Deskstudie en vaststellen criteria 4.4.3.3. Natuurversterking & soortenbescherming. <i>Decommissioning</i> : Ontwikkeling programma. Deskstudie <i>Decommissioning</i> : Uitvoering programma. Project monitoring
Een duidelijk afwegingskader voor natuurinclusief bouwen mist nog. Welke maatregelen waar voorrang krijgen en waarom? (stakeholderconsultatie)	MONS: 4.4.3.2. Natuurversterking & soortenbescherming. Natuurinclusief bouwen, deskstudie en review. MONS 51 vervolg. De review van natuurinclusief bouwen projecten wordt voor wat betreft fase 1 eind 2021 uitgevoerd. In 2022 is er een vervolg voorzien.
Kennis over de langere termijn interacties tussen de ontwikkeling van platte oester banken in windmolenparken en predatoren ontbreekt (Kamermans et al., 2018b; Smaal et al., 2017).	MONS: "Experimenteel volgen van predatie, rif vormende soorten op hard substraat": onder <i>Aanpak</i> van 4.4.3.4.3. <i>Kennisleemtes</i>
Door de tot nu toe korte periode na installatie van kunstmatige riffen en herstellpilots is nog niet bekend of de overleving en <i>recruitment</i> hoog genoeg zijn om herintroductie van de beoogde oesterbank in stand te houden. Hoewel de resultaten tot nu toe veelbelovend zijn, is het te vroeg om te evalueren of maatregelen succesvol zijn in het herstel van oesterbanken (Didderen et al., 2019b).	MONS: Link met <i>kennisleemte</i> binnen par. 4.1.2.1.3. 4.4.3.4. Natuurversterking & soortenbescherming: Herstel rifvormende soorten hard en zacht substraat: Experimenten recruitment o.a. met versch. substraat; 2 PhD Herstel rifvormende soorten: In situ experimenten herstel rifvormende soorten Herstel rifvormende soorten: Aanvullende metingen rifvormende soorten lange termijn: monitoring Herstel rifvormende soorten: Geschiktheidskaarten: potentieel geschikte gebieden. Data en model studie. Valt onder no-regret WINOR

<p>De ecosystemendiensten van de platte oester zijn niet gekwantificeerd. Er zijn ecosystemeprocessen en functies van vergelijkbare soorten die een hulpmiddel zijn om de potentiële ecosystemendiensten en functie van <i>Ostrea edulis</i> te begrijpen. De datasets, specifiek voor <i>Ostrea edulis</i>, ontbreken. Deze gegevens zijn nodig om het vertrouwen in de mate van voordelen van ecosystemendiensten te vergroten (Preston, et al. 2020)</p>	<p>ReViFES</p>
<p>Effecten door windmolenparken op zee en klimaatverandering</p>	
<p>De doorvertaling van ecosystemeeffecten in het voedselweb: een verhoogde primaire productie door veranderingen in stroming en stratificatie, maar wat de werking is op hogere trofische niveaus is nu nog niet duidelijk. (stakeholderconsultatie)</p>	<p>WOZEP/KEC</p> <p>MONS:</p> <p>4.1.1 Monitoring Primaire productie: Dit betreft de basale monitoring van de primaire productie op de Noordzee</p> <p>Primaire productie processen: onderzoek richt zich op het gebruik van de nutriënten door pelagische en benthische primaire producenten en hoe die productie wordt gereguleerd door de algensamenstelling en slib- en nutriëntenhuishouding. De impact van infrastructuur en maricultuur op de pelagische productie wordt gemeten.</p>
<p>Wat de invloed is van de verzuring van de Noordzee door klimaatverandering op kalkvormende organismen zoals platte oesters is nog niet goed in kaart gebracht. (stakeholderconsultatie)</p>	<p>MONS:</p> <p>Link met <i>4.1.2.3.2. Kennisvragen</i></p> <p><i>4.1.2.3. Effecten klimaatverandering: verzuring</i></p> <p><i>De gevolgen van verzuring voor het functioneren van het mariene ecosysteem kan het best aangepakt worden via een tweede PhD/postdoc positie.</i></p> <p><i>Effecten op de connectiviteit en recruitment succes van larvenstadia van mariene organismen.</i></p> <p><i>Effecten van opwarming op het fysisch systeem.</i></p> <p>4.4.2.3. Effecten drukfactoren benthos: klimaatverandering. Modelleren en mesocosms</p> <p>FutureMARES (link)</p>
<p>Er is nog te weinig bekend over de mogelijke introductie en verspreiding van invasieve exoten door de aanwezigheid van windmolenparken op zee (Dannheim et al. 2020).</p>	<p>NB</p>

De lange termijn dynamiek en het potentiële voorkomen van invasieve soorten op hard substraat van windmolenparken moet verder onderzocht worden (Jak and Glorius, 2017).

De soortenrijkdom, biomassa en het gehalte aan organische stof in het zachte sediment neemt geleidelijk toe richting de turbine. Het is niet bekend of het gebied waarin dit gebeurt zich in de loop van de tijd uitbreidt, aangeraden wordt om dit verder te onderzoeken.(Jak and Glorius, 2017).

Het is nog niet duidelijk genoeg hoe vispopulaties in de Noordzee beïnvloed worden door de aanwezigheid van windparken (Barbut et al., 2020). Modelstudies kunnen wel indicaties geven, echter lijken populaties op verschillende locaties ook verschillende effecten te vertonen en monitoring is noodzakelijk (Barbut et al., 2020).

(In het algemeen) meegenomen in WOZEP (zie Annex 1 MONS/ bijlage 2 NZA- 'Draagkracht Noordzee')

MONS:

4.1.2.1 Karakterisering van oppervlakte- en bodemstroming, turbulentie en golfregime binnen, in nabijheid van, en ver buiten WMP, over verschillende seizoenen en onder verschillende getij- en meteorologische condities en de doorwerking op hydrodynamiek, slibdynamiek en waterkwaliteitsparameters. Hier kunnen modellentreinen bij ingezet worden. Metingen worden zodanig uitgevoerd dat effecten van windparken onderscheiden kunnen worden van effecten van maricultuur of natuurstimuleringsmaatregelen.

Opgenomen in 'Voedsel en visserij', 'Effecten van ontwikkeling windenergie op zee (WOZEP/KEC)' NZA bijlage 2/MONS annex 1)

MONS:

Link met 4.3.2.1.3 Kennisleemte en 4.3.2.3.2 Kennisvraag m.b.t. hardsubstraat.

Mogelijk kan kennishiaat specifiek(er) worden gedefinieerd.

4.2.2.3. Effecten wind op zee:

Telemetrie-studie naar directe effecten bouw en operationele fase OWF op postlarvale vis, exclusief de effecten van onderwatergeluid. Project monitoring.

Effecten heigeluid op vislarven en -eieren. Project monitoring.

Effecten OWF-gerelateerd onderwatergeluid (heien, scheepvaart, turbines zelf) op verspreiding, gedrag en fysiologie van postlarvale vis. Project monitoring.

Effecten elektromagnetische velden op (commerciële) visbestanden. Project monitoring.

4.3.1 Mechanistisch onderbouwde modellen voor de visgemeenschap t.b.v. scenario's studies en doorvertaling drukfactoren naar effecten draagkracht en natuur.

4.3.1 Aio(s) studie naar gedrag van vis bij artificiële constructies, inclusief toekomstige maricultuur

4.3.2 Mechanistische dosis-effect relaties en gedragsregels t.b.v. modellen voor de visgemeenschap voor doorvertaling drukfactoren naar effecten draagkracht en natuur.

<p>Er is slechts beperkt kennis beschikbaar over de trapsgewijze gevolgen in het ecologisch functioneren bij aanwezigheid van een windmolenpark op zee. Hierbij gaat het om de verschillende paden waarbij effecten kunnen ontstaan op bijvoorbeeld het benthische habitat (Dannheim et al., 2020).</p>	<p>MONS: Mogelijk (deels) opgepakt onder 4.1.2.1 <i>Effecten Wind op Zee en (begeleidende) Maricultuur en Natuurversterkende maatregelen</i> ? Onder 4.4.2.2 en als no regret wordt monitoring opgezet: Volgen ontwikkelingen benthos hard en zacht substraat rond windmolens</p>
<p>Er is nog te weinig bekend over hydrodynamische veranderingen die mogelijk kunnen leiden tot effecten op de primaire productie en de gevolgen voor de hogere trofische niveaus (Dannheim et al., 2020).</p>	<p>Mogelijk opgevangen, 'basis vh voedselweb', ond. voorstel 6 (p.33) in combinatie met eff. Drukfactoren.</p>
<p>Er is nog te weinig bekend over de effecten van geluid en trillingen door de (bouw en) aanwezigheid van windmolenparken op benthos (Dannheim et al., 2020).</p>	<p>MONS: Opgepakt onder 4.4.2.4.4 <i>Aanpak maar valt onder de streep in de prioritering.</i> 4.4.2.4. Effecten drukfactoren: onderwatergeluid. Deskstudie. Grove risico-analyse voor m.n. schaal- en schelpdieren</p>
<p>Draagkracht en ecosysteem (thema in MONS annex 1/NZA bijlage 2) Niet opgepakt</p>	
<p>De draagkracht van de Noordzee als het gaat om hard substraat en de bijbehorende ecosystemen en soorten is nog onduidelijk. (stakeholderconsultatie)</p>	<p>Benoemd in <i>Annex 1 (Bijlage 2 van het Noordzeeakkoord)</i>, maar nog niet opgepakt. Dit punt is echter zeer dicht verbonden met de grootschalige ecosysteem effecten zoals genoemd onder het vorige onderwerp.</p>
<p>De draagkracht van oesters in de Nederlandse Noordzee is nog niet duidelijk; modelruns zijn nodig om in te schatten wat een realistische verwachting zou zijn in de toekomstige Noordzee met de aanwezigheid van grootschalige windparken en bijbehorende mosselpopulatie (Kamermans et al., 2018a).</p>	<p>NB</p>
<p>Er ontbreekt nog kennis over interacties tussen verschillende soorten (ecosysteembenadering) en tussen bodemsoorten en pelagische soorten (van den Bogaart et al., 2020).</p>	<p>MONS: Benoemd in 5.2.3 <i>Criterion 3. Het volgen van een integrale benadering</i> 4.1.1 Kwantificering van het biogeochemisch functioneren en uitwisseling van nutriënten met de waterkolom voor een breed scala aan bodemtypes in de Noordzee en de invloed van bodemleven daarop, met nadruk op het contrast tussen zand- en slibbodems. 4.1.1 Primaire productie processen: onderzoek richt zich op het gebruik van de nutriënten door pelagische en benthische primaire producenten en hoe die productie wordt gereguleerd door de algensamenstelling en slib- en nutriëntenhuishouding. De impact van infrastructuur en maricultuur op de pelagische productie wordt gemeten.</p>

	<p>4.1.1 Karakterisering van oppervlakte- en bodemstroming, turbulentie en golfregime binnen, in nabijheid van, en ver buiten WMP, over verschillende seizoenen en onder verschillende getij- en meteorologische condities en de doorwerking op hydrodynamiek, slibdynamiek en waterkwaliteitsparameters. Hier kunnen modellentreinen bij ingezet worden. Metingen worden zodanig uitgevoerd dat effecten van windparken onderscheiden kunnen worden van effecten van maricultuur of natuurstimuleringsmaatregelen.</p> <p>4.1.2.1 Karakterisering van biomassa en soorten fyto- en zoöplankton bovenstrooms, binnen en benedenstrooms van WMP, over verschillende seizoenen. Metingen worden zodanig uitgevoerd dat effecten van windparken onderscheiden kunnen worden van effecten van maricultuur of natuurstimuleringsmaatregelen.</p> <p>4.1.2.1 Effecten van windmolenparken en begeleidende maricultuur op de functionele rol van de bodem en het bodemdierleven (in en op de bodem en op harde substraten) in relatie tot de draagkracht van het ecosysteem (3 x PhD). Metingen worden zodanig uitgevoerd dat effecten van windparken onderscheiden kunnen worden van effecten van maricultuur of natuurstimuleringsmaatregelen.</p>
<p>De effecten van windparken en herstel op de draagkracht van de Noordzee is nog niet genoeg over onbekend (Noordzeedagen 2021).</p>	<p>Een algemene leemte die in onderdelen zal worden onderzocht.</p>
<p>Overig</p>	
<p>Algemene fundamentele vraag: wat is 'goed' of 'wenselijk' in het kader van Noordzeenatuur? Welke doelen streeft men na, en op welke argumenten wordt dat doel gedefinieerd?(van Duren et al., 2016)</p>	<p>Dit valt misschien onder MONS onder de vraag: wat is draagkracht? Is niet opgepakt binnen MONS als prioriteit maar onder Annex 10 (nieuwe kennisvraag).</p>
<p>Het combineren van data rond visserij, zeewier, schelpdieren, schaaldieren, weekdieren, om te komen tot een "heat map" van biota ontbreekt nu nog (van den Bogaart et al., 2020).</p>	<p>Deltares werkt momenteel aan kaarten.</p> <p>MONS:</p> <p>4.4.3.4. Natuurversterking & soortenbescherming. Herstel rifvormende soorten: Geschiktheidskaarten: potentieel geschikte gebieden. Data en modelstudie</p>
<p>Het is niet goed bekend hoe een onverstoorde Nederlandse Noordzee zandbodem er uit ziet (Noordzeedagen 2021).</p>	<p>MONS:</p> <p>4.4.2.1 en 4.4.3.1 Effecten drukfactoren en Natuurversterking & Soortenbescherming: bodemberoering en sluiting gebieden. Volgen abiotiek (hydrodynamiek) binnen en buiten gesloten gebieden: Onderzoek naar herstel habitattypen 1110, 1170. Project monitoring.</p> <p>4.4.2.1 en 4.4.3.1 Effecten drukfactoren en Natuurversterking & Soortenbescherming: Volgen ontwikkelingen benthos binnen en buiten gesloten gebieden. Project monitoring. Valt onder no-regret.</p>

Productie: vooralsnog onbegrepen sterfte van platte oesterlarven en gebrekkige vestiging op substraat van de larven in hatcheries (stakeholderconsultatie).

KOPON (Kweek en Onderzoek Platte Oesters in Nederland)

Monitoring: ontwikkeling van meer kosteneffectieve (geautomatiseerde) methoden (stakeholderconsultatie)

KOBINE, eDNA projecten, NB

NB = Niet bekend