

Rijke riffen in de Noordzee

Verkenning naar het stimuleren van natuurlijke riffen en gebruik van kunstmatig hard substraat

dr. L.A. van Duren
dr. A. Gittenberger
prof. dr. A.C. Smaal
dr. M. van Koningsveld
dr. R. Osinga
drs. J.A. Cado van der Lelij
drs. M.B. de Vries

1221293-000

Titel

Rijke riffen in de Noordzee

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
dr. E. Knegtering, Ministerie Economische Zaken	1221293-000	1221293-000-ZKS-0009	82

Trefwoorden

Noordzee; hard substraat; riffen; bouwen met natuur; biodiversiteit

Samenvatting

Dit project is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en heeft als doel om in de vorm van een vooronderzoek een overzicht te geven van mogelijkheden en kennishiaten op het gebied van hard substraat in relatie tot ecologische meerwaarde. Het wil daarbij input te leveren aan de ontwikkeling van rijksbeleid over "bouwen met Noordzeenatuur" dat versterking beoogt van behoud en duurzaam gebruik van soorten en habitats die van nature in de Nederlandse Noordzee voorkomen. De achtergrond hiervan is dat de Noordzee door verschillende menselijke activiteiten, nu en in het verleden, sterk verarmd is, niet alleen door de achteruitgang van soorten, maar ook vanwege het verlies van verschillende soorten habitat, met name hard substraat. Dit betreft in het bijzonder het verlies van uitgestrekte banken van platte oesters die in de 19^e eeuw zeer grootschalig aanwezig waren in de Noordzee, inclusief het Nederlands continentaal plat (NCP). Op veel kleinere schaal is er verder hard substraat verdwenen omdat de visserij over de afgelopen eeuwen veel grote stenen heeft verwijderd omdat deze een obstakel vormden voor visserij.

Dit project heeft onderzocht welke mogelijkheden er zijn tot herstel van natuurlijke structuren die van nature in de Noordzee thuis horen en welke mogelijkheden er zijn om door het aanbieden van kunstmatig hardsubstraat een bijdrage te leveren aan de ecologische staat van de Noordzee. Bij dit laatste kan onderscheid gemaakt worden tussen het aanleggen van kunstriffen, (harde structuren met als hoofdfunctie natuurontwikkeling) en 'natuur-inclusief bouwen' (harde infrastructuur, zoals platforms voor olie- en gaswinning, monopiles voor windturbines, erosiebescherming rond platforms en leidingen, zo inrichten dat er aantrekkelijk habitat voor een rijke levensgemeenschap ontstaat). Hierbij is aandacht besteed aan mogelijke negatieve effecten zoals het risico op introductie van uitheemse soorten.

Er wordt een korte beschrijving gegeven van de habitats van verschillende natuurlijke rifstructuren die op het NCP voorkomen, zoals riffen van de platte oester (*Ostrea edulis*), de zandkokerworm *Sabellaria spinulosa*, de honingraatzand-kokerworm *Sabellaria alveolata*, de schelpkokerworm *Lanice conchilega* en de gewone paardenmossel, *Modiolus modiolus*. Vervolgens is een beschrijving gegeven van de soortengemeenschappen die worden aangetroffen op natuurlijk en kunstmatig hard substraat in diepe en ondiepe delen van de Noordzee. In diepe delen van de Noordzee (>-20) worden minder uitheemse soorten aangetroffen dan in ondiepe delen.

Binnen dit project is een aantal criteria opgesteld waaraan projecten rond Noordzeenatuurherstel of natuur-inclusief bouwen aan zouden moeten voldoen. Deze kunnen als volgt worden samengevat:

1. **Focus op soorten en structuren die van nature in de Nederlandse Noordzee voorkomen.** Een belangrijke basis hiervoor zijn lijsten met soorten en habitats waarvoor beleidsdoelstellingen zijn opgesteld
2. **Laat de natuur zoveel mogelijk het werk doen.** De Noordzeenatuur is verarmd door verschillende menselijke activiteiten in het systeem. Richt activiteiten primair op

Titel
Rijke riffen in de Noordzee

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
dr. E. Knegtering, Ministerie Economische Zaken	1221293-000	1221293-000-ZKS-0009	82

het verminderen van verstorende activiteiten en pas in tweede instantie op actieve restauratie.

3. **Minimaliseer de noodzaak voor gebruik van gebiedsvreemd materiaal**
4. **Reduceer de kans op introductie van exoten:**
 - a. aanbieden van hardsubstraat in dieper water is minder riskant dan in ondiep water
 - b. voorkom onnodig transport van levende organismen tussen verschillende delen van het ecosysteem
5. **Formuleer duidelijke doelstellingen en evalueer deze effectief:**
 - a. Voor elk project, formuleer vooraf meetbare doelstellingen op die beoogd worden
 - b. Evalueer vooraf welke omgevingsrisico's / negatieve effecten zouden kunnen optreden
 - c. Richt een goed monitoringsprogramma in om de doelstellingen en eventuele negatieve effecten te evalueren
 - d. Houd daarbij rekening met het feit dat een evenwichtssituatie vaak pas na jaren bereikt wordt en dat tevens negatieve effecten pas na langere tijd kunnen optreden
 - e. Verbind duidelijke consequenties aan het niet behalen van doelstellingen of het optreden van negatieve effecten

Voor zowel het bevorderen van vestiging van natuurlijke riffen als voor kolonisatie van hardsubstraat met levensgemeenschappen zijn perspectieven onderzocht voor:

- projecten met weinig inspanning (bv. alleen instellen van bodembescherming met eventueel aanbieden van enig hard substraat, maar verder kolonisatie natuurlijk te laten verlopen);
- projecten met middelmatige inspanning (voorgaande activiteiten met daarbij het aanbrengen van levende rifstructuren van elders)
- projecten die zeer hoge inspanning vergen (hierbij worden in een laboratoriumomgeving of kweekbassins gewenste soorten gekweekt en vervolgens uitgezet)

De **natuurlijke rifbouwers** waar op het NCP kansen voor liggen om deze te herstellen / bevorderen betreffen: de platte oester (*Ostrea edulis*), de zandkokerworm *Sabellaria spinulosa* en mogelijk de gewone paardenmossel, *Modiolus modiolus*. De schelpkokerworm *Lanice conchilega* is ook beschouwd als natuurlijke bouwers van rif-achtige structuren in de Noordzee, maar daarvoor worden op het NCP weinig mogelijkheden gezien deze te stimuleren (behalve uitsluiting van bodemberoering). De honinggraatzand-kokerworm *Sabellaria alveolata* komt wel in de Noordzee voor maar niet in de buurt van het NCP.

Voor alle eerstgenoemde soorten geldt dat de eerste randvoorwaarde voor vestiging is dat de bodem relatief onverstoord moet zijn, m.a.w. er moeten geen bodemberoerende activiteiten plaatsvinden zoals zandwinning, baggeren visserij of garnalenvisserij. Locaties binnen windparken liggen daarmee voor de hand. De drie soorten stellen eigen eisen aan hun omgeving. Voor alle drie geldt dat enig hard substraat de eerste vestiging helpt, maar dat de rifstructuren of banken zich van daar uit kunnen uitbreiden over zacht substraat heen. Deze drie soorten stellen heel verschillende eisen aan hun omgeving. Zo zal een *Sabellaria*-rif alleen kunnen ontstaan in gebieden met veel sediment in het water. Dit is een omgeving die

Titel
Rijke riffen in de Noordzee

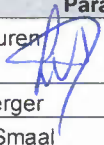
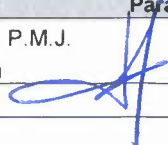


Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
dr. E. Knegtering, Ministerie Economische Zaken	1221293-000	1221293-000-ZKS-0009	82

ongunstig is voor platte oesters of gewone paardenmosselen. Alle drie kunnen problemen hebben met een extreem mobiele bodem waar grote zandgolven doorheen lopen, al zijn de grenzen van wat ze kunnen tolereren m.b.t. sediment dynamiek nog onzeker. Voor projecten gericht op bevorderen van natuurlijke rifstructuren is per soort specifiek vooronderzoek nodig naar de habitateisen en locatiemogelijkheden.

Zeker voor de platte oester en voor *S. spinulosa* is bekend dat vestiging versneld kan worden door aanwezigheid van levend rifmateriaal. Import van rifstructuren elders uit de Noordzee kan helpen, maar dit brengt ook risico's met zich mee op het gebied van introductie van exoten. Kweek van deze soorten wordt niet gezien als methode voor grootschalig herstel, al zijn kweekproeven soms wel nuttig om inzicht te krijgen in fundamentele processen rond vestiging en rifvorming.

Voor **kunstmatig hardsubstraat** liggen verschillende mogelijkheden om te experimenteren met ontwerpen die aantrekkelijk zijn voor een diverse levensgemeenschap. Basaal uitgangspunt hier is dat een hogere diversiteit aan habitat ook een hogere diversiteit van hierop gevestigde levensgemeenschappen geeft. Dus variatie in grote stenen en delen met fijner materiaal bij steenbestorting geeft een groter effect dan wanneer overal dezelfde gradatie van stenen wordt gebruikt. Voor kunstmatig hard substraat zijn twee soorten geïdentificeerd die worden gezien als interessant om te zien of deze met transplantatie of kweek versneld kunnen vestigen. Dit betreft de dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) en de juweelanemoon (*Corynactis viridis*). Deze soorten lijken interessant omdat ze meerjarig zijn en het substraat goed beschermen tegen aangroei van andere (uitheemse) benthische soorten. Zowel transplantatie van deze soorten van elders als ook kweek van deze soorten vergen echter de nodige voorstudie. Bij transplantatie van reeds begroeid substraat van elders geldt ook weer dat het risico van introductie van exoten meegewogen moet worden. Van kweek van deze soorten in aquaria of kweekbassins is nog weinig bekend.

Naast het bieden van inzicht in kennis en kennishiaten, biedt dit rapport drie globale voorstellen voor eventuele nadere pilotstudies.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	jan. 2016	dr. L.A. van Duren		prof. dr. P.M.J. Herman		drs. F.M.J. Hoozemans	
		dr. A. Gittenberger					
		prof. dr. A.C. Smaal					
		dr. ir. M. van Koningsveld					
		dr. R. Osinga					
		drs. J.A. Cado van der Lelij					
		drs. M.B. de Vries					

Status
definitief

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Introductie en vraagstelling	3
1.2	Beleidskader	3
1.3	Natuurherstel en 'natuur-inclusief bouwen'	5
1.4	Leeswijzer	5
2	Fysische systeembeschrijving Nederlands Continentaal Plat (NCP)	7
2.1	Algemene beschrijving habitats / ecotopen	7
2.2	Aanwezig hard substraat	7
2.2.1	Olie- en gasinfrastructuur	7
2.2.2	Windparken	8
2.2.3	Wrakken	8
2.3	Stroming en golven	8
2.4	Sediment en sedimentbeweging	9
2.5	Antropogene bodemverstoring	10
2.5.1	Visserijdruk	12
2.5.2	Zandwinning / kustsuppleties	12
2.6	Gebiedsbeschermende maatregelen, visserijafspraken, exclusiegebieden	12
2.6.1	Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebieden (Natura 2000)	12
2.6.2	Gebiedsbeschermende maatregelen (Kaderrichtlijn Mariene Strategie)	14
2.6.3	Via aanwezige structuren (veiligheidszones olie- en gasinstallaties)	14
3	Kennis van rifbouwende en substraatgebruikende soorten	15
3.1	Rifbouwende soorten	15
3.1.1	<i>Sabellaria</i> -riffen	15
3.1.2	Aggregaties van schelpkokerwormen (<i>Lanice conchilega</i>)	19
3.1.3	Platte oester (<i>Ostrea edulis</i>)	21
3.1.4	Gewone paardenmossel (<i>Modiolus modiolus</i>)	24
3.2	Hardsubstraatgebruikende soorten	26
3.2.1	Soortengemeenschappen op natuurlijk hard substraat (diep)	27
3.2.2	Soortengemeenschappen op onnatuurlijk hard substraat (diep)	29
3.2.3	Soortengemeenschappen op natuurlijk hard substraat (ondiep)	32
3.2.4	Soortengemeenschappen op onnatuurlijk hard substraat (ondiep)	33
3.3	Aan hard substraat gerelateerde uitheemse soorten in de Noordzee	34
3.4	Meerwaarde van rifstructuren	35
4	Veelbelovende technieken voor stimulering van rifbouwende en substraatgebruikende soorten	38
4.1	Technieken om een natuurlijk rif te laten ontstaan	38
4.1.1	Substraatselectie voor natuurlijke rifbouwers / promotie van vestiging	38
4.1.2	Kweektechnieken /-procedures en transplantatie	40
4.2	Maken en aanbrengen van kunstmatig hard substraat	41
4.2.1	Natuur-inclusief bouwen	41
4.2.2	Technieken voor het construeren van kunstmatige riffen	42
4.3	Technieken voor promotie kolonisatie kunstmatig hard substraat	44
4.3.1	Dodemansduim (<i>Alcyonium digitatum</i>)	44
4.3.2	Juweelanemoon (<i>Corynactis viridis</i>)	46

4.3.3	Conclusie – haalbaarheid en vervolgstudies	46
5	Mogelijke toepassingsgebieden voor stimulering van rifbouwende of substraatgebruikende soorten	48
5.1	Samenvatting belangrijke aspecten locatiekeuze	48
5.2	Criteria	48
5.2.1	Overzicht van criteria voor projecten	49
5.3	Rifbouwende soorten	50
5.3.1	Soorten	50
5.3.2	Gebieden	50
5.4	Kunstmatig hard substraat	51
5.4.1	Gebieden	51
5.5	Overzicht kennislacunes en onderzoeksvragen	51
5.5.1	Natuurlijke rifstructuren	51
5.5.2	Kunstmatig hard substraat	52
6	Voorstel voor uitvoering verkennende proeven (pilots)	53
6.1	Overzicht kansrijke soorten / groepen i.r.t. selectiecriteria (tabel)	53
6.1.1	Rifbouwende soorten	53
6.1.2	Kunstmatig hard substraat	55
6.2	Relevante projecten en kennis om te benutten	58
7	Referenties	61
	Appendix A Overzicht van een aantal categorieën beleidsrelevante soorten en habitats voor de Noordzee	69
	Appendix B Kaartmateriaal fysische systeemkenmerken	73

1 Inleiding

1.1 Introductie en vraagstelling

De Noordzee, en het Nederlandse continentale plat als onderdeel daarvan, is een gebied dat intensief wordt benut voor vele functies. Het is uit onderzoek gebleken dat door dit intensief gebruik (veranderend aanbod van nutriënten, benutting van resources zoals vis, schelpdieren, zand) het systeem-functioneren wordt beïnvloed. Zo zijn afgelopen eeuw structuurrijke habitats (zoals de oestergronden) verdwenen of in areaal gereduceerd, maar zijn ook nieuwe structuren per ongeluk of met opzet toegevoegd (wrakken, olie- en gasinstallaties, windmolenparken, leidingen van velerlei aard).

In het afgelopen decennium is door Nederlandse partijen ervaring opgedaan met het toepassen van het concept “Bouwen met de Natuur”. Onderdeel hiervan is het ontwikkelen van oplossingen om harde substraten van natte waterbouwkundige infrastructuur (intertidaal¹ en subtidaal²) te verbeteren met het oog op herstel van ontbrekende habitats, vergroten van habitatdiversiteit en biomassa-productie. Beoogd wordt om hierdoor een meerwaarde te genereren voorbij mitigatie en compensatie van effecten van harde werken. Een aantal van deze oplossingen zijn zowel in Nederland (Rijke dijken, Rijke havenkades, Rijke onderwaterbestortingen, oesterriffen) als daarbuiten (“ReefGuard”-technologie, kweek van koralen en bouw van koraalriffen, herstel mangroven) toegepast. Door de Nederlandse overheid wordt beleid ontwikkeld waarvan Bouwen met de Natuur een onderdeel is. Dit vooronderzoek sluit hierop aan en zal input kunnen leveren aan de inhoudelijke ontwikkeling van natuur-inclusief beleid voor de activiteiten op het Nederlandse deel van de Noordzee. De focus van dit rapport ligt op de Noordzee en minder op de randen van de Noordzee, zoals de Waddenzee en de bekkens van de zuidwestelijke Delta. Er wordt dus minder aandacht besteed aan het intergetijdengebied.

Dit project heeft de volgende doelen:

- a) Overzicht geven van mogelijkheden en kennishiaten op het gebied van hard substraat in relatie tot ecologische meerwaarde
 - i. te verkennen welke soorten/groepen in de Nederlandse Noordzee in potentie direct of indirect profiteren van harde substraten; daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen inheemse (onder druk staande of verdwenen) Noordzee-soorten/groepen (i.e. de uiteindelijk beoogde soorten/ groepen) en uitheemse (potentieel invasieve) soorten/groepen.;
 - ii. te inventariseren welke veelbelovende bouwen-met-natuur-technieken beschikbaar zijn (i.e.: m.b.t. het stimuleren van natuurlijke riffen en van vestiging van soorten op kunstmatig hard substraat);
 - iii. te identificeren welke mogelijke toepassingsgebieden voorzien worden, gekoppeld aan infrastructuur die nu en in de toekomst nog in de Noordzee wordt ontwikkeld.
- b) Een opzet te ontwikkelen voor concrete kansrijke pilot-onderzoeken (in veld of lab) die belangrijke kennishiaten invullen en praktische implementatie mogelijk maken met nadruk op het Nederlands continentaal plat (NCP).

1.2 Beleidskader

Het rijk heeft verschillende toekomstbeelden geschetst en beleidsvoornemens geformuleerd voor “bouwen met Noordzeenatuur” en/of toepassing van kunstmatig hard substraat in dat kader (Ministerie van Economische Zaken 2014a, Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken 2014, 2015a en b). Daarbij wordt enerzijds verwezen naar het feit dat

¹ Intertidaal: het gebied tussen hoog en laagwater dat bij elk getij een deel van de tijd onder water staat en een deel droog staat

² Subtidaal: het gebied beneden de laagwaterlijn dat permanent onder water staat

de Noordzee zeer intensief wordt gebruikt, de ruimte schaars is en dat daarom functiecombinaties wenselijk zijn en anderzijds dat de Noordzee-natuur verarmd is en dat versterking van natuurwaarden wenselijk is. Een van de beleidsacties is het in de loop van 2016-2018 laten verrichten van “onderzoek naar functiecombinatie van gebruik en natuurontwikkeling op kunstmatig hard substraat (bouwen met de natuur)” (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken 2015a). Voorliggend onderzoek is een bijdrage daaraan.

Uit de diverse beleidsdocumenten blijkt dat bij het concept “bouwen met Noordzee-natuur” wordt gestreefd naar combinaties van gebruik van de Noordzee waarbij tegelijk natuurwaarden worden versterkt. Afgaand op een voorschrift in bijvoorbeeld het kavelbesluit I voor het windenergiegebied Borssele, kan dat laatste worden geoperationaliseerd als “versterking van behoud en duurzaam gebruik van soorten en habitats die van nature in Nederland voorkomen” (Ministerie van Economische Zaken 2016), of, meer specifiek, als versterking van behoud en duurzaam gebruik van soorten en habitats die van nature in de Nederlandse Noordzee voorkomen. Daarbij moet nadrukkelijk wel worden opgemerkt dat pijlers van turbines en stortsteen dat wordt gebruikt tegen bodemerosie niet kunnen worden aangemerkt als “habitats die van nature in de Noordzee voorkomen”, maar deze artificiële habitats kunnen wel soorten herbergen die van nature in de Noordzee voorkomen en achteruit zijn gegaan.

Dit roept de vraag op wat precies de soorten (en habitats) zijn die van nature in de Nederlandse Noordzee voorkomen, maar ook of er daarbinnen categorieën beleidsrelevante soorten (en habitats) zijn die wellicht een hogere prioriteit verdienen bij het willen versterken van onder meer hun behoud. Daarnaast is er een categorie soorten waarvan juist geen versterking wordt beoogd: invasieve soorten van uitheemse oorsprong.

Inzichtelijk moet nog worden gemaakt welke de van nature in de Nederlandse Noordzee voorkomende soorten precies zijn. Een overzicht van als “marien” gemarkeerde soorten (inclusief exoten) in het Nederlands Soortenregister (Pieterse 2015) suggereert dat dit, exclusief vogels, in de orde van grootte van 1600 meercellige diersoorten en 290 meercellige plantensoorten zal omvatten. Het aantal algemene en schaarse inheemse vogelsoorten – conform Bijlsma et al. (2001) - van de Nederlandse Noordzee bedraagt 80 (Van Roomen et al. 2013).

Een categorie beleidsrelevante soorten (en habitats) waarvoor het voor de hand ligt dat behoud en versterking een hogere prioriteit verdient, zijn Noordzee-soorten (en habitattypen) die onder de EU-Vogelrichtlijn en -Habitatrichtlijn vallen. De richtlijnen beogen (een gunstige staat van) instandhouding van die soorten en habitats. Bovendien is een streefdoel van de Europese biodiversiteitsstrategie om de achteruitgang in de status van die soorten habitats tot staan brengen en tegen 2020 een aanzienlijke en meetbare verbetering van hun status bereiken (Europese Commissie 2011). Onder de Vogelrichtlijn vallen in Nederland zo'n 80 Noordzee-soorten, waarvan voor 35 gebieden zijn of worden aangewezen. Onder de Habitatrichtlijn vallen in Nederland zes habitattypen (exclusief door Nederland onderscheiden subtypen) die behoren tot “kusthabitats en halofytenvegetaties”, zeven zeezoogdiersoorten, en zeven vissoorten (Appendix A-1). Voor al deze habitattypen, evenals voor drie van de zoogdiersoorten en vier van de vissoorten zijn of worden gebieden aangewezen (zie ook 2.6.1). Alle habitattypen hadden in 2013 de instandhoudingsstatus “matig ongunstig”, evenals de drie zoogdiersoorten. Van de vier vissoorten is er één verdwenen en hadden twee de instandhoudingsstatus “zeer ongunstig” en een “matig ongunstig” (Appendix A-1). Daarnaast heeft het kabinet op basis van de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) een actieplan naar de Kamer gezonden voor het herstel van kwetsbare soorten haaien en roggen in de Noordzee (Tweede Kamer 2016). Andere beleidsrelevante categorieën zijn soorten (en habitats) waarvan meer generiek bekend is dat het daarmee niet goed gaat, zoals Nederlandse Noordzeesoorten die op nationale rode lijsten (bijvoorbeeld van vissen (Appendix A-4) of de OSPAR List of Threatened and/or Declining

Species and Habitats (Appendix A-3). Deze lijst omvat bijvoorbeeld “riffen van de platte oester” als “Threatened or Declining”. Kunstmatig hard substraat valt hier uiteraard niet onder.

Vanuit beleidsperspectief is het in het huidige kader dan ook van belang na te gaan (a) welke van nature in de Nederlandse Noordzee voorkomende soorten en habitats direct of indirect van kunstmatig hard substraat zouden kunnen profiteren en – vooral - voor welke soorten en habitats die behoren tot beleidsrelevante categorieën dat het geval is en (b) of tegelijk het onbedoeld stimuleren van invasieve exoten kan worden voorkomen.

1.3 Natuurherstel en ‘natuur-inclusief bouwen’

In het verleden was een fors deel van het NCP bedekt met hard substraat; voor het overgrote deel banken van platte oesters en een aantal natuurlijke habitats met stenen zoals de Klaverbank, delen van de Doggersbank en de Borkumse stenen bij Schiermonnikoog (Coolen et al., 2015). In het verleden zijn veel stenen uit deze gebieden en andere delen van het NCP verwijderd door vissers. Echter, ook vóór het verdwijnen van de oesterbanken en het weghalen van stenen door vissers bestond de bodem van de Noordzee (en zeker het NCP) voor het overgrote deel uit zand. Men kan dus vragen stellen hoe wenselijk het is om vanuit natuurrooipunt substraat aan te gaan leggen dat daar niet van nature thuishoort.

Kunstmatig hard substraat zoals stortsteen, is uiteraard gebiedsvreemd materiaal. Enerzijds kan kunstmatig substraat wel een belangrijk deel van de soorten en levensgemeenschappen herbergen die op (voormalig) natuurlijk hard substraat kunnen voorkomen, maar er zullen tevens verschillen zijn. Het neerleggen van kunstmatig materiaal (of dit nu stortsteen betreft, of scheepswrakken) mag dan ook niet zondermeer gezien worden als ‘natuurherstel’. Pogingen om bv. vestiging van de platte oester te bevorderen of andere natuurlijke structuren die in de Noordzee thuishoren kunnen wel als zodanig worden aangemerkt. Het aanleggen van kunstriffen in de Noordzee en elders wordt dan ook niet door iedereen, zeker niet door alle ecologen als positief gezien (Wolff 1993). In sommige gevallen zijn er ook negatieve gevolgen van aanleg van kunstriffen, of zijn kunstmatige structuren na aanleg niet voldoende gemonitord om alle effecten in beeld te brengen (Baine, 2001). Zeker is dat men met aanleg van een kunstrif voor natuurontwikkeling in gebied waar nooit natuurlijk hard substraat aanwezig is geweest zeer voorzichtig moet zijn. Er moeten duidelijke doelstellingen worden geformuleerd wat men met aanleg wil bereiken en dit moet geëvalueerd kunnen worden met gegevens. Hierbij dienen ook de effecten op grotere schaal in beeld te zijn.

Minder controversieel is het concept ‘natuur-inclusief bouwen’ ofwel ‘bouwen met de natuur’. Dit houdt in dat, wanneer er om bepaalde redenen sowieso hard substraat moet worden aangelegd (bv. harde zeeweringen, erosiebescherming voor offshore windparken, bescherming van leidingen, etc. etc.) dit gebeurt op een manier die gewenste natuurontwikkeling bevordert. Dit houdt in dat materialen die gebruikt worden niet schadelijk zijn en dat de structuur die wordt aangelegd aantrekkelijk zijn voor een diverse gemeenschap. Een voorbeeld hiervan is het “rijke dijken” concept (http://www.innovatielocaties.nl/veiligheid/rijke_dijk.html). Op een aantal locaties in Nederland zoals Yerseke, Ellewoutsdijk, IJmuiden en de haven van Rotterdam zijn zeeweringen en andere structuren zo ingericht dat ze een diversiteit aan habitats bieden. Het uitrollen van dit concept naar de diepere Noordzee zal op minder bezwaren stuiten dan het aanleggen van kunstriffen.

1.4 Leeswijzer

In dit rapport wordt onderscheid gemaakt tussen twee categorieën: de natuurlijke rifbouwende soorten en de soorten en gemeenschappen³ die gebruikmaken van hard substraat. In de volgende hoofdstukken komen de volgende zaken aan bod:

³ (levens)gemeenschap: de verzameling verschillende soorten die gezamenlijk in een bepaald gebied voorkomen. Gebieden met vergelijkbare fysische omstandigheden hebben in het algemeen vergelijkbare levensgemeenschappen met een vergelijkbare soortensamenstelling

- Hoofdstuk 2 beschrijft een aantal fysische systeemkenmerken die bepalende randvoorwaarden vormen voor rifbouwende en hardsubstraatgebruikende soorten. Dit betreft niet alleen het natuurlijke systeem (hydrodynamiek, lichtbeschikbaarheid sedimentdynamiek etc.), maar ook menselijk gebruik (of regulering daarvan) dat beperkend of bepalend kan zijn voor de ontwikkeling van biogene structuren en reeds aanwezig kunstmatig hard substraat.
- Hoofdstuk 3 beschrijft een aantal sleutelsoorten (met name rifbouwende soorten) en kenmerkende habitats en aan hard substraat gerelateerde soortengemeenschappen. In dit hoofdstuk wordt ook ingegaan op potentieel invasieve soorten.
- Hoofdstuk 4 beschrijft veelbelovende technieken die kunnen worden ingezet om natuurlijke riffen te laten ontstaan, dan wel kunstmatige riffen te construeren om gewenste soorten en levensgemeenschappen te bevorderen, alsmede technieken die kunnen worden gebruikt om de vestiging van specifieke soorten te bevorderen. Hiertoe behoren ook mogelijke kweek- en ent-technieken.
- In hoofdstuk 5 wordt een selectie gemaakt van de mogelijke toepassingsgebieden voor stimulering van rifbouwende en substraatgebruikende soorten
- In hoofdstuk 6 wordt een aantal concrete voorstellen gedaan voor voorstudies, projecten en pilots.

2 Fysische systeembeschrijving Nederlands Continentaal Plat (NCP)

2.1 Algemene beschrijving habitats / ecotopen

De Noordzee is een relatief ondiepe zee. Het overgrote deel is minder dan 150 meter diep en het Nederlandse continentaal plat (NCP) is voor het merendeel ondieper dan 50 meter (Figuur 0.1 in Appendix B). Momenteel bestaat bijna het gehele Nederlandse deel uit zacht sediment. (Figuur 0.2 in Appendix B) toont de habitats in het Nederlandse deel van de Noordzee en de omliggende gebieden. In deze figuur is ook te zien dat rotsen en biogene riffen vrijwel niet voorkomen in het NCP, i.t.t. de gebieden langs de Britse kust en het noorden van Denemarken.

Binnen het NCP kan er een wat genuanceerder indeling gemaakt worden in gebieden met grof of fijn zand, en kan de diepte classificering nog wat genuanceerd worden (Figuur 0.3 in Appendix B).

De Noordzee is in vergelijking met de open oceaan relatief troebel. Lichtuitdoving is daarmee relatief sterk en er zijn slechts weinig plaatsen in de Noordzee waar voldoende licht bij de bodem is voor fotosynthese. Als vuistregel kan gesteld worden dat bij minder dan 1% van de lichtintensiteit aan het oppervlak beschikbaar licht aan de bodem, geen fotosynthese en dus geen plant- of algengroei mogelijk is. Figuur 0.4 (in Appendix B) laat zien dat eigenlijk alleen op sommige plaatsen op de Doggersbank nog sprake kan zijn van enige primaire productie bij de bodem, maar dat algengroei in andere delen van het NCP slechts mogelijk is in de hogere waterlagen.

2.2 Aanwezig hard substraat

Hoewel er op dit moment bijna geen natuurlijk hard substraat in het NCP aanwezig is, is er wel hard substraat van antropogene oorsprong. De belangrijkste structuren zijn: olie- gas- en mijnbouwinfrastructuur, windparken (inclusief steenbestortingen rond de pijlers), wrakken. Daarnaast is hard substraat te vinden bij bestortingen rond leidingen en kabels, verankerde drijvende boeien. Tevens is er een klein aantal kunstriffen die in 1992 zijn neergelegd ongeveer 8 km uit de kust bij Noordwijk. Deze riffen bestaan uit 112 ton basaltstortsteen afkomstig uit Noorwegen (Jager 2013). De eerste 'kolonisten' waren hydroïdpoliepen, die een week na plaatsing al op het rif groeiden. In 1993 raakten de kunstmatige riffen vrijwel helemaal begroeid en vormden zeeanemonen de grootste bedekking. Op elk rif hadden zich na verloop van tijd naar schatting ongeveer 30 Noordzee-krabben gevestigd. Rijkswaterstaat besloot in maart 1996 te stoppen met het experiment bij Noordwijk. Exoten zijn op dit kunstrif niet aangetroffen. Wel bleef de biodiversiteit op het rif wat achter bij vergelijkbare riffen in andere delen van de Noordzee. Dit was waarschijnlijk een gevolg van het feit dat het rif in een zeer dynamisch gebied lag met veel gesuspendeerd sediment (Jager 2013).

In onderstaande figuren zijn de belangrijkste locaties van de verschillende structuren beschreven.

2.2.1 Olie- en gasinfrastructuur

Van de ongeveer 160 productielocaties in het Nederland deel van de Noordzee liggen enkele platforms in de territoriale wateren. Het merendeel ligt in het centrale stuk van het Nederlands Continentaal Plat. Olie- en gasinfrastructuur bestaat uit platforms met bijbehorend leidingwerk en bekabeling.

Uitgebreide informatie over de locaties van olie-, gas- en mijnbouwinfrastructuur binnen het NCP kan gevonden worden op het webportaal (http://www.nlog.nl/nl/pubs/maps/other_maps/other_maps.html).

In de Noordzee als geheel bevindt de meeste olie-infrastructuur zich in het noordelijke deel. In het NCP gaat het voornamelijk om gas. De locaties met harde infrastructuur op en rond het NCP zijn aangegeven in Figuur 0.5 (in Appendix B). Een deel van de pijpleidingen bevindt zich onder het sediment, een deel is als hardsubstraat beschikbaar. Een analyse van het beschikbare oppervlak aan hardsubstraat (inclusief bestorting van leidingen) is binnen de doelstelling van dit onderzoek niet mogelijk.

2.2.2 Windparken

Off-shore windparken hebben de laatste jaren sterk in de belangstelling gestaan als kunstmatig hard substraat en gebieden waarbinnen weinig ander gebruik en bodemberoering plaatsvindt. Nederland heeft momenteel twee windparken (Offshore Windpark Egmond aan Zee, op ongeveer 8 km van de kust bij Egmond en het Prinses Amaliawindpark op ongeveer 23 km uit de kust van Velsen (<http://www.nwea.nl/offshore-windparken-nederland>)). Twee andere parken zijn in aanbouw (Windpark Luchterduinen, 23 kilometer uit de kust tussen Noordwijk en Zandvoort en Windpark Gemini, 55 km ten noorden van Schiermonnikoog). Het Windenergiegebied Borssele (kavels I en II), ongeveer 40 km uit de kust van Walcheren is momenteel in tenderfase. Later zullen ook de andere kavels (III-V) dit proces in gaan. In de toekomst kunnen er meer gebieden komen (Figuur 0.6 in Appendix B). De monopiles zelf vormen hard substraat. De ontgrondingsbescherming (een zone van minimaal 18 meter stortsteen rondom iedere monopile) is niet alleen hard, maar vormt door de complexe vorm en de holtes tussen de stenen een interessant substraat voor verschillende diersoorten.

2.2.3 Wrakken

De bodem van de Noordzee ligt bezaaid met wrakken van schepen, oorlogsvliegtuigen en andere obstakels, soms al eeuwen oud (Appendix B, Figuur 0.7). Veel (oudere) wrakken liggen begraven onder het sediment, maar veel andere wrakken steken deels of geheel boven het sediment uit. Waar delen van een wrak boven de zandbodem uitsteken, vormen ze een stevige ondergrond voor planten en dieren die zich niet op een woelige zandbodem kunnen vestigen (www.ecomare.nl). In het wrakkenregister voor de Noordzee en Westerschelde (Hydrografische Dienst, 2011) zijn 1953 objecten (voornamelijk wrakken) op het NCP vermeld, maar waarschijnlijk zijn het er veel meer; mogelijk tot zo'n 10.000 op de Noordzee (Jager 2013). Van alle soorten hardsubstraat zijn de wrakken het meest rijk begroeid met steeds de hoogste aantallen per taxonomisch niveau vergeleken met de andere typen kunstmatig hardsubstraat (Jager 2013). Hoewel aan de kust relatief veel uitheemse soorten worden gevonden op hard substraat, lijken wrakken die uit de kust liggen een relatief laag percentage invasieve soorten te hebben (Lengkeek et al 2013).

2.3 Stroming en golven

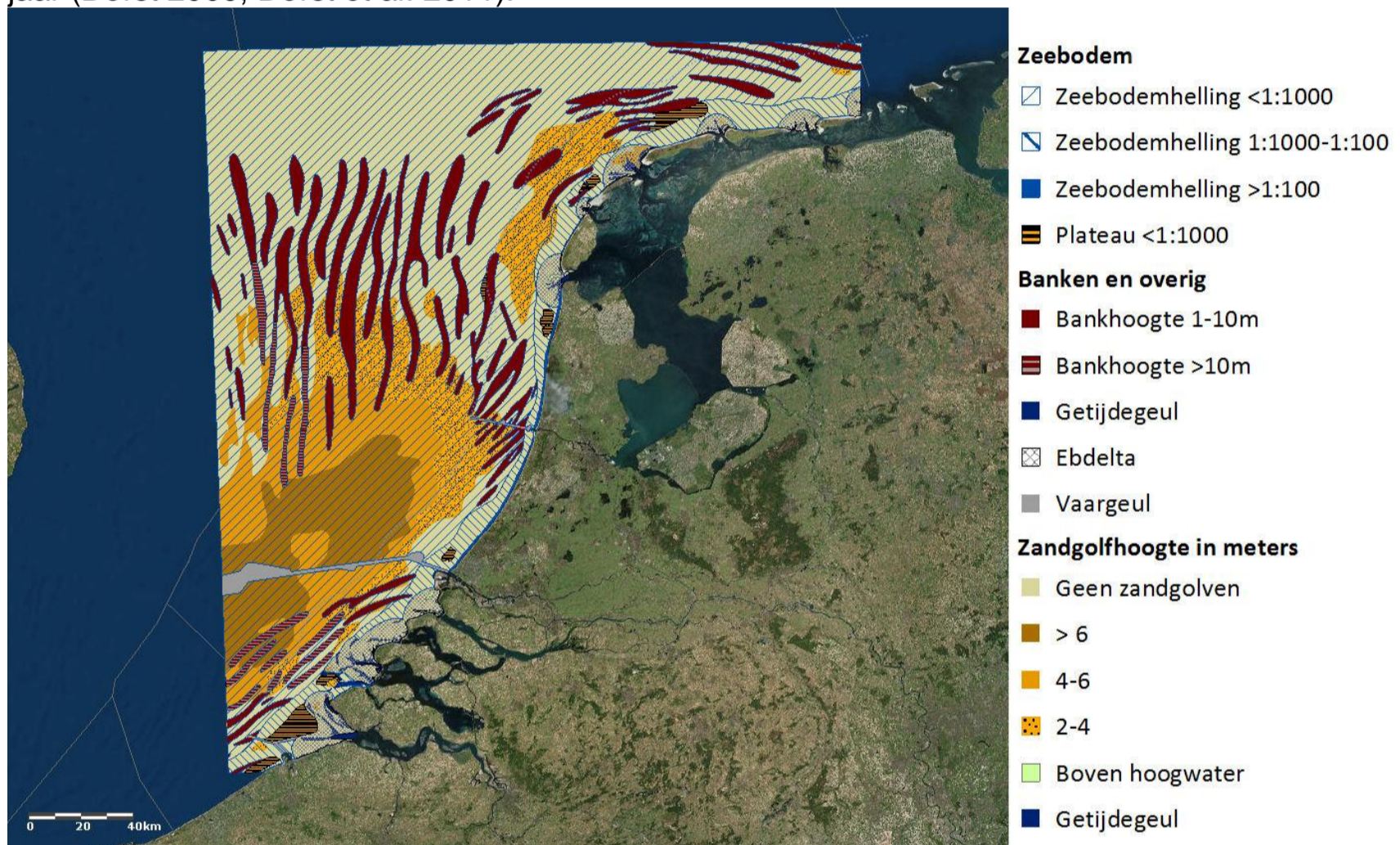
Voor organismen die op of aan de bodem leven zijn zowel maximale stroming als gemiddelde stroming belangrijk. Stroming kan positief werken: voor filtrerende dieren die op de bodem (of hardsubstraat) gehecht zijn, betekent meer stroming, meer langskomend voedsel. Te veel stroming of golfslag kan er ook voor zorgen dat organismen van de bodem af slaan. Het optimum is verschillend voor verschillende planten en diersoorten. Stroomsnelheden zijn gemiddeld hoger in het Kanaal en rond de kust van Norfolk in Engeland en in de zeegaten van de Waddenzee (Figuur 0.8 in Appendix B).

De golfhoogte op de Noordzee is afhankelijk van de windkracht en windrichting. Voor organismen op hard substraat is de golfbelasting aan het substraatoppervlak van belang. Golven veroorzaken wel kracht op de bodem en veroorzaken turbulente menging aan de bodem, maar transporteren geen voedsel. M.b.t. golfbelasting is er voor de meeste organismen dus geen sprake van een optimum, maar sprake van een maximum kracht die ze moeten kunnen weerstaan. Dit is uiteraard sterk gerelateerd aan de diepte. Figuur 0.9 (in Appendix B) geeft de golfbelasting op de bodem van de Noordzee weer in drie categorieën. Verschillende soorten

kunnen verschillende maximale golfbelastingen aan voor ze van het substraat afgeslagen worden.

2.4 Sediment en sedimentbeweging

Naast sedimentsamenstelling en slibconcentratie van de bodem is sedimentbeweging een zeer belangrijke factor in de bepaling van geschiktheid voor vestiging van biota. In de Noordzee vinden verschillende morfologische processen plaats op de zeebodem in termen van tijd en schaal. Als gevolg hiervan ontstaan complexe interacties tussen sedimenttransport, golven, stromingen (Hasselaar et al. 2015). Op kleine schaal worden zandribbels aangeduid, die oplopen tot enkele centimeters in hoogte. Hierna volgen de zogeheten “megaribbels”. Dit zijn zandribbels die enkele decimeters hoog zijn en op kunnen lopen tot 1m. Zandgolven zijn nog een slag groter. Ze hebben een maximale hoogte van 25% van de waterdiepte (McCave 1971), golflengtes van honderden meters (Van Dijk and Kleinhans 2005) en migratiesnelheden van tientallen meters per jaar (Dorst 2009, Dorst et al. 2011).



Figuur 2.1: Geomorfologie van de Noordzee. Bron: Noordzeeatlas

Zandgolven dicht bij de kust migreren sneller (6.5-20 m per jaar), offshore migreren zandgolven met een snelheid tussen de 3.6 en 10 m per jaar (Van Dijk and Kleinhans 2005)

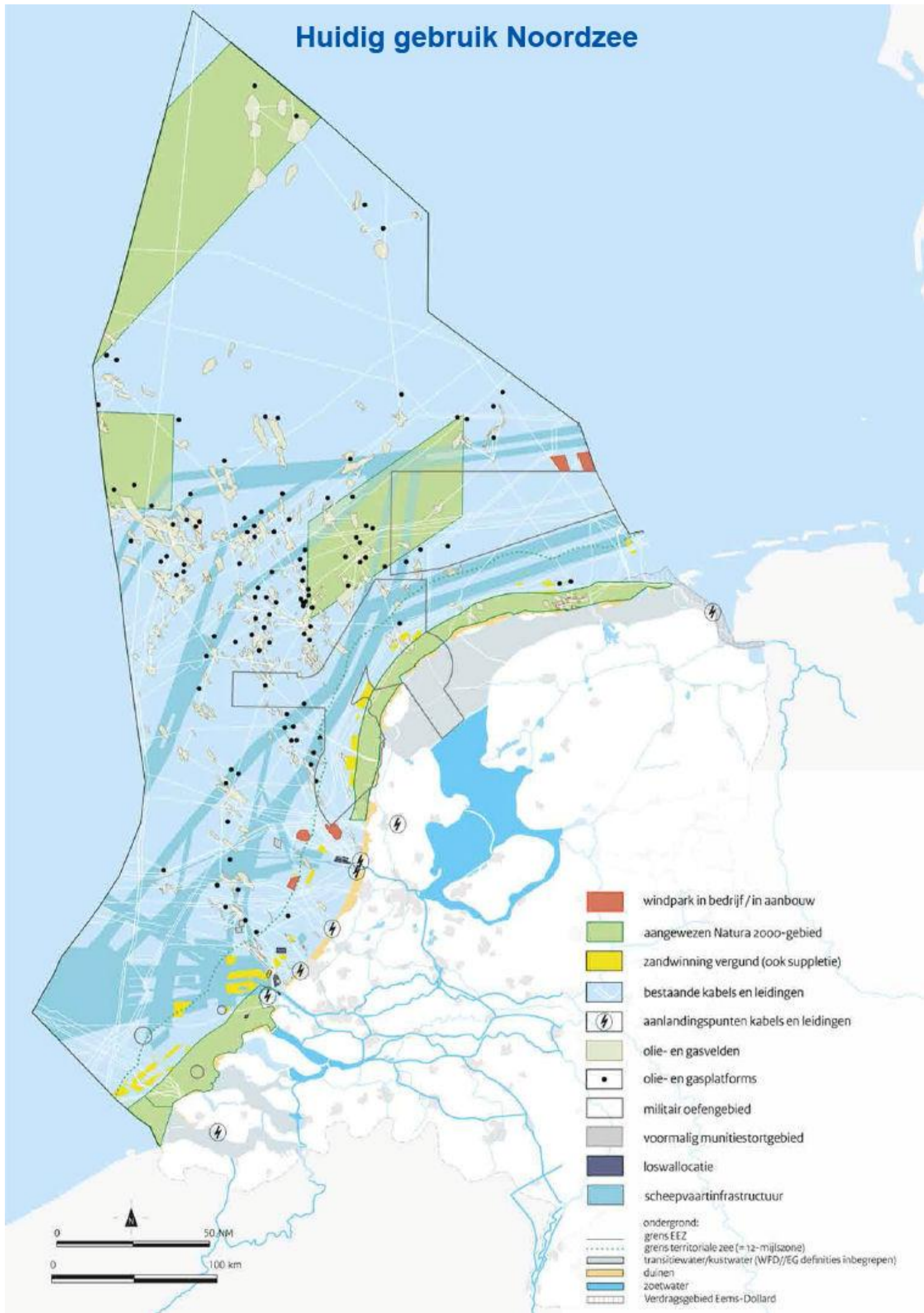
Zandgolven in de Noordzee kunnen sterk variëren in hoogte (Figuur 2.1). In zeer dynamische gebieden, onder invloed van sterke getij-asymmetrie, kunnen ze meer dan 6 meter hoog (verschil tussen top en trog) worden. De meeste gebieden hebben lagere golven. Alle zandgolven bewegen. Op dit moment is er nog geen modelanalyse voorhanden die accuraat de hoogte en de migratiesnelheid en -richting voorspelt, al ontwikkelt de kennis zich snel (Borsje et al. 2013). De geomorfologische kaart uit de Noordzeeatlas geeft wel een redelijke indruk van de dynamiek op de Noordzeebodem, op basis van de classificatie van de zandgolven (Figuur 2.1). Voor hardsubstraatbewoners zijn zandgolven die dit substraat kunnen bedekken funest. Voor gebieden met veel grote zandgolven zal de bodem in het algemeen ongeschikt zijn voor bijvoorbeeld plaatsing van een artificieel rif. Alleen structuren die boven de invloedssfeer van zandgolven uitsteken zijn dan geschikt als vestigingsplaats.

Zandgolven komen overal in de Noordzee voor, maar er zijn verschillen tussen locaties. Zo kunnen binnen windparken bewegende zandgolven er voor zorgen dat bv elektriciteitskabels bloot komen te liggen, hetgeen een risico kan vormen voor schepen die binnen een windpark

willen ankeren (Röckmann et al. 2015). Een studie voor het Windenergiegebied Borssele in het bijzonder laat zien dat er daar een zeer dynamische omgeving is waarbinnen een aantal locaties als “niet aanbevolen” geldt voor ondersteuningsconstructies en elektriciteitskabels (Hasselaar et al. 2015). Het risico dat eventuele structuren zoals kunstriffen of natuurlijke riffen “overlopen” worden door zandgolven is zeer reëel, zeker indien ze laag zijn. In het toekomstige windpark “Borssele” komen regelmatig zandgolven voor van meer dan 5 meter (Hasselaar et al. 2015). Vermoedelijk is deze omgeving iets minder dynamisch, vanwege de iets grotere diepte en beperktere stromingspatronen, al is de golfwerking van het water hier iets groter en komen ook hier zandgolven voor. De parken voor de Hollandse kust (OWEZ, PAWP en Luchterduinen) zijn intermediair wat de dynamiek van de omstandigheden betreft (Röckman et al. 2015). Het is moeilijk in te schatten wat het daadwerkelijke risico is voor grotere structuren. In 1992 is een kunstrif aangelegd in de buurt van het voormalige REM eiland. Deze kunstriffen liggen in een gebied dat matige zandgolven kent (2-4 m), terwijl de riffen 1.6 m hoog waren, maar deze riffen lijken goed stand te houden, al worden ze niet meer systematisch gemonitord.

2.5 Antropogene bodemverstoring

Op de Noordzee vindt een groot aantal menselijke activiteiten plaats, zoals zandwinning en visserij, die de bodem verstoren, waardoor de kans op vestiging van natuurlijke biogene riffen sterk verminderd of zelfs tot nul gereduceerd is. Andere gebieden, bijvoorbeeld gebieden waar windparken zijn gevestigd of gebieden met speciale status voor bodembescherming, zijn wat de mate van antropogene bodemverstoring betreft veel geschikter als zoekgebied voor kunstmatige riffen, omdat in deze gebieden bodemberoerende activiteiten zijn uitgesloten.



Figuur 2.2: Huidig gebruik van de Noordzee (bron: Noordzeeloket)

2.5.1 Visserijdruk

Een groot deel van het NCP wordt meerdere keren per jaar bevestigd door bodemberoerende visserij (Figuur 0.10 en Figuur 0.11). Ook de Natura 2000-gebieden op de Noordzee werden in de periode 2007-2011 nog intensief bevestigd, vooral de kustzone, het Friese Front en de trog in de Klaverbank. Het percentage oppervlak van deze gebieden waar ecologisch duurzaam gevestigd wordt, is nog laag. De planning van windenergiegebieden op zee en de doelen voor Natura 2000 leiden er mede toe dat verdergaande ruimtelijke ordening op zee plaatsvindt waarbij bestaand en toekomstig gebruik gereguleerd wordt.

2.5.2 Zandwinning / kustsuppleties

Langs vrijwel de gehele Nederlandse kust worden strand- en onderwatersuppleties van zand uitgevoerd. Dit gebeurt vlak langs de kust vanaf het strand tot ongeveer de -10m-lijn. Gemiddeld wordt de Nederlandse kust eens per 4 jaar gesuppleerd. Uiteraard zijn alle gebieden waar op enig moment gesuppleerd wordt niet geschikt voor het uitvoeren van langere termijnprojecten m.b.t. hardsubstraat-biota. Hetzelfde geldt voor de winlocaties van zand. De gebieden waar zand gewonnen wordt voor kustsuppleties en bouwactiviteiten liggen vast en bevinden zich even buiten de -20-lijn (gele gebieden in Figuur 2.2). Er is momenteel wel discussie over een betere selectie van wingebieden, o.m. op basis van slibgehalte. Het is dus mogelijk dat de aanwijzing van deze locaties in de toekomst gaat veranderen.

2.6 Gebiedsbeschermende maatregelen, visserijafspraken, exclusiegebieden

In het Nederlands deel van de Noordzee (NCP) is of wordt op grond van Europese regelgeving (Vogelrichtlijn, Habitatrichtlijn, Kaderrichtlijn Mariene Strategie) een aantal gebieden aangewezen ter bescherming van specifieke soorten of (bodem)habitats. Daarnaast zijn of worden er vanuit andere formele regimes bodemberoerende (visserij)activiteiten in bepaalde gebieden beperkt of verboden. Al deze maatregelen kunnen potentiële of expliciete relevantie hebben voor de kansen op vestiging of overleving van rifbouwende of hardsubstraat gebruikende soorten omdat deze soorten sterk beperkt worden in hun vestigingskansen door bodemberoering. Een formeel milieudoel van het rijk is dat in 2020 van de bodem van het Nederlands deel van de Noordzee 10 tot 15 procent niet noemenswaardig wordt beroerd door menselijke activiteiten (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie 2012).

2.6.1 Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebieden (Natura 2000)

Op de Noordzee zijn drie gebieden definitief aangewezen als Natura 2000-gebied vanuit de EU-Vogelrichtlijn en -Habitatrichtlijn. Het gaat om de Noordzeekustzone, Voordelta en Vlake van de Raan. Aanwijzing van de Doggersbank, Klaverbank en het Friese Front als Natura 2000-gebied is aanstaande. De bescherming betreft gebieden voor bepaalde soorten vogels, vissen, zeezoogdieren en bepaalde (bodem)habitattypen (zie kader).

Natura 2000-gebieden van de Nederlandse Noordzee

Noordzeekustzone

Het Natura-2000-gebied Noordzeekustzone loopt van Bergen aan Zee tot Rottumeroog, tussen de hoogwaterlijn en een water-diepte van twintig meter. Het is een gebied van circa 1500 km². Als Vogelrichtlijngebied biedt het bescherming aan 20 vogelsoorten en als Habitatrichtlijngebied aan onder meer de habitattypen H1110 (H1110B), H1140 (H1140B), H1310 (H1310 A en H1310B) en H1330 (H1330A) (zie Appendix A-1) en aan drie vissoorten (zeeprik, rivierprik, fint) en drie zeezoogdiersoorten.

Voordelta

Het Natura 2000-gebied Voordelta beslaat een Noordzeegebied van ruim 900 km² voor de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden en strekt zich uit van de Maasvlakte tot aan de punt van Walcheren. Als Vogelrichtlijngebied biedt het bescherming aan 30 vogelsoorten en als

Habitatrichtlijngebied aan onder meer de habitattypen H1110 (H1110 A en 1110B), H1140 (1140A en 1140B), H1310 (H1310A en H1310B), H1320 en H1330 (H1330A) (zie Appendix A-1) en aan vier vissoorten (zeeprik, rivierprik, fint, elft) en drie zeezoogdiersoorten.

Vlakte van de Raan

Het Natura 2000-gebied Vlakte van de Raan is circa 190 km² groot. Het is een Habitatrichtlijngebied dat bescherming biedt aan habitatype H110 (H110B) (zie Appendix A-1) en aan drie vissoorten (zeeprik, rivierprik, fint) en drie zeezoogdiersoorten.

Doggersbank

De Doggersbank is een ondiepte die zich uitstrekt over de Engelse, Nederlandse, Duitse en Deense delen van de Noordzee. Het Nederlandse Natura 2000-gebied (ontwerp) is een zeegebied van circa 4.715 km² in de noordelijke punt van de Exclusieve Economische Zone, op circa 275 km ten noordnoordwesten van Den Helder. Het moet als Habitatrichtlijngebied bescherming bieden aan habitatype H1110 (H1110C) (zie Appendix A-1) en aan drie zeezoogdiersoorten

.

Klaverbank

Het Natura 2000-gebied De Klaverbank (ontwerp) is circa 1.235 km² groot en bevindt zich op circa 160 km ten noordwesten van Den Helder. Het moet als Habitatrichtlijngebied bescherming bieden aan habitatype H1170 ("riffen van open zee"; zie ook Appendix A-2) en aan drie zeezoogdiersoorten.

Friese Front

Het Friese Front ligt ongeveer 75 km ten noorden van Den Helder, omvat een zeegebied van circa 2.880 km². Als Natura 2000-gebied (ontwerp) moet het bescherming te bieden aan een Vogelrichtlijnsoort en aan drie zeezoogdiersoorten van de Habitatrichtlijn.

Bronnen: website 'Beschermdde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid' (<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/>) en aanvullende informatie van het Ministerie van Economische Zaken.

Activiteiten in Natura 2000-gebieden (zullen) worden gereguleerd via vrijstellingen, vergunningen en gedragscodes (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken (2015b)).

Noordzeekustzone en Vlakte van de Raan

Mede met het oog op instandhoudingsdoelen voor Habitatype 1110B (subtype van "permanent overstroomde zandbanken") werden sinds 2012 voor de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Vlakte van de Raan visserijbeperkende maatregelen van kracht (op basis van respectievelijk de Natuurbeschermingswet en de Visserijwet), waardoor in delen van deze gebieden alle vormen van bodemberoerende visserij (inclusief garnalenvisserij) zijn verboden. De maatregelen voor deze twee gebieden komen voort uit het zogeheten VIBEG-akkoord dat in december 2011 werd gesloten door een aantal natuurorganisaties, visserijorganisaties en het ministerie van EL&I (nu: EZ) (zie Tweede Kamer 2011). Inmiddels wordt door de diverse partijen opnieuw onderhandeld over een wijziging van het akkoord.

Voordelta

Delen van het Natura 2000-gebied Voordelta zijn gesloten voor alle vormen van bodemberoerende visserij (op basis van de Natuurbeschermingswet). Deze maatregelen komen deels voort uit Natura 2000-doelen voor de Voordelta en deels uit de zogeheten compensatieopgave Maasvlakte 2 (het compenseren van effecten van landwinning door middel van bodembeschermingsgebieden op zee).

Doggersbank en Klaverbank

Ook voor de Natura 2000-gebieden Doggersbank en Klaverbank is er het voornemen deze deels te sluiten voor bodemberoerende visserij (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken (2015b)).

2.6.2 Gebiedsbeschermende maatregelen (Kaderrichtlijn Mariene Strategie)

in aanvulling op Natura 2000-maatregelen (2.6.1), is er het voornemen om vanuit de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) bescherming te bieden aan het bodemecosysteem van de gebieden Friese Front (tevens voorgenoemd N2000-gebied, zie 2.6.1) en Centrale Oestergronden. Daarbij is ook beperking van bodemberoerende visserij aan de orde (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken (2015b)). Het ministerie van IenM werkt – in samenwerking met het ministerie van EZ – nu aan concrete voorstellen.

2.6.3 Via aanwezige structuren (veiligheidszones olie- en gasinstallaties)

Rond olie- en gasinstallaties die boven water uitsteken en windturbines liggen veiligheidszones van 500 meter waar doorvaart door derden (dus ook niet door visvaartuigen) niet is toegestaan. Tevens zijn er 500 meter aan weerszijden van leidingen en kabels onderhoudszones vastgesteld, waar geen zandwinning is toegestaan.

Binnen windparken was tot voor kort elke vorm van medegebruik (inclusief doorvaart) verboden. Vanaf 2017 zal in principe in alle operationele windparken op zee, behalve in Gemini, onder voorwaarden doorvaart en medegebruik mogelijk worden, waarbij bodemberoering is uitgesloten (Ministerie van Infrastructuur en Milieu 2015). Olie- en gasinstallaties bevinden zich door het hele NCP (Figuur 0.5 in Appendix B).

3 Kennis van rifbouwende en substraatgebruikende soorten

3.1 Rifbouwende soorten

Voor het stimuleren van natuurlijke riffen en de benutting van (kunstmatig) hard substraat kan gekeken worden naar soorten die zelf riffen bouwen en soorten die hard substraat als habitat benutten. Bij een focus op biobouwers (dus op rifbouwende soorten) lijkt de keuze relatief beperkt. Bij het zoeken naar soorten die van nature in de Nederlandse Noordzee voorkomen kom je dan snel op: riffen van *Sabellaria* (zandkokerwormen), aggregaties van de schelpkokerworm (*Lanice conchilega*) (men kan discussiëren of dit een echte rifbouwende soort is) en de platte oester (*Ostrea edulis*). Mosselbanken komen over het algemeen voornamelijk in het intergetijdengebied voor en zelden verder op de Noordzee. Voor Britse wateren wordt nog een aantal andere rifbouwende soorten genoemd zoals de gewone paardenmossel (*Modiolus modiolus*) en de koudwaterkoralen zoals *Lophelia pertusa*. De laatsten zijn beperkt tot dieper kouder water rond de Noorse trog. De gewone paardenmossel kan in principe wel voorkomen tot aan de Golf van Biscaye en de Ierse zee, maar is over het algemeen aangemerkt als arctisch – sub-arctisch. De echte banken / riffen van deze soort worden vooral in de noordelijke Noordzee aangetroffen (Dinesen & Morton 2014). Soorten zoals zeeveren (beter bekend uit het Engels als ‘sea pens’, worden hier verder niet beschouwd. Hoewel deze soorten in aggregaties voor kunnen komen en ook andere diersoorten kunnen aantrekken blijven dit zachte structuren die niet als ‘rif’ worden aangemerkt.

Hieronder volgt een beschrijving van het voorkomen, de habitat eisen en de bedreigingen voor de rifbouwende soorten die in het licht van dit project kansrijk geacht worden.

3.1.1 *Sabellaria*-riffen

De honingraat-zandkokerworm (*Sabellaria alveolata*) en de verwante zandkokerwormsoort *Sabellaria spinulosa* zijn twee nauw verwante soorten zandkokerwormen die relatief grote rifstructuren kunnen vormen op hard substraat, maar ook op enigszins geconsolideerd (vrij stevig) sediment. Deze soorten kunnen ook als losse individuen voorkomen. In de Nederlandse Noordzee en Waddenzee komen beide soorten regelmatig voor als individu, zelden als rifbouwers. In Engeland, Duitsland en Frankrijk komen de riffen wel regelmatig voor. Voor zover bekend zijn er weinig natuurlijke redenen waarom riffen in Nederland nauwelijks voorkomen. Mogelijk heeft dit te maken met bodemberoering, waardoor riffen zich moeilijk kunnen ontwikkelen.

3.1.1.1 Honingraat-zandkokerworm (*Sabellaria alveolata*)



Figuur 3.1: Locatie van bekende honingraat-zandkokerworm-riffen. Bron: <http://www.theseusproject.eu/t/images/a/aa/S. salveolata .jpg>.

De honingraat-zandkokerworm (*Sabellaria alveolata*) wordt - naast “zandkokerworm” - zo genoemd vanwege de structuur van de riffen. De riffen zijn opgebouwd uit zand en schelpfragmentjes (Figuur 3.2). De individuele wormen zijn 30-40 mm lang, maar de riffen kunnen variëren in hoogte van 30 cm tot 2 meter.

Meestal zijn ze tot 50 cm hoog.

De honingraat-zandkokerworm komt in het VK voornamelijk aan de west- en zuid-kust voor, maar er zijn ook meldingen van o.m. de Doggersbank.

3.1.1.1. *Rifstructuren*

De grootste rifstructuren van deze soort komen voor in de Baai van Mont St. Michel (Ayata et al. 2009). De riffen daar vormen grote onregelmatige structuren en bedekken in dit gebied ruim 100 ha. Ze vormen daarmee waarschijnlijk de grootste mariene rifstructuren in Europa (Dubois et al. 2006, Noernberg et al. 2010). Deze riffen zijn hotspots van biodiversiteit (Dubois et al. 2006, Ayata et al. 2009).



Figuur 3.2: Een rif van honingraat-zandkokerwormen (*Sabellaria alveolata*). Bron: Wikipedia

3.1.1.1. *Habitat*

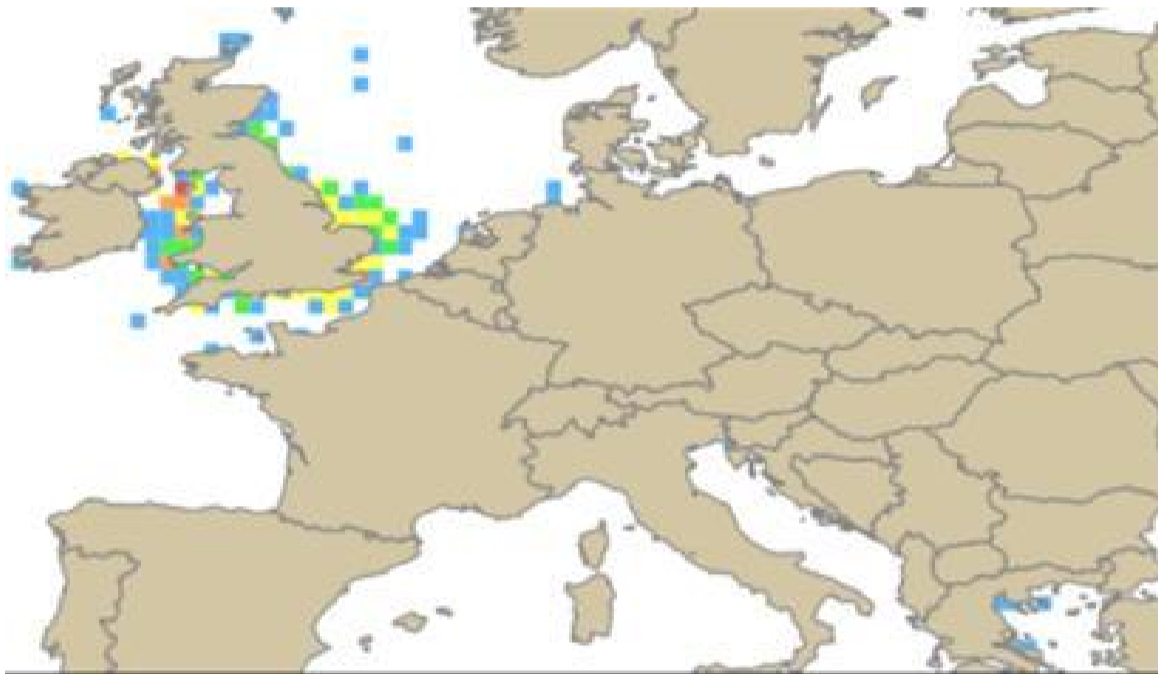
De riffen vormen in eerste instantie meestal op hard of geconsolideerd substraat, maar kunnen daarna uitgroeien over zandbodems. In Groot-Brittannië worden riffen van honingraat-zandkokerwormen alleen gevonden in gebieden met matige tot sterke golfbelasting. De soort komt voornamelijk in het intergetijdengebied voor, maar af en toe ook in het ondiepe permanent overstroomde gebied (Maddock 2008a). Beneden de 5 °C is de groei van de honingraat-zandkokerworm beperkt (Holt et al. 1998). De meeste beschrijvingen van de soort vermelden dat rifvorming in eerste instantie wat hard substraat nodig heeft, maar dat de aanwezigheid van in het water gesuspendeerd sediment een voorwaarde is voor de soort om riffen te kunnen bouwen. In de baai van Mont Saint Michel in Normandië wordt ook gemeld dat banken van de schelpkokerworm (*Lanice conchilega*) zacht sediment voldoende stabiliseren om rifvorming van honingraat-zandkokerwormen te stimuleren. Er moet voldoende waterbeweging in de omgeving zijn om sediment in suspensie te brengen, maar honingraat-zandkokerwormen zijn over het algemeen afwezig op locaties die extreem zijn blootgesteld aan golfwerking. Larven vestigen zich bij voorkeur in de omgeving van adulte populaties. Er is weinig bekend over voorkeur voor

specifieke zoutgehalten. De soort wordt voornamelijk gevonden in volledig mariene milieus, maar er zijn ook meldingen van rifstructuren in gebieden met zoetwaterinvloed

3.1.1.1. *Bedreigingen*

Voor deze soort zijn de belangrijkste bedreigingen grootschalige veranderingen in sedimenthuishouding. Zowel te weinig sediment in suspensie als begraving door grootschalige sedimentatie na constructiewerkzaamheden of begraving door bewegende zandgolven. Honingraat-zandkokerwormen en mosselen komen vaak samen voor. In het intertidaal kan soms vertrapping door mensen optreden. Vervuiling is soms gerapporteerd als een oorzaak van het verdwijnen van riffen uit estuaria, maar een duidelijk causaal verband is tot nu toe niet aangetoond (Holt et al. 1998).

3.1.1.2 *Sabellaria spinulosa*



Figuur 3.3: bekende locaties van *Sabellaria spinulosa* riffen (bron: http://www.theseusproject.eu/wiki/File:S._spinulosa_.jpg).

Sabellaria spinulosa (in het Engels 'Ross worm') maakt vergelijkbare structuren. De kokertjes zijn ongeveer 3 cm lang en de riffen rond de 50 cm hoog. Deze soort komt in de hele Noordoostelijke Atlantische oceaan voor tot aan Portugal en de Middellandse zee. De soort komt voornamelijk als losse individuen voor, al kunnen deze losse, niet-geaggregeerde individuen soms ook in zeer hoge dichtheden van honderden

individuen per m² voorkomen.

3.1.1.2. *Rifstructuren*

Rifvorming treedt alleen onder specifieke omgevingscondities op. De rifstructuren van *S. spinulosa* komen in de (Duitse) Waddenzee en aan de Britse kust bij voorkeur voor op locaties met relatief veel stroming en opwervend zand. In Nederland zijn rifstructuren waargenomen op een artificieel rif, maar er zijn geen gegevens van sediment concentraties in het water op die locatie.



Figuur 3.4: Rif van *Sabellaria spinulosa* op het Duitse wad. Bron www.waddenzeeschool.nl.

De *S. Spinulosa* lijkt iets van hard substraat nodig te hebben voor het begin van rifvorming (een paar stenen of schelpen), maar vervolgens kunnen de structuren zandig substraat in hard, driedimensionaal substraat omzetten.

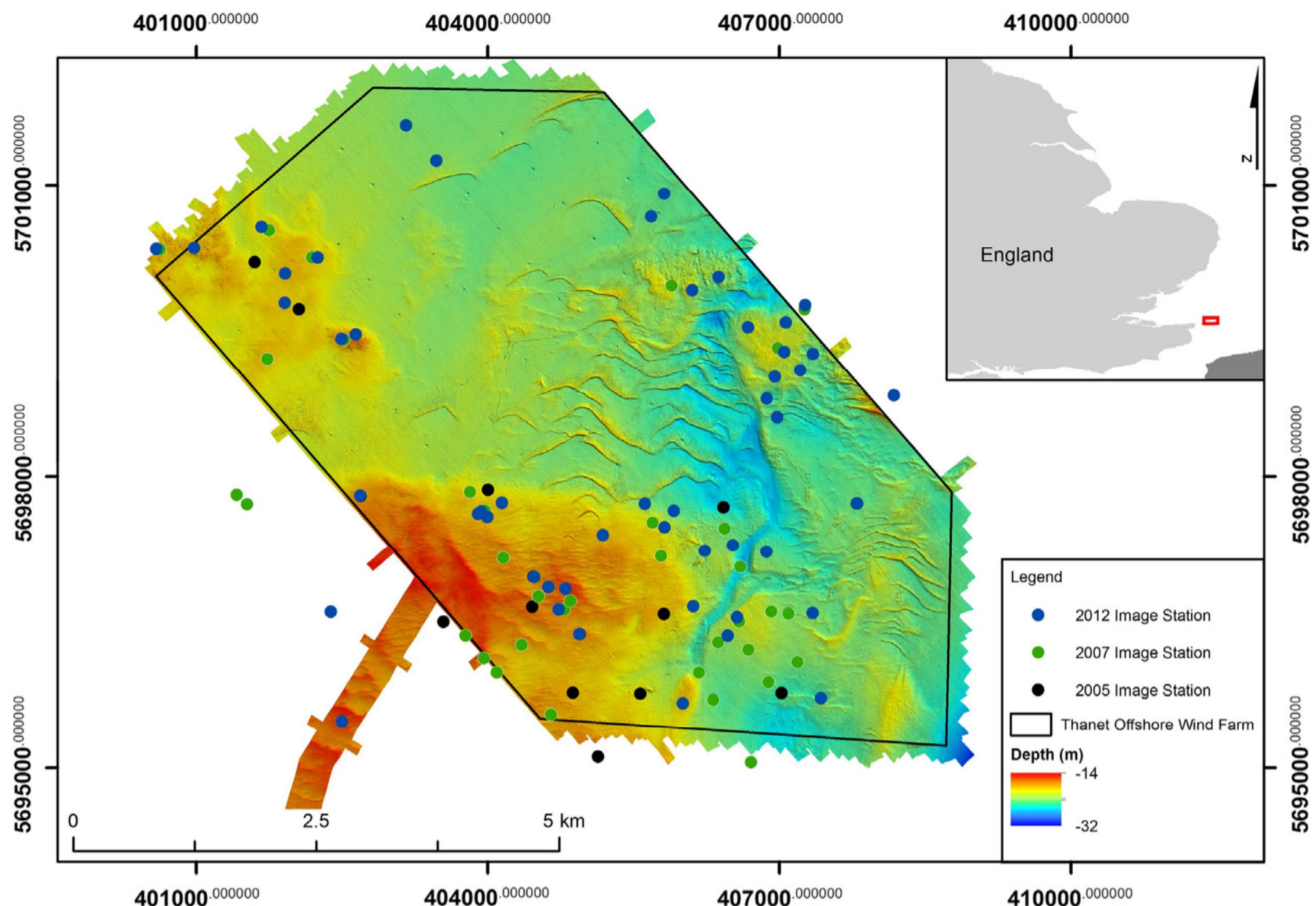
3.1.1.2. *Habitat*

Ook deze soort kan zowel intertidaal als op grotere diepte voorkomen, maar wordt wat vaker aangetroffen in het subtidaal (Maddock 2008b). *S. Spinulosa* lijkt niet bijzonder gevoelig voor veranderingen in waterkwaliteit (Holt et al. 1998). In de Noordzee komt de soort voor op zand- en grindbodems, rond de randen van zandbanken en de randen van geulen. Hij heeft een voorkeur voor gebieden met hoge troebelheid en matige stroming. Hij is in het verleden ook aangetroffen op de kunstmatige riffen bij Noordwijk (Leewis et al. 1997).

3.1.1.2. *Bedreigingen*

De rifstructuren van *S. spinulosa* zijn gevoelig voor fysische verstoringen. Visserij wordt veelal aangemerkt als de grootste bedreiging (Holt et al. 1998). Grotere solide rifstructuren lijken wat minder gevoelig te zijn voor garnalenvisserij (Vorberg 2000), maar ook de lichtere tuigen van garnalenvissers kunnen voorkomen dat dergelijke rifstructuren zich gaan vormen. In the Wash en het estuarium van de Thames waren roze garnalen (*Pandalus montagui*) sterk geassocieerd met riffen van *S. spinulosa*. Garnalenvissers visten dan ook bij voorkeur in de buurt van deze riffen. Dit lijkt in de jaren '70 van de vorige eeuw te hebben geleid tot een vrijwel verdwijnen van *spinulosa*-riffen in deze gebieden (Holt et al. 1998).

Ook andere vormen van bodemberoering, zoals zandwinning of aanleg van infrastructuur, kunnen leiden tot verdwijnen van deze soort. Echter herstel kan vrij snel optreden. In Groot-Brittannië werd een achteruitgang van riffen van *S. spinulosa* waargenomen kort na de bouw de Thanet Offshore Windfarm. Vijf jaar later was er echter weer sprake van herstel van deze rifstructuren (Pearce et al. 2014).



Figuur 3.5: Studie gebied binnen het offshorewindpark van Thanet, 12 km van de kust van Kent, (Pearce et al. 2014)

S. spinulosa is niet erg gevoelig voor waterkwaliteit of vervuiling. Alleen dispersiechemicaliën zoals gebruikt na een grootschalige olie lekkage kunnen wel een negatief effect hebben (Holt et al. 1998).

3.1.1.2. Status in beleid

S. spinulosa staat aangemerkt als beleidsrelevante soort voor de Noordzee (zie Appendix A2). Merkwaardig genoeg staat deze soort formeel nog aangemerkt als exoot op basis van een inventarisatie uit 2005 (Wolff 2005). Wolff concludeert op basis van een artikel van Korrynga (1954) dat deze soort waarschijnlijk is ingevoerd in Nederland op oesterschelpen uit Frankrijk, maar dat de soort in de jaren '50 niet in Nederland gevestigd was (Korrynga 1954). Wolff (2005) beschrijft dat de verschillende waarnemingen sinds 1990 van de soort in Nederland mogelijk het gevolg zijn van zachte winters sinds die tijd. Echter, dezelfde soort komt reeds meer dan een eeuw voor in het intergetijdengebied van de Noord-Duitse Waddenzee (Vorberg 2000), waar temperaturen in de winter veel sterker fluctueren dan op de bodem van de Noordzee. Door het World Register of Marine Species (WoRMS, <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=130867>) wordt deze soort aangemerkt als voorkomend langs alle kusten van de Noordzee (m.u.v. de Baltische zee). Dit register vermeldt weliswaar geen literatuur uit Nederland over deze soort, maar wel oude referenties van alle omliggende landen (België, Frankrijk, Engeland, Schotland, Duitsland). Op basis van deze informatie concluderen wij dat *S. spinulosa* wel degelijk een soort is die van nature in het Nederlandse deel van de Noordzee kan voorkomen en dat de aanmerking als exoot onjuist is.

3.1.2. Aggregaties van schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*)

De schelpkokerworm (*Lanice conchilega*) is een bekende biobouwer uit de Noordzee (inclusief het Nederlandse deel) en de Waddenzee. Hij vormt dichte aggregaties op de zeebodem en stabiliseert zandig sediment. Modelwerk heeft aangegeven dat dichte aggregaties van schelpkokerwormen een significant effect kunnen hebben op zandtransport langs de bodem (Borsje et al. 2009; Borsje et al. 2014). De soort is algemeen in de Noordzee en Waddenzee, ook in het Nederlandse deel.



Figuur 3.6: Detailopname van de schelpkokerworm (*Lanice conchilega*), zoals deze meestal wordt aangetroffen. In dergelijke dichtheden is al wel sprake van ecosystem engineering, maar niet echt van rifvorming.

3.1.2.1 Rifstructuren



Figuur 3.7: Rifstructuur van de schelpkokerworm (*Lanice conchilega*). Bron: website Ecomare

Er is discussie of de schelpkokerworm echt beschouwd moet worden als een rifbouwende soort (Callaway et al. 2010). Over het algemeen zijn de schelpkokerworm -velden wel hoger dan de omgeving door de sedimentstabiliserende werking. In zeer dichte aggregaties kan men volgens sommige definities spreken van rifvorming, al hebben we het dan nog over relatief lage structuren (Rabaut et al. 2009). De 'riffen' bestaan uit individuele kokertjes die niet (zoals bij Sabellariariffen) aan elkaar gekit zijn tot een harde

structuur. Grote dichte aggregaties van schelpkokerwormen kunnen meerdere decaden blijven bestaan (Callaway et al. 2010).

Zeer recent (eind november 2015) zijn meldingen binnengekomen via de Waddenvereniging dat er in 2015 opvallend veel riffen van schelpkokerwormen zijn waargenomen in de Nederlandse Waddenzee, vooral tussen Terschelling en Schiermonnikoog. Mogelijk heeft dit te maken met een relatief milde winter. De soort is niet bestand tegen zeer lage temperaturen.

Ook voor de Belgische kust zijn riffen van schelpkokerwormen aangemerkt als speciaal biotoop (http://health.belgium.be/eportal/Environment/MarineEnvironment/TheMarineEnvironPolicy/WorkingInAnInternational/BirdsAndHabitats/AreaPolicy/HabitatsDirectiveAreas/19087737_EN?ie2Term=BELGIAN&ie2section=).

Dichte aggregaties van schelpkokerwormen kunnen zeer belangrijk zijn voor de vestiging van *Sabellaria*-riffen en voor de vestiging van andere biota, zoals mosselen (De Smet et al. 2015).

3.1.2.2 *Habitat*

Schelpkokerwormen komen voor op zandige en slijkige bodems, vaak op plaatsen waar ook zeegras en bentische algen (kiezelwieren die op de bodem groeien) voorkomen. Hij komt voor van het intergetijdengebied tot 1700 meter en is zeer tolerant voor verschillende waterkwaliteitsparameters. Hij is goed bestand tegen lage zoutconcentraties, maar komt ook in volledig mariene milieus voor. Hoewel de schelpkokerworm in hoge dichtheden de bodem kan stabiliseren en sedimenttransport vermindert, wordt het habitat wel bepaald door de mate van bodemstabiliteit.

3.1.2.3 *Bedreigingen*

Dichte aggregaten van schelpkokerwormen worden voornamelijk bedreigd door directe bodemberoering zoals boomkorvisserij (vis en garnalen) zand- en grindwinning, baggeren en constructiewerkzaamheden die de integriteit van zandbanken beïnvloeden. Echter, hoewel de constructie van offshorewindparken rond de tijd van constructie een negatief effect kan hebben, lijkt de aanwezigheid van windparken in de Belgische Noordzee een positief effect gehad te hebben op het voorkomen van schelpkokerwormen, vooral in de nabijheid van constructiefunderingen (Coates et al. 2014)

3.1.3 *Platte oester (Ostrea edulis)*

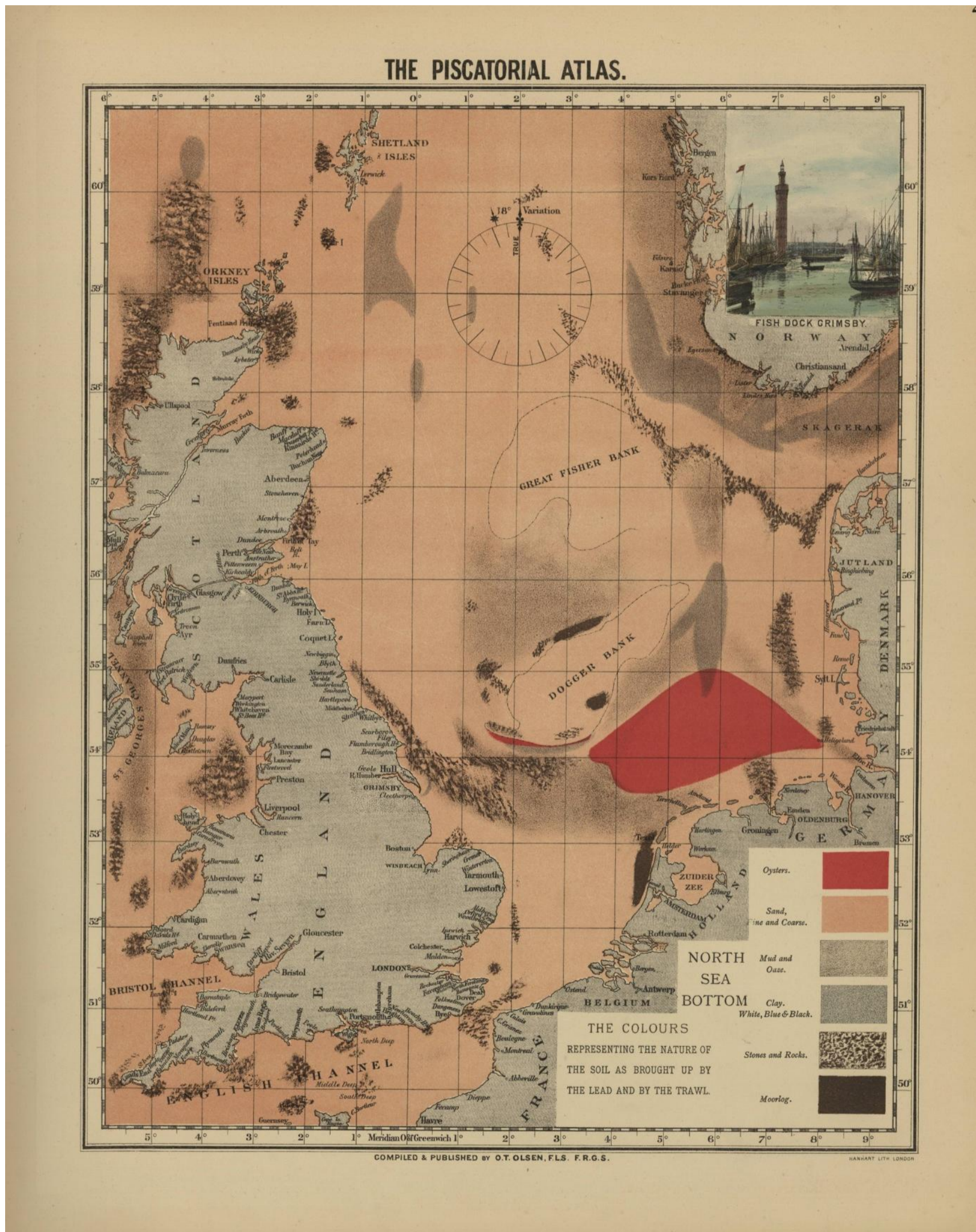
De Europese platte oester (*Ostrea edulis* L.) (Figuur 3.8) heeft zijn oorspronkelijke leefgebied langs de Europese kust van Noorwegen tot Marokko, over de Middellandse Zee en de Zwarte Zee. De platte oester is inheems in Europa en is intensief verhandeld sinds de oudheid vanwege haar culinaire waarde. In de dagen van Agrippa (63 BC -12 BC), werden Engelse oesters uit Kent naar Rome gebracht. Door de grote belangstelling zijn veel gebieden overgeëxploiteerd: ze zijn verdwenen uit bepaalde gebieden van Frankrijk (Heral 1989), Spanje (Figueras 1970), Groot-Brittannië (Laing et al. 2005), de Noordzee regio en Nederland (Berghahn & Ruth 2005). Een paar eeuwen geleden vormden oesterbanken een kenmerkend onderdeel van de ecosystemen langs de Europese en Middellandse-Zee kust. Mede als gevolg van de introductie van de *Bonamia*-protozo (een parasiet) is de oesterpopulatie verder achteruit gegaan. Banken van platte oesters worden tegenwoordig beschouwd als een van de meest bedreigde (mariene) habitats in Europa (Airoldi & Beck. 2007; OSPAR Commission 2008; zie ook Appendix A-3)).



Figuur 3.8: Platte oesters kunnen een aanzienlijke leeftijd en grootte bereiken

Het oesterbroed (larven) vestigt zich op een harde ondergrond, zoals stenen, schelpfragmenten of oesterschelpen. Zij zetten zich vast op het substraat en verspreiden zich niet meer. Oesterschelpen in bestaande banken zijn het geprefereerde substraat. Oesterbankontwikkeling

is een zichzelf versterkend proces. Er is een kritische massa waaronder rekrutering (de vestiging van larven) kan mislukken vanwege beperkte beschikbaarheid substraat (Berghahn & Ruth 2005; Kennedy & Roberts 2006). De platte oester kan meer dan 20 jaar oud worden. Oesters zijn van belang vanwege hun bijdrage aan het functioneren van het ecosysteem. Ze kunnen banken vormen met een driedimensionale structuur, die bestaat uit levende oesters, oesterschelpen en allerlei geassocieerde soorten.

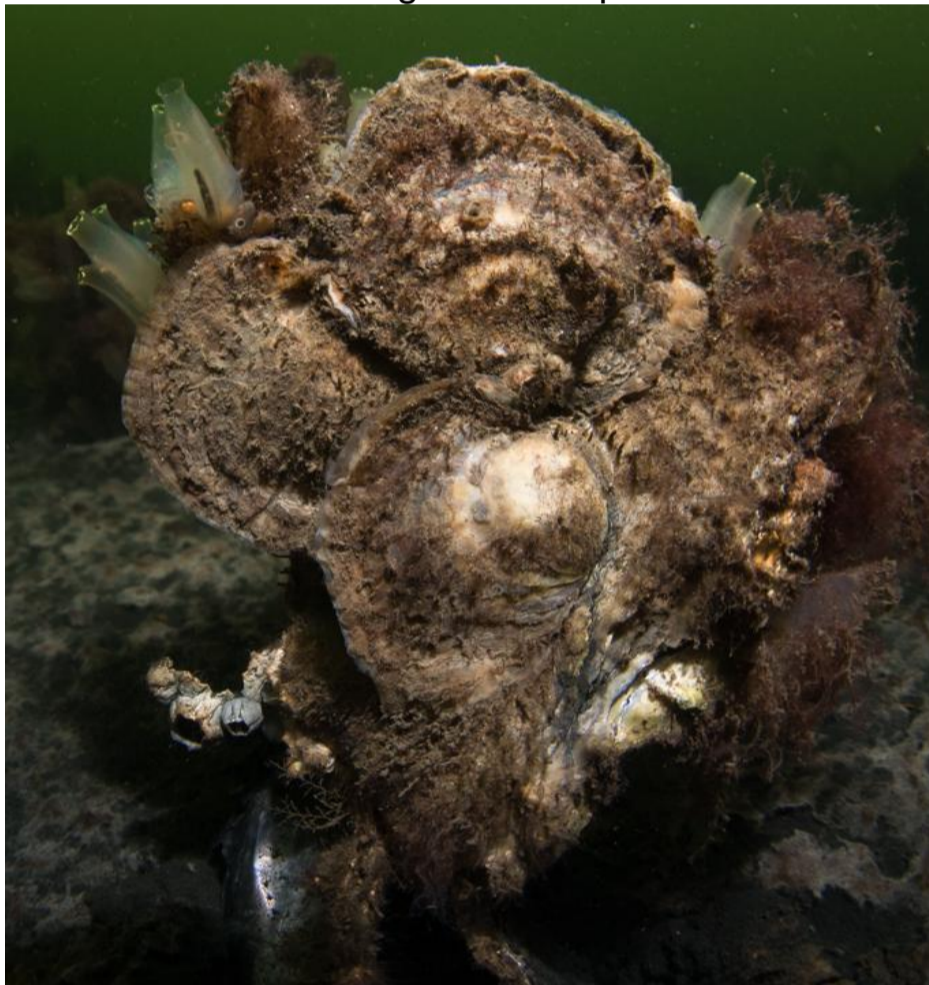


Figuur 3.9: Gebieden met platte oesters in de Noordzee en aangrenzende gebieden. Bron: Olsen (1883).

Tot ruim een eeuw geleden vormden banken van de platte oester (*Ostrea edulis*) een belangrijk leefgebied in de Noordzee (Figuur 3.9). Volgens veldonderzoek uitgevoerd in de 19e en vroege 20e eeuw waren er grote gebieden met platte oesters (meer dan 25.000 km²) (Olsen 1883; Fischereikarte 1915 in Gercken & Schmidt 2014; Houziaux, 2008). In de loop van de 19e eeuw nam de visserij op platte oesters toe door de inzet van stoomschepen. De opbrengst nam af en de oesterbanken werden gedecimeerd (Gercken & Schmidt 2014; Houziaux 2008). Toen vervolgens de – bodemberoerende - boomkorvisserij opkwam waren er weinig kansen meer voor oesterbanken en zijn deze geheel verdwenen uit de Noordzee (Houziaux 2008). Het grote oestergebied in Figuur 3.9 staat nog steeds bekend als de oestergronden.

3.1.3.1 Rifstructuren

Van de niet oorspronkelijk in Nederland voorkomende Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) zijn de rifstructuren bekender dan van de platte oester. De Japanse oester gedijt beter in het intergetijdengebied en is dus beter zichtbaar (zie Figuur 3.21). Ook is deze soort robuuster dan de platte oester. Niettemin kan de platte oester ook 3-dimensionale structuren en dus habitat vormen voor andere soorten (Figuur 3.10). De platte oester gedijt beter in rustiger, dieper water dan de Japanse oester. Ook zonder een echte rifstructuur vormt de platte oester habitat voor andere soorten vanwege de schelp als hard substraat en de driedimensionale structuur.



Figuur 3.10: Rifvormende platte oesters (Joeri van Es, Grevelingenmeer2014)

3.1.3.2 Habitat

In 1877 is door K. Mobius de term biocoenose geïntroduceerd op basis van zijn onderzoek naar platte oesters in de Waddenzee. Hij beschrijft de soortenrijkdom van een oesterbank en benoemt die als een levensgemeenschap. Hij introduceert daarmee een centraal concept in de ecologie. Al vroeg is dus onderkend dat platte oesterbanken habitat vormen voor een groot aantal soorten. Korringa (1954) beschrijft de geassocieerde flora en fauna van oesterbanken en komt tot 250 soorten. Uit recent onderzoek in de Waddenzee komt naar voren dat schelpdierbanken een veel hogere biodiversiteit hebben dan omringende zandige substraten (Smaal et al. 2013).

Met het herstel van platte oester-banken in de Noordzee kan habitat worden gecreëerd voor een rijke levensgemeenschap.

Het habitat van de platte oester bestaat uit een zandige bodem met schelpfragmenten, in een omgeving met een zoutgehalte van meer dan 15.5 g/L en een niet erg grote hydrodynamiek.

3.1.3.3 *Bedreigingen en kansen*

Als belangrijkste bedreiging voor platte-oesterbanken kan bodemberoering gelden, onder meer door boomkorvisserij. Natuurlijke factoren zoals predatie, ziektes en te grote hydrodynamiek zijn eveneens een bedreiging voor de ontwikkeling van platte oesterbanken. Bij de locatiekeuze zal dus ook gelet moeten worden op de lokale dynamiek. Dit kan beperkend zijn voor oesterbankontwikkeling in windmolenparken in de ondiepere kustzone, tenzij er een zekere beschutting mogelijk is. Niettemin biedt herstel van platte oesterbanken in de Noordzee kansen voor de ontwikkeling van rijke levensgemeenschappen (Smaal et al. 2015).

3.1.4 Gewone paardenmossel (*Modiolus modiolus*)

De gewone paardenmossel (*Modiolus modiolus*) is een tweekleppige die wereldwijd voorkomt, voornamelijk in dieper water. Jonge exemplaren hechten zich met byssusdraden aan een harde ondergrond of aan elkaar, oudere dieren worden ook losliggend aangetroffen, deels ingegraven in de bodem. De gewone paardenmossel kan 50 jaar oud worden. De soort heeft een voorkeur voor grove zand- en grindbodems met een goede wateruitwisseling en zoute condities. In het Noordzeegebied leeft de soort in water dat doorgaans dieper is dan 20 meter (De Bruyne et al. 2013). Kleinere exemplaren worden gevangen voor consumptie (De Groot et al. 1988). Banken van de gewone paardenmossel zijn een bedreigd habitat volgens de Osparlijst (OSPAR Commission 2008)



Figuur 3.11: De gewone paardenmossel (Wikipedia, Magne Flåten)

De soort is lokaal aangetroffen op het Nederlandse deel van de Noordzee (Figuur 3.12), maar er zijn in het Nederlandse deel van de Noordzee geen banken bekend van deze soort (OSPAR Commission 2009)



Figuur 3.12: bemonstering van de gewone paardenmossel in de Noordzee (de Bruyne et al, 2013)

3.1.4.1 Rifstructuren

In de Noordzee kan de gewone paardenmossel karakteristieke banken of riffen vormen, op een diepte van 30 tot 60 meter. Een enkele gemeenschap kan vele tientallen km² van de zeebodem bedekken. Geassocieerd aan de riffen is een soortenrijke gemeenschap met onder andere sponzen, hydroïdpoliepen, mosdiertjes, zachte koralen, slang- en brokkelsterren, slakken, tweekleppigen en zakpijpen (De Bruyne et al. 2013).

3.1.4.2 Habitat

In een recent artikel van Ragnarsson & Burgas (2012) wordt de invloed van banken van de gewone paardenmossel op de abundantie (i.e.: mate van voorkomen) en diversiteit van de epifauna (i.e.: diersoorten die op de bodem of op andere planten of dieren leven) beschreven op basis van video-observaties in Faxaflói Bay, IJsland. Soortenrijkdom was exponentieel gecorreleerd met abundantie van gewone paardenmosselen; er was een synergistisch effect met sediment-grofheid. De conclusie is dat gewone paardenmosselen grote invloed kunnen hebben op het functioneren van ecosystemen in de kustwateren.

Hoewel gewone paardenmosselen zijn aangepast aan het leven in het sediment is er hard substraat vereist voor vestiging van jonge exemplaren die zich met byssusdraden vasthechten. De soort wordt aangetroffen op een breed scala van substraten, als epifauna op zandige bodems, op rotsachtige bodems en op de pylonen van offshoreconstructies. In Europa zijn gewone paardenmosselen meestal te vinden in grind en grof sediment en zachte modder met schelpfragmenten (Elsasser et al. 2013).

3.1.4.3 Bedreigingen en kansen

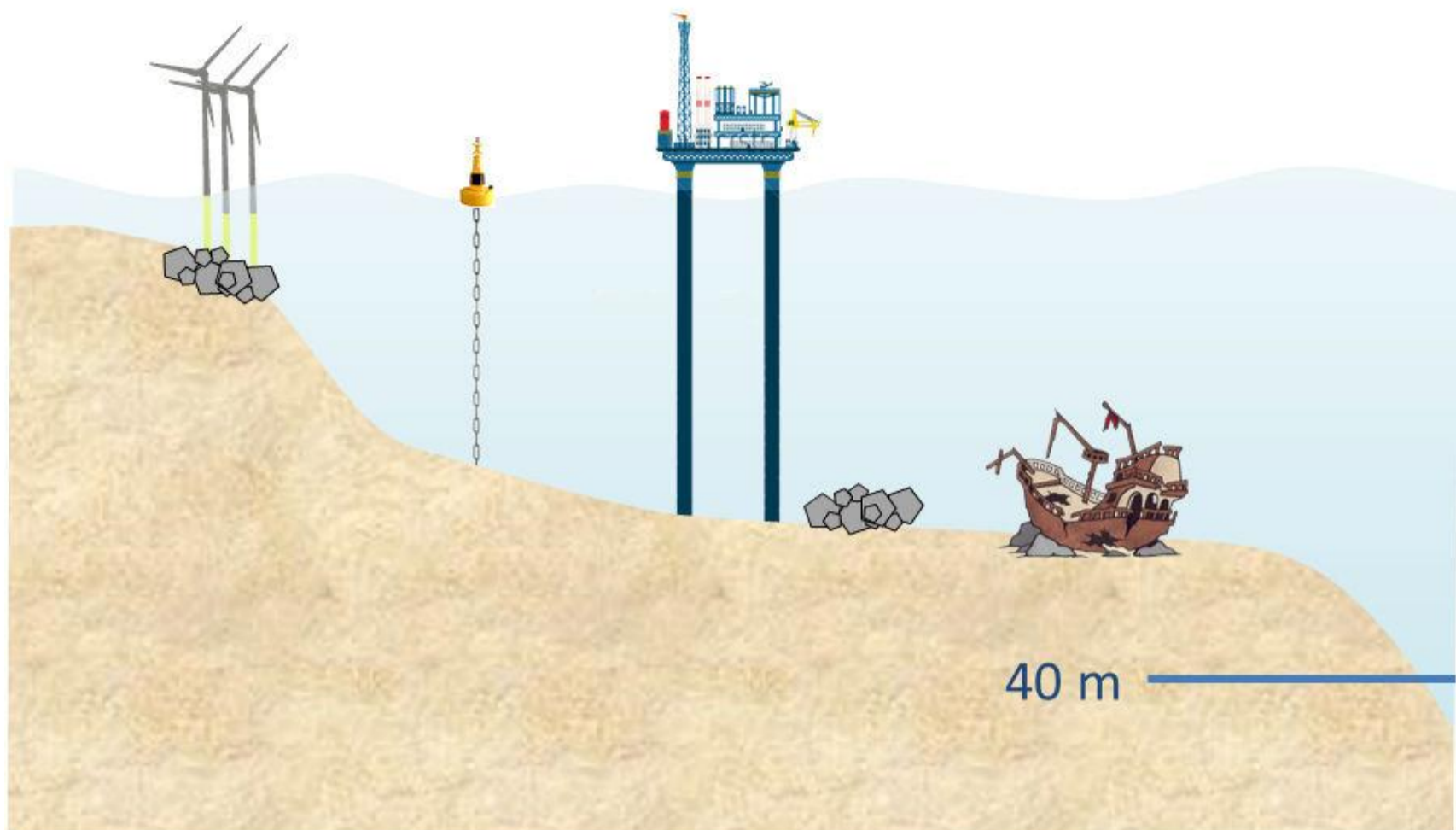
Uit studies in Strangford Lough (N-Ierland) blijkt duidelijk dat bodemberoerende visserij negatieve effecten heeft gehad op de populatie gewone paardenmosselen die er oorspronkelijk zeer uitgestrekt was (Elsasser et al. 2013). In hetzelfde artikel wordt ingegaan op pogingen om de populatie te herstellen, en de voorwaarden waaronder natuurlijke rekrutering kan plaatsvinden.

Er zijn kansen voor herstel, maar net als voor de platte oester is nader onderzoek nodig naar de randvoorwaarden en methoden om dit te realiseren.

3.2 Hardsubstraatgebruikende soorten

In de Noordzee zijn verscheidene levensgemeenschappen te onderscheiden die aan hard substraat gerelateerd zijn (Lengkeek et al. 2013ab; Van Moorsel 2014; Schrieken et al. 2013). Deze verschillen in soortenrijkdom en de mate van voorkomen van soorten. Uitheemse soorten en beleidsrelevante Noordzeesoorten (Jager 2013; Van Moorsel 2014) spelen in meer of mindere mate een rol in deze gemeenschappen, afhankelijk van het soort hard substraat en de geografische locatie. Parameters die van invloed zijn op de soortensamenstellingen betreffen onder andere de afstand tot de kust, de stromingen (getij / reststroom), aanwezigheid van “stepping stones”, het sedimenttype waarop het harde substraat zich bevindt (silt / modder / zand) en tenslotte de locatie, vorm en het materiaal van het harde substraat zelf. Met name diepte speelt een grote rol. Hierbij bevinden zich bijvoorbeeld in het intergetijde-gebied langs de kust en bij de windmolenparken, andere soorten dan in de sublitorale zones. Verder is er langs de Nederlandse kust meestal een verschil tussen gemeenschappen tot ongeveer tien meter diepte en dieper. Aangezien het zonlicht in dieper water niet goed doordringt komen algen en wieren daar niet of in aanzienlijk lagere dichtheden voor. De helderheid van het water is hierbij afhankelijk van de hoeveelheid gesuspendeerd sediment. Zo wordt verder van de kust af, bijvoorbeeld bij de Klaverbank en Doggersbank, het water helderder en kunnen er daar zelfs wieren tot op 20-30 meter diepte gevonden worden terwijl vlak langs de kust algen en wieren tot een paar meter diep voorkomen. Naast de diepte is de soortengemeenschap die gerelateerd met het harde substraat voorkomt ook afhankelijk van het soort materiaal (steen, metaal, etc.), de ruwheid van het materiaal (op gladde oppervlaktes kunnen soorten zich slecht vestigen), en de vorm en grootte van het materiaal. Zo kan de vorm de stroming sterk beïnvloeden waardoor er plekken ontstaan met veel stroming of juist plekken met luwte waar bijvoorbeeld een vis kan “schuilen” buiten de stroom. De meeste mariene soorten die op, bij en rondom hard substraten leven, hebben een pelagisch (in de waterkolom) levensstadium waarin ze zich kunnen verspreiden. Aangezien het grootste gedeelte van de Noordzee een zandbodem betreft kunnen deze soorten zich daar niet goed vestigen en worden ze tijdens hun verspreiding geremd. Verspreid over de Noordzeebodem liggen echter vele wrakken (Figuur 0.7 in Appendix B) en meer lokaal ook stenen die daar zijn neergelegd om bijvoorbeeld pijpleidingen te beschermen of stenen die daar van nature terecht zijn gekomen, bijvoorbeeld op de Klaverbank en bij de Borkumse stenen. Gebruikmakend van deze harde substraten als “stepping stones” kunnen hard substraat gerelateerde soorten zich makkelijker over de zandbodem van de Noordzee heen verspreiden. Voor soorten die zich dicht bij de oppervlakte vestigen zijn een stuk minder “stepping stones” beschikbaar. Voor deze aan hard substraat gerelateerde soorten zijn op de open Noordzee met name de windmolenparken en de navigatieboeien beschikbaar.

In de hierop volgende paragrafen wordt in meer detail ingegaan op de verschillende habitats en plekken waar zich hard substraat in de Nederlandse Noordzee bevindt. Daarbij wordt een beschrijving gegeven van de aanwezige soortengemeenschappen en een indicatie van de beleidsrelevante soorten en habitats (o.a. het Natura 2000 habitatype H1170: ‘riffen van open zee’) die daar een rol bij spelen. Langs de Nederlandse kust zijn verschillende hardsubstraattypen te onderscheiden wat in figuur 3.13 wordt geïllustreerd. Dit zijn met name windmolenparken, boorplatformen, pijlers, boeien, stenen en wrakken. Kabels, leidingen en bestortingen om deze te beschermen zijn niet in de figuur opgenomen, maar kunnen uiteraard ook gekoloniseerd worden als deze structuren boven het sediment uitsteken.



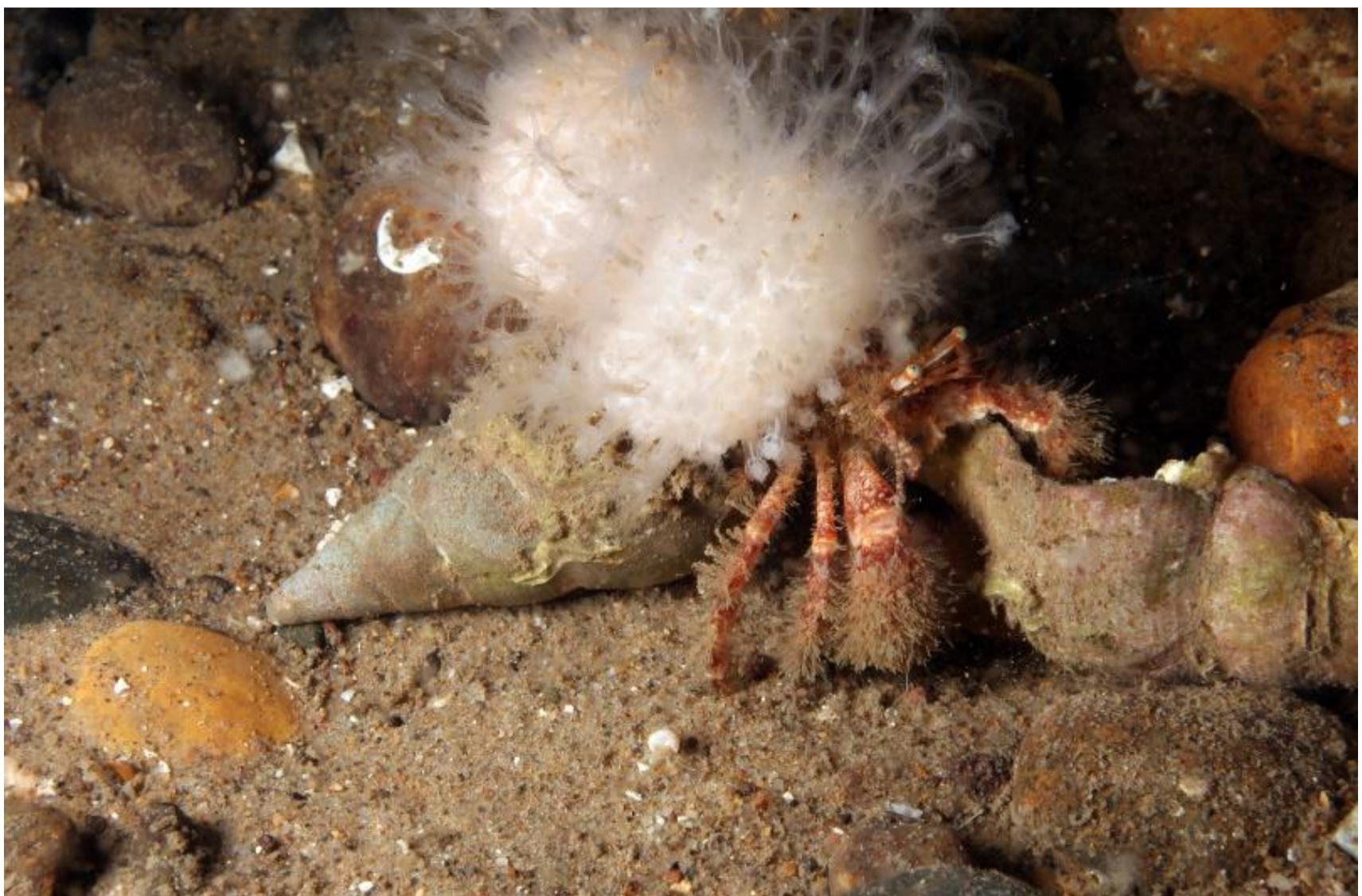
Figuur 3.13 Hardsubstraattypen in de Nederlandse Noordzee. De voornaamste harde substraten in de Noordzee betreffen windmolenparken, boorplatformen, pijlers, boeien, stenen en wrakken (niet op schaal).

3.2.1 Soortengemeenschappen op natuurlijk hard substraat (diep)

Natuurlijk harde substraten in de diepere gedeeltes (>-20 m) van de Noordzee betreffen voornamelijk de stenen en kiezels op de Klaverbank (Figuur 3.14; Figuur 3.15) en bij de Borkumse stenen (Schrieken et al. 2013; Van Moorsel 2014). Op deze stenen komt een relatief grote diversiteit aan inheemse soorten voor waarbij zo goed als geen uitheemse soorten aanwezig zijn. Van Moorsel (2014) vermeldt slechts het voorkomen van 1 exoot, de groene golfbrekeranemoon (*Diadumene lineata*), een relatief zeldzaam voorkomend klein zee-anemoontje. Verder komen op deze stenen meerdere beleidsrelevante soorten voor die zijn aangemerkt als typische soorten voor het habitatype H1170: riffen van open zee (Appendix A-2). Dit betreft bijvoorbeeld het zachte koraal dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) en de gestreepte pegelhoren (*Simnia patula*) die dit koraal eet (Schrieken et al., 2011). Ook komen er enkele exclusieve soorten voor zoals de rugstreep-oprolkreeft (*Galathea intermedia*) en voor Nederland zeldzame soorten zoals de bonte galathea (*Galathea strigosa*) (Figuur 3.14) en de harige heremietkreeft (*Pagurus cuanensis*) (Figuur 3.15). Een natuurlijk hardsubstraattypen in de Noordzee wat in de literatuur niet tot zelden wordt vermeld, betreft sponzen en losgeslagen wieren die over de bodem heen rollen. Op deze sponzen en algen is een hoge diversiteit aan krabben, hydroïden, mosdiertjes en andere aan hard substraat gerelateerde soorten te vinden (Figuur 3.16).



Figuur 3.14: Soortengemeenschap op de stenen van de Klaverbank. In het midden de bonte galathea (Galathea strigosa). Foto: A. Gittenberger.



Figuur 3.15: Soortengemeenschap op de stenen van de Klaverbank. Dit betreft de harige heremietkreeft (Pagurus cuanensis) met op zijn schelp een dodemansduim (Alcyonium digitatum). Foto: A. Gittenberger.



Figuur 3.16: Een detail van een wier wat over de bodem van de Noordzee heen rolt met de stroom mee. Hierop is een hoge diversiteit aan soorten te zien die afhankelijk zijn van hard substraat. Op de foto betreft dit een zwemkrab, een hooiwagenkrab, een zee-egel, diverse mosdiertjes, hydroïden en zeenaaktjes met hun eieren. Foto: A. Gittenberger.

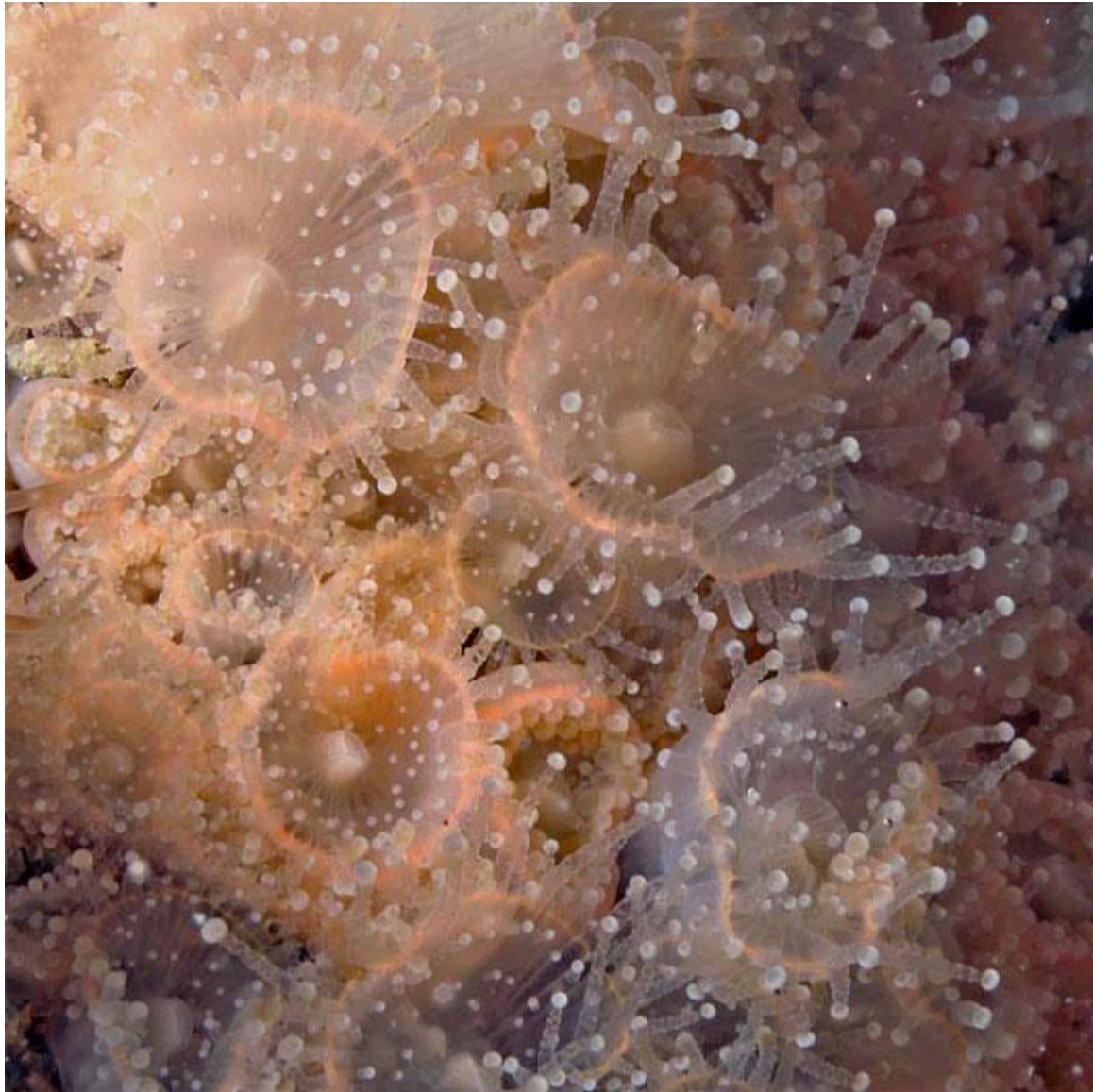
3.2.2 Soortengemeenschappen op onnatuurlijk hard substraat (diep)

Onnatuurlijke/kunstmatige harde substraten in de diepere gedeeltes (>-20 m) van de Noordzee betreffen voornamelijk wrakken, en stenen die op pijpleidingen en rondom pijlers van turbines en olieplatforms op de bodem gelegd zijn om deze te beschermen (Lengkeek et al., 2013ab; Schrieken et al. 2013; Van Moorsel 2014). De levensgemeenschappen op deze stenen zijn vermoedelijk het meest vergelijkbaar met de stenen in de Noordzee die daar op natuurlijke wijze terecht zijn gekomen zoals dit in de voorafgaande paragraaf besproken wordt. De wrakken vormen echter een duidelijk ander habitattype (Lengkeek et al. 2013a). Op wrakken komt een vergelijkbaar hoge diversiteit aan inheemse soorten voor als op natuurlijk hard substraat. Er worden echter wel meer exoten op wrakken gevonden (Van Moorsel 2014) waaronder de beruchte invasieve druipzakpijp (*Didemnum vexillum*) (Figuur 3.17; Gittenberger et al. 2007). Zo kunnen deze wrakken als steppingstones gebruikt worden in de verspreiding van deze soorten. In vergelijking met gemeenschappen in ondieper water, blijft het aantal uitheemse soorten in dieper water echter nog beperkt tot slechts enkele soorten. Net als op natuurlijk hard substraat komen op wrakken ook meerdere beleidsrelevante soorten voor die zijn aangemerkt als typische soorten voor het habitattype H1170: "riffen van open zee" (Appendix A-2). Op wrakken worden bijvoorbeeld ook het zachte koraal dodemansduim (*Alcyonium digitatum*), de gestreepte pegelhoren (*Simnia patula*) en de rugstreep-oprolkreeft (*Galathea intermedia*) algemeen aangetroffen (Schrieken et al. 2011). Naast deze soorten komen op de wrakken enkele inheemse soorten voor die op natuurlijk hard substraat niet tot zelden voorkomen. Zo werd de vuilwitte zakpijp (*Ascidiella aspersa*) in hoge dichtheden aangetroffen aan de binnenkant van een wrak op de Bruine Bank. Deze soort heeft drijvende eieren die in de holtes van het wrak gevangen worden waardoor de soort zich daar kan vestigen. In deze zakpijpen zaten vele kleine schelpjes ingebed van de soort *Modiolarca picta*, die verder van slechts van een locatie op de Klaverbank bekend was (Gittenberger et al. 2013a). Tenslotte werd recentelijk vastgesteld dat de

juweelanemoon (*Corynactis viridis*) (Figuur 3.18) zich in de Noordzee had gevestigd (Gittenberger et al. 2013b). Deze soort, die rondom de Noordzee in Noordwest-Europa al inheems voorkwam, heeft zich vermoedelijk door klimaatverandering in de Noordzee weten te vestigen. Binnen een periode van tien jaar werd deze soort in de Engelse, Belgische, Nederlandse en Duitse Noordzee onafhankelijk van elkaar voor het eerst gevestigd waargenomen waaruit geconcludeerd kan worden dat hij zich nu gevestigd heeft in de Noordzee (Gittenberger et al. 2013b). Met uitzondering van de waarneming in de Duitse Waddenzee betroffen alle overige vestigingen kunstmatig hard substraat waar de soort zich op gevestigd had en dan met name wrakken. Verschillende vissensoorten prefereren de wrakken ook boven het natuurlijke hard substraat. Hierbij zijn, wat betreft de Nederlandse Noordzeesoorten van de Rode lijst (Appendix A-4), met name soorten die als “gevoelig” worden aangemerkt vaak in wrakken terug te vinden zoals bijvoorbeeld de dwergbolk (*Trisopterus minutus*) en de kabeljauw (*Gadus morhua*). Verder worden enkele zeldzame voor Nederland inheemse vissensoorten zo goed als alleen nog maar op de wrakken aangetroffen: de kliplipvis (*Ctenolabrus rupestris*) (Figuur 3.19) en luipaardgrondel (*Thorogobius ephippiatus*) (Figuur 3.20) (Lengkeek et al. 2013a).



Figuur 3.17: De invasieve druipzakpijp (*Didemnum vexillum*) op een wrak op de Doggersbank. Foto: A. Gittenberger.



Figuur 3.18: De juweelanemoon (*Corynactis viridis*) op een wrak op de Bruine Bank. Foto: A. Gittenberger.



Figuur 3.19: De kliplipvis (*Ctenolabrus rupestris*) in een wrak op de Nederlandse Noordzee. Foto: A. Gittenberger.



Figuur 3.20: De luipaardgrondel (*Thorogobius ephippiatus*) direct naast een wrak in de Nederlandse Noordzee. Foto: A. Gittenberger.

3.2.3 Soortengemeenschappen op natuurlijk hard substraat (ondiep)

Langs de Nederlandse kustlijn bestaan natuurlijke harde substraten in de ondiepere gedeeltes (< 20m diep) van de Noordzee met name uit schelpdierbanken. Hierin kan onderscheid gemaakt worden tussen inheemse soorten en exoten en tussen sublitorale banken en banken in het intergetijdengebied. Banken in het intergetijdengebied worden vooral aangetroffen in de bekkens van de Delta (Oosterschelde, Grevelingen) en de Waddenzee. In de Noordzee buiten deze bekkens zijn intertidale schelpdierbanken niet van belang.

Inheemse schelpdierbanken bestaan vooral uit mosselbanken (*Mytilus edulis*) en in en nabij de Grevelingen uit platte-oesterriffen (*Ostrea edulis*) (Figuur 3.10) of gemengde schelpdierriffen. De diversiteit aan soorten op deze schelpdierriffen is over het algemeen hoger dan op de harde substraten in de diepere gedeeltes van de Noordzee. Hierbij komen er naast een hoog aantal inheemse soorten enerzijds aanzienlijk meer (tientallen) uitheemse soorten voor dan in diepere wateren op de Noordzee, maar anderzijds ook meerdere vissen van de Rode lijst (Appendix A-4) waaronder de vorskwab (*Raniceps raninus*) (aangemerkt als “bedreigd”), de slakdolf (*Liparis liparis*) (aangemerkt als “kwetsbaar”) en de slijmvis (*Lipophrys pholis*) (aangemerkt als “gevoelig”). Verder van de kust af in de Nederlandse Noordzee komt ondiep geen natuurlijk hard substraat voor met uitzondering van losgeslagen wieren en stukken hout waarop vele zuid Europese soorten kunnen meeliften en zo met de zuid-noord reststroom vanaf de kusten van Frankrijk en zuid Engeland in de Nederlandse Noordzee terecht komen.

Tenslotte zijn er langs de Nederlandse kusten, met name in het intergetijdengebied, grote Japanse-oesterriffen te vinden (Figuur 3.21) die daar van nature niet voorkomen. Deze riffen kunnen gebieden waar voorheen alleen een zandbodem aanwezig was, veranderen in een rif waarop een grote verscheidenheid aan hard substraat gerelateerde inheemse en uitheemse soorten zich kunnen vestigen.



Figuur 3.21: Typische hardsubstraatgemeenschap in het litoraal langs de Nederlandse kust. Deze bestaat voornamelijk uit Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) die zelf weer een substraat vormen voor een grote variatie in uitheemse soorten. Foto: A. Gittenberger.

3.2.4 Soortengemeenschappen op onnatuurlijk hard substraat (ondiep)

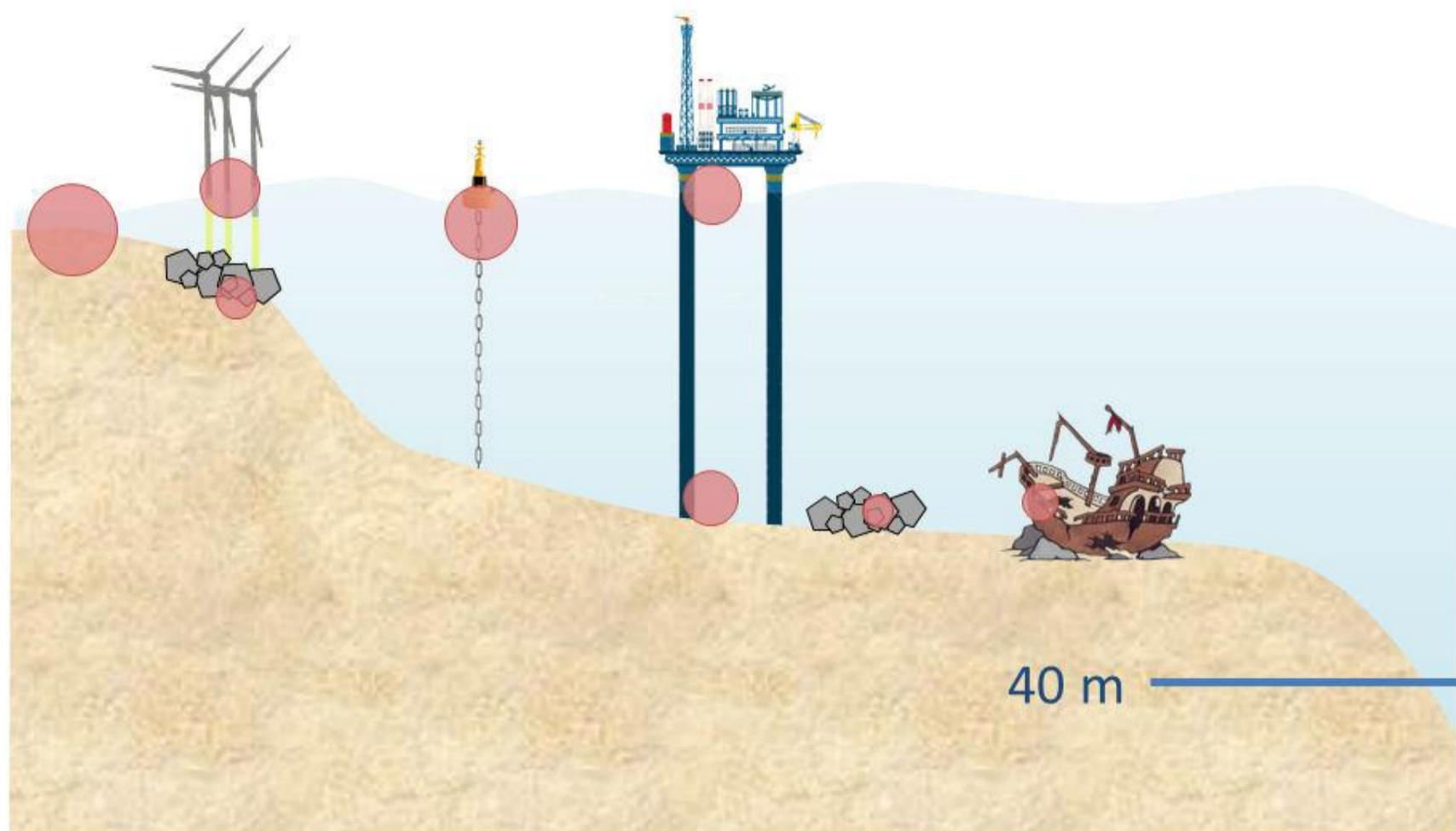
Langs de Nederlandse kustlijn bestaan onnatuurlijke harde substraten dicht bij de kust met name uit de dijken en kustweringen. Verder van de kust vandaan betreffen de voornaamste harde substraten olieplatformen, boeien en windmolenparken. Op de dijken komen hierbij soortengemeenschappen voor die vergelijkbaar zijn met die op de schelpdierriffen. Omdat het oppervlak van de dijken meestal relatief glad is in vergelijking met de schelpdierriffen, ligt de diversiteit en abundantie van soorten op de schelpdierriffen meestal iets hoger. Wat betreft de onnatuurlijke harde substraten verder van de kust vandaan, zijn met name drijvende objecten zoals boeien, zeer rijk aan soorten. De soortengemeenschappen op deze boeien worden vaak gedomineerd door mosselen, gemengd met een grote variatie aan zowel inheemse maar ook uitheemse soorten zoals bijvoorbeeld het sterretje (*Elminius modestus*) (Figuur 3.22). In de intergetijdenzones en ondiepere gedeeltes van de windmolenparken en op de pijlers van boorplatformen spelen naast wieren ook uitheemse soorten zoals de Japanse oester en de Japanse dansmug (*Telmatogeton japonicus*) een belangrijke rol (Van Moorsel 2014). Voor beleidsrelevante soorten lijken deze habitats geen belangrijke rol te spelen.



Figuur 3.22: Het sterretje *Elminius modestus*. Foto: A. Gittenberger.

3.3 Aan hard substraat gerelateerde uitheemse soorten in de Noordzee

Aan hard substraat gerelateerde uitheemse soorten komen niet op alle harde substraten in even hoge dichtheden voor. In Figuur 3.23 wordt een indicatie gegeven van het relatieve voorkomen van uitheemse soorten op harde substraten in de Noordzee. De hoogste aantallen aan hard substraat gerelateerde uitheemse soorten (enkele tientallen) zijn langs de kust in het intergetijdengebied en net onder de laagwater lijn te vinden op drijvende objecten en dan met name in jachthavens. Vervolgens worden langs de kust de meeste aan hard substraat gerelateerde soorten op schelpdierriffen gevonden waarbij oesterriffen, vermoedelijk vanwege hun onregelmatige vorm, rijker zijn dan mosselbanken. Tenslotte komt ongeveer een tiental uitheemse soorten algemeen voor op de dijken (Gittenberger et al. 2010), mits het materiaal waaruit deze opgebouwd zijn onregelmatig van vorm is, gaten open laat en niet al te glad is. Verder van de kust vandaan komen over het algemeen minder uitheemse soorten voor dan vlak bij de kust. Hierbij is de hoogste diversiteit op drijvende objecten te vinden zoals boeien en vervolgens in het intergetijdengebied en net onder de laagwaterlijn bij windmolenparken en op de pijlers van boorplatformen. Dieper onderwater in de Noordzee daalt het aantal uitheemse soorten wat gerelateerd aan hard substraat leeft nog verder naar slechts enkele soorten die zich met name op kunstmatig materiaal vestigen zoals wrakken. Op natuurlijke harde substraten, zoals de stenen op de Klaverbank, worden uitheemse soorten zelden waargenomen (Van Moorsel 2014). De verspreiding van uitheemse soorten binnen de Noordzee is moeilijk af te remmen aangezien de meeste soorten en dan met name de uitheemse soorten die bekend staan voor hun invasieve gedrag, grote afstanden kunnen afleggen in hun larvale pelagische stadium. Zo heeft de Japanse oester zich langs de volledige Europese kust verspreid tot in de fjorden van Noorwegen ver weg van enige menselijke activiteit. De meeste uitheemse aan hard substraat gerelateerde soorten kunnen bij hun verspreiding door de Noordzee gebruik maken van de windmolenparken, olieplatformen, en de navigatie-boeien. Met behulp van deze stepping stones kunnen vermoedelijk de meeste invasieve soorten zich binnen korte tijd over de volledige Noordzee verspreiden. Voor de enkele uitheemse aan hard substraat gerelateerde soorten die een voorkeur hebben voor dieper water, is er ook geen gebrek aan mogelijke stepping stones. Los van de windmolenparken, olieplatformen, en de verankeringen van de navigatie-boeien, hebben deze soorten ook nog vele wrakken en stenen (natuurlijk en aangelegd voor bijvoorbeeld pijpleidingen) tot hun beschikking bij hun verspreiding.



Figuur 3.23: Uitheemse soorten op hard substraat in de Nederlandse Noordzee. De rode stippen geven een indicatie van de mate van het voorkomen van uitheemse soorten in ondiep water en op de bodem bij windmolenparken, boorplatformen, pijlers, boeien, stenen en wrakken (leidingen en bestorting over leidingwerk en kabels zijn niet in deze figuur aangegeven).

3.4 Meerwaarde van rifstructuren

Wereldwijd is het verlies van habitatcomplexiteit en met name de vereenvoudiging van de structuur van de leefomgeving een belangrijke oorzaak van verlies van biodiversiteit (St. Pierre and Kovalenko 2014), maar ook van andere ecosysteemfuncties. Tegenwoordig wordt de integriteit van het onderwaterlandschap, met alle geomorfologische structuren gezien als een belangrijke kwaliteitsmaatstaf voor mariene ecosystemen (St. Pierre & Kovalenko 2014, Thorin et al. 2014). Het is duidelijk dat een gevarieerd landschap met zacht en hard substraat rijker is aan benthos dan een relatief uniform gebied met alleen zacht sediment (Clare et al. 2015). Echter ook op mobiele biota zoals vissen heeft de aanwezigheid van een gevarieerd habitat een positief effect op de diversiteit van de vispopulatie (Kristensen et al. 2015). Bepaalde vissoorten (zoals de kabeljauw) foerageren bij voorkeur op hardsubstraat biota (Reubens et al. 2013). Andere soorten zoals sommige roggensoorten gebruiken gebieden met afwisselend zand en rotsen of stenen als kinderkamer (Serra-Pereira et al. 2014), weer andere soorten gebruiken de 3-dimensionale structuren om bescherming in te zoeken (Neudecker et al. 2006).

Voor veel soorten die onder druk staan in de Noordzee is het niet duidelijk in hoeverre een betere beschikbaarheid van hard substraat al dan niet een positieve uitwerking kan hebben op de instandhouding van deze soorten. De meeste haaien- en roggensoorten doen het slecht in de Noordzee, alhoewel de stekelrog het de laatste paar jaar weer goed doet (ICES, 2015). Vrijwel zeker is de belangrijkste oorzaak van de achteruitgang de intensieve visserij van de vorige eeuw (Rogers en Ellis 2000; Stevens et al. 2000; Lotze 2007), maar verandering in (kust)habitats door menselijk gebruik kan niet worden uitgesloten (Simpfendorfer, 2000). Bijvoorbeeld, de voormalige Zuiderzee was een zeer belangrijk paaigebied voor roggen (Heessen, 2010). Deze soorten hebben over het algemeen een lange levenscyclus, worden pas na jaren geslachtsrijp en produceren relatief weinig jongen, waarmee ze gevoelig zijn voor overbevissing (Stevens et al. 2000). Het is goed mogelijk dat voor sommige soorten hard substraat enerzijds positief kan werken omdat er voedsel te vinden is en anderzijds omdat hard substraat aanhechtingsplaatsen

biedt voor eieren. Van een aantal soorten zoals de kathaai (*Scyliorhinus stellaris*) en de hondshaai (*S. canicula*, ook wel kleine gevlekte kathaai) is bekend dat de uitsteeksels aan de eikapsels dienen om de eieren vast te hechten aan substraat (Mabragaña et al. 2011). In offshore gebieden zijn macroalgen, sponzen, hydroïdpoliepen, bryozoa en zachte koralen belangrijke plekken om eikapsels af te zetten (Ellis et al., 2004). Tevens is bekend dat in het verleden Horns Rev (een rifstructuur in de Deense Noordzee) vroeger een belangrijk visgebied was voor de Vleet (Walker en Hislop 1998). Roggen gebruiken vooral estuariene kustgebieden voor het afzetten van hun eieren (Ellis et al., 2004). Echter van habitat gebruik van de meeste Noordzee haaien en roggen is relatief weinig bekend (Serra-Pereira et al. 2014). Het is dus moeilijk in te schatten wat de aanwezigheid van meer hard substraat voor de draagkracht van haaien en roggen zal doen. Wel is duidelijk dat bescherming van gebieden tegen visserijdruk voor deze soorten in elk geval gunstig zal zijn.

Los van directe effecten van habitatcomplexiteit en biodiversiteit van sessiele (vastzittende) en mobiele fauna hebben riffen nog andere functies. Complexe, gevarieerde habitats lijken stabiel en lijken tevens veel beter bestand tegen invasieve soorten dan verarmde, versimpelde habitats (Alexander et al. 2014). Andere functies die door habitatcomplexiteit en biodiversiteit worden beïnvloed zijn b.v. productiviteit en veerkracht (het vermogen van een ecosysteem om verstoringen op te vangen) (Frid & Caswell 2015).

Zeker in mariene ecosystemen (die doorgaans minder uitgebreid onderzocht zijn dan terrestrische of zoetwatergebieden) zijn dit soort effecten van verminderde habitatcomplexiteit nog niet goed gekwantificeerd. Voor mariene gebieden ligt de nadruk dan ook vaak op het beschermen van habitats om zeldzame, of onder druk staande soorten, terwijl de andere functies van habitatcomplexiteit onderbelicht blijven (Snelgrove et al. 2014). In 1.2. is aangegeven dat vanuit beleidsperspectief het van belang is na te gaan welke van nature in de Nederlandse Noordzee voorkomende soorten en habitats, vooral soorten en habitats die behoren tot beleidsrelevante categorieën, direct of indirect van rifstructuren zouden kunnen profiteren. Appendix A. bevat een aantal lijsten met voor de Noordzee beleidsrelevante soorten en habitats.

De huidige Noordzee is in termen van habitat sterk verarmd en vereenvoudigd, in vergelijking met enkele eeuwen geleden. De oesters van de oestergronden zijn vrijwel verdwenen en vissers hebben over de decennia veel grote stenen die een obstakel vormden voor netten van de zeebodem gevist. Uiteraard is er ook veel hard substraat bij gekomen in de vorm van wrakken, platforms en andere niet-natuurlijke structuren. Verschillende soorten hard substraat bieden verschillende habitats. Een oesterbank is niet hetzelfde als een zwerfkei of een scheepswrak en een oppervlak met stortsteen zal niet dezelfde ecologische functie vervullen als een oesterbank. Men moet dan ook voorzichtig zijn met het aanbrengen van kunstmatige structuren die van oorsprong in het gebied niet thuis horen.

De natuurwaarden en de diversiteit (zowel soortenrijkdom als diversiteit in onderwaterlandschap) van de Noordzee staan sterk onder druk. Dit is zeker niet alleen een gevolg van habitatverlies, maar is ook een gevolg van visserij en van verstoring van de Noordzee. Het is momenteel nog lastig om exact aan te geven welke soort structuren wat voor soort impact zullen hebben op de soortenrijkdom en het ecosysteem van de Nederlandse Noordzee. Een *Sabellaria*-rif (beide soorten) zal op zich misschien minder rijk zijn dan een oesterrif. Dit zal voor een belangrijk deel te maken hebben met het feit dat *Sabellaria* bij voorkeur op plaatsen voorkomt met veel gesuspendeerd sediment (Dubois et al. 2006). Dit is niet een omgeving waar veel organismen zich thuis voelen. Echter het habitat dat door *Sabellaria*-riffen wordt gecreëerd is rijker dan habitat zonder rifstructuren in fysisch vergelijkbare omstandigheden (Dubois et al. 2006). Het NCP met zowel *Sabellaria*-riffen als oesterriffen zal als geheel soortenrijker zijn dan een NCP met alleen oesterriffen, ook al herbergt een oesterrif op zich misschien meer soorten dan een *Sabellaria*-rif. Echter, *Sabellaria*-riffen komen nog wel voor in andere delen van de Noordzee.

Voor de Noordzee als geheel is het moeilijk in te schatten wat de exacte meerwaarde is van *Sabellaria*-riffen op het NCP.

4 Veelbelovende technieken voor stimulering van rifbouwende en substraatgebruikende soorten

In dit hoofdstuk wordt eerst een overzicht gegeven van de verschillende mogelijkheden om de kansen voor het ontstaan van natuurlijke riffen te bevorderen. Dit gaat vanaf 'low-effort' activiteiten zoals het kiezen van de juiste locaties en eventueel scheppen van randvoorwaarden (§4.1.1), waarna het verder aan de natuur wordt overgelaten om hier de beoogde soorten te laten vestigen, tot aan high-effort activiteiten zoals het kweken van beoogde rifstructuren *ex-situ* (in een lab of een ander kunstmatige omgeving) en deze vervolgens uit te zetten op gekozen locaties (§4.1.2). Beide benaderingen hebben uiteraard een zeer verschillend kostenplaatje. Niet alleen vanuit financieel oogpunt, maar ook vanuit de optiek van natuurherstel is over het algemeen een low effort optie (dus de natuur voor het grootste deel het werk laten doen) te prefereren boven kweek en uitzetten van organismen.

Dezelfde lijn wordt gevolgd voor het construeren van een kunstrif, hoewel dat altijd een zwaardere investering vereist. Als low-effort wordt hier begonnen met natuur-inclusief bouwen – dus er voor zorgen dat hardsubstraat dat sowieso wordt neergelegd optimaal wordt ingericht voor natuurontwikkeling. Daarnaast kunnen ook kunstriffen worden neergelegd met als hoofddoel natuurontwikkeling. Zoals in §1.3 aangegeven moet bij de aanleg van kunstriffen zeer goed worden nagedacht over het doel en kan het neerleggen van gebiedsvreemd substraat niet zomaar gezien worden als 'natuurherstel', zelfs als dit lokaal een verhoging van biomassa en soortenrijkdom oplevert. Tenslotte wordt in een apart hoofdstuk bekeken welke gewenste soorten eventueel *ex situ* gekweekt zouden kunnen worden en in het veld geplaatst.

4.1 Technieken om een natuurlijk rif te laten ontstaan

4.1.1 Substraatselectie voor natuurlijke rifbouwers / promotie van vestiging

4.1.1.1 *Sabellaria*

In dit hoofdstuk worden beide soorten (*S. spinulosa* en *S. alveolata*) gezamenlijk behandeld, omdat de vestigingsvoorwaarden en wat bekend is over kweek en vestiging zeer vergelijkbaar is) Voor *Sabellaria* is het essentieel om een locatie te kiezen voor het laten ontstaan van riffen met voldoende gesuspendeerd materiaal. Zowel veldobservaties als proeven in het lab hebben aangegeven dat deze soort alleen gedijt wanneer er voldoende ($> 20 \text{ g m}^{-3}$) gesuspendeerd materiaal in het water zit (Davies et al. 2009). Dit is op niet veel plaatsen langs de Nederlandse kust het geval in oppervlakte water (Pietrzak et al. 2011), maar er is een aantal gebieden langs de Nederlandse kust waar hoge concentraties gesuspendeerd materiaal langs de bodem worden getransporteerd (Van der Hout et al. 2015).

Sabellaria is niet bijzonder kritisch op het gebied van substraat. Voor initiële vestiging is enig hard substraat nodig, maar daarna kan vestiging plaatsvinden bovenop de rifstructuur en kan deze zich uitbreiden over zacht substraat (Maddock 2008b). Op de kunstmatige riffen die in 1992 zijn aangebracht in de Noordzee is in 1993 ook *Sabellaria spinulosa* aangetroffen (Leewis et al, 1997). Aanwezigheid van adulte populaties maakt vestiging veel gemakkelijker en sneller (Foster-Smith & Hendrick 2003). Aanwezigheid van kokers van adulte *Sabellaria* hebben een belangrijker effect op de vestigingskans dan puur fysische factoren. Dit laatste betekent dat het aan te bevelen valt om voor het bevorderen van vestiging te zorgen dat er stukken *Sabellaria*-rif als vestigingsaanzet aanwezig zijn in geschikt gebied. Deze adulte structuren kunnen afkomstig zijn van wilde populaties (bv. van Britse riffen of mogelijke aanwezigheid van *Sabellaria* rond platforms in de Noordzee) of misschien van gekweekte structuren (zie 4.1.2.1). Britse studies rond boorplatforms in de Zuidelijke Noordzee hebben aangetoond dat *Sabellaria*-rifstructuren

regelmatig worden aangetroffen rond pijpleidingen en andere structuren van olie- en gasinfrastructuur (Spence 2015).

4.1.1.2 *Schelpkokerworm* (*Lanice conchilega*)

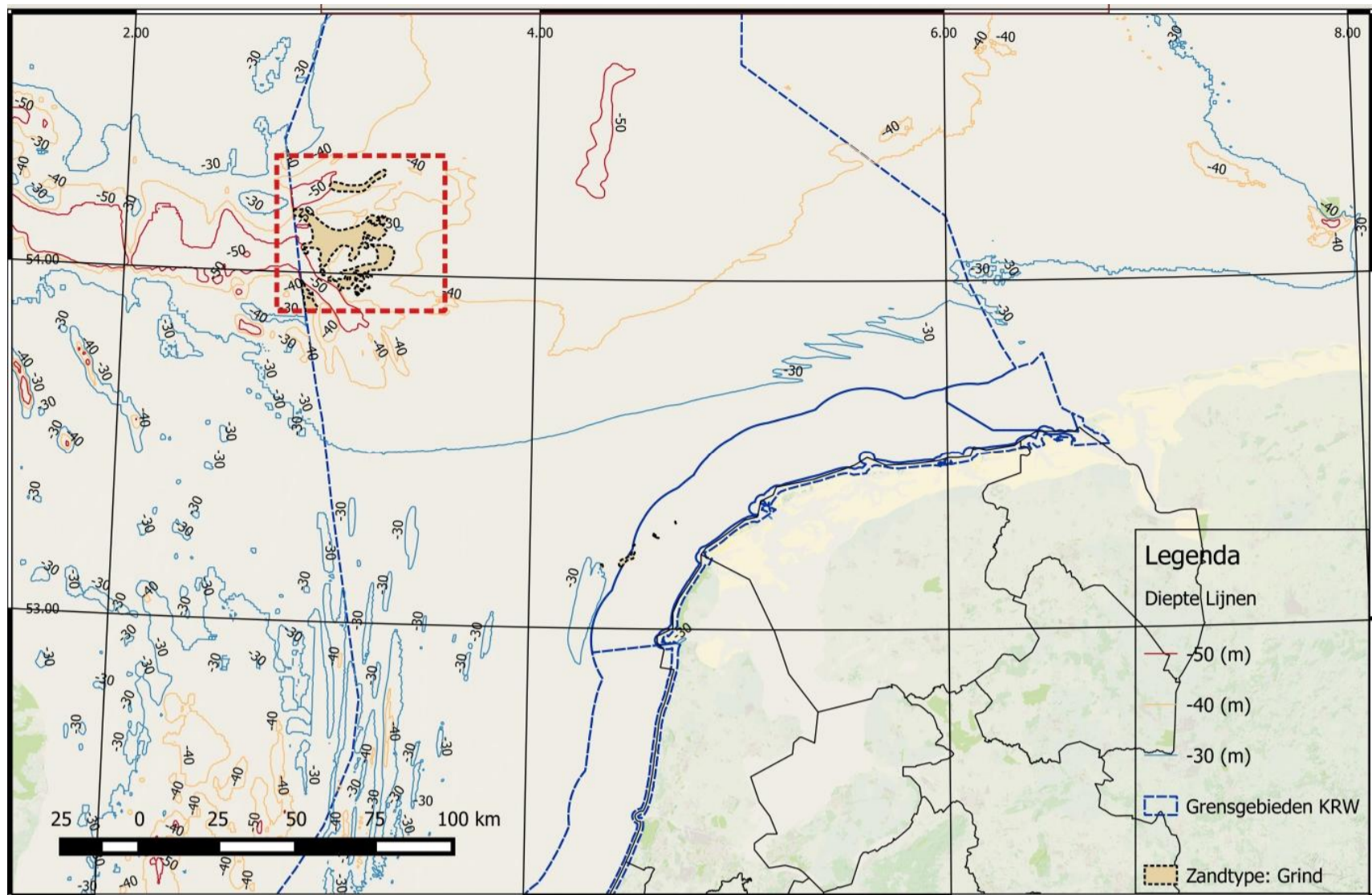
Voor deze soort zijn de factoren die bijdragen aan succesvolle vestiging van rifstructuren of dichte aggregaties zeer slecht bekend. Wel is ook voor deze soort bekend dat de hij bij voorkeur in de buurt van volwassen soortgenoten vestigt (Callaway 2003). Bij een proef op het intergetijdengebied in de Duitse Waddenzee werd wel waargenomen dat een grote vestiging van *Lanice* plaatsvond nadat wadpieren waren verwijderd. Sterke bioturbatie lijkt vestiging te beperken. Grootschalig verwijderen van wormen en schelpdieren die het sediment omwerken is op de open Noordzee ten eerste niet wenselijk en ten tweede ook niet doenlijk. Op dit moment is het dan ook niet bekend met welke stuurfactoren rekening gehouden moet worden en is het ook niet echt goed mogelijk om activiteiten / maatregelen te ontwikkelen om deze structuren te laten ontstaan.

4.1.1.3 *Platte oester* (*Ostrea edulis*)

In een haalbaarheidsstudie en een voorstudie voor herstel van o.a, platte oesters is een aantal veelbelovende locaties geïdentificeerd waar oesterriffen een goede kans maken (Smaal 2015; Kamermans et al. 2015). De belangrijkste voorwaarde voor herstel van de platte oester is de afwezigheid van bodemberoerende visserij. Gebieden waar deze factor beperkt is zijn 1) windparken, 2) veiligheidszones rond olie- en gasinstallaties, 3) robuuste kunstmatige constructies zoals ontmantelde olie- en gasinfrastructuur (mits goed gemarkeerd, zodat deze vermeden wordt door visserij) en 4) beschermde gebieden en no-take-zones zoals die worden gedefinieerd in de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). Omdat op dit moment ontmantelde installaties nog volledig moeten worden weggehaald en er op dit moment nog geen beschermde zones zijn in de Noordzee die zijn uitgesloten van elke vorm van bodemberoerende visserij horen de eerste twee opties tot de beste mogelijkheden op korte termijn (Smaal et al. 2015). Ook voor oesterriffen geldt dat vestiging gemakkelijke plaatsvindt op structuren waar reeds volwassen oesters op aanwezig zijn.

4.1.1.4 *Gewone paardenmossel* (*Modiolus modiolus*)

De paardenmossel heeft voorkeur voor grind en grofzandig sediment. Deze soort wordt weliswaar af en toe ondieper aangetroffen, maar echte rifstructuren bevinden zich meestal op dieptes van meer dan 30 meter. Binnen het Nederlands continentaal plat (NCP) wordt de soort wel regelmatig aangetroffen, maar er zijn geen rifstructuren bekend. Er zijn binnen het NCP niet veel gebieden die zeer kansrijk lijken voor het ontstaan van rifstructuren van deze soort. Figuur 4.1 geeft het zoekgebied weer waar de beste kansen voor het ontstaan van -riffen van de gewone paardenmossel liggen. Dit gebied ligt op de Klaverbank.



Figuur 4.1 Potentieel geschikt habitat voor *Modiolus* banken op NCP (binnen rode stippellijn, grind en grof zandige bodems met diepte >30m)

Zoals uit figuur 0.10 (in Appendix B) blijkt, is de Klaverbank deels één van de zwaarst beviste delen van de Noordzee (m.n. Botney Cut). Aanwijzing van de Klaverbank als Natura 2000-gebied is aanstaande (zie 2.6), maar visserij blijft in delen van de Klaverbank wel toegestaan. Zolang dit het geval blijft lijken de mogelijkheden voor het ontstaan van -riffen van gewone paardenmosselen binnen het NCP beperkt. Verdere bescherming van de Klaverbank biedt mogelijk wel kansen. Opgemerkt moet worden dat de omstandigheden die nodig zijn voor rifvorming bij de gewone paardenmossel, niet goed bekend zijn en ook dat binnen de scope van dit onderzoek niet alle informatie m.b.t. gewone paardenmosselen is geconsulteerd. Het is dus mogelijk dat de mogelijkheden tot stimulering van rifvorming door gewone paardenmosselen te beperkt zijn ingeschat.

4.1.2 Kweektechnieken /-procedures en transplantatie

4.1.2.1 Zandkokerwormen (*Sabellaria*-soorten)

Er zijn in de literatuur een paar meldingen van kweek van *Sabellaria*-soorten en pogingen tot uitzetten. De soorten kunnen als los individu voorkomen en als rifstructuur. De rifstructuren worden echter alleen gevormd onder omstandigheden met zeer veel gesuspendeerd sediment (Maddock 2008b, Callaway et al. 2010). Voor het kweken is het dan ook noodzakelijk om een faciliteit te hebben waarin veel waterbeweging is en veel sediment in suspensie wordt gehouden. Een voorbeeld hiervan is de Vortex Resuspension Tank (VoRT) dat gebruik maakt van het principe van de airlift (Davies et al. 2009).

Bangor University (Wales, VK) heeft in 2013 experimenten uitgevoerd met het kweken van honingraat-zandkokerwormen (*Sabellaria alveolata*) in laboratoriumomstandigheden, met de bedoeling deze in het veld uit te zetten. Het laten vestigen van honingraat-zandkokerwormen op leisteen was succesvol, echter een week na plaatsing in het veld van deze structuren, waren alle wormen verdwenen (<http://ukbars.defra.gov.uk/action/show/5926>). Mogelijke belangrijke factoren in het falen van de plaatsing in het veld waren:

- 1) de tijd van het jaar was mogelijk niet optimaal. Het was niet gebeurd tijdens de natuurlijke broedvalperiode

- 2) de sterkte van de kokerstructuren in het laboratorium was mogelijk minder en onvoldoende voor de natuurlijke veldomstandigheden.

Hier zijn (nog) geen publicaties over verschenen. Als overwogen wordt om *Sabellaria*-soorten te gaan kweken is het aan te bevelen om contact op te nemen met Dr. Andrew Davies van Bangor University, om ervaringen uit te wisselen.

4.1.2.2 *Platte oester (Ostrea edulis)*

De platte oester kan gekweekt worden (Laing et al. 2006). Kweken van oesters voor restauratie is waarschijnlijk niet zinvol vanwege de grote hoeveelheden die nodig zijn en het is ook niet noodzakelijk omdat er over ouderpopulaties kan worden beschikt (Smaal, 2015). Op dit moment loopt er een pilotproject op twee locaties in de Voordelta om kennis te vergaren over technieken om de platte oester te herintroduceren, o.m. door het gebruik van kunstmatig hard substraat zoals "[reefballs](#)". Zoals bij de meeste schelpdieren vestigen oesterlarven zich bij voorkeur op substraat waar zich al volwassen oesters op bevinden. In hoeverre het mogelijk is om stukken hard substraat te laten koloniseren door platte oesters en deze weer te transplanteren naar zee om als initieel ankerpunt te dienen voor daaropvolgende vestiging van oesters dient verder onderzocht te worden.

4.1.2.3 *Gewone paardenmossel (Modiolus modiolus)*

Ook voor gewone paardenmosselen geldt dat vestiging zeer moeilijk verloopt buiten banken van adulte gewone paardenmosselen; vestiging op levende adulten is aanmerkelijk beter dan op lege schelpen (Roberts et al. 2011). Roberts et al. concluderen dat restauratie met kunstmatig hard substraat alleen waarschijnlijk niet voldoende is. Zij concluderen tevens dat het opzetten van kwekerijen (hatcheries) voor gewone paardenmosselen, zoals in de oesterteelt gebruikelijk is, om daarmee in een lab hard substraat te prepareren, op dit moment geen optie is vanwege de hoge kosten en de grote onzekerheden. Het is de vraag of dit nodig is gezien de aanpak van restauratie van de gewone paardenmossel o.a. in Strangford Lough (Roberts et al. 2011)

4.2 Maken en aanbrengen van kunstmatig hard substraat

4.2.1 Natuur-inclusief bouwen

Het rijk heeft verschillende toekomstbeelden geschetst en beleidsvoornemens geformuleerd voor "bouwen met Noordzeenatuur" en/of toepassing van kunstmatig hard substraat in dat kader (zie 1.2). Het is belangrijk om te beseffen dat de meeste waterbouwprojecten worden gegund op basis van laagste prijs. Om concurrerend te kunnen zijn moeten dijkversterkingen en bestortingen van leidingen door de mogelijke bouwers om die reden altijd zo minimaal mogelijk worden ontworpen. Het aanbrengen van variaties in vormen, ten behoeve van het creëren van meerwaarde voor de natuur of andere functies, kan dus eigenlijk in praktische zin alleen maar door op sommige plaatsen méér aan te leggen dan strikt nodig voor de primaire ontwerpfunctie. Zo beschouwd gaat het aanbrengen van een kunstrif op een bestaand ontwerp dus vrijwel altijd met extra kosten gepaard.

Om extra kosten zo beperkt mogelijk te houden moet bij het ontwerp dus rekening gehouden worden met het reeds op het project beschikbare materieel en zoveel mogelijk gebruik gemaakt worden van standaard uitvoeringstechnieken. Wanneer de beoogde te realiseren meerwaarde al heel vroeg in het ontwerpproces bekend is, kan bij het te gebruiken bouw materiaal en het te mobiliseren materieel hiermee mogelijk nog wel zo veel mogelijk rekening gehouden worden. Hoe eerder in het ontwerpproces de natuur-inclusieve alternatieven worden meegenomen, hoe meer in de uitvoering geoptimaliseerd kan worden.

Een heel belangrijk element van natuur-inclusief bouwen is het overtuigend beargumenteren dat het voorgestelde alternatief doet wat het zegt dat het doet. Het maken van een conceptuele landschapsschets van een 'bouwen-met-de-natuur'-project is een prima manier om met stakeholders van heel verschillende achtergronden te komen tot een wervend en acceptabel

plan. Het is echter meer dan een hele stap verder om vervolgens van (een deel van) het plan daadwerkelijk een ontwerp te maken waarvan redelijkerwijs mag worden aangenomen dat het ontwerp zich zo ontwikkelt als voorspeld. Vooral voor het gericht willen laten ontstaan van bepaalde flora en fauna rond/op een kunstmatig rif bestaat op dit moment nog niet een overtuigende onderbouwende database. Er zijn wel globale ontwerpregels, maar voor het daadwerkelijk doelgericht ontwerpen van ecologische (meer)waarden in een ontwerp is nog veel meer onderzoek nodig.

De Vriend et al. (2015) beschrijven een methode om tot conceptuele Building with Nature ontwerpen te komen. De Vries et al. (2016) voegt aan de methode een stappenplan toe om voor delen van het conceptuele ontwerp stap voor stap te komen tot een engineering ontwerp waarbij vooraf gedefinieerde doelstellingen zijn geformuleerd. Als het gaat om natuur-inclusief bouwen vormen 'ecosysteemdiensten' een centraal ontwerpconcept. De uitdaging wordt om voor nader te bepalen ecosysteemdiensten vooraf heldere doelstellingen te formuleren en ook aan te geven hoe gemeten kan worden of het doel is gehaald of niet. Om een goed ontwerp te kunnen maken, dan wel een goede tussentijdse ingreep te bedenken, moet eigenlijk meer kennis worden ontwikkeld/verzameld aan de hand waarvan mogelijk te verwachten gevolgen kunnen worden ingeschat.

Als het gaat om het bouwen van riffen op de Noordzee, waarbij we willen dat vooral inheemse Noordzeesoorten gesteund worden (zie 1.2), zal meer kennis beschikbaar moeten komen. Aangenomen zou kunnen worden dat aangebracht substraat vanzelf wordt gekoloniseerd door flora en fauna. Maar het is niet makkelijk om van tevoren te voorspellen door welke soorten dit zal gebeuren en op welke termijn. Aangenomen zou bovendien kunnen worden dat kaal substraat dat in de buurt van een levensgemeenschap van gezonde soorten wordt geplaatst sneller zal worden gekoloniseerd. Maar hoe dichtbij is dan dichtbij genoeg? Aangenomen zou kunnen worden dat het plaatsen van een begroeid stuk substraat op of nabij een bestorting zorgt voor snellere kolonisatie. Maar onder welke omstandigheden werkt dat en hoe effectief is het nu precies?

Voor natuurinclusief bouwen blijft het dus altijd de uitdaging om zo lang mogelijk nieuwsgierig te blijven en ernaar te streven dat opgeroepen vragen zoveel mogelijk in de context van lopende projecten beantwoord zouden kunnen worden.

4.2.2 Technieken voor het construeren van kunstmatige riffen

Door de mens uitgevoerde ingrepen hebben op diverse manieren invloed op de ecologie van de Noordzee. Ingrepen kunnen zowel hard als zacht van aard zijn.

Maatregelen die 'bedoeld' hard substraat in de Noordzee brengen zijn bijvoorbeeld het installeren/aanbrengen van:

- platformen voor olie- en gaswinning;
- monopiles in offshore windprojecten;
- stortstenen bodembeschermingen rondom windmolens;
- stortstenen afdeklagen voor kabels en leidingen;
- verankerde drijvende boeien voor markering van vaarwegen en ondieptes en uitvoering van metingen;
- gefixeerde palen voor het uitvoeren van metingen;
- etc.

Daarnaast is natuurlijk ook nog 'onbedoeld' hard substraat op de Noordzee aanwezig in de vorm van scheepswrakken die vaak al vele jaren aanwezig zijn.

Maatregelen die meer zacht van aard zijn hebben vooral te maken met het aanbrengen/winnen van sediment ten behoeve van kustbescherming en gebruik als bouwstof. De wijze van onttrekken van sediment, bijvoorbeeld, kan invloed hebben op de manier waarop de natuur zich vervolgens herstelt (Borsje et al. 2009; De Jong et al. 2015, 2016). Het achterlaten van een zandwinput met reliëf in plaats van met een platte bodem, een experiment dat in een van de Maasvlakte 2-winputten is uitgevoerd, lijkt een rijker bodemleven op te leveren en meer vis aan te trekken. Metingen lieten zien dat twee jaar na afloop van de baggeractiviteiten het aangebrachte reliëf had geleid tot significante verschillen in sedimentcompositie en dat de biomassa van bodemdieren circa 5 keer groter was in de diepste delen (De Jong et al. 2015). Dit project gaf echter ook aan dat in de diepere delen van de zandwinputten (vooral door de verhoogde dichtheden aan fauna en hogere concentraties slib dat rijk is aan organisch materiaal, risico bestaat op het ontstaan van zuurstofloosheid op langere termijn (De Jong et al. 2016).

In diverse studies is beschreven hoe hard substraat een aantrekkelijke vestigingsplaats is gebleken voor flora en fauna (Van Koningsveld et al. 2010; Paalvast et al. 2012; De Vriend et al. 2015). Niet voor niets zijn scheepswrakken een favoriete bestemming voor sportduikers en vissers. Naast de beschikbaarheid van substraat is ook de beperking van versturende activiteiten belangrijk voor ontwikkeling van levensgemeenschappen (Lindeboom et al. 2011). Van alle kunstmatig substraat lijken scheepswrakken het meest divers (Jager 2013). Scheepswrakken zijn echter uiteraard geen natuurlijk fenomeen in de Noordzee en het neerleggen van hardsubstraat (ook al is het soortenrijk) betekent niet dat men dit als natuurherstel kan zien.

Het ontwerp van een hardsubstraatmaatregel kan invloed hebben op de wijze waarop de natuur reageert. Technieken voor het maken van kunstmatige hardsubstraatriffen richten zich doorgaans op het vergroten van de biodiversiteit en bio-productiviteit door te variëren met het type substraat, de vorm waarin het wordt aangebracht en de hoeveelheid en het type schuilplaatsen dat het ontwerp biedt (Van Koningsveld et al. 2010).

Technieken voor het aanbrengen van substraat in een bepaalde vorm variëren sterk, afhankelijk van de waterdiepte waarop wordt gewerkt en de omvang van het beoogde rif. Op beperkte diepte kan het plaatsen van enkele (grote) stukken substraat nog precies en gericht gebeuren tegen redelijke kosten, bijvoorbeeld met behulp van een kraan. Dit is met name interessant voor oplossingen waarbij substraat van een specifiek type of vorm wordt aangeleverd (grote stenen, specifieke vormen, etc.). Naarmate de diepte en het te bewerken oppervlak groter wordt verandert de nog economisch haalbare uitvoeringsmethode al snel van gericht individueel plaatsen naar gericht storten, bijvoorbeeld met behulp van een kraanschip en een stortgrid. Als diepte en te bewerken oppervlak nog verder toenemen, wordt plaatsen met een zijstort- of valpijpschip noodzakelijk om nog tegen acceptabele kosten te kunnen werken.

Voor een rif van beperkte omvang (ordegrootte 1 - 10 m lengte) kan gewerkt worden met zeer specifiek ontwikkeld substraat (denk aan reefballs, geprinte structuren, etc). Voor grotere riffen (ordegrootte 10 - 100 m lengte) kan ook nog gewerkt worden met speciaal ontwikkeld substraat, zolang massaproductie mogelijk is. Al gauw, echter, wordt het werken met gericht gestort steen van een vooraf bepaalde gradering een goedkopere manier van werken. Voor nog grotere oppervlaktes (ordegrootte > 100 m lang) is storten eigenlijk nog de enige economisch haalbare methode. Voor methoden waarbij met gestort steen gewerkt wordt is met name het kiezen van de juiste steengradering belangrijk met het oog op de gewenste grootte van de gaten tussen de stenen (schuilplaatsen) en de gewenste hellingen. Op de grotere schaal kan variatie verder vergroot worden door te 'spelen' met vormen. Verder zijn combinaties van maatregelen natuurlijk ook mogelijk. Op Nederlands grootste duikrif, vlakbij de Zeelandbrug in de Oosterschelde, speciaal geconstrueerd bovenop een benodigde vooroeverversterking, is naast grote vormen geconstrueerd van gericht gestort breuksteen ook een set met gericht geplaatste grote stenen aangebracht als zogenaamde onderwater-landmarks aan de hand waarvan recreatieve duikers zich kunnen oriënteren.

4.3 Technieken voor promotie kolonisatie kunstmatig hard substraat

In het kader van het willen ontwikkelen van levende riffen in de Noordzee op harde substraten kan het laten koloniseren van (nieuw aangelegd) kunstmatig hard substraat met het lederkoraal dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) (Figuur 3.15) of de tot de familie van de Corallimorphidae behorende juweelanemoon (*Corynactis viridis*) (Figuur 3.18) als kansrijk worden gezien, omdat deze soorten meerjarig zijn en het substraat goed beschermen tegen aangroei van andere (uitheemse) benthische soorten. In deze sectie wordt ingegaan op natuurlijke kolonisatie van substraat door deze soorten en op technieken om versnelde kolonisatie te bewerkstelligen door middel van *ex situ*-kolonisatie en aquacultuur.

4.3.1 Dodemansduim (*Alcyonium digitatum*)

4.3.1.1 Natuurlijke kolonisatie van aangelegd hard substraat.

Om vast te stellen of de dodemansduim een geschikte kandidaat is voor kolonisatie van nieuwe harde substraten in de Noordzee is kennis nodig over de biologie van de soort, in het bijzonder over de strategie van de soort om zich te verspreiden, en daarmee samenhangend, de voortplantingscyclus. Er is relatief weinig recente wetenschappelijke literatuur over de dodemansduim. Veel informatie is bijeengebracht door Budd (2008). Deze review is publiekelijk beschikbaar op www.marlin.ac.uk. Deze review en vele andere beschrijvingen van de soort op internet en in populair-wetenschappelijke boeken zijn voor een behoorlijk deel gebaseerd op het vroege werk van Hartnoll (1975), dat de levenscyclus van de dodemansduim in detail beschrijft. Verspreiding van de soort gaat voornamelijk via sexuele voortplanting: in december/januari worden zaad- en eipakketten massaal uitgestoten (*mass spawning*), waarna fertilisatie in het water plaats vindt. Na fertilisatie ontstaan vrij zwemmende larven, die op zoek gaan naar een plaats op het substraat om zich te vestigen. Omdat de planktonische larven tot wel 30 dagen levensvatbaar blijven kan de soort zich binnen één levenscyclus over behoorlijke afstanden verspreiden. De gevestigde juvenielen hebben een competitief voordeel ten opzichte van veel andere juveniele benthische filter-feeders (dieren die via filtratie aan hun voedsel komen), omdat ze al vroeg in het seizoen in staat zijn om te foerageren op plankton en daardoor maximaal profiteren van de voorjaarsbloei van plankton in de Noordzee. Gevestigde juvenielen van de dodemansduim worden binnen 2 tot 3 jaar zelf geslachtsrijp.

Budd (2008) karakteriseert de dodemansduim als gevoelig voor losraken van het substraat. Ook Hartnoll (1975) beschrijft dat volwassen dodemansduimen zich niet wilden hechten aan substraten in zijn experimentele systeem, wat doet vermoeden dat de dodemansduim zich vrijwel niet via ongeslachtelijke voorplanting (*fission*, ofwel: deling) vermeerdert.

De dodemansduim vestigt zich met name op plekken met weinig licht, tot op een diepte van ongeveer 50 meter. Dichterbij de oppervlakte prefereert de soort de onderkant van harde substraten, tussen 10 en 20 meter diep wordt hij ook gevonden op schuine hellingen en beneden 20 meter ook op horizontale oppervlakken. Geprefereerde substraten zijn rotsen, stenen en schelpen, maar ook op wrakken is de soort erg algemeen. Voor natuurlijke kolonisatie is deze informatie zeer relevant: substraattipe en positionering zullen grotendeels bepalen onder welke omstandigheden de kolonisatie door de dodemansduim optimaal zal verlopen. Ook relevant met betrekking tot kolonisationsucces door de dodemansduim is de aan- of afwezigheid van de naaktslak *Tritonia plebeia*, die erom bekend staat exclusief te foerageren op dit lederkoraal en dus de kans op succes kan beperken (Swennen 1961).

4.3.1.2 *Ex situ*-kolonisatie en transplantatie.

Heel veel soorten die op hard substraat leven vestigen zich bij voorkeur op substraat waar al soortgenoten op gevestigd zijn. *Ex situ*-kolonisatie kan een optie zijn om kolonisatie van nieuw substraat te versnellen. Er is reeds veel kennis opgedaan met dit concept voor tropische steenkoralen (Amar & Rinkevich 2007; Edwards 2010; Guest et al. 2014) en commerciële schelpdieren zoals mosselen en oesters. Essentieel daarbij is het opvangen van natuurlijke

voortplantingsproducten in het veld. *Mass spawning*, het gelijktijdig loslaten van zaad- en eipakketten door de gehele populatie vergemakkelijkt het verzamelen van deze voortplantingsproducten aanzienlijk. Het Nederlandse bedrijf Van Oord BV heeft dit concept recentelijk toegepast op tropische, rifbouwende steenkoralen: tijdens een *mass spawning event* werden door duikers duizenden zaad- en eipakketten verzameld, die vervolgens in het laboratorium tot bevruchting zijn gebracht. Op deze manier konden miljoenen larven worden geproduceerd en vervolgens duizenden juveniele koralen (M. van Koningsveld en R. Osinga, nog niet gepubliceerde gegevens). Omdat de dodemansduim zich ook via *mass spawning* en externe bevruchting voortplant, lijkt deze soort geschikt voor het toepassen van het *ex situ*-kolonisatie concept. Indien het lukt om in het laboratorium levensvatbare larven van de dodemansduim te verkrijgen kunnen geschikte stukken hard substraat vervolgens worden geïncubeerd met larven in kweekbasins, waarin de omstandigheden optimaal kunnen worden gehouden voor hechting en vroege ontwikkeling van de jonge dodemansduimen (zie subsectie over kweek). De substraten met juveniele dodemansduimen kunnen daarna worden uitgezet op geschikte locaties (zie informatie in vorige subsectie over geprefereerde vestigingsplekken) in het vroege voorjaar, zodat de juvenielen net als bij natuurlijke kolonisatie optimaal kunnen profiteren van de voorjaarsbloei. De toegevoegde waarde van deze aanpak (bij goed verloop) is dat de bedekkingsgraad met dodemansduimen vele malen hoger is dan bij natuurlijke kolonisatie. De vraag is wel in hoeverre dit de totale diversiteit op het substraat negatief zou beïnvloeden als vestiging voor één specifieke soort juist worden bevorderd.

4.3.1.3 Kweek.

Kennis over het houden en kweken van de dodemansduim in aquaria of in maricultuur beperkt, al wordt de soort al decennia succesvol gehouden in verschillende Noordzeeaquaria. Protocollen hiervoor zullen moeten worden ontwikkeld op basis van algemene biologische kennis over de soort en kennis die is opgedaan met andere soorten lederkoralen. Kweek van lederkoralen is vooral succesvol met soorten die in symbiose leven met fototrofe (soorten die zich voeden via fotosynthese) micro-organismen. Deze soorten groeien vaak relatief snel (tot 1-2% per dag) wanneer een adequaat lichtregime wordt aangeboden (Khalesi et al. 2009; Rocha et al. 2013). Volledig heterotrofe soorten (soorten die niet afhankelijk zijn van symbiose met fototrofe micro-organismen) zijn veel moeilijker te kweken, omdat het niet eenvoudig is gebleken om adequate voedingsregimes voor deze soorten te ontwikkelen en toe te passen. Intensief voeren met levend zoöplankton levert over het algemeen het meeste succes op, maar dit is relatief duur en arbeidsintensief. Een voordeel van heterotrofe kweek is dat door de afwezigheid van licht er nauwelijks problemen zullen zijn in het systeem met de aangroei van algen en wieren (fouling). Net als bij de meeste lederkoralen bestaat het voedsel van de dodemansduim voornamelijk uit zoöplankton. In een experimentele studie is gevonden dat dodemansduimen zowel zoöplankton (nauplius-larven van de pekelkreeft (*Artemia*)) als fytoplankton (het kiezelwier *Skeletonema costatum*) aten, maar dat ze efficiënter foerageerden op het zoöplankton (een opname van 0.79 mg C per gram koraal per uur) dan op het fytoplankton (0.16 mg C per gram koraal per uur) (Migné and Davoult 2002) hebben een experimentele studie gedaan naar voedselopname door de dodemansduim. Op basis van deze gegevens zou een experimenteel voedingsregime voor aquaculture kunnen worden samengesteld en getest. Hierbij is het ook belangrijk om een adequaat stromingsregime te ontwikkelen. Dodemansduimen prefereren gebieden met relatief hoge stroomsnelheden (0.5 tot 3 m s⁻¹; Budd 2008), hetgeen belangrijk is voor een constante aanvoer van voedseldeeltjes. Zowel te lage als te hoge stroomsnelheden kunnen de pakkans van planktondeeltjes door koralen verkleinen (Wijgerde et al. 2012), dus er zal moeten worden gezocht naar een optimale stroomsnelheid.

De dodemansduim is geen licht-minnende soort. Het is dus belangrijk om in *ex situ*-systemen (zowel tijdens de hechting van larven als tijdens het uitkweken van gehechte juvenielen) de hoeveelheid licht zoveel mogelijk te beperken, dit is voornamelijk om algengroei in het systeem te voorkomen.

Hartnoll (1975) beschrijft een periode van inactiviteit en geen groei (cessatie) voor de dodemansduim: in de maanden voor *spawning* (augustus-december) worden de poliepen minder

actief en is de voedselopname veel lager. De dodemansduim is in die periode ook veel gevoeliger voor overgroeiing door andere organismen. Hoewel men aanneemt dat deze cessatie te maken heeft met de gelijktijdige rijping van de voortplantingsorganen (die dan het voedselkanaal blokkeren), is de cessatie ook bij niet-geslachtsrijpe dodemansduimen waargenomen. De cessatie is dus mogelijk genetisch bepaald en is een factor om rekening mee te houden bij het kweken van deze soort.

4.3.2 Juweelanemoon (*Corynactis viridis*)

4.3.2.1 *Natuurlijke kolonisatie.*

Ook voor de juweelanemoon geldt dat biologische kennis nodig is om de geschiktheid van deze soort als kolonisor van nieuwe harde substraten in de Noordzee te evalueren. De hoeveelheid kennis over deze soort is nog veel beperkter dan voor de dodemansduim: een zoekopdracht in Scopus op "*Corynactis viridis*" levert slechts 5 hits op. Een overzicht van de beschikbare biologische informatie is te vinden op www.marlin.ac.uk (Ager 2007). Er is geen informatie over geslachtelijke voortplanting bij de juweelanemoon. Een studie naar de levenscyclus van een verwante soort uit een vergelijkbare omgeving (*C. californica* uit Noord Amerika), laat zien dat die soort een strategie heeft die vergelijkbaar is aan de strategie van de dodemansduim: *mass spawning* in december-januari en een ontwikkeling van juvenielen vroeg in het seizoen (Holts & Beauchamp 1993). Het lijkt daarom aannemelijk dat de juweelanemoon dezelfde geslachtelijke voortplantingsstrategie heeft als de dodemansduim, maar dit moet nader worden onderzocht.

Anders dan bij de dodemansduim is van de juweelanemoon wel bekend dat hij zich snel ongeslachtelijk vermeerderd door *fission* (celdeling zonder bevruchting). Op deze manier kan de juweelanemoon relatief snel nieuwe oppervlakken koloniseren. De soort wordt gekarakteriseerd als sterk competitief voor het veroveren van plaats, hetgeen de soort geschikt maakt als kolonisor van nieuwe substraten (Maughan & Barnes 2000). Het vermogen tot *fission* maakt de soort ook interessant als kandidaat voor *ex situ*-kolonisatie technieken via aquacultuur.

De juweelanemoon heeft een vergelijkbare preferentie voor substraattype en positionering als de dodemansduim. De juweelanemoon wordt tot op diepten van 80 meter aangetroffen (Ager 2007).

4.3.2.2 *Ex situ-kolonisatie en aquacultuur.*

Omdat er geen gegevens zijn over de voortplantingscyclus van de juweelanemoon is het nog niet zinvol om te speculeren over de mogelijkheden voor *ex situ*-kolonisatie van substraten via geslachtelijke voortplanting. Het vermogen van de juweelanemoon om zich ook ongeslachtelijk voort te planten door *fission* maakt het in principe mogelijk om deze soort via fragmentatie te vermeerderen, zoals ook veel gedaan wordt met tropische steenkoralen en lederkoralen. Fragmentatie van juweelanemonen zou mogelijk toegepast kunnen worden om substraten te bedekken met de juweelanemoon in *ex situ* (of *in situ*, op locatie in het veld) kweeksystemen. Er is momenteel echter nog geen enkele informatie over het kweken van de juweelanemoon beschikbaar. Omdat veel heterotrofe Cnidaria gevoed kunnen worden met commercieel beschikbaar zoöplankton zoals pekelkreeftjes (*Artemia*) ligt het voor de hand om dit voederregime ook voor de juweelanemoon toe te passen. Het is daarom vrij eenvoudig om een studie te ontwerpen die de kweekbaarheid van deze soort test. Een kritische noot hierbij is dat asexuele voortplanting leidt tot genetische verarming van de populatie. Wanneer met een te beperkt aantal genetisch verschillende individuen wordt doorgekweekt kan dit consequenties hebben voor de fitness van de soort.

4.3.3 Conclusie – haalbaarheid en vervolgstudies

Ondanks hun algemene voorkomen in Europese wateren zijn beide beoogde soorten, dodemansduim en met name de juweelanemoon, vrij beperkt beschreven in de literatuur. Op basis van de kennis die er is lijkt het actief koloniseren van substraat met beide soorten een realistische optie. Voor het actief koloniseren van substraat met de dodemansduim zou een pilotstudie kunnen worden uitgevoerd, vergelijkbaar aan de studies die eerder zijn uitgevoerd met tropische steenkoralen: het verzamelen van gameten in het veld, gevolgd door fertilisatie,

ontwikkeling van larven en aanhechting van de larven op hard substraat in het lab (*ex situ*). Substraten met aangehechte juvenielen kunnen vervolgens worden teruggeplaatst in zee of kunnen worden doorgekweekt in gecontroleerde bassins op land. Op basis van een dergelijke pilot kan een protocol + kostenraming worden opgesteld voor actief koloniseren van substraat met de dodemansduim.

Ook de juweelanemoon lijkt geschikt voor actieve kolonisatie, maar voor deze soort moet eerst een aantal essentiële kenmerken worden ingevuld voordat een pilot-experiment kan worden ontworpen. Een belangrijke eerste stap daarbij is het verkrijgen van gedegen informatie over de voortplantingscyclus en de kweekbaarheid van deze soort.

5 Mogelijke toepassingsgebieden voor stimulering van rifbouwende of substraatgebruikende soorten

5.1 Samenvatting belangrijke aspecten locatiekeuze

Voor locatiekeuzen voor projecten met kunstmatige of natuurlijke rifstructuren zijn beperkte bodemmobiliteit en afwezigheid van bodemberoering belangrijk. Het is op dit moment moeilijk om buiten windparken, niet-beviste (delen van) Natura 2000- en KRM-gebieden (al dan niet gepland) en beschermingszones van olie- en gasinfrastructuur gebieden te vinden waar in het geheel geen bodemberoering is of zal zijn. In veel gebieden waar visserij beperkt is mag bijvoorbeeld nog steeds op garnalen gevist worden. Er zijn bepaalde zones waar momenteel geen enkele vorm van medegebruik is toegestaan en waar ook in de toekomst bodemberoering door visserij, baggerwerkzaamheden of zandwinning uitgesloten zal blijven. Dit betreft voornamelijk gebieden die zijn aangewezen als windparken. Projecten binnen zones die zijn gevrijwaard van bodemberoering zullen uiteraard altijd in nauwe samenspraak met de exploitanten van die zones moeten plaatsvinden.

In alle windparken komen zandgolven voor maar dit verschilt per park en tevens binnen parken. Wanneer er binnen deze parken gezocht gaat worden naar locaties is dit een belangrijke factor om rekening mee te houden. Vrijwel zeker zullen frequent optredende zandgolven de kans op succesvolle vestiging van natuurlijke of kunstmatige riffen beperken. Er is echter nog weinig fundamentele kennis over de mate waarin bodemmobiliteit vestiging van bepaalde soorten of levensduur van bepaalde structuren beperkt. Het kunstrif dat in 1992 is aangelegd op het NCP ligt ook in een gebied met enige bodemmobiliteit, maar raakte toch vrij snel begroeid en is voor zover bekend niet bedolven onder zandgolven.

De huidige windparken en de concessiegebieden bevinden zich allemaal relatief dicht bij de kust (Figuur 2.2). Dit brengt beperkingen met zich mee qua range aan habitattypes, omdat deze gebieden allemaal relatief ondiep zijn en zich voor een belangrijk deel in de invloedssfeer van de kusttrivier bevinden. Binnen deze gebieden zullen dus soorten en gemeenschappen die bij voorkeur in dieper water voorkomen weinig kans maken. Zowel in windparken als rond andere infrastructuur is per definitie een hoeveelheid kunstmatig hard substraat aanwezig, maar de veiligheidszones omvatten tevens zacht substraat dat een hoge mate van bescherming kent.

5.2 Criteria

De keuze op welke soorten en gemeenschappen de focus van dit project moet liggen wordt door een aantal zaken ingegeven. Ten eerste liggen er de beleidskaders (N2000, KRM) waarin gedefinieerd is wat voor eigenschappen wenselijk en onwenselijk zijn (zie ook 1.2). Dit betreft dus elementen zoals bevorderen van biodiversiteit en het vermijden van invasieve soorten.

Een andere belangrijke categorie aan criteria betreft de functie die soorten hebben. Bij projecten die gericht zijn op het verbeteren van natuurwaarden is het logisch om primair te zien of er herstel mogelijk is van natuurlijke harde substraten die van oorsprong in de Noordzee thuis horen, zoals bijvoorbeeld de platte oester. Te overwegen is ook om habitats te ontwikkelen met inheemse soorten waarvan niet persé bekend is of ze in de Nederlandse Noordzee ooit riffen hebben gevormd, maar die wel potentie hebben tot het vormen van biogene riffen met bijbehorende biodiversiteit. Voorbeeld hiervan is de gewone paardenmossel (*Modiolus modiolus*). Het gaat hierbij steeds om de rifbouwende soorten.

Voor projecten die gericht zijn op biogene riffen moet tevens gelden dat er kennis, of in elk geval gefundeerde hypothesen beschikbaar moeten zijn hoe deze soorten zijn te stimuleren tot rifvorming. De schelpkokerworm (*Lanice conchilega*) valt hiermee voorlopig af, omdat deze soort met de huidige stand van kennis niet stuurbaar is. Wanneer er dichte aggregaties van deze worm worden aangetroffen kan men uiteraard besluiten deze structuren met maatregelen zoals

bodembescherming te behouden. Echter het creëren van schelpkokerworm-riffen lijkt niet zeer kansrijk.

Een tweede benadering is om natuurwaarde te creëren met kunstmatige harde substraten zoals infrastructuur die om andere redenen in de Noordzee wordt neergezet of substraten die speciaal voor soorten worden neergelegd. Het gaat hierbij niet alleen om de sessiele soorten op de riffen zelf. De vispopulaties in de Noordzee staan onder grote druk door bevissing (directe bevissing op specifieke soorten of door bijvangst) en door habitatveranderingen. Zoals in §1.3 is omschreven is het aanleggen van kunstmatige structuren alleen voor het creëren van natuurwaarden niet onomstreden.

Algemeen geldt dat een diverser, complexer milieu bijdraagt aan een diversere en complexere soortengemeenschap.

Zowel voor rifbouwende soorten als voor soorten op kunstmatig hard substraat is beschikbaarheid van geschikt habitat een doorslaggevend argument. Sowieso is het niet nuttig om te proberen om soorten ergens te bevorderen als het habitat niet geschikt is. Echter, het is goed mogelijk dat bepaalde soorten ergens niet voorkomen vanwege het feit dat het habitat door menselijke activiteiten niet geschikt is. Een handvat hiervoor is de huidige verspreiding van soorten en wat er bekend is over historische verspreiding.

In het huidige kader, mogen nieuwe structuren niet de kans vergroten dat de kans op vestiging en uitbreiding van invasieve soorten wordt bevorderd (zie 1.2). Over het algemeen is de kans op invasieve exoten groter in het intertidaal en op structuren in de bovenste paar meter van de waterkolom. Op grotere diepte, waar geen licht meer doordringt, is het aantal invasieve soorten duidelijk minder. Binnen en buiten Nederland zijn experts hierover kennis aan het verzamelen (Appendix C). Eén facet waar rekening mee gehouden moet worden is dat een belangrijke vector voor invasieve soorten, het transporteren van levende organismen tussen ecosystemen is geweest (Thomsen 2016). Bijvoorbeeld het transporteren van grote hoeveelheden mosselen of oesters vanuit andere delen van Europa naar Nederland heeft hier vrijwel zeker een rol in gespeeld (Eno 1998). Dit transport van levende organismen is beperkt geweest tot ondiepe delen. In de diepe Noordzee is dit veel minder het geval geweest. Dit kan een factor zijn die mede kan verklaren waarom het aantal exoten in diepe delen veel minder is dan in ondiepe delen. Hoewel we dit niet kunnen kwantificeren is het mogelijk dat verplaatsen van rifstructuren van elders (natuurlijke dan wel kunstmatige riffen) een additioneel risico inhoudt voor verspreiding van exotische soorten. Tegelijk wordt er elders onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om nieuw hardsubstraat te enten met (gekweekte) soorten om kolonisatie te versnellen en daarmee juist te voorkomen dat invasieve soorten een plaats kunnen veroveren. Eerste resultaten zijn recent gepresenteerd op het Marine Bio-Invasions Conference in Sydney, januari 2016 (http://www.marinebioinvasions.info/files/abstracts_main.pdf). De kansen en risico's van deze benadering zijn nog niet helder.

5.2.1 Overzicht van criteria voor projecten

1. Focus op soorten en structuren die in de Noordzee van oorsprong thuishoren
2. Laat de natuur zoveel mogelijk het werk doen. De Noordzeenatuur is verarmd door verschillende menselijke activiteiten in het systeem. Richt primair activiteiten op het verminderen van versturende activiteiten en pas in tweede instantie op actieve restauratie
3. Minimaliseer de noodzaak voor gebruik van gebiedsvreemd materiaal
4. Reduceren van de kans op introductie van exoten:
 - a. aanbieden van hardsubstraat in dieper water is minder riskant dan in ondiep water
 - b. voorkom onnodig transport van levende organismen tussen verschillende delen van het ecosysteem
5. Duidelijke doelstellingen en evaluatie:
 - a. Voor elk project, formuleer vooraf meetbare doelstellingen op die beoogd worden

- b. Evalueer vooraf welke omgevingsrisico's / negatieve effecten zouden kunnen optreden
- c. Richt een goed monitoringsprogramma in om de doelstellingen en eventuele negatieve effecten te evalueren
- d. Houd daarbij rekening met het feit dat een evenwichtssituatie vaak pas na jaren bereikt wordt en dat tevens negatieve effecten pas na langere tijd kunnen optreden
- e. Verbind duidelijke consequenties aan het niet behalen van doelstellingen of het optreden van negatieve effecten

5.3 Rifbouwende soorten

5.3.1 Soorten

Voor projecten gericht op het laten vestigen van natuurlijke riffen komen in principe drie soorten in aanmerking in volgorde van kansrijkheid:

- 1) Platte oester (*Ostrea edulis*), de platte oester. Dit is een soort die kenmerkend was voor de Noordzee tot zo'n 100 jaar geleden. Riffen van deze soort zijn geassocieerd met verhoogde biodiversiteit en de soort heeft een hoge prioriteit in verschillende beleidskaders. Ook van deze soort zijn goed gefundeerde hypothesen aanwezig m.b.t. succesvolle herstelstrategieën (Smaal et al. 2015). Op de platte oester loopt een pilotproject op twee kansrijke locaties in de Voordelta (geselecteerd op basis Kamermans et al. 2015). De hiermee verzamelde kennis is van belang voor het ontwikkelen van oesterriffen in de Noordzee. Over locatie-specifieke vragen (zoals de specifieke habitat factoren op locaties in de Noordzee) zal de Voordeltapilot geen informatie opleveren; daarvoor is gericht onderzoek nodig.
- 2) *Sabellaria spinulosa*. Deze soort komt regelmatig voor in het zuidelijk deel van de Noordzee, en er zijn enkele waarnemingen op het NCP van rifvorming. Hij is aangemerkt als typische soort voor habitatype H1170 ("riffen van open zee") onder de Habitatrichtlijn/ Natura 2000 (Appendix A-2). *Sabellaria*-riffen worden breed gezien als belangrijke biobouwers die topografische complexiteit en biodiversiteit toevoegen aan de Noordzee (Dubois et al. 2006, Pearce et al. 2012, Braeckman et al. 2014). Er zijn stuurfactoren geïdentificeerd die rif vorming door deze soort kunnen bevorderen en de rifstructuren zijn geïdentificeerd als bevorderend voor biodiversiteit. Er zijn weinig invasieve soorten geïdentificeerd die geassocieerd zijn met deze rifbouwer.
- 3) De gewone paardenmossel (*Modiolus modiolus*). Riffen van deze soort staan bekend als zeer divers en aantrekkelijk zowel voor sessiele biota als voor verschillende vissoorten. Er zijn in de Nederlandse Noordzee wel waarnemingen van losse individuen, maar niet van grote rifstructuren. Het enige habitat dat op basis van een eerste literatuurscan geschikt lijkt voor riffen ligt rond de Klaverbank. Hier kunnen eventueel projecten plaatsvinden *mits* de locaties niet bevestigd worden. Verder kan een aanvullende literatuurstudie meer inzicht geven in factoren die rif vorming bij deze soort bevorderen en mogelijk daarmee het zoekgebied voor deze soort uitbreiden.

5.3.2 Gebieden

Voor alle natuurlijke rifbouwende soorten geldt dat bodemberoering (voornamelijk door visserij, inclusief garnalenvisserij) een grote belemmering is voor hun overleving of vestiging. Het meest kansrijk zijn dan ook projecten die gebruikmaken van gebieden waar bodemberoering aan banden is gelegd (zie ook §2.6). Op dit moment zijn er binnen het Nederlands continentaal plat (NCP) nog weinig zeerreservaten waar een volledige uitsluiting van visserij (inclusief garnalenvisserij) is (zie ook §2.6). Er zijn wel gebieden zoals windparken waar zowel doorvaart als ook elke vorm van bodemberoering is verboden.

Momenteel is vrijwel elke vorm van medegebruik binnen windparken verboden. Vanuit de overheid is er wel een wens om binnen veilige grenzen, medegebruik van windparken (bijvoorbeeld voor staand want-visserij of aquacultuur, alsmede doorvaart) mogelijk te maken. Niet alleen ligt er veel druk op het ruimtegebruik van de Noordzee, maar medegebruik van offshorewindparken kan mogelijk ook het maatschappelijk draagvlak voor windenergie vergroten.

De exploitanten van windparken zijn echter zeer terughoudend en hebben grote bezwaren tegen toelating van schepen en andere gebruikers binnen de parken (Hoefakker et al. 2015). Op het eindsymposium van het EU-project MERMAID (Innovative Multi-purpose off-shore platforms: planning, design and operation”; <http://www.mermaidproject.eu/>) gaven aanwezige exploitanten aan dat aanleg van kunstmatige riffen en de bijbehorende beschermingsmaatregelen (uitsluiting van bodemberoering en in feite daarmee de beperking van medegebruik) bij hen in de belangstelling staat. In de stakeholderconsultatie binnen dit project is de meerwaarde van rifstructuren die zijn ontstaan op de ontgrondingsbescherming van turbines bescherming verdienen (Rasenberg et al. 2014). Dit biedt mogelijk een goed handvat om in samenwerking met windparkexploitanten natuurontwikkeling te stimuleren, hetzij via adaptatie of aanleg van extra kunstmatig structuren, hetzij via het bevorderen van natuurlijke rifstructuren.

5.4 Kunstmatig hard substraat

5.4.1 Gebieden

Voor wat betreft het stimuleren van soorten die geassocieerd worden met hard substraat zou gekeken kunnen worden naar gebieden waar nu al kunstmatig hard substraat is aangebracht of in de toekomst nog wordt aangebracht. Zoals in Hoofdstuk 4 al werd aangegeven wordt in de Noordzee stenig hard substraat regelmatig aangebracht in de vorm van bodembescherming rondom monopiles in windmolenparken en als bescherming op kabels en leidingen. Het ligt voor de hand om eventuele pilots te koppelen met lopende projecten, zodat in de aanleg maar ook in de monitoring zoveel mogelijk gebruik kan worden gemaakt van al bestaande logistiek.

5.5 Overzicht kennislacunes en onderzoeksvragen

Er zijn nog veel kennislacunes op het gebied van vestiging van natuurlijke riffen en de aanleg van hard substraat. De meest fundamentele vraag is niet zuiver wetenschappelijk, maar moet wel een wetenschappelijke basis hebben. Dat is de vraag wat in het kader van Noordzeenatuur “goed” of “wenselijk” is. Welke doelen streeft men na, en op welke argumenten wordt dat doel gedefinieerd?

Naast die kwestie zijn er nog verschillende brede vragen die niet met een enkel doelgericht onderzoek kunnen worden beantwoord. Dit betreft bijvoorbeeld vragen zoals welke ontwerpkenmerken voor kunstriffen de hoogste ecologische meerwaarde kunnen leveren. Dit is uiteindelijk voor beleid en beheer een zeer fundamentele vraag, maar deze kan alleen beantwoord worden door verschillende ontwerpvarianten in verschillende milieus te onderzoeken. Om een goed ontwerp te kunnen maken, dan wel een goede tussentijdse ingreep te bedenken, moet eigenlijk meer kennis worden ontwikkeld/verzameld aan de hand waarvan mogelijk te verwachten gevolgen kunnen worden ingeschat.

Hieronder volgt een opsomming van geïdentificeerde kennislacunes. Deze onderwerpen kunnen wel met doelgericht en relatief beperkt onderzoek worden aangepakt. In veel gevallen is het zeker aan te raden dit uit te voeren voordat er besloten wordt tot aanleg van structuren.

5.5.1 Natuurlijke rifstructuren

Platte oester (*O. edulis*)

In hoeverre het mogelijk is om stukken hard substraat te laten koloniseren door platte oesters en deze weer te transplanteren naar zee om als initieel ankerpunt te dienen voor oesters dient verder onderzocht te worden. Dit is iets dat kleinschalig uitgeprobeerd moet worden voor er grootschalige projecten voor oesterherstel op zee gaan plaatsvinden.

Voor de platte oester is gericht onderzoek nodig naar specifieke habitatfactoren op locaties in de Noordzee. Tevens is nog niet duidelijk wat het voorkomen van ziektes en parasieten zoals *Bonamia ostrea* en *Marteilia refringens* voor gevolgen hebben voor de kansen op grootschalig herstel.

Sabellaria spinulosa-riffen

Voor deze rifstructuren is het essentieel dat er een voorstudie wordt uitgevoerd naar habitatgeschiktheid. Tevens kan in een dergelijke studie meegenomen worden welke locaties (in Nederland dan wel het VK of Duitsland) eventueel donormateriaal te verkrijgen is om vestiging te versnellen.

Gewone paardenmossel (*M. modiolus*):

Er zijn kansen voor herstel, maar net als voor de platte oester is nader onderzoek nodig naar de randvoorwaarden en methoden om dit te realiseren. Verder kan een aanvullende literatuurstudie meer inzicht geven in factoren die rifvorming bij deze soort bevorderen en mogelijk daarmee het zoekgebied voor deze soort uitbreiden.

Schelpkokerworm (*L. conchilega*)

Voor deze soort is weinig bekend over de ecologische meerwaarde van de rif-achtige structuren, inclusief de te verwachten levensduur. In de natuur lijken deze structuren met enige regelmaat te verschijnen en te verdwijnen. Dan is het ook een fundamentele vraag of überhaupt maatregelen mogelijk of zelfs nuttig zijn om de vestiging of transplantatie van deze soort te bevorderen. Voor deze soort zijn de factoren die bijdragen aan succesvolle vestiging van rifstructuren of dichte aggregaties zeer slecht bekend. Dit zijn vragen die eerst beantwoord moeten worden voordat er wordt nagedacht over bijvoorbeeld transplantatie.

5.5.2 Kunstmatig hard substraat

De meest fundamentele vragen staan al in de inleidende paragraaf over kennislacunes.

Een belangrijke vraag m.b.t. het nut van kweken van hardsubstraat biota en uitzetten hiervan, danwel is in hoeverre dit een middel kan zijn om vestiging van uitheemse soorten te voorkomen. Specifieke lacunes m.b.t. kweek van bepaalde doelsoorten staan hieronder:

Dodemansduim

Kennis over het kweken van de dodemansduim in aquaria of in maricultuur ontbreekt vrijwel volledig. Wel is er beperkt informatie over het houden van deze soort in aquaria. Testen of de soort gekweekt kan worden kunnen nuttig zijn.

De juweelanemoon.

Deze soort lijkt geschikt voor actieve kolonisatie, maar voor deze soort moet eerst een aantal essentiële kennisvragen worden ingevuld voordat een pilot-experiment kan worden ontworpen. Een belangrijke eerste stap daarbij is het verkrijgen van gedegen informatie over de voortplantingscyclus en de kweekbaarheid van deze soort. Deze informatie ontbreekt geheel.

Voor deze soort is het zelfs niet zeker welk voedsel geschikt is om de soort in aquaria te houden. Omdat veel heterotrofe Cnidaria gevoed kunnen worden met commercieel beschikbaar zoöplankton zoals pekelkreeftjes (*Artemia*) ligt het voor de hand om dit voederregime ook voor de juweelanemoon te testen.

6 Voorstel voor uitvoering verkennende proeven (pilots)

In deze studie is gebleken dat wel enige kennis bestaat over toepassing van rifbouwende organismen en stimuleren van organismen op kunstmatige harde substraten, maar dat deze kennis voornamelijk is opgedaan op koraalriffen en op soorten die in de Noordzee niet als mogelijk beoogde soort gelden. Er liggen op dit moment geen kant-en-klare projecten waarmee met grote mate van zekerheid kan worden overgegaan tot implementatie op de Noordzee. Wel ligt er een aantal mogelijkheden voor pilots en kleinschaliger testen, waarmee met beperkte middelen kennis kan worden verkregen over de mogelijke verbetering van de Noordzee-natuur.

6.1 Overzicht kansrijke soorten / groepen i.r.t. selectiecriteria (tabel)

6.1.1 Rifbouwende soorten

Onderstaande tabel geeft een kort overzicht van de mogelijkheden van bevordering van rifbouwers per soort, geordend naar de hoeveelheid inspanning / budget die nodig zal zijn..

De kleuren geven een indicatie van het potentiële succes van de maatregel.

Sabellaria spinulosa en platte oester hebben de beste perspectieven, waarbij aangetekend wordt dat op de platte oester intussen een initiatief voor een lokale pilot in de Voordelta. Grootschaliger herstelprojecten op de open Noordzee zijn nog niet gestart. Voor *Sabellaria* (geen van beide soorten) lopen momenteel geen inspanningen.

Onder “bodembescherming” wordt verstaan dat bodemberoerende activiteiten in dit gebied worden uitgebannen. Dit gaat in de meeste gevallen om visserij en garnalenvisserij, maar kan ook andere activiteiten behelzen. Bodembescherming is voor vrijwel elk project een voorwaarde.

Onder “seeding / transplantatie” wordt verstaan

- ofwel het aanbrengen van (een beperkte hoeveelheid) levende rifstructuur om verdere vestiging van rifbouwers te bevorderen
- ofwel het aanbrengen van hardsubstraat met net gevestigde individuen die verdere kolonisatie van het substraat kunnen bevorderen

Onder “kweek/plaatsing” wordt verstaan het kweken van rifstructuren in een lab-opstelling of in een kweekopstelling in het veld (meestal nabij de kust voor gemakkelijke toegang) die vervolgens op de bedoelde locatie in het veld geplaatst worden.

Rifbouwers			
	ingreep		
	extensief	gematigd intensief	zeer intensief
	aanleg hard substraat / bodembescherming	Seeding / transplantatie	Kweek / plaatsing
Rode zandkokerworm <i>Sabellaria spinulosa</i>	Bodembescherming essentieel, beste kansen binnen windparken of veiligheidszones, indien daar locaties met voldoende sedimentresuspensie voorhanden zijn. Enig hardsubstraat aanbrengen als 1e aanhechting	Werkt waarschijnlijk versnellend, mits toegepast in gunstig gebied. Bronpopulaties in Nederland niet goed gedocumenteerd, anecdotische meldingen van rifstructuren in veiligheidszones van infrastructuur	Theoretisch mogelijk, in de praktijk nog niet succesvol uitgevoerd. Kweek voor grootschalige restauratie niet nuttig. Kleinschalige testen mogelijk nuttig om beter inzicht in randvoorwaarden te krijgen
Schelpkokerworm <i>Lanice conchilega</i>	Niet bekend dat aanleg van substraat vestiging kan bevorderen, alleen bescherming van spontaan ontstane structuren zinvol	Transplantatie niet zinvol	Geen bekende kweektechnieken
Platte oester <i>Ostrea edulis</i>	Locaties in windfarms of in de veiligheidszone van infrastructuur, aanbieden van geschikt substraat - onderzoek loopt	Onderzoek naar versnelling via hardsubstraat met oesters loopt in Voordelta, mogelijkheden om hard substraat te seeden met kweekmateriaal wordt onderzocht	Kweek van oesters om in het veld uit te zetten hoogstens voor pilots, waarschijnlijk niet geschikt voor grootschalig herstel
Gewone Paardenmossel <i>Modiolus modiolus</i>	Locaties beneden -30 m met grind / stenen en beschermd bodem. Alleen Klaverbank locaties lijken geschikt maar worden bevestigd	Levende schelpen bevorderen vestiging, weinig bronpopulaties in Nederland.	Geen kweek met <i>Modiolus</i> bekend

Schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) lijken erg moeilijk stuurbaar. Van deze soort worden met enige regelmaat wel 'rifstructuren' aangetroffen, maar het lijkt niet bijzonder zinvol om daar transplantaties mee uit te voeren, zeker gezien het feit dat niet zeker is of deze structuren überhaupt in de tijd stabiel zijn en/of verplaatst kunnen worden. Voor de gewone paardenmossel is de Klaverbank de meest kansrijke locatie voor ontwikkeling van riffen. Deze wordt op dit moment zwaar bevestigd en dat maakt vestiging van banken in dit deel van de Noordzee onwaarschijnlijk. Volgens de OSPAR-lijst van bedreigde en achteruitgaande habitats is er helemaal geen gunstig habitat voor de gewone paardenmossel in Nederland aanwezig (<http://www.ospar.org/work-areas/bdc/species-habitats/mapping-habitats-on-the-ospar-list-of-threatened-or-declining-species-and-habitats>).

Voor de rifbouwende soorten liggen de beste kansen voor succesvolle vestiging bij de platte oester (*Ostrea edulis*) en de zandkokerwormsoort *Sabellaria spinulosa*.

6.1.1.1 Platte oester (*Ostrea edulis*)

Deze soort heeft de beste perspectieven voor de Noordzee. Voor deze soort loopt intussen een pilot op twee locaties en zijn nieuwe pilots voorzien. Nieuwe initiatieven kunnen voortbouwen op deze kennis.

6.1.1.2 *Sabellaria spinulosa*

De meest veelbelovende weg voor deze soort lijkt het bevorderen van vestiging *in situ* door locaties te kiezen met hoge stroomsnelheden en hoge concentraties gesuspendeerd sediment, geen grote lopende zandgolven, in gebieden waar bodemberoering (visserij, zandwinning etc.) is uitgesloten. In deze locaties moet enig hard substraat aanwezig zijn waarop eventueel stukken

Sabellaria spinulosa-rif worden aangebracht. Voordat een dergelijk pilotproject in het veld tot uitvoering komt zullen eerst voorstudies noodzakelijk zijn, waarin ook de risico's van verplaatsen van levende rifstructuren uit andere delen van de Noordzee aandacht moeten hebben. Een logische eerste stap zou zijn een doelgerichte studie naar het voorkomen van *S. spinulosa* in de huidige windparken, aangezien een deel van deze parken waarschijnlijk reeds redelijke condities bieden.

Mogelijke pilot-studie stimulering *S. spinulosa*-riffen

Voorstudies

Voorafgaand aan eventuele pilots, zal ten eerste een gedetailleerdere voorstudie moeten worden uitgevoerd naar geschikt habitat. Kaartmateriaal dat beschikbaar is op basis van e.g. satellietbeelden, of modelgegevens die een waarde voor diepte-gemiddelde geven, zijn niet geschikt om habitatgeschiktheid voor *Sabellaria spinulosa*-riffen mee te bepalen. Deze gegevens moeten gecombineerd worden met gegevens over geomorfologie en bodemgebruik.

Ten tweede zal er ook nog een voorstudie moeten worden verricht naar de mogelijkheden om stukken adult *Sabellaria spinulosa*-rif te verkrijgen. Het ligt voor de hand om in dit stadium een werkbezoek te brengen aan Bangor University (VK), één van de weinige instituten in Europa waar directe ervaring is opgedaan met actief herstel van *Sabellaria*-riffen (zie ook 4.1.2.1). Binnen deze voorstudie moet een inventarisatie gemaakt worden van gebieden in het Nederlands continentaal plat (NCP) waar mogelijk bestaande rifstructuren liggen, zoals bij olie- en gasinfrastructuur. Indien het niet mogelijk is om voldoende *Sabellaria spinulosa*-rif in Nederland te verkrijgen dan zal verkend moeten worden 1) of transplantatie geen onnodige risico's met zich meebrengt t.a.v. introductie exoten en 2) of het praktisch en juridisch haalbaar is om rifmateriaal uit het VK hier naar toe te transplanteren of om eerst in het VK of bij eventuele bestaande rifstructuren in de Nederlandse Noordzee extra kunstmatig substraat te plaatsen naast een bestaand rif als later daar te oogsten bronmateriaal.

Noodzakelijke proefopstellingen en materialen pilot-studie

Ten behoeve van het oogsten (en evt. het eerst plaatsen van kunstmatig hard substraat) van materiaal in het VK en het plaatsen daarvan in de Nederlandse Noordzee, is het nodig beschikking te hebben over een boot met duikfaciliteiten. Selectie, aanschaf en transport van geschikt kunstmatig substraat zullen moeten plaatsvinden in een voorstudie. In ieder geval zullen tevens duikfaciliteiten voor monitoring van ontwikkeling in de tijd noodzakelijk zijn.

Budgetinschatting pilotstudie

De kosten voor de pilotstudie worden vooral bepaald door oogsten, transport en plaatsing. Ingeschat wordt dat de kosten ergens tussen € 50.000 en € 100.000 zullen bedragen.

6.1.2 Kunstmatig hard substraat

Het benutten van de kansen die kunstmatig hard substraat biedt om substraatgebruikende soorten te stimuleren kan onderverdeeld worden in verschillende aanpakken. Deze aanpakken impliceren verschillende mate van complexiteit en benodigde kennisniveaus.

Hard substraatgemeenschappen			
	ingreep		
	extensief	gematigd intensief	zeer intensief
	aanleg hard substraat / bodembescherming	Seeding / transplantatie	Kweek / plaatsing
zacht substraat	Stortsteen / artificieel substraat aanbrengen op zacht substraat binnen 'onberoerd' gebied (windparken, veiligheidszones infrastructuur of exclusie-zones)	Oogsten en transplanteren van materiaal en dit aanbrengen op locatie. Onderzoek noodzakelijk naar geschikt donormateriaal (B) Hard substraat tijdelijk elders aanbrengen, nabij bestaande hard substraat-gemeenschap en dit in tweede instantie na aangroei oogsten transplanteren naar locatie (C)	Opkweken van dodemansduim of juweelanamoon op substraat en dit transplanteren naar het veld (D)
nabij bestaand hard substraat	Substraat aanbrengen aansluitend op bestaand hard substraat met gevestigde community (A)	Oogsten en transplanteren van materiaal en dit aanbrengen op locatie. Onderzoek noodzakelijk naar geschikt donormateriaal (B) Hard substraat tijdelijk elders aanbrengen, nabij bestaande hard substraat-gemeenschap en dit in tweede instantie na aangroei oogsten transplanteren naar locatie (C)	Opkweken van dodemansduim of juweelanamoon op substraat en dit transplanteren naar het veld (D)

Ad A) Als een soortengemeenschap op een locatie aanwezig is, lijkt een aanpak om een bestaande gemeenschap (mogelijk inclusief een specifiek beoogde soort) te ondersteunen door het aanbrengen van extra substraat-materiaal de meest logische keuze. Dit sluit aan bij het idee om nieuwe infrastructuur natuur-inclusief te ontwerpen. De locatie op het NCP bepaalt vervolgens welke soortengemeenschappen aanwezig zijn en op grond van beleidsvisies in aanmerking komen op te worden versterkt. Keuze van grootte van aan te brengen extra areaal, in relatie tot diepte van de locatie bepaalt welke technieken ingezet kunnen worden. Tenslotte is kennis van de effectiviteit van zo'n aanpak beperkt. Bijvoorbeeld effect van keuze van specifieke materiaalparameters op snelheid en succes van kolonisatie. Dit kan in een pilot worden getest. Ook kan de ontwikkeling van soortengemeenschappen op een aantal bestaande kunstmatige substraten op deze wijze worden geanalyseerd.

Ad B en C) Als een soortengemeenschap (inclusief een specifiek beoogde soort) op een locatie afwezig is, maar er wel een geschikte habitat wordt vastgesteld is het in principe mogelijk om deze gemeenschap elders te oogsten. Voorgesteld wordt om dan een reële hoeveelheid begroeid hard substraat te oogsten en dit te verplaatsen naar de doel-locatie (geval B). In geval C) is het niet mogelijk om hard substraat te oogsten en wordt schoon substraat-materiaal tijdelijk aangebracht op een locatie waar de gewenste gemeenschap wel aanwezig is om vervolgens daar gekoloniseerd te worden. Hierna wordt het gekoloniseerde substraat-materiaal verwijderd en aangebracht op de doel-locatie. Op de doel-locatie kan dit materiaal gecombineerd worden met methode A). Kennis van de meest effectieve oogstmethode, transportmethode, aanbrengmethode is gering.

Ad D) In bepaalde gevallen waar een soortengemeenschap niet oogstbaar is, of waar autonome kolonisatie op kunstmatig substraat niet succesvol is, kan het effectief zijn om gevestigde juvenielen en larven te verzamelen die onder gecontroleerde omstandigheden *ex situ* worden geënt op kunstmatig hard substraat. In dit geval kan een kweekresultaat in een gunstig seizoen

en in een gunstig groeistadium worden geplaatst op een geschikte doellocatie. Als voorbeeld hiervoor is een aanpak voor de dodemansduim beschreven. Kweken en uitzetten van zulke soorten zal veel inspanning vergen en de uitkomst hiervan is nog behoorlijk onzeker, nog afgezien van eventuele risico's op de import van exoten.

Voor alle gevallen is een minimalisatie van bodemverstoring noodzakelijk om een gunstig effect van soort-stimulerende ingrepen over een langere periode te kunnen verwachten.

Mogelijke pilot-studie natuurlijke kolonisatie van kunstmatig hard substraat

Als basisexperiment is het voorstelbaar dat identieke opstellingen van kunstmatig substraat worden aangebracht over een range van fysische randvoorwaarden, bijvoorbeeld van de ondiepe, sedimentrijke kustzone naar wat diepere meer heldere delen van de Noordzee. Hiermee kan de invloed van veranderende randvoorwaarden op ontwikkeling van soortengemeenschappen worden bepaald. Hiermee kan de hypothese worden getest dat in sedimentrijke gebieden riffen ontstaan met lage soortenrijkdom, gedomineerd door *S. spinulosa* en dat in rustige heldere omstandigheden riffen met hogere biodiversiteit zullen ontstaan. Eventueel kan deze proefneming worden uitgebreid met aanbrengen van extra materiaal met aangepaste eigenschappen van het substraat. Randvoorwaarde voor succes is het vinden van locaties zonder bodemverstoring, bijvoorbeeld windmolenparken of veiligheidszones van infrastructuur.

budgetinschatting

De kosten van zo'n studie worden bepaald door de grootte van de pilot, de kosten van aanschaf van materiaal, transport en aanbrengen op locatie (hier zijn verschillende methodieken voor mogelijk die gepaard gaan met specifieke kosten maar ook met specifieke eigenschappen van het substraat, bijv. sortering). Het kunstrif dat in 1991 bij het REM-eiland is geplaatst heeft indertijd 70.000 gulden gekost (\pm €32.000), exclusief monitoring. Vandaag de dag moet minimaal gedacht worden aan een bedrag van 100.000€. Hier kan een koppeling worden gevonden met constructie van infrastructuur op zee. De kosten van uiteindelijk benodigde monitoring zijn zeker ook relevant. Hier zou gezocht kunnen worden naar meekoppelen met onderhoudswerken en inspecties die al worden uitgevoerd voor mariene infrastructuur.

6.1.2.1 Enten van kunstmatig hard substraat (bijv. met dodemansduim)

Wanneer nieuwe riffen in Nederlandse wateren gaan worden gecreëerd met kunstmatig substraat, dan is actief koloniseren van dat substraat met de dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) mogelijke optie om de ontwikkeling van zo'n rif te bespoedigen (zie Sectie 4.3). Naar verwachting wijkt de aanpak voor de juweelanemoon (*Corynactis viridis*) hier in principe niet sterk van af. Mogelijk kan actieve kolonisatie uitgevoerd worden door het verzamelen van gameten (geslachtscellen) in het veld gevolgd door fertilisatie, ontwikkeling van larven en aanhechting van de larven op hard substraat in het lab (*ex situ*). Substraten met aangehechte juvenielen kunnen dan vervolgens worden teruggeplaatst in zee of kunnen worden doorgekweekt in gecontroleerde basins op land. Hierbij moet aandacht gegeven worden aan de donor- en uitzetlocaties. Indien deze relatief dicht bij elkaar liggen zal het risico op import van exoten relatief laag zijn, maar bij transport van hard substraat met levende begroeiing over lange afstanden, moet hier goed naar gekeken worden.

Een pilotstudie zou moeten worden uitgevoerd om 1). De technische haalbaarheid van deze mogelijkheid te toetsen; 2). Protocollen voor actieve kolonisatie te verkrijgen; 3). Een indruk te verkrijgen van de kosten van een dergelijke operatie, en 4). Een vergelijking te kunnen maken met natuurlijke kolonisatie.

Mogelijke pilot-studie enten en kweken en/of uitzetten van dodemansduim

De pilotstudie zou als volgt kunnen worden opgezet:

- Fase 1: Een kort vooronderzoek naar twee relevante aspecten van de biologie van de Dodemansduim: Daarnaast moet een **geschikte locatie** worden geselecteerd voor het verzamelen van gameten
- Fase 2a: Het **verzamelen van gameten** en **ex situ-fertilisatie** (i.e.: bevruchting in het laboratorium) en de productie van vrijzwemmende larven. Deze larven krijgen vervolgens diverse substraten aangeboden om zich op te **settelen**, bijvoorbeeld reguliere breuksteen, reef balls (eco-beton), met schelpen gecoate oppervlakten en zandsteen.
- Fase 2b: Dezelfde substraten kunnen ook in zee worden geplaatst in de omgeving van de populatie die bemonsterd is, dit om een vergelijking te kunnen maken tussen natuurlijke kolonisatie en actieve kolonisatie.
- Fase 3: In deze fase wordt een deel van de gesettelde larven opgekweekt in zeewater-aquaria. De jonge dodemansduimen kunnen aan verschillende voedingsregimes worden blootgesteld (artemia, fytoplankton en combinaties van beide). Op verschillende momenten in Fase 3 kunnen groepen jonge dodemansduimen worden uitgezet in het veld. Overleving van deze jonge dodemansduimen kan dan worden gemonitord door duikers.

Noodzakelijke proefopstellingen en materialen

Voor fase 2 en 3 is het nodig beschikking te hebben over een boot met duikfaciliteiten en een laboratorium met aquariumvoorzieningen, bij voorkeur met stromend zeewater en plankton-cultures.

Budgetinschatting

De kosten voor de pilotstudie worden vooral bepaald door fase 2 en 3. Ingeschat wordt dat de kosten ergens tussen € 150.000 en € 200.000 zullen bedragen.

6.2 Relevante projecten en kennis om te benutten

Droomfondsproject Haringvliet

In het kader van het “Droomfondsproject Haringvliet van onder meer WNF en ARK Natuurontwikkeling zijn in maart 2016 pilot-experimenten van start gegaan met oesters, mosselen en kunstmatig hard substraat op twee locaties in de Voordelta om na te gaan of er mogelijkheden zijn voor herstel schelpdierbanken in onder meer dit gebied. De pilots zijn gericht op overleving, groei en broedval van genoemde soorten in dit gebied, en op de geassocieerde soorten die zich op hard substraat ontwikkelen. De kennis die de pilots opleveren zijn deels te gebruiken voor Noordzeepilots. Echter voor ontwikkeling oesterriffen in de Noordzee zijn pilots nodig om locatiespecifieke vragen te adresseren, die niet met de Voordeltapilots worden beantwoord.

Experts in het VK op het gebied van gewone paardenmosselen en *Sabellaria*

In het VK zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd naar habitatvereisten en reproductie van gewone paardenmosselen (Holt et al. 1998, Jasim 1986 en Jones et al. 2000). Aan de Universiteit van Belfast is een restoratiegroep voor de gewone paardenmossel actief: <http://www.qub.ac.uk/research-centres/ModiolusRestorationResearchGroup/>. In het VK lopen enkele projecten op het herstel van *Sabellaria*-riffen, met name aan de Universiteit van Bangor (Dr. Andrew Davies) (zie ook 4.1.2.1 en 6.1.1.2).

Andere links

Tijdens de Marine Bio-Invasions conferentie in Sydney (2016) werden door Laura Airoldi en Elisabeth Strain presentaties gegeven die mogelijk relevant zijn voor deze studie (zie http://www.marinebioinvasions.info/files/abstracts_main.pdf)

7 Referenties

- Ager, O. E. D. 2007. *Corynactis viridis* Jewel anemone. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Sub-programme. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom.
- Airoldi L, Beck MW. 2007. Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 45: 345–405.
- Alexander, M. E., H. Kaiser, O. L. F. Weyl, and J. T. A. Dick. 2014. Habitat simplification increases the impact of a freshwater invasive fish. *Environmental Biology of Fishes* 98:477-486.
- Amar, K. O. and B. Rinkevich. 2007. A floating mid-water coral nursery as larval dispersion hub: Testing an idea. *Marine Biology* 151:713-718.
- Ayata, S.-D., C. Ellien, F. Dumas, S. Dubois, and É. Thiébaud. 2009. Modelling larval dispersal and settlement of the reef-building polychaete *Sabellaria alveolata*: Role of hydroclimatic processes on the sustainability of biogenic reefs. *Continental Shelf Research* 29:1605-1623.
- Benson, A., Foster-Smith, B., Gubbay, S. & Hendrick, V., 2013. Background document on *Sabellaria spinulosa* reefs. Biodiversity Series, OSPAR Commission, London, pp. http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00614/p00614_sabellaria.pdf
- Berghahn, R., and M. Ruth. 2005. The disappearance of oysters from the Wadden Sea: A cautionary tale for no-take zones. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 15:91-104.
- Bijlsma, R.G., Hustings, F., & Camphuysen, C.J. (2001). *Algemene en schaarse vogels van Nederland : met vermelding van alle soorten*. Avifauna van Nederland 2. Haarlem: GMB, Utrecht: Stichting Uitgeverij KNNV.
- Borsje, B. W., P. C. Roos, W. M. Kranenburg en S. J. M. H. Hulscher. 2013. Modeling tidal sand wave formation in a numerical shallow water model: The role of turbulence formulation. *Continental Shelf Research* 60:17-27.
- Borsje, B. W., T. J. Bouma, M. Rabaut, P. M. J. Herman, and S. J. M. H. Hulscher. 2014. Formation and erosion of biogeomorphological structures: A model study on the tube-building polychaete *Lanice conchilega*. *Limnology and Oceanography* 59:1297-1309.
- Borsje, B.W., M.B. de Vries, T.J. Bouma, G. Besio, S.J.M.H. Hulscher, P.M.J. Herman, Modeling biogeomorphological influences for offshore sandwaves, *Continental Shelf Research*, Volume 29, Issue 9, 15 May 2009, Pages 1289-1301, ISSN 0278-4343, <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2009.02.008>.
- Borsje, B. W., M. C. Buijsman, G. Besio, M. B. de Vries, S. Hulscher, P. M. J. Herman, and H. Ridderinkhof. 2009. On the Modeling of Bio-physical Influences on Seasonal Variation in Sandwave Dynamics. *Journal of Coastal Research*:698-702.
- Bos, O.G., Van Hal, R., Van Bemmelen, R., Paijmans, A.J., & Van der Sluis, M.T. (2012). OSPAR threatened and/ or declining species and habitats in the Netherlands. IMARES-rapport C134/12. < <http://edepot.wur.nl/248714> >
- Braeckman, U., M. Rabaut, J. Vanaverbeke, S. Degraer, and M. Vincx. 2014. Protecting the commons: The use of Subtidal ecosystem engineers in marine management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24:275-286.
- Budd, G. C. 2008. *Alcyonium digitatum* Dead man's fingers. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Sub-programme. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom.
- Callaway, R. 2003. Juveniles stick to adults: Recruitment of the tube-dwelling polychaete *Lanice conchilega* (Pallas, 1766). *Hydrobiologia* 503:121-130.
- Callaway, R., N. Desroy, S. F. Dubois, J. Fournier, M. Frost, L. Godet, V. J. Hendrick, and M. Rabaut. 2010. Ephemeral bio-engineers or reef-building polychaetes: How stable are aggregations of the tube worm *lanice conchilega* (Pallas, 1766)? *Integrative and Comparative Biology* 50:237-250.

- Clare, D. S., L. A. Robinson, and C. L. J. Frid. 2015. Community variability and ecological functioning: 40 years of change in the North Sea benthos. *Marine Environmental Research* **107**:24-34.
- Coates, D. A., Y. Deschutter, M. Vincx, and J. Vanaverbeke. 2014. Enrichment and shifts in macrobenthic assemblages in an offshore wind farm area in the Belgian part of the North Sea. *Marine Environmental Research* **95**:1-12.
- Coolen, J. W. P., O. G. Bos, S. Glorius, W. Lengkeek, J. Cuperus, B. van der Weide en A. Agüera. 2015. Reefs, sand and reef-like sand: A comparison of the benthic biodiversity of habitats in the Dutch Borkum Reef Grounds. *Journal of Sea Research* **103**:84-92.
- Davies, A. J., K. S. Last, K. Attard, and V. J. Hendrick. 2009. Maintaining turbidity and current flow in laboratory aquarium studies, a case study using *Sabellaria spinulosa*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **370**:35-40.
- De Bruyne, R.H., Perk, F.A., Dekker, H. & I. van Lente, 2015. Pluimdragers en slijkgapers: Nederlandse namen voor onze weekdieren; herziene systematische naamlijst, met etymologie. Leiden: Nederlandse Malacologische Vereniging, Lisse: Stichting ANEMOON.
- De Bruyne, R., S. van Leeuwen, A. Gmelig Meyling & R. Daan (eds), 2013. Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Triton, St Anemoon
- De Groot, B., R. Dijkema & F. Redant, 1988. Vis, schelp- en schaaldieren. Spectrum
- De Jong, Maarten F., Martin J. Baptist, Han J. Lindeboom and Piet Hoekstra, 2015. Relationships between macrozoobenthos and habitat characteristics in an intensively used area of the Dutch coastal zone. *ICES J. Mar. Sci.* (September/October 2015) **72** (8): 2409-2422
- De Jong, Maarten F., Martin J. Baptist, Han J. Lindeboom, Piet Hoekstra, 2015. Short-term impact of deep sand extraction and ecosystem-based landscaping on macrozoobenthos and sediment characteristics, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 97, Issues 1–2, 15 August 2015, Pages 294-308, ISSN 0025-326X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.002>.
- De Jong, Maarten F., Bas W. Borsje, Martin J. Baptist, Jan Tjalling van der Wal, Han J. Lindeboom, Piet Hoekstra, 2016. Ecosystem-based design rules for marine sand extraction sites, *Ecological Engineering*, Volume 87, February 2016, Pages 271-280, ISSN 0925-8574, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.11.053>.
- De Smet, B., A. S. D'Hondt, P. Verhelst, J. Fournier, L. Godet, N. Desroy, M. Rabaut, M. Vincx, and J. Vanaverbeke. 2015. Biogenic reefs affect multiple components of intertidal soft-bottom benthic assemblages: The *Lanice conchilega* case study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **152**:44-55.
- Dinesen, G. E. and B. Morton. 2014. Review of the functional morphology, biology and perturbation impacts on the boreal, habitat-forming horse mussel *Modiolus modiolus* (Bivalvia: Mytilidae: Modiolinae). *Marine Biology Research* **10**:845-870.
- Dorst, L. L. 2009. Estimating sea floor dynamics in the Southern North Sea to improve bathymetric survey planning. *Estimating sea floor dynamics in the Southern North Sea to improve bathymetric survey planning*.
- Dorst, L. L., P. C. Roos, and S. J. M. H. Hulscher. 2011. Spatial differences in sand wave dynamics between the Amsterdam and the Rotterdam region in the Southern North Sea. *Continental Shelf Research* **31**:1096-1105.
- Dubois, S., J. A. Commito, F. Olivier, and C. Retière. 2006. Effects of epibionts on *Sabellaria alveolata* (L.) biogenic reefs and their associated fauna in the Bay of Mont Saint-Michel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **68**:635-646.
- Edwards, A. J. (Ed.). 2010. Reef Rehabilitation Manual. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program: St Lucia, Australia
- Ellis, J.A., A. Cruz-Martínez, B. D. Rackham, and S. I. Rogers (2004) The Distribution of Chondrichthyan Fishes Around the British Isles and Implications for Conservation. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, Vol. 35: 195–213.
- Elsäßer, B, Jose M. Fariñas-Franco, Conor David Wilson, Louise Kregting, Dai Roberts, 2013. Identifying optimal sites for natural recovery and restoration of impacted biogenic habitats in a special area of conservation using hydrodynamic and habitat suitability modelling. *JSR* **77**: 11-21.

- Eno, N. C. 1998. The introduction to British waters of non-native marine molluscs and the implications to nature conservation interests. *Journal of Conchology*:287-294.
- Europese Commissie (2011). Onze levensverzekering, ons natuurlijk kapitaal: een EU-biodiversiteitsstrategie voor 2020. Mededeling van 3 mei 2011 van de Commissie aan het Europees Parlement, de Raad en het Europees Economisch en Sociaal Comité van de regio's. COM(2011) 244 definitief. Brussel.
- European Topic Centre on Biological Diversity. 2015a. Terrestrial Atlantic region – reference list May 2015. < http://bd.eionet.europa.eu/activities/Natura_2000/pdfs/Atlantic.pdf >
- European Topic Centre on Biological Diversity. 2015b. Marine Atlantic region – reference list May 2015. < http://bd.eionet.europa.eu/activities/Natura_2000/pdfs/Marine_Atlantic.pdf >
- Figueras, A. 1970. Flat oyster cultivation in galicia. *Helgolander Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 20:480-485.
- Foster-Smith, R. L. and V. J. Hendrick. 2003. Sabellaria spinulosa reef in TheWash and North Norfolk cSAC and its approaches: Part III, Summary of knowledge, recommended monitoring strategies and outstanding research requirements. 543, *English Nature*.
- Frid, C. L. J. and B. A. Caswell. 2015. Is long-term ecological functioning stable: The case of the marine benthos? *Journal of Sea Research* **98**:15-23.
- Gercken J und A Schmidt, 2014. Aktueller Status der Europäischen Auster (*Ostrea edulis*) und Möglichkeiten einer Wiederansiedlung in der deutschen Nordsee BfN skripten 379, Bundesamt für Naturschutz, Germany
- Gittenberger, A., 2007. Recent population expansions of non-native ascidians in The Netherlands. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342: 122–126.
- Gittenberger, A., Rensing, M., Stegenga, H., & B. Hoeksema, 2010. Native and non-native species of hard substrata in the Dutch Wadden Sea. *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 33: 21–75.
- Gittenberger, A., Schrieken, N., Coolen, J.W.P. & E. Gittenberger, 2013a. Shipwrecks, ascidians and *Modiolarca subpicta* (Bivalvia, Mytilidae, Musculinae). *Basteria* 77(4-6): 75-82.
- Gittenberger, A., Schrieken, N., Coolen, J. & Vlierhuis, W., 2013. The Jewel anemone *Corynactis viridis*, a new order for The Netherlands (Cnidaria: Corallimorpharia). – *Nederlandse Faunistische Mededelingen*: 41: 35-41.
- Gmelig Meyling, A.W. & Van Moorsel, G.W.N.M. 2013. Aanbevelingen voor aanpassingen Rode lijst mariene vissen. Achtergronddocument voor het supplement bij het Basisrapport Rode lijst vissen. Lisse: Stichting ANEMOON, Doorn: Ecosub.
- Guest, J. R., M. V. Baria, E. D. Gomez, A. J. Heyward, and A. J. Edwards. 2014. Closing the circle: Is it feasible to rehabilitate reefs with sexually propagated corals? *Coral Reefs* **33**:45-55.
- Hartnoll, R. G. 1975. The annual cycle of *Alcyonium digitatum*. *Estuarine and Coastal Marine Science* **3**:71-72, IN71-IN72, 73-78.
- Hasselaar, R., T. Raaijmakers, H. J. Riezebos, B. W. Borsje, T. van Dijk, and T. Vermaas. 2015. Morphodynamics of Borssele Wind Farm Zone WFS-I and WFS-II - final report - prediction of seabed level changes between 2015 and 2046. Deltares, Delft.
- Heessen, H.J.L. 2010. State of the Art – haaien en roggen in de Noordzee. IMARES Rapportnummer C011/10, 30 pp.
- Heessen, H.J.L., Daan, N. & Ellis, J.R. (eds.) 2015, Fish atlas of the Celtic Sea, North Sea and Baltic Sea: based on international research-vessel surveys. Zeist: KNNV Publishing, Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Heral, M. 1989. Traditional oyster culture in France. *Aquaculture* 1:295-336.
- Hoefakker, B., J. Don, E. Blomen, A. Chivers, and M. Oppentocht. 2015. Common Position Paper & QRA regarding Open Offshore Wind Park Access in response to “Verslag risicosessie doorvaart en medegebruik windparken, 27 mei 2015, Stakeholder advice DM, Ontwerp beleidsnota Noordzee 2016-2021” and “Eindversie kennisdocument ‘Varen en vissen in windparken’”.
- Holt, T. J., E. I. Rees, S. J. Hawkins, and R. Seed. 1998. BIOGENIC REEFS; An overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Scottish Association for marine Science, Liverpool.

- Holts, L. J. and K. A. Beauchamp. 1993. Sexual reproduction in the corallimorpharian sea anemone *Corynactis californica* in a central California kelp forest. *Marine Biology: International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters* **116**:129-136.
- Houziaux, J.-S., Kerckhof, F., Degrendele, K., Roche, M., Norro A., 2008. The Hinder Banks Yet an important region for the Belgian marine biodiversity? Final report HINDERS project, Belgian Science Policy Office, pp.249. Available on line at URL: http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub_ostc/EV/rappEV45_en.pdf.
- Hydrografische Dienst, 2011, HP 39: Wrakkenregister | Nederlands Continentaal Plat en Westerschelde, Editie 2011
- ICES. 2015. Report of the Working Group Elasmobranch Fishes. ICES CM 2015/ACOM:19. 733 pp. www.ices.dk
- Jager, Z. 2013. Biodiversiteit kunstmatig hard substraat in de Noordzee (NCP). ZW 2013-04, ZiltWater Advies, Holwierde.
- Jones, L.A., Hiscock, K. & Connor, D.W., 2000. Marine habitat reviews. A summary of ecological requirements and sensitivity characteristics for the conservation and management of marine SACs. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough. (UK Marine SACs Project report.), <http://www.english-nature.org.uk/uk-marine>
- Kamermans, P., Lengkeek, W., Van der Have, T. & Smaal, A. 2015. Herstel platte oester op de Noordzee: vooronderzoek schelpdierlocaties Voordelta. IMARES, Sascon, Bureau Waardenburg b.v.
- Khalesi, M. K., H. H. Beeftink, and R. H. Wijffels. 2009. Light-dependency of growth and secondary metabolite production in the captive zooxanthellate soft coral *Sinularia flexibilis*. *Marine Biotechnology* **11**:488-494.
- Korringa, P. 1954. The shell of *Ostrea edulis* as a habitat. *Arch. Neerl. Zool.* 10:32-152.
- Kranenbarg, J. & Spikmans, F. 2013. Achtergronddocument Rode lijst vissen 2011: zoetwatervissen. Nijmegen: Stichting RAVON. Rapport 2010.001.
- Kristensen, L. D., C. Stenberg, J. G. Støttrup, L. K. Poulsen, H. T. Christensen, P. Dolmer, A. Landes, M. Røjbek, S. W. Thorsen, M. Holmer, M. V. Deurs, and P. Grønkjær. 2015. Establishment of blue mussel beds to enhance fish habitats. *Applied Ecology and Environmental Research* **13**:783-798.
- Laing, I., P. Walker, and F. Areal. 2005. A feasibility study of native oyster (*Ostrea edulis*) stock regeneration in the United Kingdom. CARD Project Report FC1016.
- Laing, I., P. Walker, and F. Areal. 2006. Return of the native - Is European oyster (*Ostrea edulis*) stock restoration in the UK feasible? *Aquatic Living Resources* 19:283-287.
- Leeuwis, R.J., I. de Vries, H.C. Busschbach, M. de Kluijver & G.W.N.M. van Moorsel, 1997. Kunstriffen in Nederland. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lengkeek, W., Coolen, J., Gittenberger, A. & Schrieken, N., 2013a. Ecological relevance of shipwrecks in the North Sea. – *Nederlandse Faunistische Mededelingen*: 41: 49-57.
- Lengkeek, W., K. Dideren, M. Dorenbosch, S. Bouma & H.W. Waardenburg 2013b. Biodiversiteit van kunstmatige substraten. Een inventarisatie van 10 scheepswrakken op het NCP. Bureau Waardenburg, Culemborg, rapp. nr 13-226. Auteur 2004.
- Lindeboom, H. J.; Kouwenhoven, H. J.; Bergman, M. J. N.; Bouma, S.; Brasseur, 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. *Environmental Research Letters*, 2011, 6, 1-13
- Lotze, H. K. 2007. Rise and fall of fishing and marine resource use in the Wadden Sea, southern North Sea. *Fisheries Research* **87**:208-218.
- Mabragaña, E., D. E. Figueroa, L. B. Scenna, J. M. Díaz de Astarloa, J. H. Colonello en G. Delpiani. 2011. Chondrichthyan egg cases from the south-west Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology* **79**:1261-1290.
- Maddock, A. 2008a. UK Biodiversity Action Plan Priority habitat Descriptions; *Sabellaria alveolata* Reefs.

- Maddock, A. 2008b. UK Biodiversity Action Plan, Priority Habitat Descriptions; *Sabellaria spinulosa* Reefs.
- Maughan, B. C. and D. K. A. Barnes. 2000. A 'minimum stress inflexion' in relation to environmental and biotic influences on the dynamics of subtidal encrusting communities? *Hydrobiologia* **440**:101-109.
- McCave, I. N. 1971. Sand waves in the North Sea off the coast of Holland. *Marine Geology* **10**:199-225.
- Migné, A. and D. Davout. 2002. Experimental nutrition in the soft coral *Alcyonium digitatum* (Cnidaria: Octocorallia): Removal rate of phytoplankton and zooplankton. *Cahiers de Biologie Marine* **43**:9-16.
- Ministerie van Economische Zaken (2014a). Natuurambitie Grote Wateren 2050 en verder. Den Haag.
- Ministerie van Economische Zaken. 2014b. Profiel habitatype H1170. < http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/Profiel_habitatype_1170_2014.pdf >
- Ministerie van Economische Zaken. 2014c. Tabel met Habitatrichtlijnsoorten voor Nederland en de Staat van Instandhouding. Intern document Programmadirectie Natura 2000.
- Ministerie van Economische Zaken. 2014d. Tabel met Habitatrichtlijn-habitattypen voor Nederland en de Staat van Instandhouding. Intern document Programmadirectie Natura 2000.
- Ministerie van Economische Zaken (2015). Besluit van de Staatssecretaris van Economische Zaken van 15 oktober 2015, DGAN-PDJNG / 15129301, houdende vaststelling van geactualiseerde Rode lijsten flora en fauna. *Staatscourant* 2015, nr. 36471.
- Ministerie van Economische Zaken. 2016. Kavelbesluit I windenergiegebied Borssele. *Staatscourant* 2016, nr. 14428.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu 2015. Uitwerking besluit doorvaart en medegebruik van windparken op zee in het kader van Nationaal Waterplan 2016 – 2021.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken. 2014. Noordzee 2050 Gebiedsagenda. Den Haag.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken. 2015a. Beleidsnota Noordzee 2016-2021. Den Haag.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken. 2015b. Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, deel 3. Den Haag.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. 2012. Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, deel 1. Den Haag.
- Mobius, K, 1877. *Die Auster und die Austernwirtschaft*. Berlin
- Nederlands Soortenregister (2016). < <http://www.nederlandsesoorten.nl> >. Geraadpleegd: mei 2016.
- Neudecker, T., H. Haidn, T. Kehlert, and K. H. Becker. 2006. Occurrence of Norway bullhead (*Micrenophrys lilljeborgii*, Collett, 1875) in the Southeastern North Sea. *Journal of Applied Ichthyology* **22**:89-90.
- Noernberg, M. A., J. Fournier, S. Dubois, and J. Populus. 2010. Using airborne laser altimetry to estimate *Sabellaria alveolata* (Polychaeta: Sabellariidae) reefs volume in tidal flat environments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **90**:93-102.
- OSPAR Commission. 2008. OSPAR List of Threatened and/or Declining Species and Habitats. Reference Number: 2008-6. <http://www.ospar.org/documents?d=32794>
- OSPAR Commission (2009). Background Document for *Modiolus modiolus* beds. <http://www.ospar.org/documents?v=7193>
- OSPAR Commission, 2013 OSPAR Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources
- Paalvast, Peter, Bregje K. van Wesenbeeck, Gerard van der Velde, Mindert B. de Vries, Pole and pontoon hulac: An effective way of ecological engineering to increase productivity and biodiversity in the hard-substrate environment of the port of Rotterdam, *Ecological Engineering*, Volume 44, July 2012, Pages 199-209, ISSN 0925-8574, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.04.002>

- Pearce, B., D. R. Tappin, D. Dove, and J. Pinnion. 2012. Benthos Supported by the Tunnel-Valleys of the Southern North Sea. Pages 597-612 *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat*.
- Pearce, B., J. M. Fariñas-Franco, C. Wilson, J. Pitts, A. deBurgh, and P. J. Somerfield. 2014. Repeated mapping of reefs constructed by *Sabellaria spinulosa* Leuckart 1849 at an offshore wind farm site. *Continental Shelf Research* 83:3-13.
- Pieterse, S. 2015. Export uit het Nederlands Soortenregister d.d. 15 september 2015. < www.nederlandsesoorten.nl >
- Pietrzak, J. D., G. J. de Boer, and M. A. Eleveld. 2011. Mechanisms controlling the intra-annual mesoscale variability of SST and SPM in the southern North Sea. *Continental Shelf Research* 31:594-610.
- Rabaut, M., M. Vincx, and S. Degraer. 2009. Do *Lanice conchilega* (sandmason) aggregations classify as reefs? Quantifying habitat modifying effects. *Helgoland Marine Research* 63:37-46.
- Ragnarsson S.A. & J.M. Burgos, 2012. Separating the effects of a habitat modifier, *Modiolus modiolus* and substrate properties on the associated megafauna. *JSR* 72: 55-63
- Rasenberg, M., M. Stuiver, and S. van den Burg. 2014. MERMAID deliverable D2.3: Stakeholder views. <http://www.mermaidproject.eu/sharepoint/view/Documents/Deliverables/>
- Reubens, J. T., F. Pasotti, S. Degraer, and M. Vincx. 2013. Residency, site fidelity and habitat use of atlantic cod (*Gadus morhua*) at an offshore wind farm using acoustic telemetry. *Marine Environmental Research* 90:128-135.
- Rocha, R. J. M., R. Calado, P. Cartaxana, J. Furtado, and J. Serôdio. 2013. Photobiology and growth of leather coral *Sarcophyton* cf. *glaucum* fragments stocked under low light in a recirculated system. *Aquaculture* 414-415:235-242.
- Roberts, D., L. Allcock, J. M. Fariñas-Franco, E. Gorman, C. A. Maggs, A. M. Mahon, D. Smyth, E. M. Strain, and C. D. Wilson. 2011. *Modiolus* Restoration Research Project: Final Report and Recommendations Queens University Belfast, Belfast.
- Röckmann, C., J. A. Cado van der Lelij, J. Steenbergen, and L. A. Van Duren. 2015. *VisRisc - risicoschatting medegebruik visserij in windparken*. Wageningen IMARES, IJmuiden
- Rogers, S. I. en J. R. Ellis. 2000. Changes in the demersal fish assemblages of British coastal waters during the 20th century. *ICES Journal of Marine Science* 57:866-881.
- Schrieken, N., Gittenberger, A. & Lengkeek, W., 2011. First record of *Xandarovula patula* (Pennant, 1777) in the Dutch North Sea (Gastropoda, Ovulidae). – *Basteria* 75(4-6): 107-110.
- Schrieken, N., Gittenberger, A., Coolen, J. & Lengkeek, W., 2013. Marine fauna of hard substrata of the Cleaver Bank and Dogger Bank. – *Nederlandse Faunistische Mededelingen*: 41: 69-78.
- Serra-Pereira, B., K. Erzini, C. Maia, and I. Figueiredo. 2014. Identification of potential essential fish habitats for skates based on fishers' knowledge. *Environmental Management* 53:985-998.
- Simpfendorfer, C. 2000. *Assessment and Management Requirements to Ensure Sustainability of Harvested*
- Smaal A.C., J. Craeymeersch, J. Drent, J.M. Jansen, S. Glorius & M.R. van Stralen, 2013. *Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport IMARES*.
- Smaal, AC, P. Kamermans, T.M. van der Have , M. Engelsma & H.J.W.Sas, 2015. *Feasibility of Flat Oyster restoration in the Dutch part of the North Sea. Report C028/15*
- Snelgrove, P. V. R., S. F. Thrush, D. H. Wall, and A. Norkko. 2014. Real world biodiversity-ecosystem functioning: A seafloor perspective. *Trends in Ecology and Evolution* 29:398-405.
- Spence, J. 2015. *Leman BH Decommissioning Project Environmental Impact Assessment Shell UK Ltd*.
- Stevens, J. D., R. Bonfil, N. K. Dulvy en P. A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* 57:476-494.
- St. Pierre, J. I. and K. E. Kovalenko. 2014. Effect of habitat complexity attributes on species richness. *Ecosphere* 5.
- Swennen, C. 1961. Data on distribution, reproduction and ecology of the nudibranchiate molluscs occurring in the Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 1:191-240.

- Thomsen, M. S., T. Wernberg, P. M. South en D. R. Schiel. 2016. Non-native seaweeds drive changes in marine coastal communities around the world. Pages 147-185 *Seaweed Phylogeography: Adaptation and Evolution of Seaweeds under Environmental Change*.
- Thorin, S., P. Bodilis, T. Schvartz, E. Dutrieux, and P. Francour. 2014. Seascape integrity assessment: A proposed index for the mediterranean coast. Pages 263-275 *Underwater Seascapes: From Geographical to Ecological Perspectives*.
- Tien, N.S.H., Heessen, H., Kranenbarg, J. & Trapman, B. 2016. Achtergronddocument Rode lijst vissen 2011: zoutwatervissen. Ijmuiden: IMARES Wageningen UR. IMARES-rapport C021/16.
- Tweede Kamer 2011. Technische informatie over de publicatie Vissen binnen de grenzen van Natura2000: Afspraken over het visserijbeheer in de Noordzeekustzone en Vlake van de Raan voor de ontwikkeling van natuur en visserij Bijlage (blg-146081) bij Kamerstuk: Tweede Kamer, vergaderjaar 2011–2012, 29 675, nr. 140.
- Tweede Kamer 2016. Brief d.d. 13 mei 2016 met twee bijlagen van de staatssecretaris van Economische Zaken over het KRM-haaienactieplan. Tweede Kamer, vergaderjaar 2015–2016, 33 450, nr. 48.
- Van der Hout, C. M., T. Gerkema, J. J. Nauw, and H. Ridderinkhof. 2015. Observations of a narrow zone of high suspended particulate matter (SPM) concentrations along the Dutch coast. *Continental Shelf Research* **95**:27-38.
- Van Dijk, T. A. G. P. and M. G. Kleinhans. 2005. Processes controlling the dynamics of compound sand waves in the North Sea, Netherlands. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* **110**.
- Van Koningsveld, M., De Vries, M.B., Damsma, T. and Hibma, A., 2010. "Building With Nature. The Art Of Maximising System Potential." *Proceedings Flood, Risk and Coastal Management Conference, Telford, UK, 2010*
- Van Moorsel, G. 2014. Biodiversiteit kunstmatig hard substraat in de Nederlandse Noordzee, vergelijking met natuurlijk substraat. *ecosub, Doorn*. pp. 40, incl. 5 bijlagen.
- Van Roomen, M., Stahl, J, Schekkerman, H, Van Turnhout, C & Vogel, R. (2013). Advies ten behoeve van het opstellen van een monitoringsplan voor vogels van het Nederlandse Noordzeegebied. Nijmegen: Sovon Vogelonderzoek Nederland. Sovon-rapport 2013/22.
- Volkenborn, N., D. M. Robertson en K. Reise. 2009. Sediment destabilizing and stabilizing bio-engineers on tidal flats: cascading effects of experimental exclusion. *Helgoland Marine Research* **63**:27-35.
- Vorberg, R. 2000. Effects of shrimp fisheries on reefs of *Sabellaria spinulosa* (Polychaeta). *ICES Journal of Marine Science* **57**:1416-1420.
- Walker, P. A. en J. R. G. Hislop. 1998. Sensitive skates or resilient rays? Spatial and temporal shifts in ray species composition in the central and north-western North Sea between 1930 and the present day. *ICES Journal of Marine Science* **55**:392-402.
- Wijgerde, T., P. Spijkers, E. Karruppannan, J. A. J. Verreth, and R. Osinga. 2012. Water flow affects zooplankton feeding by the scleractinian coral *Galaxea fascicularis* on a polyp at colony level. *Journal of Marine Biology* **2012**.
- Wolff, W. J. 2005. Non-indigenous marine and estuarine species in The Netherlands. *Zool. Med. Leiden* **79**:1-116.

Appendix A Overzicht van een aantal categorieën beleidsrelevante soorten en habitats voor de Noordzee

A.1 Habitattypen en soorten van de Nederlandse Noordzee die vallen onder de Habitatrichtlijn

Toelichting: habitattypen: de typen vallend onder “kusthabitats en halofytenvegetaties”; (A, B, C): door Nederland onderscheiden subtypen; SVI = staat van instandhouding: M = matig ongunstig, Z = zeer ongunstig, trend: (+) = verbetering, (=) = stabiel, (-) = afname, (x) = onbekend; voor habitattypen van bijlage I en soorten van bijlage II van de Habitatrichtlijn zijn of worden Natura 2000-gebieden aangewezen. Bron SVI (trend): Ministerie van Economische Zaken (2014 c en d); bron voor Nederland relevante habitats van bijlage I en soorten van bijlage II: European Topic Centre on Biological Diversity (2015 a en b).

Habitattype	SVI (trend)	Habitatrichtlijn-bijlage			
		I	II	IV	V
H1110 (A, B en C): “permanent overstroomde zandbanken”	M (+)	x			
H1140 (A en B): “slik- en zandplaten”	M (x)	x			
H1170: “riffen van open zee”	M (x)	x			
H1310 (A en B): “zilte pionierbegroeiingen”	M (=)	x			
H1320: “slijkgrasvelden”	M (-)	x			
H1330 (A): “schorren en zilte graslanden”	M (=)	x			
Soort					
zeeprik (<i>Petromyzon marinus</i>)	Z (=)		x		
rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	M (x)		x		x
fint (<i>Alosa fallax</i>)	Z (=)		x		x
elft (<i>Alosa alosa</i>)			x		x
zalm (<i>Salmo salar</i>)					x
houting (<i>Coregonus oxyrinchus</i>)				x	
steur (<i>Acipenser sturio</i>)				x	
bruinvis (<i>Phocoena phocoena</i>)	M (+)		x	x	
grijze zeehond (<i>Halichoerus grypus</i>)	M (+)		x		x
gewone zeehond (<i>Phoca vitulina</i>)	M (x)		x		x
gewone dolfijn (<i>Delphinus delphis</i>)				x	
tuumelaar (<i>Tursiops truncatus</i>)				x	
witflankdolfijn (<i>Lagenorhynchus acutus</i>)				x	
witsnuitdolfijn (<i>Lagenorhynchus albirostris</i>)				x	

A.2 Typische soorten voor habitattype H1170: “riffen van open zee”

Toelichting: typische soorten zijn geen, of niet noodzakelijk, beschermde soorten; typische-soorten-categorieën: Ca = constante soort met indicatie voor goede abiotische toestand; Cb = constante soort met indicatie voor goede biotische structuur; Cab = constante soort met indicatie voor goede abiotische toestand en goede biotische structuur; K = karakteristieke soort; E = exclusieve soort; bronnen: Ministerie van Economische Zaken (2014b), Nederlands Soortenregister (2016), De Bruyne *et al.* (2015), Heessen *et al.* (2015)

Soort	Soortgroep	Categorie
- (<i>Lithothamnion sonderi</i>)	roodwieren	K
geweispons (<i>Haliclona oculata</i>)	sponzen	Cab
dodemansduim (<i>Alcyonium digitatum</i>)	bloemdieren	Cab
- (<i>Urticina</i> sp.)	bloemdieren	Cab
- (<i>Sabellaria spinulosa</i>)	borstelwormen	K + Ca
- (<i>Chone duneri</i>)	borstelwormen	K
stevige platschelp (<i>Arcopagia crassa</i>)	weekdieren	Cab
wulk (<i>Buccinum undatum</i>)	weekdieren	Cab
gewone artemisschelp (<i>Dosinia exoleta</i>)	weekdieren	Cab
manteldekschelp (<i>Pododesmus patelliformis</i>)	weekdieren	K + Ca

pelikaansvoet (<i>Aporrhais pespelecani</i>)	weekdieren	Cab
gestreepte pegelhoren (<i>Simnia patula</i>)	weekdieren	Cab
wijde mantel (<i>Aequipecten opercularis</i>)	weekdieren	Cab
rugstreep-oprolkreeft (<i>Galathea intermedia</i>)	kreeftachtigen	E
dwergzeedonderpad (<i>Micrenophrys lilljeborgii</i>)	vissen	E
zuignapvis (<i>Diplecogaster bimaculata</i>)	vissen	E
zeeduivel (<i>Lophius piscatorius</i>)	vissen	Cab

A.3 Habitats en soorten van de Nederlandse Noordzee die vallen onder de OSPAR-lijst van bedreigde en kwetsbare soorten en habitats.

Toelichting: bronnen: OSPAR Commission (2008) en Bos et al. (2012).

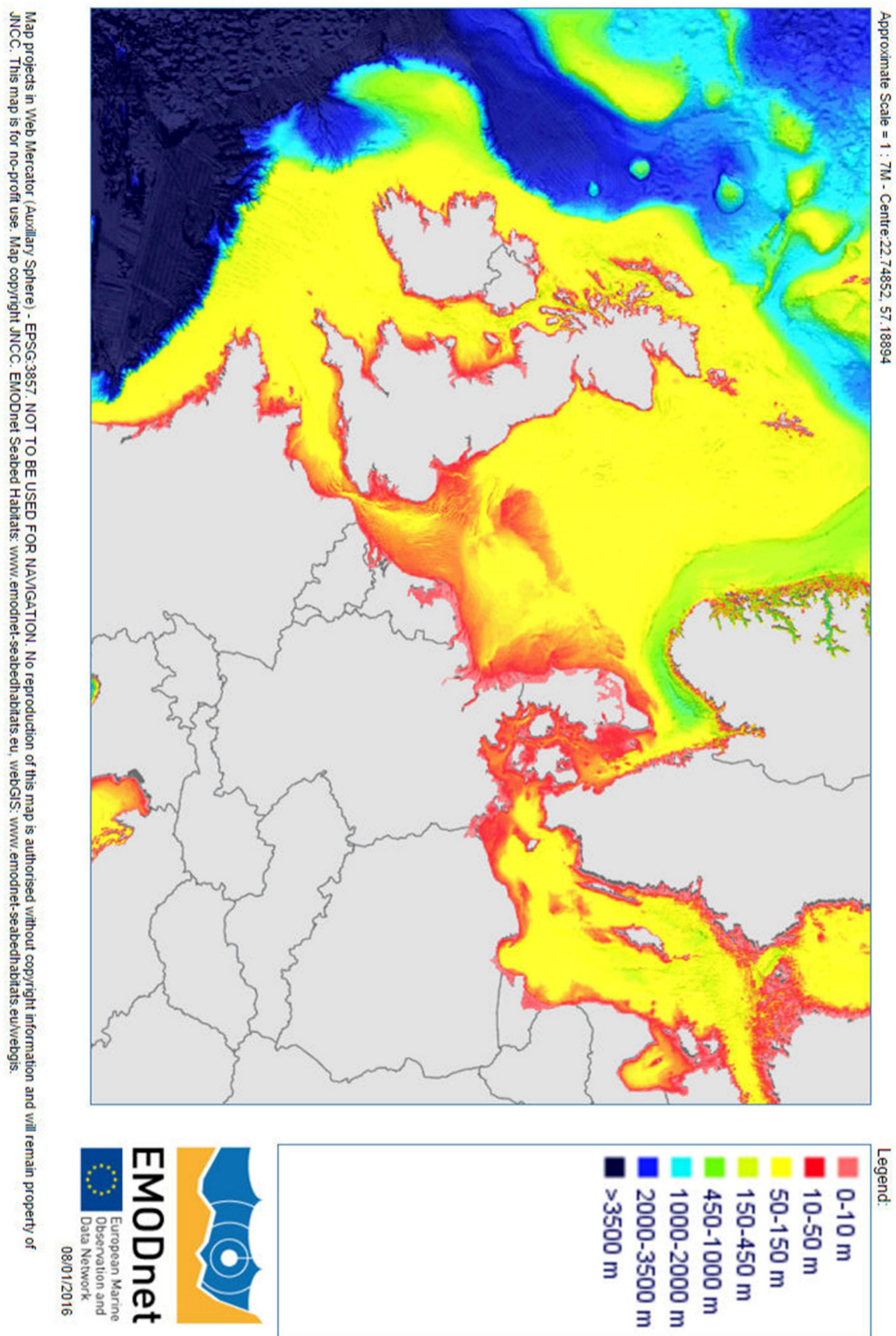
Habitat
“Intertidale mosselbanken (<i>Mytilus edulis</i>) op gemengde en zandige sedimenten”
“Intertidale slikvlakten”
“platteoesterbanken (<i>Ostrea edulis</i>)”
“gemeenschappen van zeeveren en gravende megafauna”
“zeegrasvelden (<i>Zostera</i>)”
Soort
noordkromp (<i>Arctica islandica</i>)
purperslak (<i>Nucella lapillus</i>)
platte oester (<i>Ostrea edulis</i>)
drieteenmeeuw (<i>Rissa tridactyla</i>)
steur (<i>Acipenser sturio</i>)
elft (<i>Alosa alosa</i>)
paling (<i>Anguilla anguilla</i>)
grote marene (<i>Coregonus lavaretus</i>)
vleet (<i>Dipturus batis</i>)
gevlekte rog (<i>Raja montagui</i>)
kabeljauw (<i>Gadus morhua</i>)
zeepaardje (<i>Hippocampus guttulatus</i>)
kortsnuitzeepaardje (<i>Hippocampus hippocampus</i>)
zeeprik (<i>Petromyzon marinus</i>)
stekelrog (<i>Raja clavata</i>)
zalm (<i>Salmo salar</i>)
doornhaai (<i>Squalus acanthias</i>)
zee-engel (<i>Squatina squatina</i>)
blauwvintonijn (<i>Thunnus thynnus</i>)
Groenlandse walvis (<i>Balaena mysticetus</i>)
bruinvis (<i>Phocoena phocoena</i>)

A.4 Mariene soorten van de Rode lijst vissen (2015)

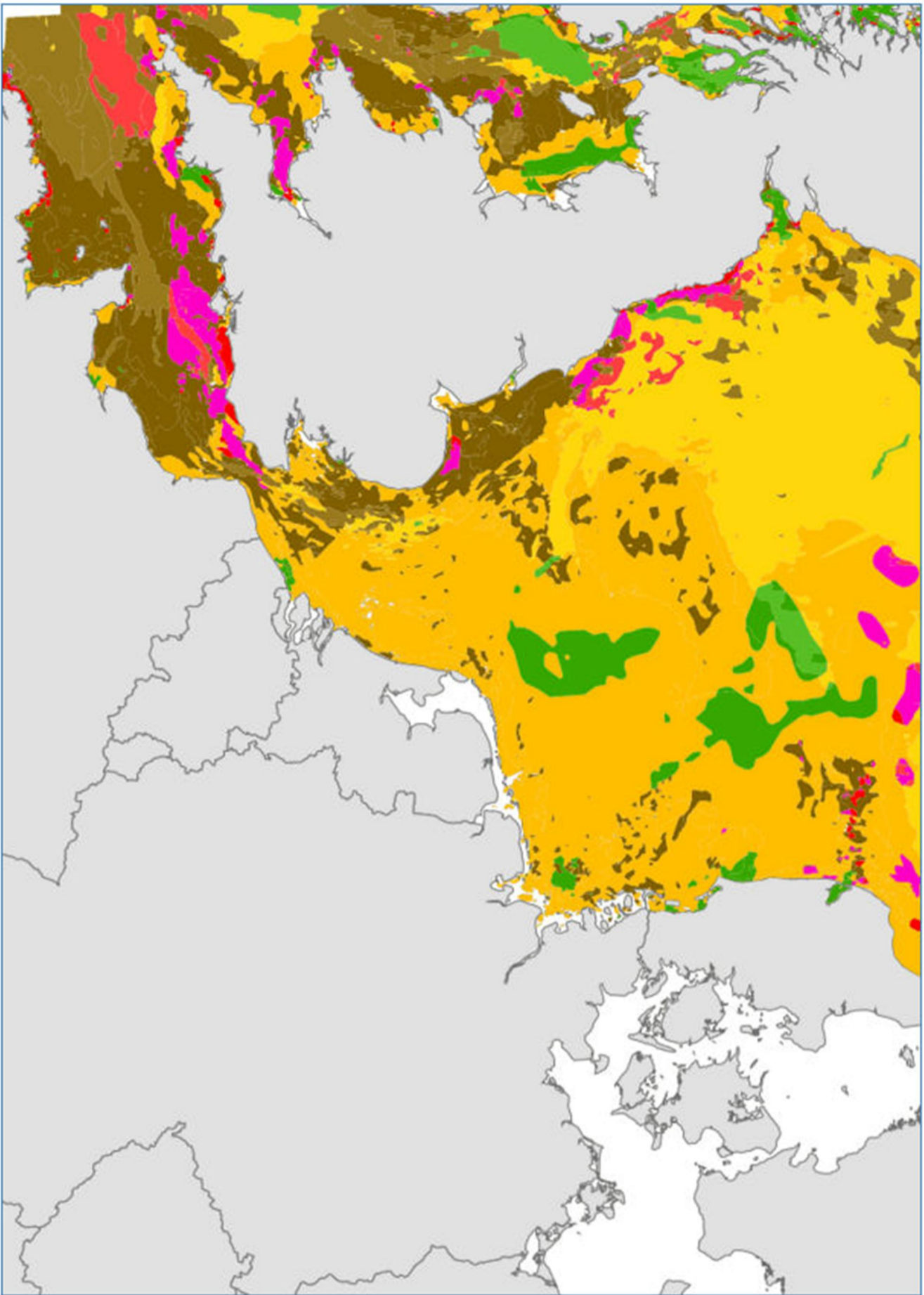
Toelichting: Rodelijststatus: VN = “verdwenen uit Nederland”, EB = “ernstig bedreigd”, BE = “bedreigd”, KW = “kwetsbaar”, “GE” = “gevoelig; [diadroom] = soort die migreert tussen de zee en zoet water; bronnen: Ministerie van Economische Zaken (2015), Nederlands Soortenregister (2016), Tien et al. (2016), Gmelig Meyling & Van Moorsel (2013) en Kranenbarg & Spikmans (2013).

Soort	Rodelijststatus
fint (<i>Alosa fallax</i>) [diadroom]	VN
trompetterzeenaald (<i>Syngnathus typhle</i>)	VN
vleet (<i>Dipturus batis</i>)	VN
zeestekelbaars (<i>Spinachia spinachia</i>)	VN
doornhaai (<i>Squalus acanthias</i>)	EB
gevlekte rog (<i>Raja montagui</i>)	EB
grote pieterman (<i>Trachinus draco</i>)	EB
geep (<i>Belone belone</i>)	BE
stekelrog (<i>Raja clavata</i>)	BE
vorskwab (<i>Raniceps raninus</i>)	BE
horsmakreel (<i>Trachurus trachurus</i>)	KW
makreel (<i>Scomber scombrus</i>)	KW
puitaal (<i>Zoarces viviparus</i>)	KW
slakdolf (<i>Liparis liparis</i>)	KW
spiering (<i>Osmerus eperlanus</i>) [diadroom]	KW
dwergbolk (<i>Trisopterus minutus</i>)	GE
dwergbot (<i>Phrynorhombus norvegicus</i>)	GE
houting (<i>Coregonus oxyrinchus</i>) [diadroom]	GE
kabeljauw (<i>Gadus morhua</i>)	GE
kleine koornaarvis (<i>Atherina boyeri</i>)	GE
kortsnuitzeepaardje (<i>Hippocampus hippocampus</i>)	GE
rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>) [diadroom]	GE
slijmvis (<i>Lipophrys pholis</i>)	GE
tongschar (<i>Microstomus kitt</i>)	GE
wijting (<i>Merlangius merlangus</i>)	GE
zeeprik (<i>Petromyzon marinus</i>) [diadroom]	GE
zuignapvis (<i>Diplecogaster bimaculata</i>)	GE
zwartooglipvis (<i>Symphodus melops</i>)	GE

Appendix B Kaartmateriaal fysische systeemkenmerken



Figuur 0.1 diepte kaart van de Noordzee. Data afkomstig van <http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/default.aspx?page=1974>.

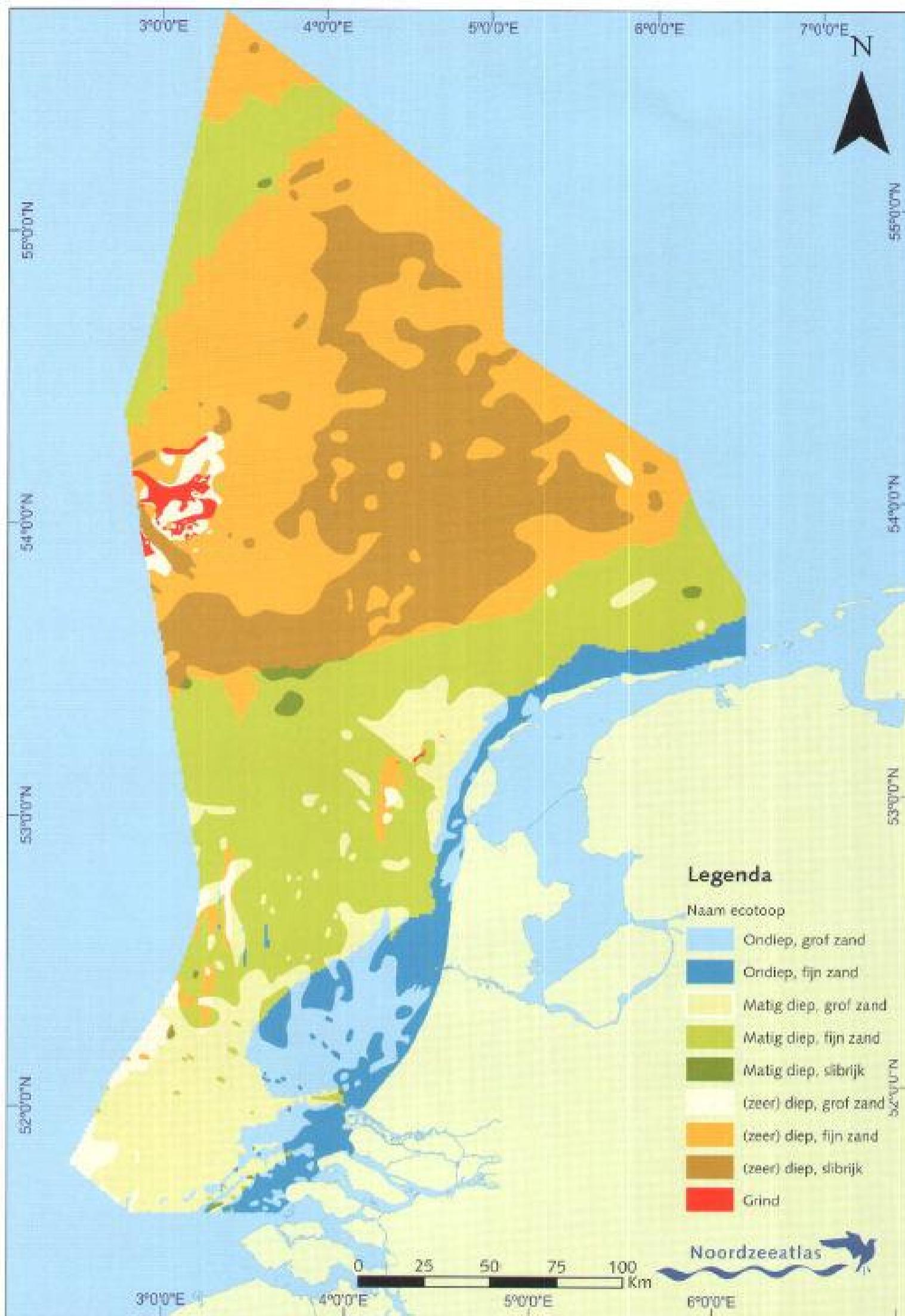


Approximate Scale = 1 : 3M - Centre: 14.50877, 54.67921

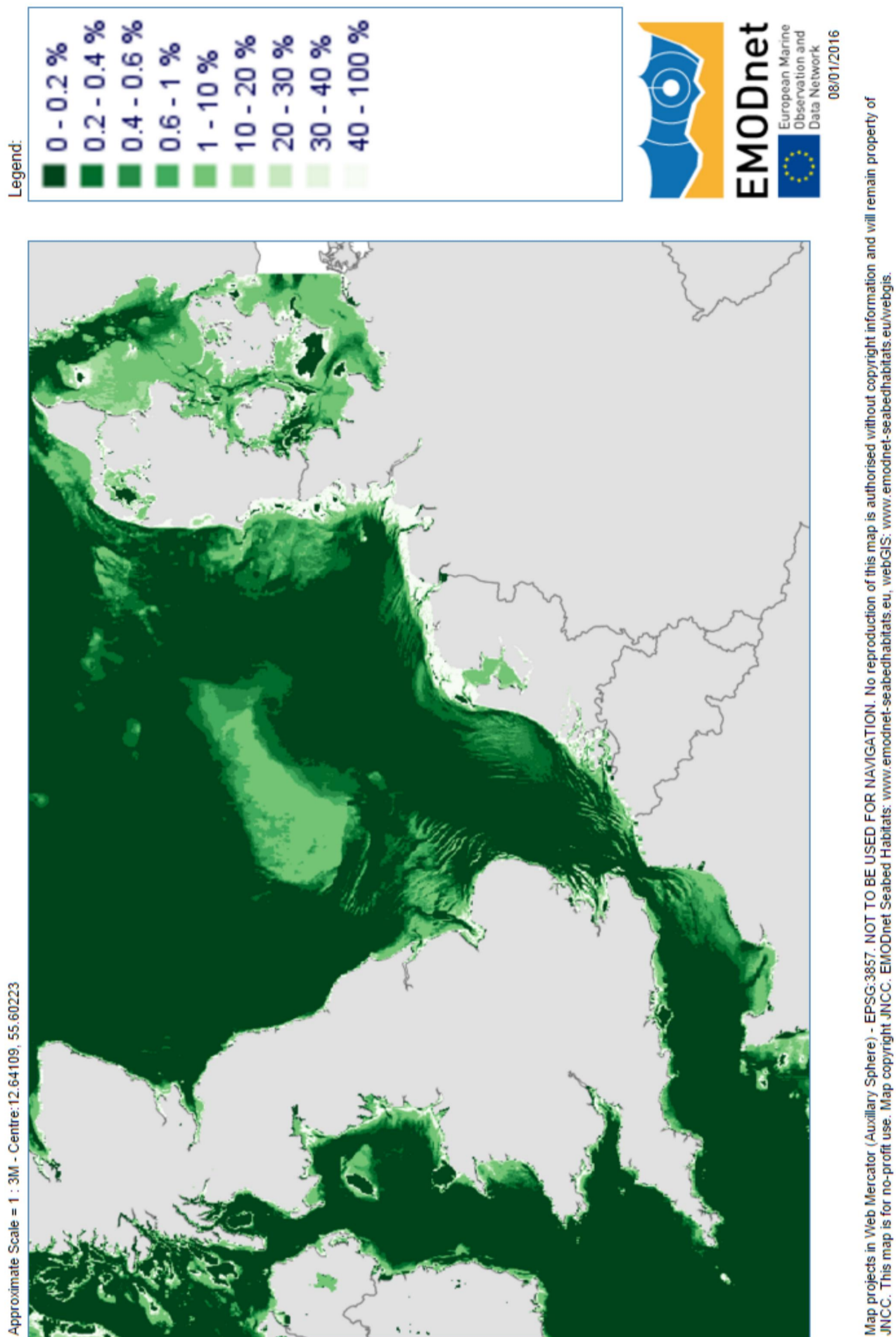


Map projects in Web Mercator (Auxiliary Sphere) - EPSG:3857. NOT TO BE USED FOR NAVIGATION. No reproduction of this map is authorised without copyright information and will remain property of JNCC. This map is for no-profit use. Map copyright JNCC. EMODnet Seabed Habitats: www.emodnet-seabedhabitats.eu, webGIS: www.emodnet-seabedhabitats.eu/webgis.

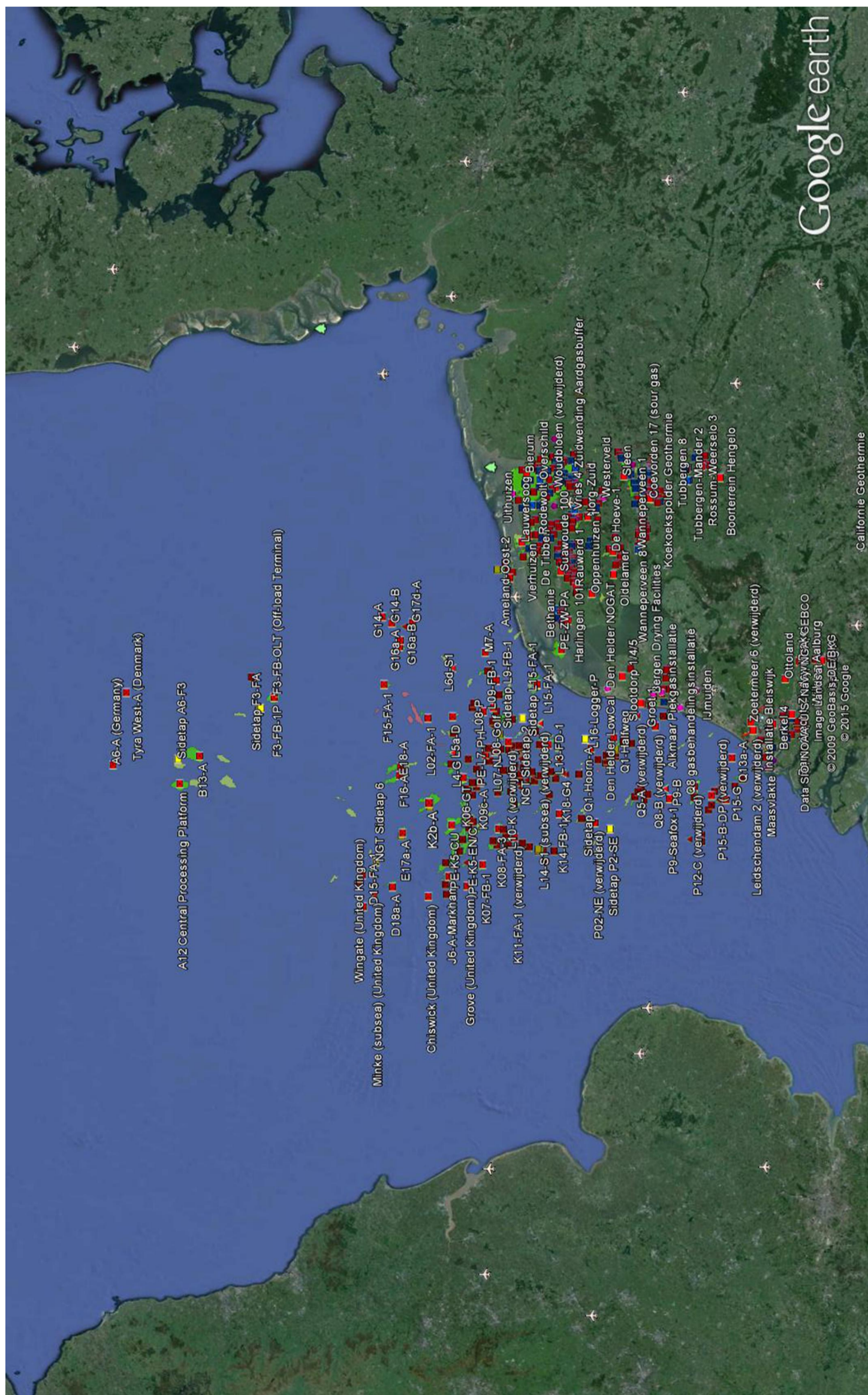
Figuur 0.2 Kaart van Noordzee bodemhabitats. data afkomstig van <http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/default.aspx?page=1974>. Lichtoranje: ondiep zandig, donkerder oranje: shelf, zandig, groen: slibrijk sediment, bruin: gemengd, grof. Roze en rood: rots of biogene riffen.



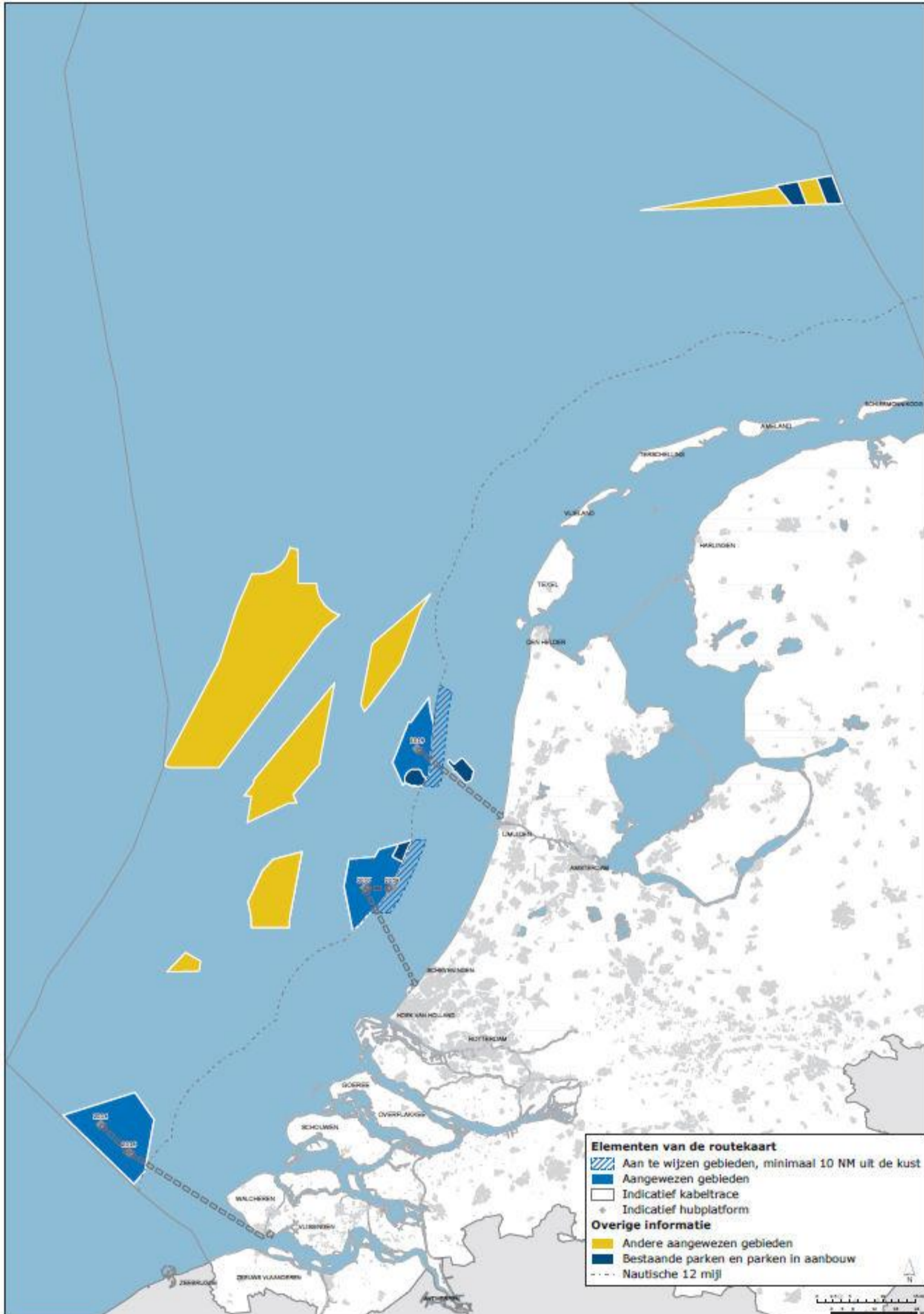
Figuur 0.3 Ecotopenkaart afkomstig uit de Noordzeeatlas



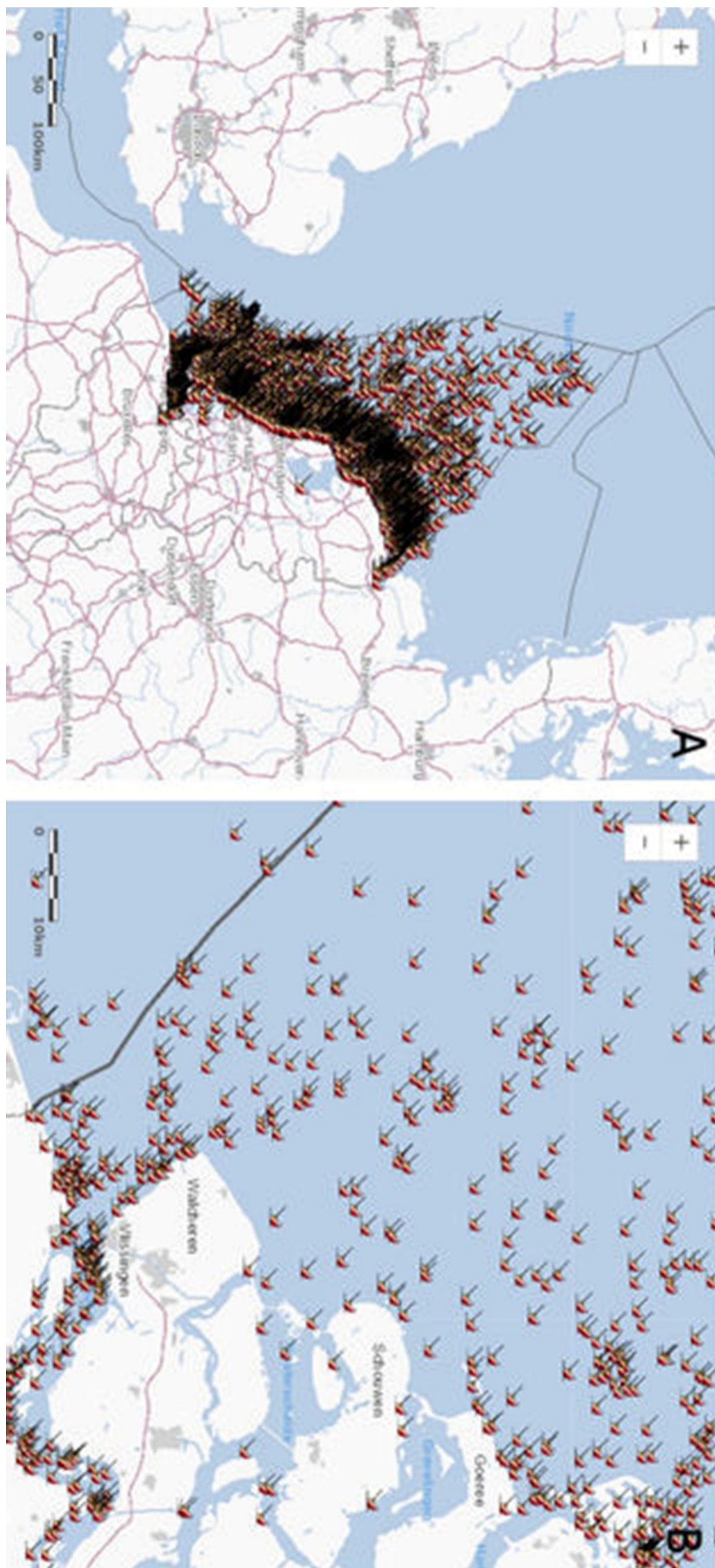
Figuur 0.4 Lichtbeschikbaarheid op de bodem uitgedrukt als percentage van het licht aan het oppervlak. Data afkomstig van <http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/default.aspx?page=1974>.



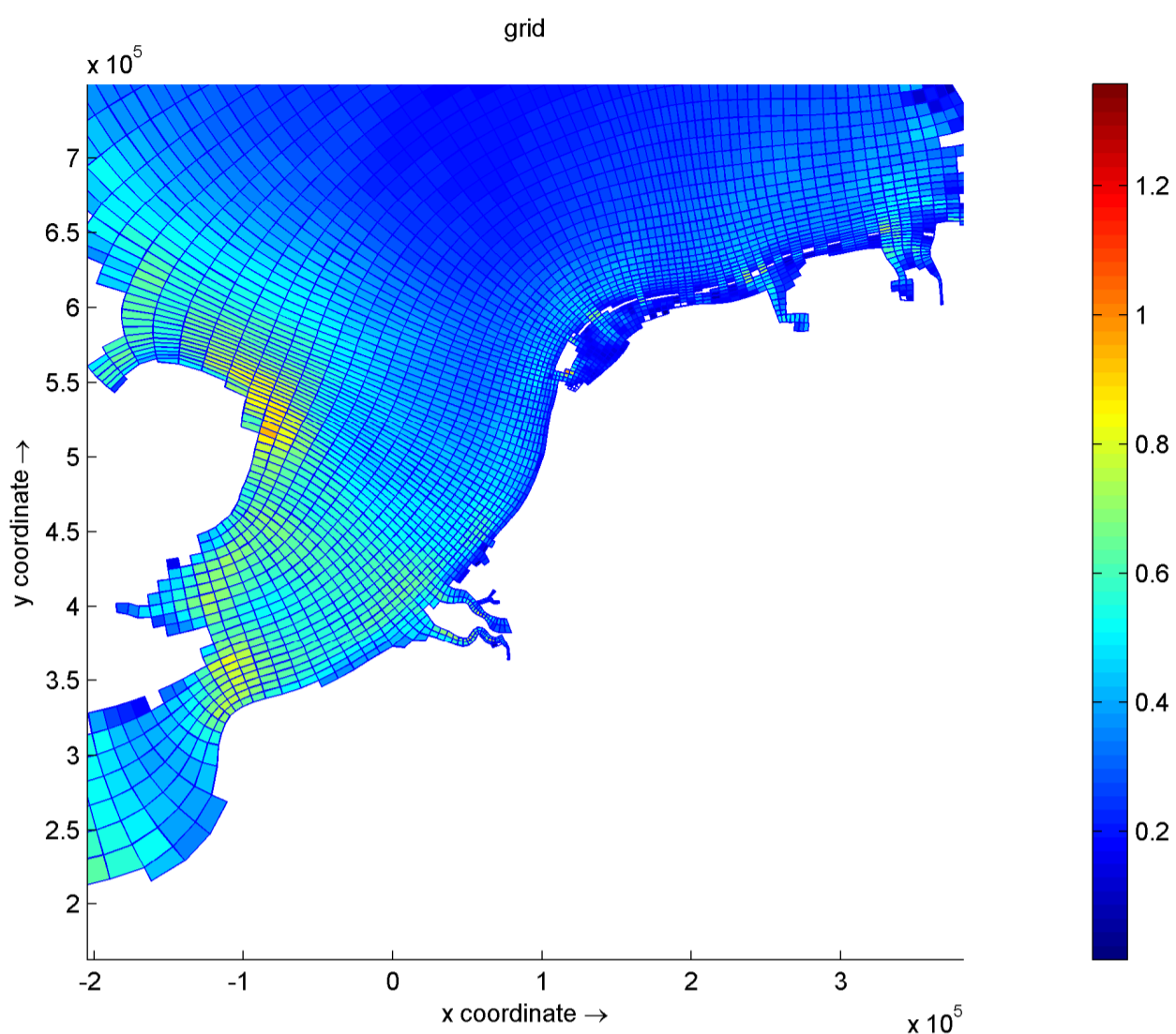
Figuur 0.5 Locaties harde infrastructuur voor olie- gas- en mijnbouw Data afkomstig van NL Olie- en Gasplatform.



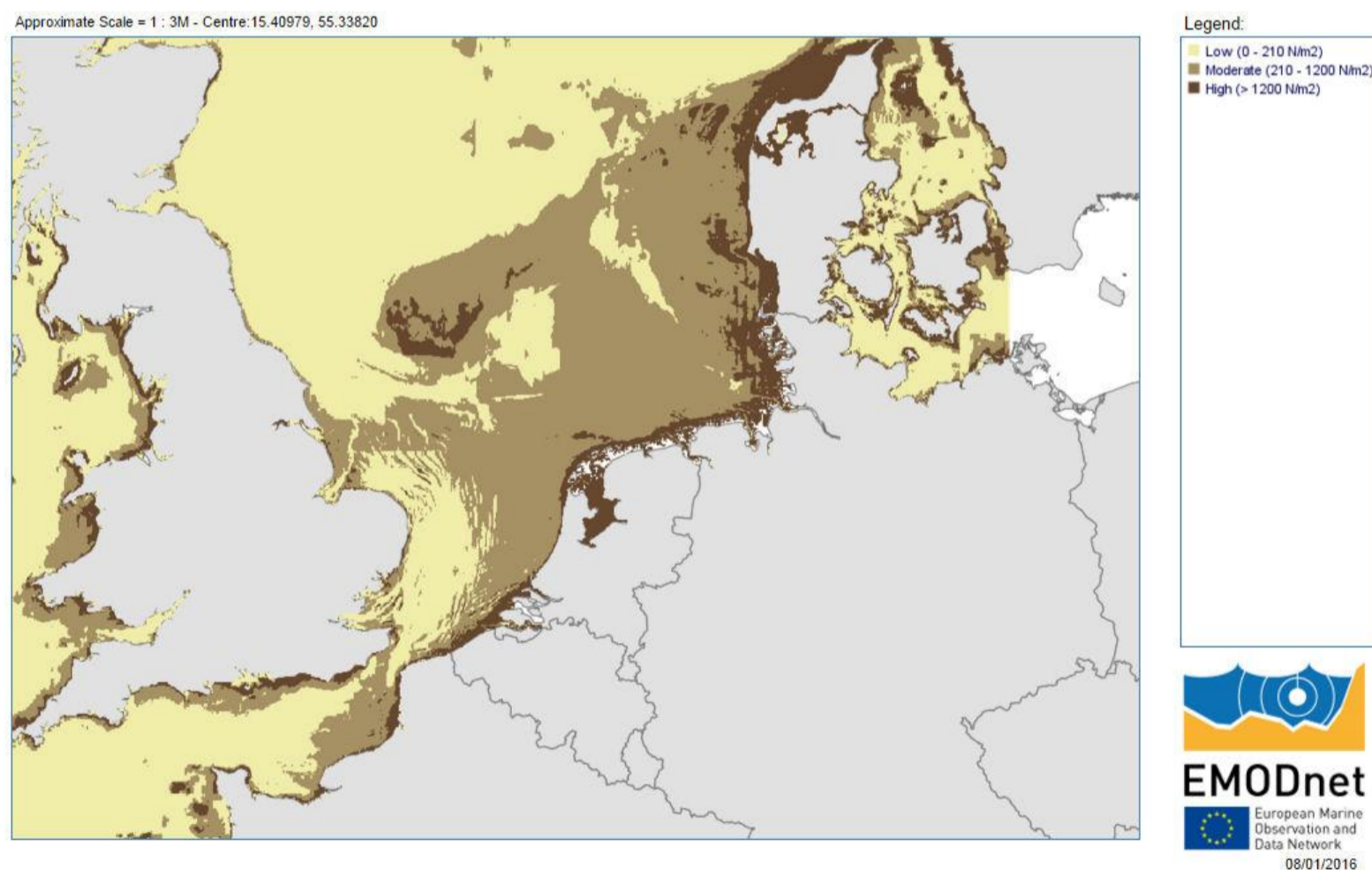
Figuur 0.6 Bestaande, aangewezen en nog aan te wijzen gebieden voor off-shore windparken. Kaart afkomstig van het Noordzeeloket



Figuur 0.7 Volledige dataset voor wrakken in het NCP (A) en detail van de Voordelta (B) (www.beschermeenwrak.nl).



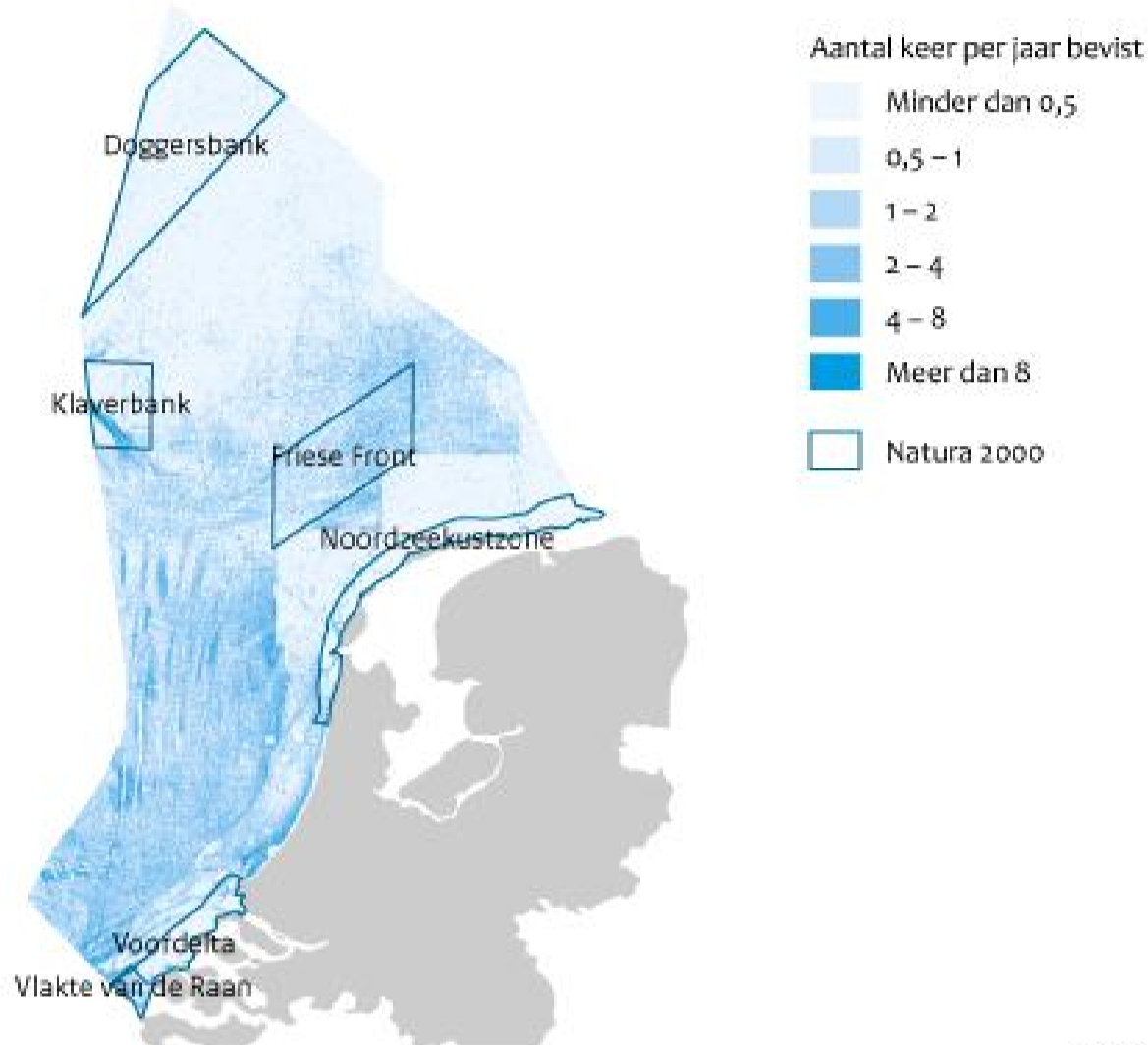
Figuur 0.8 Gemiddelde stroomsnelheden in de Noordzee (data afkomstig van ZUNO DD model Deltares)



Map projects in Web Mercator (Auxiliary Sphere) - EPSG:3857. NOT TO BE USED FOR NAVIGATION. No reproduction of this map is authorised without copyright information and will remain property of JNCC. This map is for no-profit use. Map copyright JNCC. EMODnet Seabed Habitats: www.emodnet-seabedhabitats.eu, webGIS: www.emodnet-seabedhabitats.eu/webgis.

Figuur 0.9 Ruimtelijke verdeling golfbelasting op de Noordzeebodem (data <http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/>).

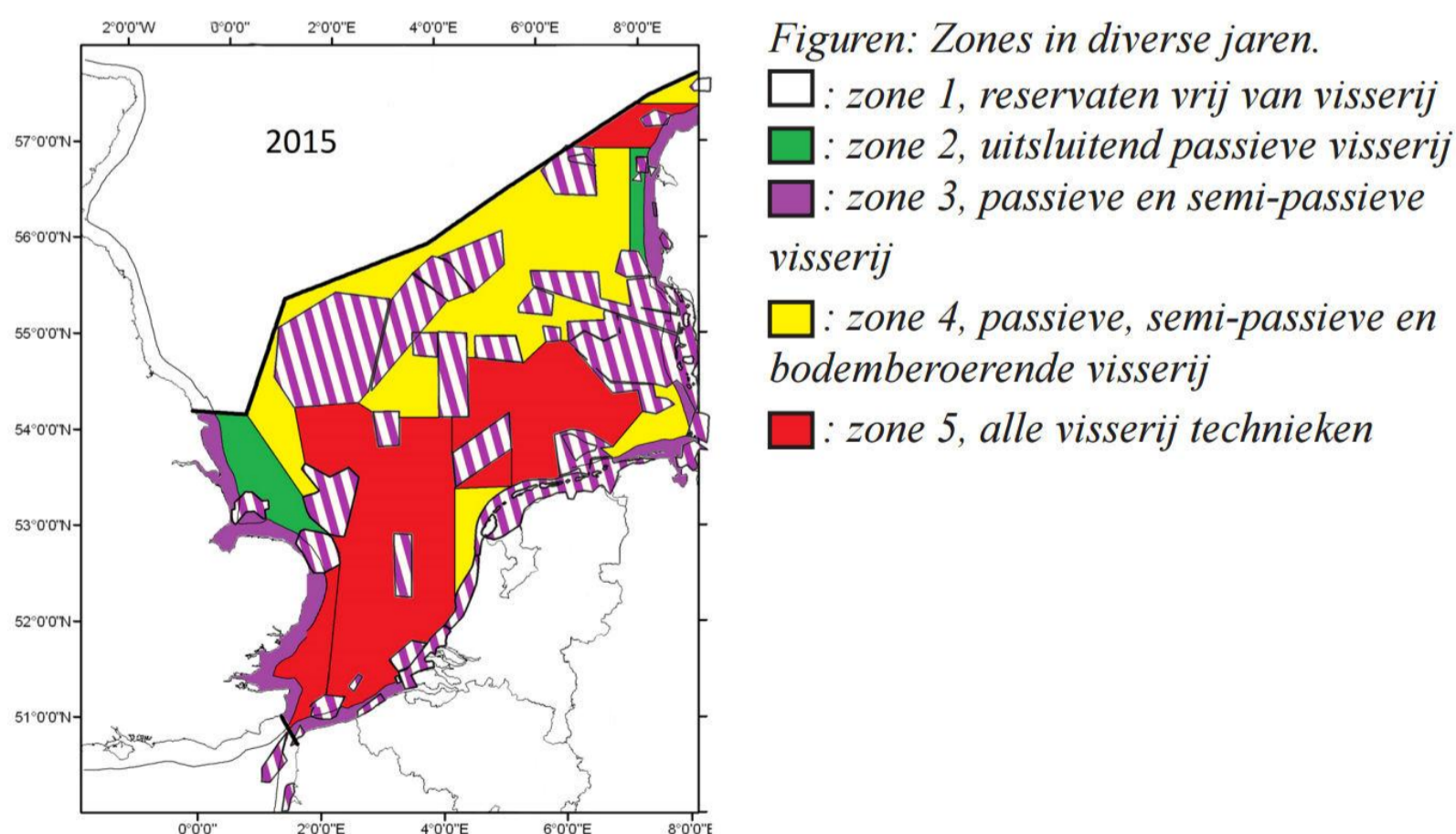
Visserijintensiteit op Nederlands Continentaal Plat, 2007 – 2011



Bron: PBL.

PBL/sep12/2093
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

Figuur 0.10 Aantal keren dat de zeebodem per jaar gemiddeld wordt beroerd door bodemberoerende tuigen (bron Planbureau voor de leefomgeving)



Figuur 0.11 Toegestane visserij in de Nederlandse Noordzee (Factsheet Visserij, Stichting de Noordzee).