



Kansrijke windenergiegebieden voor maricultuur en passieve visserij

Kwalitatieve beoordeling van de geschiktheid van de bestaande, geplande en nog aan te wijzen windenergiegebieden voor zeewierkweek, schelpdierkweek en passieve visserij als medegebruiksfunctie

Auteurs: Josien Steenbergen¹, Ralf van Hal¹, Pauline Kamermans¹, Reinier Nauta¹, Lisa Schneider², Tamara Vallina¹, Sonia Heye² & Luca van Duren²

1: Wageningen Marine Research

2: Deltares

Wageningen University &
Research rapport C015/23

Kansrijke windenergiegebieden voor maricultuur en passieve visserij

Kwalitatieve beoordeling van de geschiktheid van de bestaande, geplande en nog aan te wijzen windenergiegebieden voor zeewierkweek, schelpdierkweek en passieve visserij als medegebruiksfunctie

Auteurs: Josien Steenbergen¹, Ralf van Hal¹, Pauline Kamermans¹, Reinier Nauta¹, Lisa Schneider², Tamara Vallina¹, Sonia Heye² & Luca van Duren²

1: Wageningen Marine Research

2: Deltares

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema E1 Noordzee natuurbescherming en herstel (projectnummer BO-43-116.01-019)

Wageningen Marine Research
IJmuiden, maart 2023

Wageningen Marine Research rapport C015/23

Keywords: Wind op Zee, medegebruik, maricultuur.

Opdrachtgever: Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit
T.a.v.: Noor Visser
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

BO-43-116.01-019

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/629189>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag (mossel hangculture bij Bruinisse): Oscar Bos

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door
Drs,ir, M,T, van Manen, directeur
bedrijfsvoering

KvK nr, 09098104,
WMR BTW nr, NL 8113,83,696,B16,
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research, Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing,
Alle rechten voorbehouden, Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden
zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur,

A_4_3_1 V32 (2021)

Inhoud

Samenvatting	5
Summary	8
1 Inleiding	11
2 Methoden	13
2.1 Zeewierkweek	14
2.1.1 Soortenselectie	14
2.1.2 Aanpak	15
2.2 Schelpdierkweek	17
2.2.1 Beschrijving Soorten	17
2.2.2 Aanpak	18
2.3 Passieve visserij	20
2.3.1 Haalbaarheid visserij	21
2.3.2 Data	21
3 Resultaten	24
3.1 Zeewierkweek	24
3.2 Schelpdierkweek	26
3.3 Passieve visserij	28
3.3.1 Dwergpijlinktvis (<i>Alloteuthis subulata</i>)	28
3.3.2 Zeekat (<i>Sepia officinalis</i>)	29
3.3.3 Pijlinktvis (<i>Loligo spp.</i>)	30
3.3.4 Schol (<i>Pleuronectes platessa</i>)	32
3.3.5 Tong (<i>Solea solea</i>)	33
3.3.6 Kabeljauw (<i>Gadus morhua</i>)	35
3.3.7 Zeebaars (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	36
3.3.8 Tarbot (<i>Scophthalmus maximus</i>)	38
3.3.9 Griet (<i>Scophthalmus rhombus</i>)	39
3.3.10 Makreel (<i>Scomber scombrus</i>)	41
3.3.11 Horsmakreel (<i>Trachurus trachurus</i>)	42
3.3.12 Rode poon (<i>Chelidonichthys lucerna</i>)	44
3.3.13 Mul (<i>Mullus surmuletus</i>)	45
3.3.14 Noordzeekrab (<i>Cancer pagurus</i>)	47
3.3.15 Europese zeekreeft (<i>Hommarus gammarus</i>)	48
3.3.16 Fluwelen zwemkrab (<i>Necora puber</i>)	50
3.3.17 Noorse kreeft (<i>Nephrops norvegicus</i>)	50
3.4 Totaaloverzicht resultaten	52
4 Discussie	53
4.1 Zeewierkweek	53
4.2 Schelpdierkweek	54
4.3 Passieve visserij	55
5 Conclusies en aanbevelingen	57
6 Kwaliteitsborging	58
Literatuur	59

Verantwoording	63
Bijlage 1 Quick scan soorten zeewier	64
Bijlage 2 Bijdrage per visserijtype aan de aanlandingsgegevens	66
Bijlage 3 Tabellen zeewier- en schelpdierkweek	67

Samenvatting

In de komende jaren worden er op grote delen van de Noordzee windparken gerealiseerd. Om optimaal gebruik te kunnen maken van de steeds schaarser wordende ruimte op zee wordt nu ingezet op multifunctioneel ruimtegebruik. Als voorbeeld hiervan wordt ruimte binnen de windenergiegebieden in principe beschikbaar voor medegebruik in de vorm van voedselproductie en hernieuwbare energieopwekking en opslag of voor natuur(versterking).

In de huidige studie wordt een inschatting gegeven van de geschiktheid van de bestaande, reeds geplande en nog aan te wijzen windparkgebieden voor voedselproductie als medegebruiksfunctie. Het gaat hierbij om zeewier- en schelpdierkweek en passieve visserij. Voor zeewier- en schelpdierkweek wordt deze inschatting gemaakt op basis van abiotische randvoorwaarden en voor visserijsoorten worden surveygegevens en aanlandgegevens gebruikt om aan te geven welke gebieden op dit moment meer of minder geschikt lijken ten opzichte van elkaar. Het betreft een update van eerder, vergelijkbaar uitgevoerde studies door van den Bogaart et al. (2019, 2020) waarbij de soortenselectie is aangepast en er daarnaast recentere data en modellen zijn gebruikt.

Zeewierkweek

Na een korte verkenning zijn er voor de huidige studie de volgende drie soorten geselecteerd: Suikerwier (*S. latissima*), Vingerwier (*L. digitata*) en Knotswier (*A. nodosum*). Deze soorten zijn inheems voor Nederland en op basis van expertinschatting is beoordeeld dat de kweek van deze soorten op de Noordzee heeft een redelijke kans van slagen heeft.

Factoren die de overleving en groei van zeewier in hangcultures beïnvloeden zijn nutriëntfluxen en nutriëntverhoudingen. Waarden voor opgeloste anorganische stikstof en opgelost anorganisch fosfaat zijn gehaald uit het 3D Dutch Continental Shelf Model – Flexible Mesh (3D DCSM-FM). De waarden van de nutriëntverhoudingen worden wel gegeven, maar omdat er onvoldoende bekend is over de impact van deze ratio op de geschiktheid wordt deze niet meegenomen in de classificatie. De beoordeling van de geschiktheid van de omgeving van de zeewiersoorten is gedaan op basis van de nutriëntenfluxen: DIN * stroomsnelheid en DIP * stroomsnelheid (DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen, totaal opgelost anorganisch stikstof), DIP: Dissolved Inorganic Phosphorus, totaal opgelost anorganisch fosfaat). Hierbij is er bij de geschiktheidsindicatie van uitgegaan dat de parken met de hoogste nutriëntenfluxen relatief geschikter zijn voor zeewierkweek dan de parken met lagere fluxen.

Op basis van deze exercitie kunnen we concluderen dat de parken in het zuidelijke deel van de Noordzee dichtbij de kust het meest geschikt zijn voor zeewierkweek. Verder weg van de kust en ten Noorden van de Wadden zijn de parken redelijk geschikt en de meest Noordelijke zoekgebieden zijn niet geschikt voor zeewierkweek van de geselecteerde drie soorten.

Een belangrijke kanttekening bij de uitkomsten is dat de scores van de nutriëntenfluxen enigszins arbitrair zijn. Daarnaast is het door gebrek aan specifieke kennis over de opname dynamiek van nutriënten door de zeewieren ook niet mogelijk om onderscheid te maken tussen de zeewiersoorten. Nutriëntverhouding is niet meegenomen in de scoring, maar zal hoogst waarschijnlijk wel van invloed zijn en de conclusie over de geschiktheid van bepaalde locaties kunnen beïnvloeden. Bij (zeer) hoge nutriënt- en hoge lokale chlorofyl-concentraties kan het gekweekt zeewier overgroeid raken met sessiele biota met een verminderde groei als gevolg. Daarnaast wordt de zeewier commercieel minder waard door de fysieke vervuiling. Omdat de nutriëntenconcentraties op zee lager zijn dan bij de kust, is het vermoeden dat dit in de windparken niet een groot probleem zal zijn, maar dit zal moeten blijken uit de praktijk.

Schelpdierkweek

Voor een inschatting van de kansen voor schelpdierkweek op de Noordzee wordt gekeken naar de kweek van mosselen en platte oesters in de vorm van hangcultures.

Factoren die overleving en groei van schelpdieren in hangcultures beïnvloeden zijn zoutgehalte, watertemperatuur, zuurstofconcentratie, stroomsnelheid, voedselaanbod (waarvoor chlorofyl als proxy gebruikt wordt), en zwevend stofgehalte (SPM). Aangezien in de Noordzee voor zoutgehalte, watertemperatuur en zuurstofconcentratie de ongeschikte waarden niet worden bereikt, worden deze verder niet meegenomen. Voor schelpdieren zijn zowel chlorofylconcentratie als de flux van chlorofyl gebruikt om geschiktheid te bepalen. Waarden voor chlorofyl concentratie ($\mu\text{g L}^{-1}$), slibgehalte (mg L^{-1}) en stroomsnelheden (m s^{-1}) worden uit het 3D DCSM-FM model gedestilleerd en de flux voor chlorofyl wordt berekend (chlorofyl concentratie * stroomsnelheid).

Op basis van deze exercitie kunnen we concluderen dat meeste parken in de Noordzee geschikt zijn voor schelpdierkweek. Alleen de meest Noordelijke zoekgebieden zijn niet geschikt voor het kweken van de schelpdieren mossel en platte oester.

Een belangrijke kanttekening bij de uitkomsten is dat, doordat er vooralsnog onvoldoende wetenschappelijke basis is voor een passend onderscheid, de grenswaarden die zijn gekozen enigszins arbitrair zijn. Wanneer er voor chlorofyl andere grenswaarden worden gekozen, zal dit logischerwijs ook de uitkomsten beïnvloeden. Daarnaast is er geen economische afweging gemaakt bij het aangeven van geschiktheid. Het is zeer goed mogelijk dat juist de gebieden als IJmuiden Ver en Lageland geschikter zijn voor kweek dan bijvoorbeeld Nederwiek en Zoekgebied 3 vanwege de grotere vaarafstand. Ook kan het best zijn dat de chlorofyl flux die leidt tot economisch rendabele kweek verschillend is voor mosselen en oesters. Met de huidige stand van kennis is er echter de pragmatische keuze gemaakt om ze gelijkaardig te scoren.

Passieve visserij

Voor deze studie is, in overleg met LNV een selectie gemaakt van kansrijke soorten inktvissen, vissen en schaaldieren voor toepassing van passieve visserij in windparken: zeekat (*Sepia officinalis*), dwergpijlinktvis (*Allotheuthis subulata*), pijlinktvis (*Loligo spp.*), schol (*Pleuronectes platessa*), tong (*Solea solea*), kabeljauw (*Gadus morhua*), zeebaars (*Dicentrarchus labrax*), tarbot (*Scophthalmus maximus*), griet (*Scophthalmus rhombus*), makreel (*Scomber scombrus*), rode poon (*Chelidonichthys lucerna*), Noordzeekrab (*Cancer pagurus*), Noordzeekreeft (*Homarus gammarus*), fluwelen zwemkrab (*Necora puber*), Noorse kreeft (*Nephrops norvegicus*).

Het voorkomen van de bovengenoemde soorten wordt inzichtelijk gemaakt door de gegevens van bestaande visserij en gegevens van twee visserij onafhankelijke monitoringsprogramma's (de North Sea International Bottom Trawl Survey (NS-IBTS) en de Beam Trawl Survey (BTS) (uitgevoerd in kwartaal 1 en 3) uit de jaren 2017 en 2021 ruimtelijk weer te geven. Vervolgens is gekeken naar de relatieve geschiktheid van de windparken voor passieve visserij op basis van het voorkomen van deze vissoorten in de verschillende windgebieden.

De beschikbare data is beperkt bruikbaar het onderzoeken van de aanwezigheid van bepaalde soorten; de surveygegevens zijn momentopnames en daarbij zijn de gebruikte tuigen niet voor alle soorten geschikt. De logboekgegevens uit de visserij worden gedomineerd door de huidige visserijtypen, gesleepte tuigen en zegens, die hoogstwaarschijnlijk niet toegepast kunnen gaan worden in de windparken. De vangsten van de gesleepte tuigen geven dus maar beperkt inzicht in de vangstmogelijkheden en of dit rendabel kan zijn voor de statische visserijen die mogelijk toegestaan gaan worden.

De surveys en de logboekgegevens laten voor de meeste soorten zien dat deze over een groot gebied kunnen worden gevangen en op basis van de huidige gegevens is het onderscheid dat te maken valt dan ook beperkt. Uitzonderingen daarop zijn de "zuidelijke" soorten (o.a. zeebaars, pijlinktvis, zeekat, mul) die zich met name ophouden in de zuidelijke Noordzee. Voor deze soorten zal er geen visserij plaats gaan vinden in de noordelijkste gebieden. Hetzelfde geldt voor soorten die nog wel over zo goed als het gehele NCP worden aangetroffen, maar in de noordelijkste gebied in lagere aantallen.

o.a. tong en rode poon. De enige soort die juist meer noordelijk voorkomt en niet in de zuidelijke wateren is de Noorse kreeft, deze soort bevindt zich uitsluitend in en nabij de noordelijke zoekgebieden. Schol, tarbot en griet zien we overal voorkomen op de Noordzee.

Voor sommige soorten geldt dat ze worden aangetrokken door windparken. De huidige gegevens zijn daarom niet altijd representatief voor de situatie nadat de parken zijn gebouwd. Kabeljauw, krabben en kreeften worden aangetrokken door de stortsteen rond de palen en zeebaars, makreel en horsmakreel worden aangetrokken door de structuren in de waterkolom. De parken bieden juist voor deze soorten wellicht meer mogelijkheden voor visserij. In het geval van kabeljauw en zeebaars is het vanuit de huidige (lage) toestand van het bestand bezien nog wel de vraag of het mogelijk en/of gewenst is om op deze soorten te gaan vissen.

Tot slot

In de huidige studie is een indicatie gegeven van de relatieve geschiktheid van verschillende (wind)gebieden op de Noordzee voor verschillende vormen van voedselproductie. Vanwege verschillende beperkingen van de gegevens en kennis is het niet mogelijk om een kwantitatieve inschatting te geven. Of de verschillende vormen van voedselproductie ook daadwerkelijk kans van slagen hebben hangt daarnaast af van meer factoren dan de geschiktheid van een gebied. Om de kansrijkheid van deze activiteiten binnen windparken in te kunnen schatten, spelen ook factoren als ecologische impact en draagkracht (voor zeewier en mosselkweek), technische haalbaarheid, economische haalbaarheid (en marktkansen), regelgeving en risicoafwegingen een rol. Deze zaken vallen buiten de scope van deze opdracht en de daadwerkelijke haalbaarheid van zeewier-, schelpdierkweek en passieve visserij in windparken zal de komende tijd moeten blijken onderzoek en uit testen in de praktijk.

Summary

In the coming years, wind energy parks will be developed in large parts of the North Sea. In order to make optimal use of the increasing scarcity of space at sea, the Netherlands is aiming for multi-functional or co-use of space (through Marine Spatial Planning). As an example of this, space within the designated wind energy areas will in principle become available for co-use in the form of food production, renewable energy generation and storage or for nature (reinforcement).

The current study estimates the suitability of the existing, already planned and yet to be designated wind energy areas for food production as a co-use function. These include seaweed and shellfish (bivalve molluscs) farming and passive fishing. For seaweed and shellfish farming, this estimate is based on abiotic boundary conditions, and for fishery species, survey data and landings data are used to indicate which areas currently appear more, or less suitable relative to each other. This is an update of earlier studies by van den Bogaart et al. (2019, 2020), with (in some cases) another species selection and use of recent data and models.

Seaweed culture

After an exploration study, the following three species were selected for the current study: sugar kelp (*Saccharina latissima*), oarweed (*Laminaria digitata*) and knotted wrack (*Ascophyllum nodosum*). These species are native to the Netherlands, and thus allowed in the regulatory framework, and based on expert estimation, it was assessed that rearing these species in the North Sea has a reasonable chance of success (without considering economic indicators).

Factors affecting the survival and growth of seaweed in suspended cultures are nutrient fluxes and nutrient ratios. Values for dissolved inorganic nitrogen and dissolved inorganic phosphate were extracted from the 3D Dutch Continental Shelf Model - Flexible Mesh (3D DCSM-FM). The values of the nutrient ratios are demonstrated, but as not enough is known about the impact of this ratio on suitability, it is not included in the classification. The assessment of environmental suitability of the seaweed species was done based on the nutrient fluxes: DIN * current velocity and DIP * current velocity (DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen, DIP: Dissolved Inorganic Phosphorus). Here, the suitability assessment assumed that the parks with the highest nutrient fluxes are relatively more suitable for seaweed cultivation than those with lower fluxes.

Based on this exercise, we can conclude that the parks in the southern part of the North Sea close to the coast are most suitable for seaweed farming. Further away from the coast and north of the Wadden Islands, the parks are reasonably suitable and the northernmost wind energy exploration areas are not suitable for seaweed farming of the selected three species.

An important note on the results is that the scores of nutrient fluxes are somewhat arbitrary. In addition, due to lack of specific knowledge on nutrient uptake dynamics by the seaweeds, it is also not possible to distinguish between seaweed species. Nutrient ratios are not included in the scoring but will most likely have an impact and may influence the conclusion about the suitability of certain sites. At (very) high nutrient and high local chlorophyll concentrations, the cultured seaweed may become overgrown with sessile biota resulting in reduced growth. In addition, the seaweed becomes commercially less valuable due to physical contamination. Because nutrient concentrations are lower at sea than near the coast, it is suspected that this will not be a major problem in the wind farms, but this will have to be demonstrated in practice.

Shellfish culture

To estimate the feasibility of shellfish culture in the North Sea, the culture of blue mussel (*Mytilus edulis*) and European flat oysters (*Ostrea edulis*) in the form of suspended cultures is considered in this study.

Factors that influence survival and growth of shellfish in suspended (semi-submersed) cultures are salinity, water temperature, oxygen concentration, current velocity, food supply (for which chlorophyll is used as a proxy), and suspended solids content (SPM). Since unsuitable values (values outside the determined biological preferring range) are not reached in the North Sea for salinity, water temperature, and oxygen concentration, these are not further considered as restrictions. For shellfish, both chlorophyll concentration and chlorophyll flux were used to determine suitability. Values for chlorophyll concentration ($\mu\text{g L}^{-1}$), silt content (mg L^{-1}) and flow rates (m s^{-1}) are distilled from the 3D DCSM-FM model and the flux for chlorophyll is calculated (chlorophyll concentration * flow rate).

Based on this exercise, it is concluded that most of the North Sea wind energy parks are suitable for the selected shellfish cultures. Only the northernmost search areas are not suitable for cultivating the blue mussels and flat oysters.

An important consideration on the results is that, there is insufficient scientific basis for appropriate distinctions, the chosen limits are somewhat arbitrary. If other limits are chosen for eg. chlorophyll, this will subsequently also affect the outcomes of the ranking. In addition, there is no economic consideration in indicating suitability. It is quite possible that areas such as IJmuiden Ver and Lageland are more suitable for rearing than, for example, Nederwiek and Search Area 3 because of the larger sailing distance. Also, it may well be that the chlorophyll flux leading to economically profitable farming is different for mussels and oysters. However, with the current state of knowledge, the pragmatic choice was made to score them similarly.

Passive fishing

For this study, in consultation with LNV, a selection of promising species of squid, fish and crustaceans for application of passive fishing in wind energy parks was made, including; cuttlefish (*Sepia officinalis*), dwarf squid (*Allotheuthis subulata*), squid (*Loligo spp.*), plaice (*Pleuronectes platessa*), sole (*Solea solea*), cod (*Gadus morhua*), sea bass (*Dicentrarchus labrax*), turbot (*Scophthalmus maximus*), brill (*Scophthalmus rhombus*), mackerel (*Scomber scombrus*), red gurnard (*Chelidonichthys lucerna*), North Sea crab (*Cancer pagurus*), North Sea lobster (*Homarus gammarus*), velvet swimming crab (*Necora puber*), Norway lobster (*Nephrops norvegicus*).

The occurrence of these species is analysed by spatially displaying data from existing fisheries and data from two fishery independent monitoring programs (the North Sea International Bottom Trawl Survey (NS-IBTS) and the Beam Trawl Survey (BTS) (conducted in quarter 1 and 3) from the years 2017 and 2021. After that the relative suitability of the wind farms for passive fishing is described based on the occurrence of these fish species in the different wind areas.

The available data is of limited use for the examination of the presence of certain species for different reasons. The survey data are snapshots (in time and space) and the gears used are not always considered suitable for catching all species that were subject of this study. The logbook data from fisheries are dominated by current dominant fishing gears; trawl gear and seines, which most likely cannot be applied in the wind energy areas. The catches from the trawls therefore provide limited insight into the fishing opportunities in the wind farms.

The surveys and logbook data show for most species that they can be caught over a wide area and therefore, based on current data, the distinctions that can be made are limited. The exceptions are the "southern" species (e.g., sea bass, squid, cuttlefish, mullet) that occur primarily in the southern part of the North Sea. For these species, fishing opportunities northernmost areas will most probably be limited. The same applies to species that are present at the whole NCP, but in the northernmost area in lower numbers, including sole and red gurnard. Plaice, turbot and brill are seen everywhere in the North Sea. The only species that occurs more northerly and not in southern waters is the Norway lobster, this species is found exclusively in and near the northern search areas.

Some species are attracted to wind energy structures. Therefore, current data may not be representative of the situation after the wind farms are built. Cod, crabs and lobsters are attracted by the scour protection around the pilings, and bass, mackerel and horse mackerel are known to be attracted by the structures in the water column. The parks may offer more fishing opportunities for

these very species. In the case of cod and sea bass, from the current (low) state of the stock, the question remains whether it is possible and/or desirable to fish for these species.

In conclusion

In the current study an indication of the relative suitability of different (wind) areas in the North Sea for different forms of food production is provided. Due to various limitations of data and knowledge, it is not possible to give a quantitative estimate. Furthermore, whether the various forms of food production have a chance of success depends on more factors than the feasibility/suitability of an area. Factors such as ecological impact and carrying capacity (for seaweed and mussel farming), technical feasibility, economic feasibility (and market opportunities), regulations and risk considerations are equally important factors to achieve (successful) food production activities within wind energy farms. These issues are beyond the scope of this assignment, and the actual feasibility of seaweed, shellfish farming and passive fishing in wind farms will need to be proven in future research and actual implementation of (pilot)projects in the field.

1 Inleiding

Achtergrond

Windparken op Zee (WOZ) worden gezien als een belangrijk middel voor Nederland om te voldoen aan het VN-Klimaatakkoord van Parijs uit 2015 en het Nederlandse Klimaatakkoord uit 2019. Op dit moment zijn de ambities van het kabinet verhoogd naar 21 gigawatt op te wekken windvermogen in 2030, zoals bekend gemaakt in het juni van 2022 (Rijksoverheid, 2022a). Het streven is om in de jaren erna nog verder uit te breiden naar zo'n 50 gigawatt in 2040 en 70 gigawatt in 2050. De grootschalige uitrol van Wind op Zee vraagt om een herziening van het ruimtegebruik voor de verschillende gebruiken/gebruikers op de Noordzee. Daarnaast zijn binnen onder andere het OSPAR-verdrag en de EU-richtlijnen (de Vogelrichtlijn (VR) en de Habitatrichtlijn (HR), en Kaderrichtlijn Marine Strategie (KRM)) nationaal en internationaal duidelijke randvoorwaarden gesteld om het ecosysteem van de Noordzee te kunnen herstellen en beschermen.

Met het Programma Noordzee 2022-2027 stelt het Rijk de kaders voor ruimtelijk gebruik van de Noordzee in relatie tot de toestand van het mariene ecosysteem en voor het beleid gericht op het verbeteren van de milieutoestand (Rijksoverheid, 2022b). Het Noordzeeakkoord bevat afspraken tussen het Rijk en stakeholderpartijen om de strategische opgaven voor de energie-, natuur- en voedseltransitie op de Noordzee met elkaar in balans te brengen (Rijksoverheid, 2021). Multifunctioneel ruimtegebruik is daar aangemerkt als een leidend principe om optimaal gebruik te kunnen maken van de schaarse ruimte (afspraken 3.3, NZA).

De ruimte binnen de windenergiegebieden is/wordt in principe beschikbaar voor medegebruik in de vorm van natuurontwikkeling, voedsel (passieve visserij en maricultuur, dat wil zeggen: zeewier- en schelpdierkweek) en hernieuwbare energieopwekking en opslag (Rijksoverheid, 2022). In een zogenaamde handreiking gebiedspaspoort wordt middels zonering aangegeven waar in een windenergiegebied ruimte is voor welk type medegebruik. Uitgezonderd van medegebruik zijn: doorvaartpassages, onderhouds- en veiligheidszones rondom platforms, windturbines, infield-kabels en de logische vaarroutes daar naartoe.

Daarnaast is het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit bezig met het ontwikkelen van een visie voor duurzame voedselwinning uit zee en grote wateren, welke kaders gaat geven voor de productie/oogst van voedsel, in afstemming met het Noordzee akkoord en de werkgroep Voedseltransitie (Rijksoverheid, 2023).

Probleemstelling

Om invulling te geven aan het beleid rondom medegebruik binnen windparken is behoefte aan extra informatie over de geschiktheid van de (geplande) windparken voor de verschillende vormen van medegebruik. Voor voedselproductie is hiertoe in 2019 en 2020 door Van den Bogaart et al. (2019, 2020) in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) onderzoek gedaan naar de relatieve geschiktheid van de destijds geplande windparken wat betreft de toepassing van kweek en/of passieve vormen van visserij voor verschillende soorten zeewier, schaal-, schelpdieren en vissen. Gezien de onlangs aangekondigde uitbreiding van windenergiegebieden en het beschikbaar komen van nieuwe informatie, data en inzichten is er behoefte aan een update van deze exercitie. Hierin worden de nieuwe reeds aangewezen gebieden meegenomen, en de zoekgebieden voor nog aan te wijzen windparken.

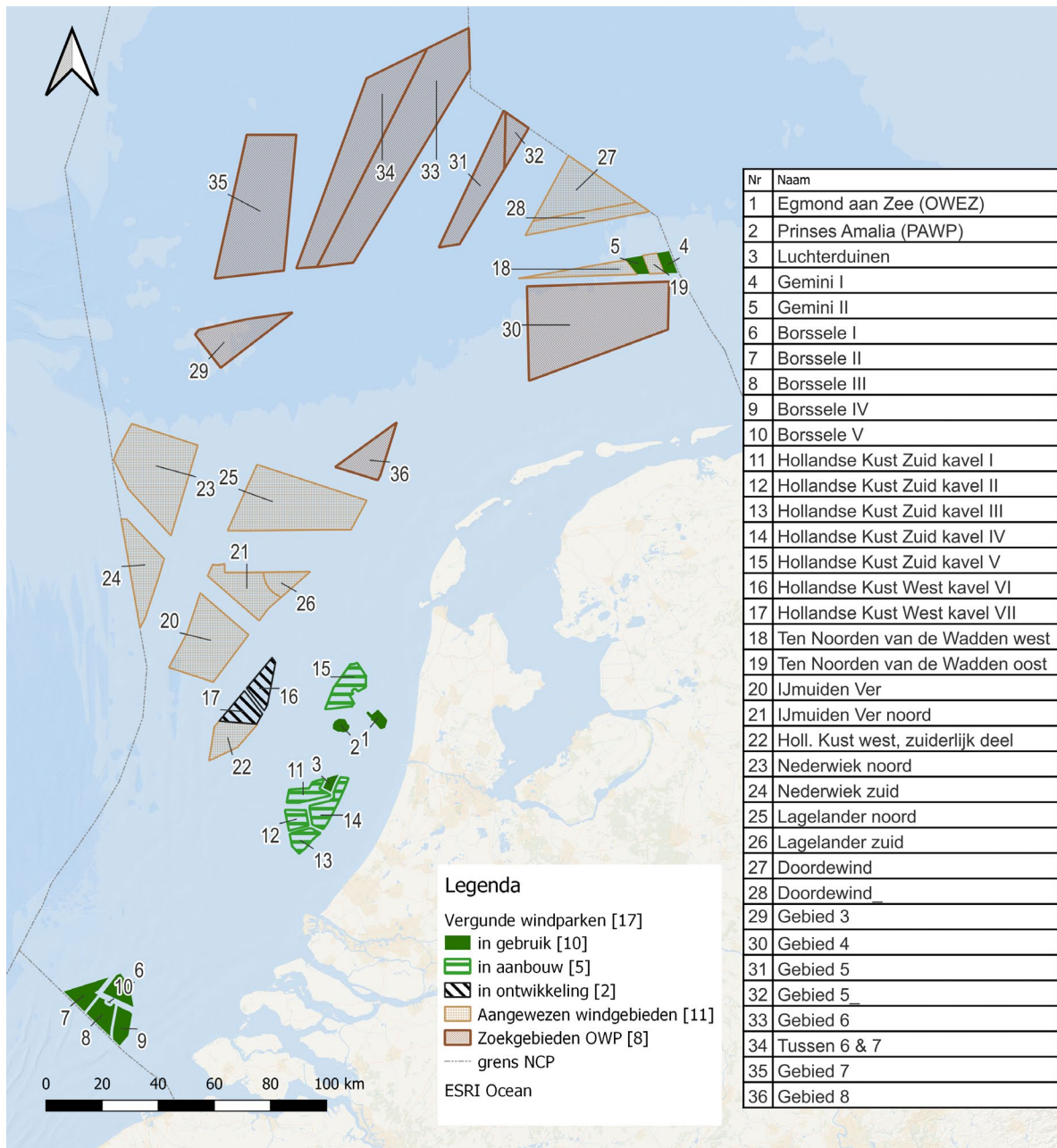
Kennisvraag

Het ministerie van LNV heeft aan Wageningen Marine Research en Deltares gevraagd om een inschatting te maken van de geschiktheid van verschillende vormen van voedselproductie in de vorm van zeewier- en schelpdierkweek en passieve visserij als medegebruiksfunctie in zowel de bestaande, reeds geplande als nog aan te wijzen windparkgebieden. De huidige studie betreft een update van de beide studies van Van den Bogaart et al. (2019, 2020). De soortenselectie is geüpdatet en aangepast, daarnaast zijn recente data en modellen gebruikt.

Het geven van een kwantitatieve beoordeling van de kansrijkheid van de gebieden voor de potentiële productiviteit van een selectie aan soorten valt buiten de scope van deze opdracht. Dat wil zeggen dat er in dit rapport niet wordt aangegeven hoeveel er per soort gevangen of gekweekt kan worden, enkel welke gebieden op dit moment meer of minder geschikt lijken ten opzichte van elkaar.

2 Methoden

De windenergie-op-zee-locaties die onderzocht worden op hun kwalitatieve geschiktheid voor de kweek of vangst van de genoemde soorten of soortgroepen zijn de bestaande gebieden en de reeds geplande windenergiegebieden en nog aan te wijzen gebieden (zg. zoekgebieden) uit programma Noordzee: Hollandse Kust West Zuidelijk deel, IJmuiden Ver Noord, IJmuiden Ver, Nederwiek Noord, Nederwiek Zuid, Lagelanders Noord, Lagelanders Zuid, Doordewind, en de zoekgebieden 3, 4, 5 (middenberm), 6, 7 en 8 (figuur 2.1).



Figuur 2.1. Bestaande en geplande windenergie gebieden en zoekgebieden voor toekomstige windenergiegebieden in het Nederlandse deel van de Noordzee (Nederlands Continentaal Plat (NCP)).

2.1 Zeewierkweek

2.1.1 Soortenselectie

In Van den Boogaart et al. (2020) worden een vijftal wieren aangegeven die potentieel op de Noordzee gekweekt zouden kunnen worden. Sinds het verschijnen van Van den Boogaart et al. (2020) zijn er verschillende nieuwe inzichten gekomen, maar zijn er ook een aantal nuances aan te brengen in de specifieke kansen en mogelijkheden van de verschillende soorten als gevolg van diverse studies naar de optimalisatie, haalbaarheid en risico mitigatie van zeewierkweek (Van den Burg et al. 2016, Van Hal et al., 2018, Koch et al., 2021).

Momenteel vindt er nog geen commerciële kweekactiviteit plaats in het Nederlandse deel van de Noordzee. Wel zijn er de verschillende pilots gaande waaronder op de testlocatie van North Sea Innovation Lab (oa. North Sea Farmers), 12 kilometer uit de kust bij Scheveningen (Wienhoven et al., 2023). Daar wordt praktijkonderzoek gedaan naar de haalbaarheid en technieken voor het kweken van zeewier op de Noordzee. Op de Oosterschelde vindt wel reeds commerciële kweek plaats (Wienhoven et al. 2023). Er is hoe dan ook nog veel onbekend over de randvoorwaarden en de draagkracht van het natuurlijk systeem voor de kweek van zeewier (Koch et al. 2021).

Initieel waren er voor het huidige project negen wiersoorten geselecteerd. Voor elk van deze soorten is een quick scan uitgevoerd waarbij de potenties, randvoorwaarden en beperkingen voor het kweken op de Noordzee op een rij zijn gezet (zie bijlage 1). Deze quick scan is de basis voor de expertinschatting voor de potentie van de kweek van de verschillende soorten in de Noordzee. Deze beoordeling is gedaan op basis van inschattingen en informatie die beschikbaar is binnen het uitvoerend wetenschappelijk team. De indeling van geschiktheid is hiermee enigszins arbitrair, maar geeft voldoende zekerheden voor de mogelijkheden in het komend decennium. Daarnaast is gekeken of de soort wettelijk gezien in Nederlandse wateren mag worden gekweekt. Voor soorten die niet inheems zijn, oftewel niet oorspronkelijk in Nederlandse wateren voorkomen, geldt dat het niet is toegestaan om deze te kweken op open zee (EU Verordening nr 114/2014). Daarom is in overleg met LNV besloten deze niet inheemse soorten (en stammen) niet mee te nemen in deze exercitie.

Op basis van de quick scan zijn 3 soorten geselecteerd die voor de huidige studie relevant zijn:

- Suikerwier (*S. latissima*),
- Vingerwier (*L. digitata*)
- Knotswier (*A. nodosum*).

Deze drie soorten zijn inheems voor Nederland en de expertinschatting is dat de kweek van deze soorten op de Noordzee een redelijke kans van slagen heeft (tabel 2.1).

Een randvoorwaarde is dat de zeewieren voldoen aan de strenge regelgeving voor bepaalde stoffen (bijv. jodium en arseen). Voor sommige soorten (suikerwier) is bekend dat lage concentraties van fosfaat in de omgeving mogelijk kunnen leiden tot verhoogde opname van arsenicum (lopend onderzoek KB37-002-055). Vermoedelijk zijn er in de Noordzee locaties met een verhoogd risico op (bijvoorbeeld) onacceptabele arsenicumconcentraties. Op deze locaties kan het zo zijn dat specifieke batches niet geschikt zijn voor humane of dierlijke consumptie (ProSeaweed 2018, Jak et al., 2020, Mes et al., 2021). Dit soort factoren zijn niet meegenomen in de analyse. Deze richt zich op de kwalitatieve geschiktheid voor zeewierkweek op basis van aanwezigheid van nutriëntfluxen en verhoudingen.

Tabel 2.1. Overzicht van de besproken soorten, inheems en niet inheems: met een expertinschatting van geschiktheid voor kweek op de Noordzee voor de inheemse soorten. ++: zeer geschikt, +: geschikt, 0: beperkt geschikt, -: niet geschikt.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse Naam	Inheems (Ja/Nee)	Geschiktheid (-/0/+/++) Onderbouwing vanuit de expert judgement	
<i>Saccharina latissima</i>	Suikerwier	Ja	++	Zeer geschikt en huidige pilots richten zich op deze soort.
<i>Laminaria digitata</i>	Vingerwier	Ja	+	Geschikt, maar lange groeiperiode
<i>Fucus vesiculosus</i>	Blaaswier	Ja	0	Beperkte geschiktheid doordat de soort periodiek droog moet vallen
<i>Ascophyllum nodosum</i>	Knotswier	Ja	+	Geschikt, de soort moet periodiek droogvallen, maar er is wel een commerciële markt.
<i>Palmaria palmata</i>	Dulse	Nee		
<i>Undaria pinnatifida</i>	Wakame	Nee		
<i>Porphyra sp.</i>	Purperwier	Soort specifiek	-	Zeer fragiele soort, stroming en andere omstandigheden maken kweek op de Noordzee niet interessant.
<i>Ulva sp.</i>	Zeesla	Soort specifiek	-	Zeer fragiele soort, stroming en andere omstandigheden maken kweek op de Noordzee niet interessant.
<i>Alaria esculenta</i>	Vleugelkelp	Nee		

2.1.2 Aanpak

2.1.2.1 Randvoorwaarden

Factoren die de overleving en groei van zeewier in hangcultures beïnvloeden zijn nutriëntfluxen en nutriëntverhoudingen. De nutriëntflux is de hoeveelheid nutriënten dat per tijdseenheid bij het zeewier langs komt. In het algemeen geldt, hoe hoger de nutriëntflux, hoe hoger de potentiële productiecapaciteit (bijvoorbeeld uitgedrukt als ton droge stof/ ha / jaar).

De verhouding tussen de macronutriënten stikstof en fosfaat kan ook een belangrijke stuurfactor zijn. Verschillende soorten zeewier hebben verschillende interne nutriëntenverhoudingen en daardoor mogelijk ook behoefte aan verschillende extern beschikbare nutriëntconcentraties. In de open oceaan is de verhouding tussen koolstof (C), stikstof (N) en fosfaat (P) ongeveer 106:16:1, de zgn. Redfield ratio (Auguères and Loreau, 2015). Voor veel mariene microalgen is dit een optimale verhouding, veel macroalgen lijken echter voorkeur te hebben voor een hogere N:P-ratio (Atkinson and Smith 1983, Xu et al. 2021). Op dit moment is niet bekend wat een zeer sterke afwijking van de Redfield ratio voor gevolgen heeft, maar er is zeker een kans dat een zeer scheve nutriëntenverhouding negatief kan uitwerken op de groei. Metingen aan nutriëntverhoudingen in zeewier weefsel, indicatief voor de behoefte en verhouding van N en P, kunnen sterk verschillen (tabel 2.2). Veel hangt af van de omstandigheden waaronder het zeewier is opgegroeid (Lubsch & Timmermans 2019).

Tabel 2.2. Uit de literatuur bekende C:N:P-ratio(s) in weefsel van verschillende zeewiersoorten (inclusief de referentie bronnen).

Zeewiersoort	C:N:P-ratio in weefsel	Referenties
Suikerwier (<i>S. latissima</i>)	117:13:01	Lubsch and Timmermans, 2019
	630:70:1	Bruhn et al., 2016
	126:14:01	Morrissey, Kraan and Guiry, 2001
Vingerwier (<i>L. digitata</i>)	80:08:01	Lubsch and Timmermans, 2019
	606:25:01	Pedersen, Borum and Fotel, 2010
Knotswier (<i>A. nodosum</i>)	814:37:01	Pedersen, Borum and Fotel, 2010

Voor de Nederlandse situatie zullen de waarden uit het werk van Lübsch en Timmermans (2019) het meest relevant zijn, aangezien deze zijn bepaald onder Nederlandse lichtcondities, temperatuur- en nutriëntenregimes. Vrijwel zeker zal de externe nutriëntenverhouding voor verschillende soorten verschillend uitwerken. Op basis van tabel 2.2 zou afgeleid kunnen worden dat vingerwier gevoeliger zou zijn voor een zeer lage N:P-ratio en dat knotswier beter zou groeien bij een N:P ratio die hoger ligt dan de Redfield-ratio. Echter, hoe de nutriëntenverhouding, los van de beschikbaarheid van individuele nutriënten, doorwerkt op de groei en potentiële productie is nog onbekend. In de scoringsmethodiek is deze factor niet meegenomen, wel wordt hier op ingegaan in de discussie. Voor de beoordeling van de geschiktheid van een omgeving voor de kweek van de wieren wordt alleen de nutriëntenflux meegenomen.

2.1.2.2 Modelbeschrijving

Gegevens uit het 3D Dutch Continental Shelf Model – Flexible Mesh (3D DCSM-FM) zijn gebruikt om de randvoorwaarden per windpark te evalueren. Het 3D DCSM-FM omvat het Noordwest-Europese Continentaal Plat dus inclusief de gehele Noordzee, Ierse Zee en Waddenzee. Het 3D DCSM-FM is goed gedocumenteerd, gevalideerd en gekalibreerd (Van Duren et al., 2021). Omdat waterkwaliteitsparameters voor deze beoordeling het belangrijkste zijn, is voor een model versie gekozen die voor de OSPAR-commissie is ontwikkeld. Deze versie is beschreven in (OSPAR, 2022) en staat onder beheer van Rijkswaterstaat. Hiervoor zijn modelresultaten uit de jaren 2009 – 2017 gebruikt. Dit model is ook gebruikt voor de analyse van schelpdierkweek.

2.1.2.3 Variabelen

Zoals beschreven in de randvoorwaarden zijn de nutriëntenflux en de nutriëntenverhouding belangrijk voor zeewierkweek. Daarom zijn nutriëntconcentraties, DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen, totaal opgelost anorganisch stikstof), DIP (Dissolved Inorganic Phosphorus, totaal opgelost anorganisch fosfaat) in μM , en stroomsnelheden (m s^{-1}) uit het model gehaald (tabel 2.3). De volgende keuzes zijn daarbij gemaakt:

1. De meeste kelp soorten (incl. suikerwier en vingerwier) groeien van het najaar tot en met het voorjaar en nemen daarom het grootste deel van de benodigde nutriënten op in de wintermaanden. Daardoor is gekozen om met winternutriënten te werken en dus zijn de nutriënten per jaar voor de wintermaanden gemiddeld (december tot met februari).
2. Stroomsnelheden zijn met name getij gedreven en variëren weinig door het jaar heen, daarom is voor stroomsnelheden per locatie een jaargemiddelde berekend.
3. Omdat zeewier aan het wateroppervlakte gekweekt worden, zijn nutriënten en stroomsnelheden uit de bovenste waterlaag gehaald. De diepte (in het model de dikte) van deze waterlaag kan variëren, afhankelijk van de lokale diepte.
4. Elke variabele is over de 10 modeljaren (2009-2017) gemiddeld om onafhankelijk van jaarverschillen te zijn.
5. De variabelen (DIN, DIP en stroomsnelheid) zijn per windpark gemiddeld.

Met de volgende stappen is een indicator voor de geschiktheid van een windpark per zeewiersoort berekend.

1. Nutriëntfluxen zijn genormaliseerd (tussen het maximum en 0) over alle windparken. Dit betekent dat elk genormaliseerde variabele nu een waarde tussen 0 (minimum) en 1 (maximum) heeft.
2. De genormaliseerde nutriëntfluxen zijn in drie categorieën ingedeeld: genormaliseerde fluxen boven 0,5 krijgen een score van 1, genormaliseerde fluxen tussen 0,5 en 0,25 krijgen een score van 0,5 en genormaliseerde fluxen onder 0,25 krijgen een score waarden van 0,1.
3. De indicatoren DIN- en DIP-flux zijn met elkaar vermenigvuldigd om een indicator-variabele voor het zeewier te berekenen (genoemd: *indicator zeewier*).
4. De *indicator zeewier* is gebruikt om voor elk windpark de geschiktheid per soort te bepalen.
5. De N:P-ratio is eveneens van belang voor soorten. De variabele is getoond en wordt meegenomen in de discussie. Echter, omdat er onvoldoende bekend is over de impact van deze ratio op de geschiktheid voor verschillende soorten zeewier is deze parameter niet meegenomen in de uiteindelijke classificatie.

De keuze voor een genormaliseerde nutriëntflux, i.p.v. een directe combinatie van de N- en de P-flux is gebaseerd op het feit dat de fosfaatconcentraties in het water veel lager zijn dan die van stikstof. Fosfaat zou daarmee een onevenredig laag belang krijgen in de flux.

Tabel 2.3. Samenvatting van model en post-processing variabelen voor zeewierkweek analyse.

Variabele	Beschrijving	Bron	Eenheid
DIN	Opgelost anorganische stikstof	Model	μM
DIP	Opgelost anorganische fosfaat	Model	μM
ucmag	stroomsnelheid	Model	m s^{-1}
DIN:DIP	Verhouding DIN tot DIP	Post-processing	-
DIN flux	$\text{DIN} \times \text{ucmag}^*$	Post-processing	$\mu\text{M m s}^{-1}$
DIP flux	$\text{DIP} \times \text{ucmag}^*$	Post-processing	$\mu\text{M m s}^{-1}$
Indicator DIN flux	Geclassificeerde genormaliseerde DIN flux [0.1,0.5,1]	Post-processing	-
Indicator DIP flux	Geclassificeerde genormaliseerde DIP flux [0.1,0.5,1]	Post-processing	-
Indicator zeewier	Indicator DIN-flux maal Indicator DIP-flux [0:1]	Post-processing	-

*ucmag = de magnitude van de snelheid

2.2 Schelpdierkweek

2.2.1 Beschrijving Soorten

Twee soorten schelpdieren lijken geschikt voor kweek op de Noordzee. Dit zijn de blauwe mossel (*Mytilus edulis*) en de platte oester (*Ostrea edulis*). De blauwe mossel en de platte oester zijn ook meegenomen in de studies van Van den Boogaart et al. (2019, 2020). Kweek van Japanse oesters (*Magallana gigas*, voorheen *Crassostrea gigas*) lijkt niet wenselijk op de Noordzee vanwege de mogelijke verdere verspreiding van deze invasieve exoot. Mosselen komen ruimtelijk gezien, overal voor op de Noordzee (Steenbergen et al., 2005) mits hier een geschikte habitat met voldoende schuilmogelijkheden en vestigingssubstraat aanwezig is. Voor mosselkweek op de Noordzee zijn daarnaast een aantal haalbaarheidsstudies uitgevoerd (Kamermans & Verdegem, 2004; Steenbergen et al., 2005; Kamermans et al., 2016). Voor oesterkweek op de Noordzee zijn nog geen haalbaarheidsstudies uitgevoerd. De platte oester is inheems in de Noordzee en kwam zo'n 150 jaar geleden op grote schaal (ruimtelijke spreiding en lokaal hoge dichtheden) voor en was een belangrijke habitatvormende soort (Olsen, 1883). Sindsdien is de soort functioneel uitgestorven door overbevissing en ziekte. Verschillende initiatieven hebben plaatsgevonden om de bestanden voor platte oester te herstellen. Dit betreft zowel haalbaarheidsstudies die geschikte locaties identificeerden (Smaal et al., 2015; Smaal et al., 2017; Kamermans et al., 2018; van Duren et al., 2022) als diverse pilots die goede groei en overleving van de oesters lieten zien (Didderen et al., 2018, 2019abc; Schutter et al., 2019). Op basis hiervan lijkt de Noordzee niet alleen geschikt voor de aanleg van platte-oesterriffen, maar ook voor de kweek van deze soort. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen kweek op of nabij de bodem en in de waterkolom.

In Nederland worden schelpdieren voornamelijk gekweekt in het Deltagebied en de Waddenzee. Daar is de meest voorkomende kweekmethode de bodemcultuur. Voor teelt in windparken wordt deze vorm minder haalbaar geacht vanwege het feit dat in grote delen van de Noordzee de bodem zeer dynamisch is. Dit betekent dat schelpdierbanken op de bodem weg kunnen eroderen of juist begraven kunnen worden. Met name in de diepere, noordelijke delen komt ook regelmatig stratificatie voor (van Duren et al 2021). Hierdoor is in bepaalde tijden van het jaar de uitwisseling van water en nutriënten tussen bodem en oppervlak verminderd, waardoor gebrek aan zuurstof en voedsel kan optreden. Daarnaast gaat met de huidige technieken en strategieën het oogsten van op de bodem geteelde schelpdieren gepaard met bodemberoering, wat niet is toegestaan in windparken. De meest haalbare vorm van schelpdierkweek op de Noordzee lijkt de hangcultuur.

Voor mosselkweek geldt dat mossellarven zich in het voorjaar hechten aan touwen of netten die in het water zijn opgehangen aan een horizontale longline die verankerd is aan de bodem. Bij uitgroei worden de mosselen tussentijds geoogst of behandeld, waarbij ze zich in lagere dichtheden opnieuw aan de touwen hechten met byssus draden. De meest economisch, ecologisch en kweek technische kweekcyclus voor de Noordzee moet nog worden bepaald.

Voor oesters geldt dat de platte oester alleen in lage aantallen aanwezig is in de Noordzee, hierdoor zal het uitgangsmateriaal voor de oesterkweek van elders moeten worden aangevoerd. Dit tot een moment dat er een natuurlijke capaciteit is om voor oesterlarven recruitment te zorgen. Om het risico op insleep van ziektes en exoten te minimaliseren moeten biosecurity regels in acht worden genomen. Dit houdt in dat alleen dieren uitgezet mogen worden die ziektevrij zijn, daarnaast moeten dieren behandeld worden met chloor om eventuele exoten te verwijderen. In tegenstelling tot mosselen kunnen oesters zich maar eenmaal in hun leven als larve aan substraat hechten. De oesters worden daarom in hangcultuur veelal in mandjes gekweekt. De randvoorwaarden voor de overleving en groei van oesters in (natuurlijke) oesterbanken op de bodem zijn dus fundamenteel anders dan die voor kweek in de waterkolom.

Schelpdierkweek vindt momenteel nog niet plaats op de Nederlandse Noordzee. In de Duitse Bocht is een proef uitgevoerd met de kweek van platte oesters in mandjes (Pogoda et al., 2011). De oesters lieten groei zien die vergelijkbaar was met de groei in kustgebieden. Meer recentelijk hebben in België pilots plaatsgevonden nabij de kust bij Nieuwpoort (Value@Sea) en verder offshore (Edulis). In het project Value@Sea is ervaring opgedaan met de kweek van platte oesters en St Jakobsschelpen. Bij de kweek van oesters vond veel aangroei op de mandjes plaats, maar groei en kwaliteit van de oesters was goed. De kweek van St Jacobschelpen bleek niet haalbaar i.v.m. hoge sterfte (Persbericht Value@Sea 14092020.pdf (ugent.be)). In het project Edulis zijn mosselen gekweekt in een windpark Belwind. Hierbij lag de focus op de ontwikkeling van een systeem dat robuust genoeg is om de dynamische offshore omstandigheden te doorstaan (Edulis: Offshore mussel culture in wind farms | BLUEGent (ugent.be)). In de projecten 'UNITED' en 'wier en wind' is mosselkweek op kleine schaal toegepast, primair om de performance van systemen te testen.

2.2.2 Aanpak

2.2.2.1 Randvoorwaarden

Factoren die overleving en groei van schelpdieren in hangcultures beïnvloeden zijn zoutgehalte, watertemperatuur, zuurstofconcentratie, stroomsnelheid, voedselaanbod (waarvoor chlorofyl als proxy gebruikt wordt), en zwevend stofgehalte (SPM). Voor schelpdieren zijn zowel chlorofylconcentratie als de flux van chlorofyl gebruikt om geschiktheid te bepalen. In tabel 2.4 staan de door mosselen en platte oesters geprefereerde abiotische en biotische factoren. In de eerdere studie (Van den Boogaart et al. 2020) is gebruikgemaakt van gepubliceerde drempelwaarden van mosselkweek, waarbij bodemkweek data is aangevuld met beschikbare buitenlandse hangcultuur data. Voorliggende studie heeft deze drempelwaarden geüpdatet met zoveel mogelijk data afkomstig uit hangcultures, waar mogelijk is dit aangevuld met bodemcultuurdata. Op deze wijze wordt zo goed mogelijk specifiekere invulling aan de representativiteit voor de in windpark voorgestelde cultures gegeven.

In de verdere analyse zijn zoutgehalte, watertemperatuur en zuurstofconcentratie niet meegenomen omdat deze variabelen niet onderscheidend zijn binnen de Noordzee. In de Noordzee worden ongeschikte waarden voor deze variabelen niet bereikt zo blijkt uit het DCSM-FM model en de grenswaarden waar beneden (of waarboven) mosselen en oesters niet goed kunnen groeien komen in de windparken vrijwel niet voor. Voor stroming, chlorofyl concentratie en SPM zijn de randvoorwaarden voor oesters en mosselen gelijk en daarom worden deze soorten samengenomen in de verdere analyses.

Tabel 2.4. Randvoorwaarden abiotische en biotische factoren voor hangcultuur mosselen en platte oesters.

Factor	Soort	Ongeschikt	Minder geschikt	Geschikt	Referentie
Zoutgehalte [PSU]	Oester	< 19		>19	Hutchinson et al. 1992
	Mossel	< 11	11-25	>25	Rijsgard et al. 2014 Eertman & Smaal 1995
Watertemperatuur [°C]	Oester	<3, >30		3-30	Kamermans & Saurel 2022
	Mossel	<3, >25		3-25	Kamermans & Saurel 2022
Zuurstofconcentratie [mg/L]	Oester				
	Mossel	<1.78		>1.78	Belivermis et al. 2020
Stroming [m/s]	Oester				
	Mossel	<0.05 >1.44		>0.05 <1.44	Butman et al. 1994 Nielsen and Vismann 2014
Chlorofyl concentratie [µg/L]	Oester en Mossel	<0.5	0.5-3	3-30	Kamermans & Saurel 2022 Pascoe et al. 2009 Rijsgard et al. 2011 Filguira 2009
SPM [mg/L]	Oester en Mossel	>90	<0.15	0.15-90	Strohmeier 2009 Hawkins 1998 Barille 1997 Grant & Bacher 1998

2.2.2.2 Variabelen

Zoals beschreven in de randvoorwaarden zijn chlorofyl concentratie, slibgehalte, stroomsnelheden en chlorofyl flux belangrijk voor schelpdierteelt. Daardoor zijn chlorofyl concentratie ($\mu\text{g L}^{-1}$), slibgehalte (mg L^{-1}) en stroomsnelheden (m s^{-1}) uit het model gedestilleerd. Volgende keuzes voor de analyse zijn gemaakt:

1. Schelpdieren groeien voornamelijk in het voorjaar en zomer maanden. Daardoor is gekozen om chlorofyl en slibgehalte voor de maanden maart tot met september te middelen.
2. Voor stroomsnelheden is een jaargemiddelde berekend.
3. Omdat hangcultuur schelpdieren in de bovenste laag in de waterkolom gekweekt worden, zijn nutriënten en stroomsnelheden uit de bovenste waterlaag uit het model gedestilleerd.
4. Elk variabeel is over de 10 modeljaren gemiddeld om onafhankelijk van jaarverschillen te zijn.
5. De variabelen (chlorofyl, SPM en stroomsnelheid) zijn per windpark gemiddeld.

Met de volgende stappen is een indicator voor de geschiktheid van een windpark voor schelpdierkweek berekend:

1. Voor chlorofyl concentratie, SPM en stroomsnelheid is een indicator berekend. Deze indicatoren (genoemd indicator chlorofyl, indicator SPM en indicator ucmag) hebben waarden van 0.1 (ongeschikt), 0.5 (minder geschikt) of 1 (geschikt).
2. Voor de flux aan chlorofyl zijn geen echt harde grenswaarden bekend. Uit veldwaarnemingen aan boeien en infrastructuur is bekend dat mosselen in principe door vrijwel de hele Noordzee kunnen voorkomen, maar of de productiviteit voldoende is voor winstgevende mosselkweek is gissen. We hebben hier arbitraire limieten aangehouden waarbij aangenomen is dat fluxen van minder dan $0.1 \mu\text{g L}^{-1} \text{m s}^{-1}$ niet geschikt is voor commerciële kweek, boven de $1.5 \text{ L}^{-1} \text{m s}^{-1}$ goed geschikt is voor kweek en tussen de 1.0 en 1.5 minder geschikt (expert judgement). De indicator chlorofyl flux wordt vervolgens waarden van 0.1 (ongeschikt), 0.5 (minder geschikt) of 1 (geschikt) toegekend.

3. De indicator chlorofyl, indicator SPM, indicator ucmag en indicator chlorofyl flux zijn met elkaar vermenigvuldigd om een indicator variabele voor schelpdierkweek te berekenen (genoemd indicator schelpdier). De indicator schelpdier heeft waarden tussen 0 en 1. Hoe hoger de waarden, hoe geschikter.

Tabel 2.5 geeft een samenvatting van de modelvariabelen die gebruikt zijn voor de schelpdierkweek analyse.

Tabel 2.5. Samenvatting van variabelen die zijn gebruikt voor schelpdierteelt analyse inclusief de herkomst.

Variabele	Beschrijving	Afkomst	Eenheid
Chlorofyl	Chlorofyl concentratie	Model	$\mu\text{g L}^{-1}$
SPM	Suspended particulate matter (slib)	Model	mg L^{-1}
ucmag	stroomsnelheid	Model	m s^{-1}
Chlorofyl flux	chlorofyl x ucmag	Post-processing	$\mu\text{g L}^{-1} \text{m s}^{-1}$
Indicator Chlorofyl	Geclassificeerde Chlorofyl concentratie analoog met Tabel [0,1]	Post-processing	-
Indicator SPM	Geclassificeerde slibconcentratie analoog met Tabel [0.1,1]	Post-processing	-
Indicator ucmag	Geclassificeerde stroomsnelheid analoog met Tabel [0.1,1]	Post-processing	-
Indicator Chlorofyl flux	Geclassificeerde chlorofyl flux beschrijving boven [0.1,0.5,1]	Post-processing	-
Indicator Schelpdier	Indicator Chlorofyl + Indicator SPM + Indicator ucmag + Indicator Chlorofyl flux [0:1]	Post-processing	-

2.3 Passieve visserij

Naast de teelten op zeewier en schelpdieren, zal er ook ruimte binnen de windparken worden geboden om passieve visserijactiviteiten uit te voeren op soorten in hun "natuurlijke" omgeving (Rijksoverheid, 2022b). Passieve visserij is een manier van vissen waarbij, in tegenstelling tot de sleepnetvisserij, tuigen op hun plaats blijven en de vangst afhankelijk is van de beweging van de doelsoort richting het tuig. Onder passieve visserijmethodes vallen onder andere de visserij met staande netten, longline (of beugvisserij), jigvisserij, (commerciële) handlijnvisserij en de visserij met potten en korven. Op dit moment is het echter onbekend welke van deze technieken geschikt worden geacht voor toepassing binnen windparken en mogelijk toegelaten zullen worden. Een opsomming van de mogelijkheden van deze tuigen in de windparken is terug te lezen in een factsheet van Steenberg et al. (2020). Voor deze studie gaan we uit van de momenteel bestaande visserijmethoden, waarbij duidelijk is dat er in de toekomst mogelijk nieuwe kansen worden ontwikkeld voor het toepassen van nieuwe regelgeving of breder inzetbare visserijmethoden.

Voor deze studie is, in overleg met LNV een selectie gemaakt van kansrijke soorten inktvissen, vissen en schaaldieren voor toepassing van passieve visserij in windparken. Het gaat hierbij veelal om soorten die niet vastzitten in het gebied van het betreffende windpark, maar daar nu al voorkomen en waarschijnlijk ondanks de aanleg van het park het gebied blijven gebruiken. Wel kan het zo zijn dat de aanleg van een park (het hard substraat) zorgt voor het aantrekken van individuen uit de omgeving (van Hal et al. 2017), of mogelijk zelfs een geheel nieuw habitat vormt waar de soort langdurig

gebruik van gaat maken, denk hierbij aan Noordzeekreeft (*Homarus gammarus*) en Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) (Krone et al. 2017 & van Hal et al. 2017).

In overleg met LNV zijn de volgende soorten meegenomen:

- | | |
|--|---|
| – zee kat (<i>Sepia officinalis</i>), | – griet (<i>Scophthalmus rhombus</i>), |
| – dwergpijlinktvis (<i>Allotheuthis subulata</i>), | – makreel (<i>Scomber scombrus</i>), |
| – pijlinktvis (<i>Loligo</i> spp.), | – rode poon (<i>Chelidonichthys lucerna</i>), |
| – schol (<i>Pleuronectes platessa</i>), | – Noordzeekrab (<i>Cancer pagurus</i>), |
| – tong (<i>Solea solea</i>), | – Noordzeekreeft (<i>Homarus gammarus</i>), |
| – kabeljauw (<i>Gadus morhua</i>), | – fluwelen zwemkrab (<i>Necora puber</i>), |
| – zeebaars (<i>Dicentrarchus labrax</i>), | – Noorse kreeft (<i>Nephrops norvegicus</i>). |
| – tarbot (<i>Scophthalmus maximus</i>), | |

Een inschatting van relatieve geschiktheid van de windparken voor passieve visserij gebeurt op basis van het voorkomen van de bovengenoemde potentiële doelsoorten in de verschillende gebieden. Inzicht in het voorkomen van de verschillende soorten wordt verkregen op basis van gegevens van de bestaande visserij (VMS- (i.e. Vessel Monitoring through Satellite) gecombineerd met logboekgegevens) en gegevens van twee internationaal gecoördineerde visserij-onafhankelijke monitoringprogramma's (North Sea International Bottom Trawl Survey NS-IBTS en Beam Trawl Survey BTS) van de periode 2017-2021.

2.3.1 Haalbaarheid visserij

Om daadwerkelijk te kunnen beoordelen of visserijactiviteiten op bepaalde soorten in de betreffende windparken realistisch en haalbaar zijn, zijn er nog meer factoren van belang. Denk aan economische haalbaarheid, zaken rondom veiligheid en regelgeving en überhaupt technische haalbaarheid. Het onderzoek naar deze factoren valt buiten de scope van deze studie. Wel wordt er een indicatie gegeven van mogelijke passieve visserij technieken per soort. Daarnaast zijn de gemiddelde visprijzen op de Nederlandse afslagen van de jaren 2019, 2020, 2021 berekend (Kees Taal, Wageningen Economic Research). Vissen die weinig opleveren op de markt zijn over het algemeen minder geschikt voor passieve visserij waar lagere volumes worden gevangen in vergelijking met de meeste actieve visserijtypen. Een belangrijke opmerking daarbij is echter wel dat de met passieve vistuigen gevangen vis die door kleinere bootjes, binnen 24u na vangst in de markt wordt gezet naar alle waarschijnlijkheid meer zullen opleveren dan hier gemiddeld aangegeven. De prijzen kunnen per dag en per seizoen verschillen, afhankelijk ook van kwaliteit en volume op dat moment in de markt (pers. com. Kees Taal, Wageningen Economic Research).

2.3.2 Data

2.3.2.1 Commerciële visserij

De bestaande visserij op het NCP bestaat voornamelijk uit visserij met gesleepte tuigen. De boomkor is de meest gebruikte techniek, tijdelijk deels vervangen door de pulskor, maar ook andere technieken zoals de bordentrawl, zegens, flyshoot en recent cascadeurnetten worden gebruikt. Daarnaast worden er passieve visserij technieken gebruikt, zoals staand want/kieuwnetten, krabben/kreeften potten en korven, en hand/mechanische lijn.

Een deel van de schepen die gebruikt worden voor deze visserijen zijn uitgerust met het VMS-systeem. Het Nederlandse VMS-systeem is vanaf 1 januari 2000 in gebruik en wordt beheerd door de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA). De gegevens worden gebruikt voor toezicht, opsporing en handhaving, maar ze zijn ook bruikbaar voor de analyse van ruimtelijke dynamiek van visserijvloten. Schepen vanaf een lengte van 15 m zijn sinds 2005 VMS-plichtig en vanaf 2012 zijn schepen groter dan 12 m aan de VMS-plicht toegevoegd. Iedere twee uur (of een kortere intervaltijd indien dat gewenst is door de inspectiedienst) wordt er een VMS-sigitaal (ping) naar de satelliet gestuurd, waarbij de scheepsID, tijdstip, geografische positie, snelheid en richting van het schip wordt opgeslagen. Sinds 2015 is voor een aantal schepen deze intervaltijd verkort naar 30 minuten. Op basis van ID, tijd en positie kunnen VMS-gegevens gekoppeld worden aan logboekregistraties.

In logboeken wordt dagelijks bijgehouden wat een visser gevangen (gaat aanlanden) heeft gedurende een reis. Naast de vangsthoeveelheden per soort staat in het logboek ook het type tuig, afmetingen en maaswijdte, motorvermogen van het schip en het ICES-kwadrant waar het grootste deel van vangst binnen het etmaal is gerealiseerd. Door een koppeling tussen VMS en logboeken te maken is het mogelijk de bevissingsfrequentie voor een specifiek deel van de Nederlandse vloot te onderzoeken. Hierbij worden logboek gegevens uitsluitend gekoppeld aan VMS-pings die beoordeeld worden als visserijactiviteit (het schip is aan het vissen), deze inschatting wordt gedaan op basis van de vaarsnelheid. Een gedetailleerde beschrijving van de procedure met onderliggende aannames zijn te vinden in (Hintzen et al., 2013).

De gekoppelde VMS en logboek gegevens geven een ruimtelijk beeld van de herkomst van aangelande vis. Er is voor gekozen om deze aangelande vis weer te geven als de absolute hoeveelheid gewicht (kg) per jaar, gemiddeld over de jaren 2017-2021. Dit levert een indicatie voor hoeveel vis er in een gebied te vangen is in de huidige situatie. Echter is hierin niet de inspanning die nodig was om deze vis te vangen verwerkt (normaal weergegeven als Total Catch per Unit of Effort). Doordat het aanlandingen zijn van verschillende typen visserij, elke met zijn eigen vangstefficiëntie en doelsoorten, geeft het verwerken van inspanning verschillende uitdagingen in de interpretatie van de gegevens. Daarbij komt dat het niet in de verwachting ligt dat eventuele activiteiten in de windparken uitgevoerd gaan worden met vergelijkbare visserijtypen waardoor de aanlandingen per inspanning geen enkele garantie geven dat dit haalbaar is voor de eventuele visserijactiviteiten in de windparken.

Aanlandingsgegevens uit de logboeken zijn beschikbaar voor de volgende soorten:

- zeeekat (*Sepia officinalis*, FAO-code: CTC)
- pijlinktvis (*Loligo sp.*, FAO-code: SQR)
- schol (*Pleuronectes platessa*, FAO-code: PLE, MLS: 27cm)
- tong (*Solea solea*, FAO-code: SOL, MLS: 24 cm)
- kabeljauw (*Gadus morhua*, FAO-code: COD, MLS: 25cm)
- zeebaars (*Dicentrarchus labrax*, FAO-code: BSS, MLS: 42 cm)
- tarbot (*Scophthalmus maximus*, FAO-code: TUR)
- griet (*Scophthalmus rhombus*, FAO-code: BLL)
- makreel (*Scomber scombrus*, FAO-code: MAC, MLS: 30 cm)
- horsmakreel (*Trachurus trachurus*, FAO-code: HOM, MLS: 15 cm)
- rode poon (*Chelidonichthys lucerna*, FAO-code: GUU)
- mul (*Mullus surmuletus*, FAO-code: MUR)
- Noordzeekrab (*Cancer pagurus*, FAO-code: CRE)
- Noordzeekreeft (*Homarus gammarus*, FAO-code: LBE)
- fluwelen zwemkrab (*Necora puber*, FAO-code: LIO)
- Noorse kreeft (*Nephrops norvegicus*, FAO-code: NEP)

Gedurende deze periode zijn er veranderingen geweest in de commerciële vloot, o.a. de opkomst en vervolgens het verdwijnen van de pulskor (na invoering verbod) en een toename in flyshoot activiteiten. In bijlage 2 worden de verschillende tuigtypen op een hoog aggregatieniveau weergegeven en wordt ook per soort aangegeven met welke tuigen deze soort is gevangen. De specifieke samenstelling van de vloot heeft invloed op de verspreiding van de gegevens en de samenstelling van de aanlandingen. De aanlandingsgegevens zijn daarmee dus geen directe weergave van de aanwezigheid van vissoorten, maar een combinatie van deze aanwezigheid, de visserijintensiteit en het effect van de samenstelling van de vloot. Dit is met name het geval voor bijvangst soorten waarop de vloot niet gericht vist.

2.3.2.2 Visserij-onafhankelijke gegevens.

De visserij-onafhankelijke surveys worden uitgevoerd met als primaire doel het leveren van tijdseries over de aanwezigheid van jaarklassen van een selecte groep commerciële soorten. Deze tijdseries worden vervolgens gebruikt in het uitvoeren van de bestandschattingen. Het onderzoeksgebied wordt bemonsterd door twee verschillende surveys: de North Sea International Bottom Trawl Survey (NS-IBTS) en de Beam Trawl Survey (BTS). De IBTS (uitgevoerd in kwartaal 1 en 3) maakt gebruik van een type bordentrawl (GOV) en is met name gericht op de (juvenile) rondvissoorten (wijting,

schelvis, kabeljauw) en de (juvenile) pelagische soorten (haring en sprot). De BTS (uitgevoerd in kwartaal 3) maakt gebruik van een boomkor en is met name gericht op platvissoorten. Beide surveys hebben als secundair doel inzicht geven in de gehele demersale (op of nabij de bodem) visgemeenschap. Dit houdt in dat ook alle andere vissoorten die gevangen worden, worden geregistreerd. Ook voor de verspreiding van deze niet-doelsoorten kunnen de gegevens van deze surveys gebruikt worden. Het doel van de surveys is echter om consistent over de jaren inzicht te geven in de aanwezigheid van de vis en inktvis. Het doel is dus niet om zo efficiënt mogelijk te vangen of een beeld te geven van de absolute aanwezigheid. Dit betekent dat de gegevens uitsluitend inzicht geven in de relatieve aanwezigheid, en dus niet in absolute hoeveelheden of visserijpotentieel. De gegevens van beide surveys zijn openbaar beschikbaar via de ICES DATRAS (DATAbase of TRAWL Surveys): https://datras.ices.dk/Data_products/Download/Download_Data_public.aspx. De ruwe gegevens (Exchange data) zijn opgewerkt naar aantallen per soort per uur vissen. Per ICES-kwadrant zijn de gegevens gemiddeld over de jaren 2017-2021.

Op schelpdieren, weekdieren en schaaldieren is de opzet van deze surveys niet afgestemd en dat brengt restricties met zich mee. Bijgevolg geven de lage vangstdichtheden van deze soortgroepen alleen een indicatief beeld. De soorten worden in voorkomende gevallen gesignaleerd, echter een kwantitatieve inschatting kan niet gemaakt worden op basis van deze gegevens. Hiervoor zijn specifieke surveys nodig, die met gebruikmaking van op de doelsoort(en) aangepaste vangsttechnieken een betrouwbaar(der) beeld van de verspreiding in ruimte en tijd geven. Bij gebrek aan deze specifieke surveys wordt, met in achtname van de beperkingen, gebruik gemaakt van de bovengenoemde surveys.

Survey gegevens zijn gebruikt voor de eerder genoemde soorten en dwergpijlinktvis (*Alloteuthis subulata*), waarbij voor de commerciële soorten waarvoor een wettelijke minimale aanlandingsmaat (MLS) geldt alleen data van de vissen boven deze lengte zijn weergegeven.

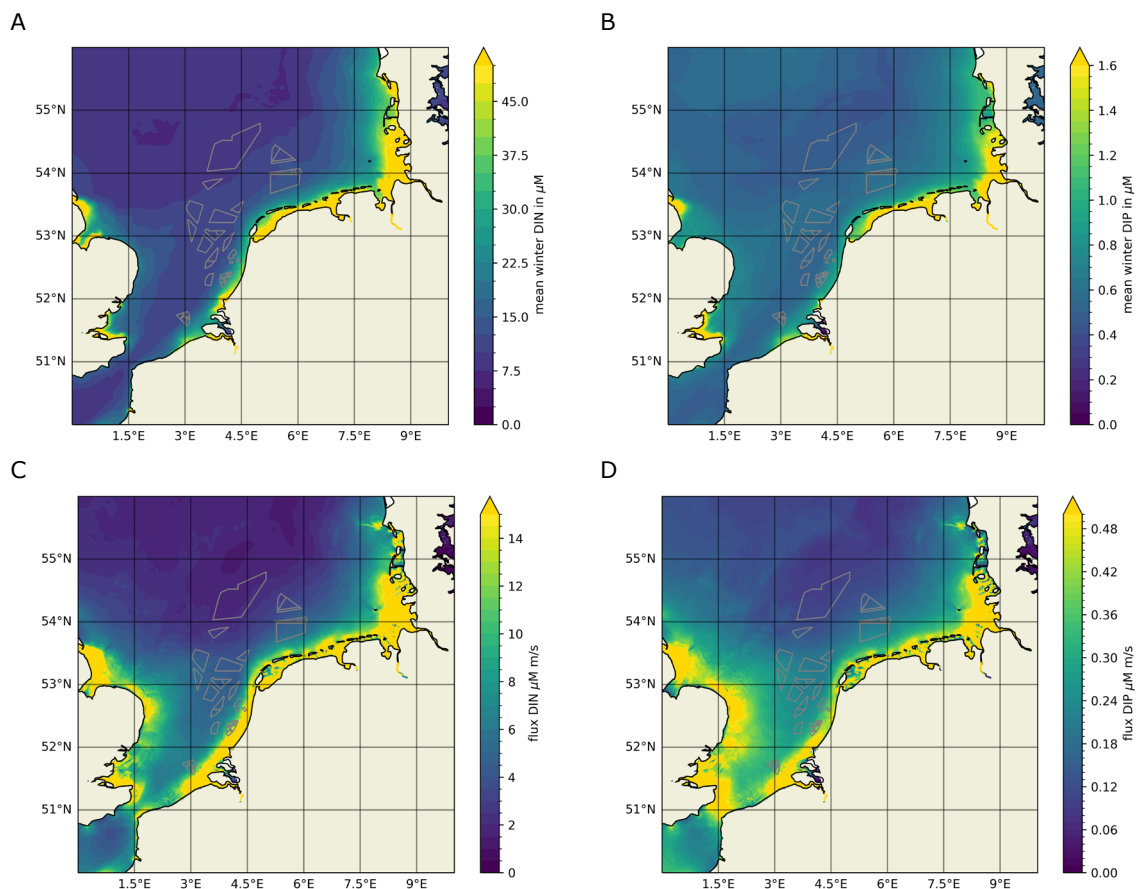
2.3.2.3 Beperkingen van de gegevens

- De gegevens zijn afkomstig van met name andere visserijtypen dan de eventuele toekomstige visserijtypen die toegepast kunnen gaan worden in de windparken. Hierdoor is de vangst per eenheid inspanning weinig informatief. Dit geldt beide kanten op, bijv.: krab zal met potten efficiënter gevangen worden dan in de surveys met een gesleept vistuig, terwijl platvis in een passief tuig in veel gevallen minder efficiënt gevangen wordt dan met de hier gepresenteerde gesleepte tuigen.
- De aanlandingsgegevens zijn vooral van een gerichte visserij op schol en tong. Daar worden ook andere soorten in bijgevangen. Wanneer een soort in een bepaald gebied niet of weinig is gevangen, wil dat echter niet zeggen dat een soort daar ook niet voorkomt.
- Er is gebruik gemaakt van recente aanlandingsgegevens, voor recent gebouwde/bestaande parken betekent dit dat er geen visserij kon plaatsvinden en aanlandingen uit de overlappende gebieden beperkt zijn.
- De surveys zijn ingericht om bepaalde doelsoorten te vangen. Niet geschikt voor alle soorten en daarom kunnen ook deze uitkomsten een vertekend beeld geven.
- De surveys zijn met name gericht op de jongere vis, en daarmee dus kleinere lengtes dan de commerciële visserij. Voor de soorten met een wettelijke minimale aanlandingsmaat (MLS) zijn de kleinste vissen uit de resultaten gehouden, maar waar een MLS ontbreekt kunnen deze kleinere voor commerciële visserij oninteressante vis invloed hebben op het verspreidingspatroon.
- Soorten als krabben en kreeften komen weinig voor op zandgronden van de zuidelijke Noordzee omdat geschikt substraat voor deze dieren veelal ontbreekt. Dat kan veranderen met de introductie van hard substraat, maar is op basis van de beschikbare gegevens nauwelijks te voorspellen.

3 Resultaten

3.1 Zeewierkweek

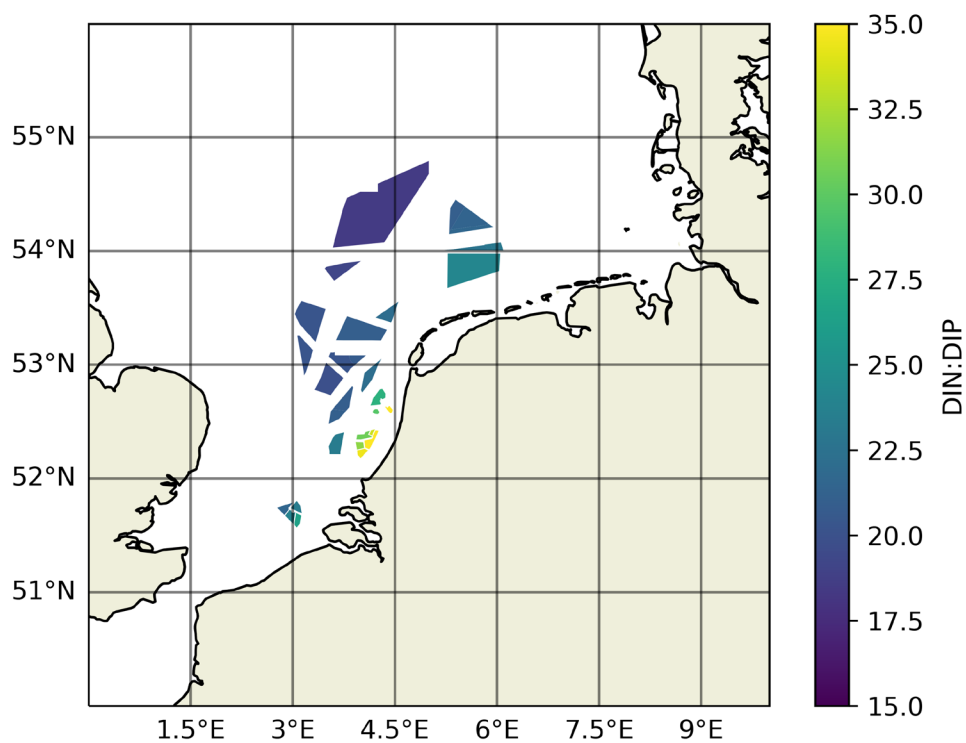
Uit de modelanalyses wordt zichtbaar dat nutriëntenconcentraties (zowel DIN als DIP) veruit het hoogste zijn in de kustgebieden, met name waar zoet water in zee stroomt (figuur 3.1 A en B). Vervolgens zijn de nutriëntfluxen berekend met de jaarlijkse gemiddelde stroomsnelheid. Figuur 3.1 C en D laten zien dat de hoogste nutriëntfluxen dichtbij de kust zijn en afnemen tot de centrale Noordzee. In het algemeen geldt dat hoe hoger de indicator nutriënten flux, des te beter het windpark geschikt is voor zeewierkweek. Ook de nutriëntenverhouding van DIN tot DIP (figuur 3.2) neemt af van de kust tot de centrale Noordzee. Dichtbij de kust is er relatief veel stikstof en minder fosfaat beschikbaar.



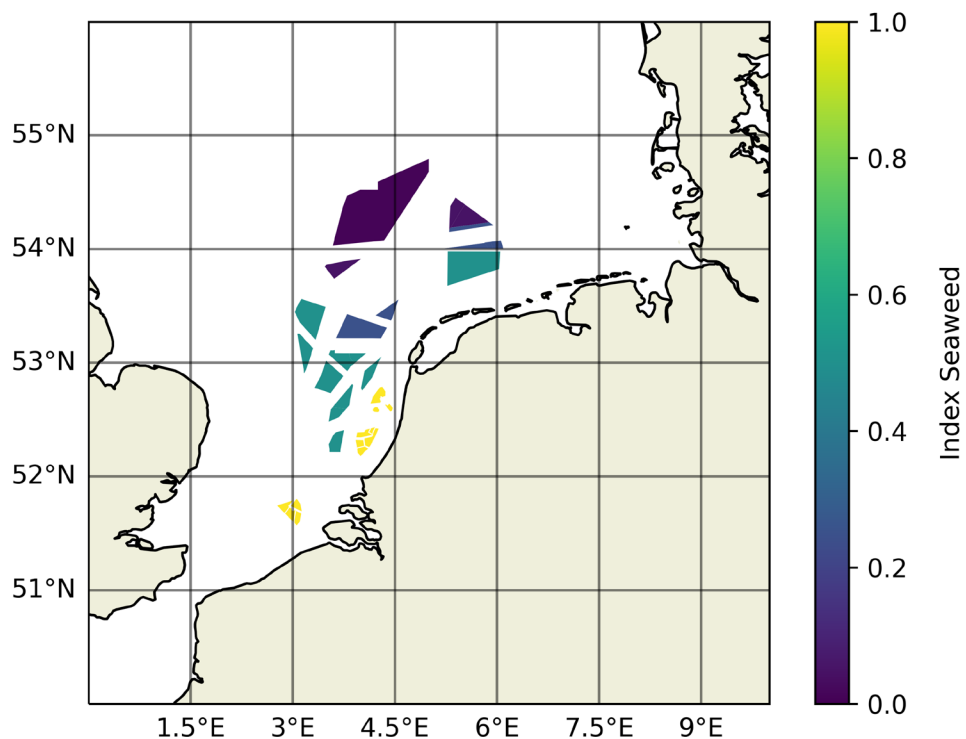
Figuur 3.1: Model uitkomsten voor de basis input voor de geschiktheid van zeewierkweek productie mogelijkheden A) gemiddelde winter concentraties voor opgelost anorganische stikstof (DIN (μM)), B) gemiddelde winter concentraties voor opgelost anorganische fosfaat (DIP (μM)), C) flux DIN (DIN*stroomsnelheid ($\mu\text{M m s}^{-1}$) en D) flux DIP (DIP*stroomsnelheid ($\mu\text{M m s}^{-1}$)).

De gemiddelde waarden per windpark worden weergegeven in tabel 6.1 en tabel 6.2 geeft de waarden aan waarmee de classificatie voor de geschiktheid van de windparken voor zeewierkweek zijn berekend (Bijlage 3). De geschiktheidsclassificatie van zeewierkweek binnen de windparken wordt weergegeven in figuur 3.3.

De parken dichtbij de kust in het zuidelijke deel van de Noordzee zijn het meest geschikt voor zeewierkweek. Verder weg van de kust en ten Noorden van de Wadden zijn de parken redelijk geschikt en de meest Noordelijke zoekgebieden zijn niet geschikt voor zeewierkweek van de geselecteerde drie soorten.



Figuur 3.2. Nutriëntenverhouding tussen opgelost anorganische stikstof (DIN) en opgelost anorganische fosfaat (DIP) in de verschillende windparken.



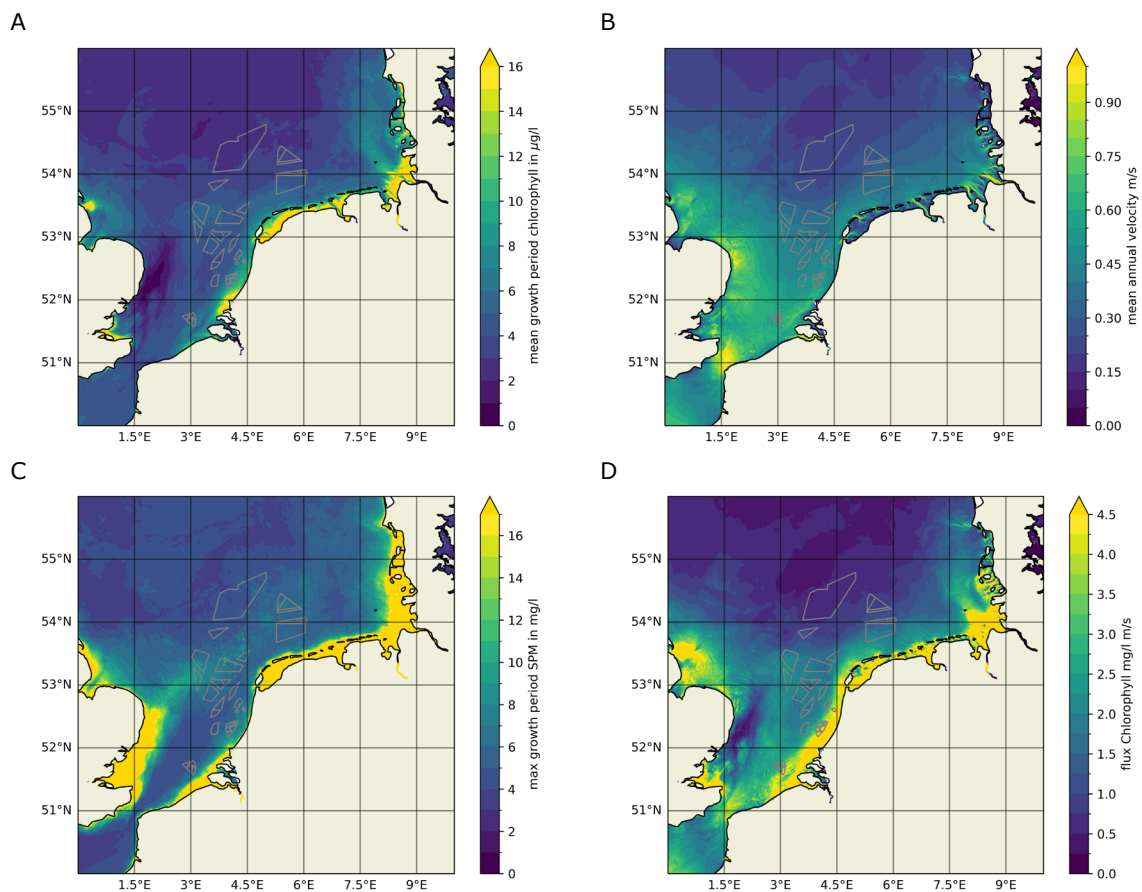
Figuur 3.3. Berekende Geschiktheidsindicator voor zeewierkweek binnen de windparken conform de gehanteerde formule DIN-flux maal Indicator DIP-flux (hoe hoger het getal op de kleurenschaal, hoe geschikter het windpark) (zie ook tabel 6.2, bijlage 3).

3.2 Schelpdierkweek

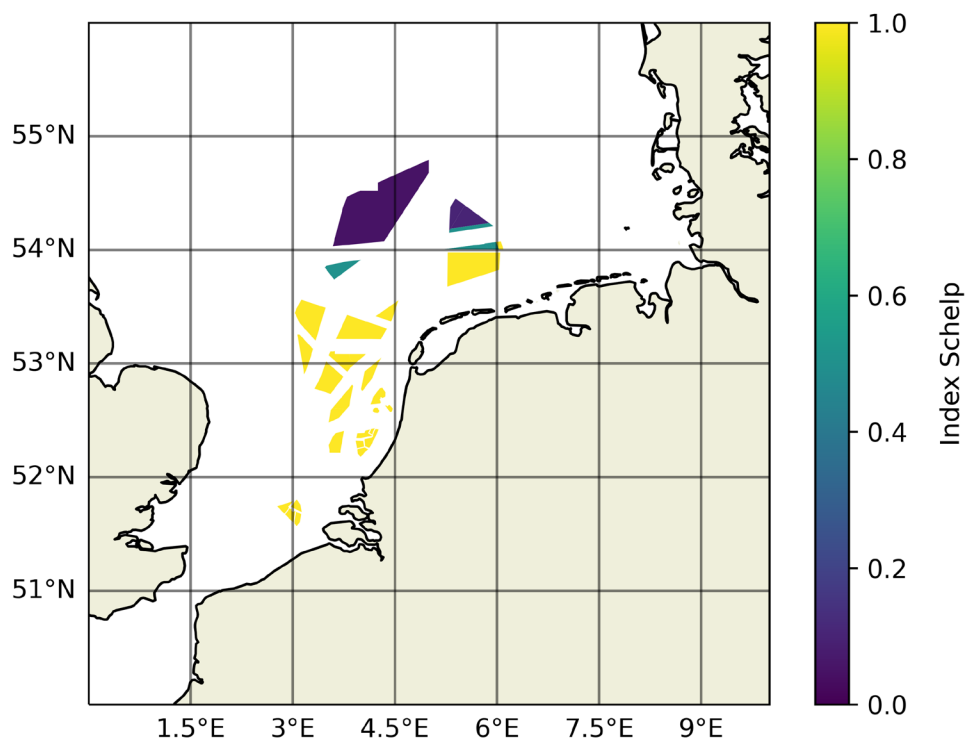
Figuur 3.4 toont de verschillende abiotische parameters die voor de geschiktheidsclassificatie van de windparken voor schelpdierteelt (mosselen en platte oesters) van belang zijn en welke uit het model zijn gehaald. De gemiddelde chlorofyl concentratie voor het groeiseizoen en de jaarlijkse gemiddelde stroomsnelheid zijn in A en B te zien. In C en D is gemiddelde SPM-concentratie voor het groeiseizoen en de chlorofyl flux te zien. De hoogste chlorofyl concentraties komen in de kustzone voor en de concentratie afneemt naar de centrale Noordzee.

Figuur 3.5 laat zien dat de meeste windparken geschikt zijn voor schelpdierkweek. Alleen de windparken ver uit de kust in Noord Westelijke richting zijn ongeschikt of minder geschikt voor schelpdierteelt.

Tabel 6.3 in bijlage 3 geeft de waarden per windpark aan die in figuur 3.4 getoond zijn en in tabel 6.4 in bijlage 3 wordt de berekening van de geschiktheid van de windparken voor schelpdierteelt weergegeven.



Figuur 3.4. Overzicht van de model output voor parameters voor de productie van schelpdieren A) gemiddelde concentraties voor chlorofyl-a tijdens de groeiperiode. B) gemiddelde jaar stroomsnelheden. C) gemiddelde concentraties voor slib tijdens de groeiperiode en D) flux chlorofyl-a.



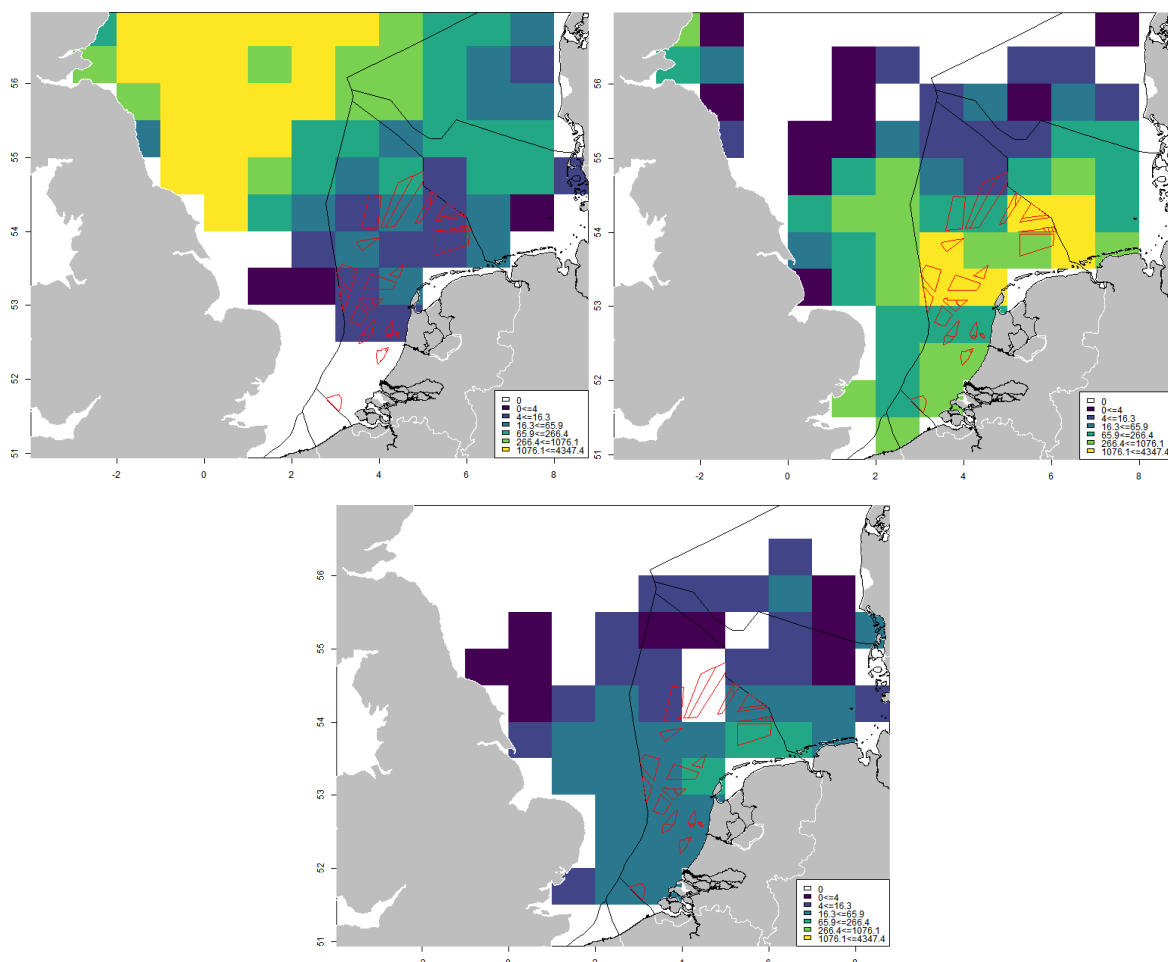
Figuur 3.5. Indicator voor de geschiktheid voor schelpdierkweek binnen de windparken. Hoe hoger het getal op de kleurenschaal, hoe geschikter het windpark. De indicator is berekend door Indicator Chlorofyl + Indicator SPM + Indicator ucmag + Indicator Chlorofyl flux zoals te zien in de tabellen 6.3 en 6.4 in bijlage 3.

3.3 Passieve visserij

3.3.1 Dwergpijlinktvis (*Alloteuthis subulata*)

Dwergpijlinktvis (klasse koppotigen) is een veelvoorkomende soort in de Noordzee met een maximumlengte van 20 cm. Er is geen gerichte visserij op deze soort, in Portugal, Spanje en Italië worden ze wel apart als bijvangst aangeland. In overige landen is het mogelijk dat ze worden aangeland tezamen met pijlinktvissen zonder dat er onderscheid gemaakt wordt in soorten (Jereb et al., 2015). De commerciële waarde van dwergpijlinktvis is laag vanwege de beperkte lengte (Moreno, 1995). Een uitgebreide ecologische beschrijving is te vinden in Jereb et al. (2015). Doordat de soort niet apart wordt aangeland zijn er geen aanlandingsgegevens beschikbaar en ook geen prijzen van de afslagen.

De soort wordt gevangen in de verschillende visserijonafhankelijke surveys met een duidelijk verschil in verspreiding tussen de kwartalen (figuur 3.6). In het eerste kwartaal worden de hoogste aantallen aangetroffen richting de Schotse kust en worden zeer lage aantallen aangetroffen op het NCP en zijn er geen vangsten geweest in het meest zuidelijke deel. In het derde kwartaal is dit omgedraaid en worden er hogere aantallen aangetroffen op het NCP. De lagere aantallen in de BTS-kwartaal 3 zijn goed te verklaren vanuit verschil in gebruikt vistuig. De gemiddelde mantellengte van deze individuen is 4-7 cm (2-3 gram per individu). Zelfs de hoogste aantallen (n=4347) per uur resulteren daarmee in beperkte biomassa aangezien individuen maar enkele grammen wegen. Een visserij op deze soort lijkt dan ook niet haalbaar.

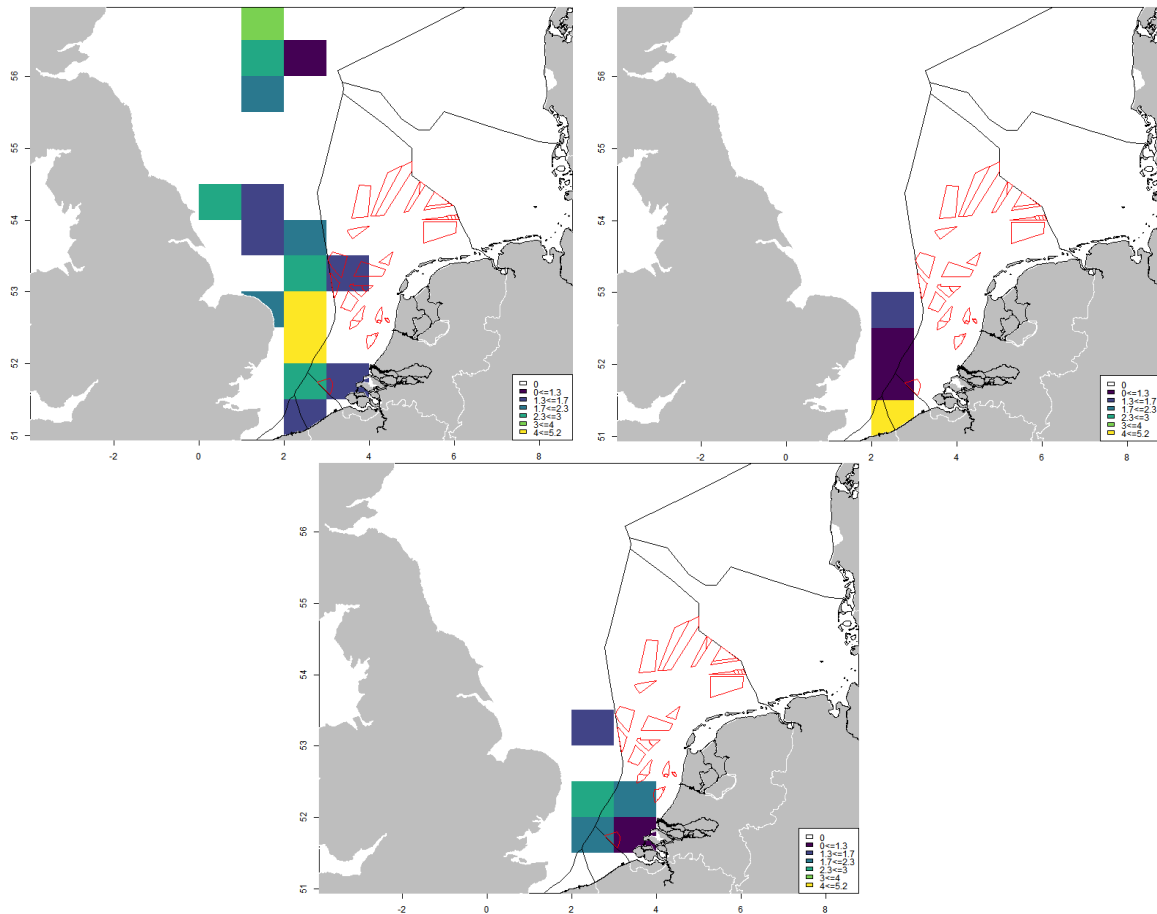


Figuur 3.6. Visserijonafhankelijke gegevens dwergpijlinktvis (*Alloteuthis subulata*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).

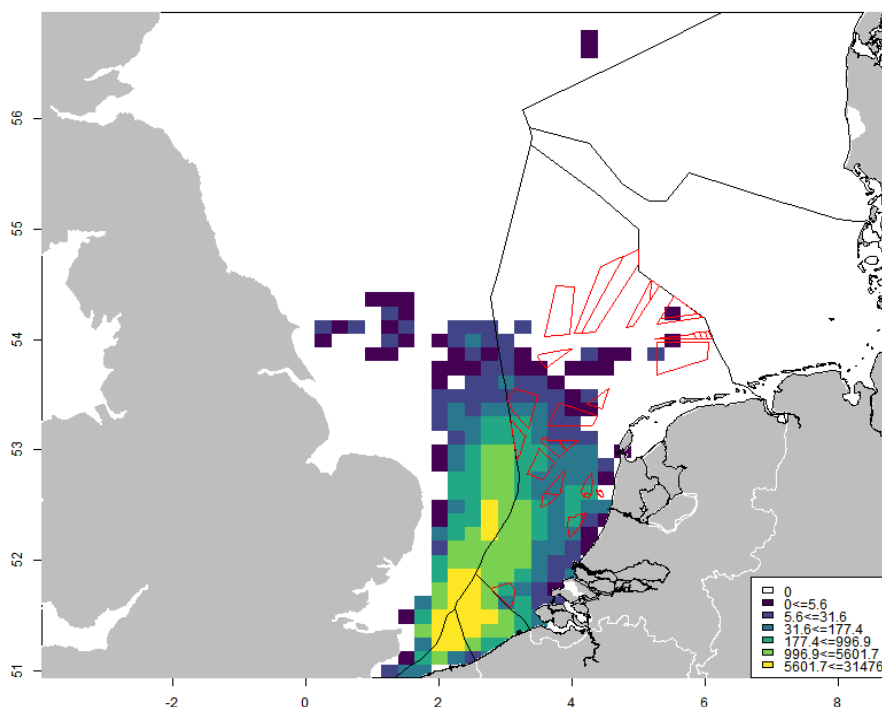
3.3.2 Zeekat (*Sepia officinalis*)

Een ecologische beschrijving van zeekat, inclusief geprefereerde abiotische factoren, is terug te vinden in van den Bogaart e.a. (2019). Zeekat wordt maar sporadisch, en dan met name in het zuidelijkste deel, aangetroffen in de visserijonafhankelijke surveys (figuur 3.7). Als ze worden gevangen gaat het over maximaal enkele exemplaren per vistrek. De logboekgegevens (figuur 3.8) laten ook duidelijk de zuidelijke verspreiding zien, waarbij de hoogste aanlandingsgewichten ten zuiden van het NCP liggen. Dit waren voornamelijk vangsten door de pulstrawl, daarnaast nog een kleine hoeveelheid in de boomkor en flyshoot. Mogelijk dat de meeste zuidelijke windparken interessant zijn voor visserij op zeekat, vooral omdat aggregatie zou kunnen plaatsvinden als de eieren afgezet gaan worden aan het hard substraat.

De gemiddelde aanlandprijs voor zeekat was afgerond 4€/kg (jaren 2019-2021). Een mogelijke passieve visserijtechniek voor het vangen van deze soort is het gebruik van potten.



Figuur 3.7. Visserijonafhankelijke gegevens zeekat (*Sepia officinalis*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).



Figuur 3.8. Logboekgegevens zeekat (*Sepia officinalis*) gemiddeld aantal kg gelogd per jaar (2017-2021).

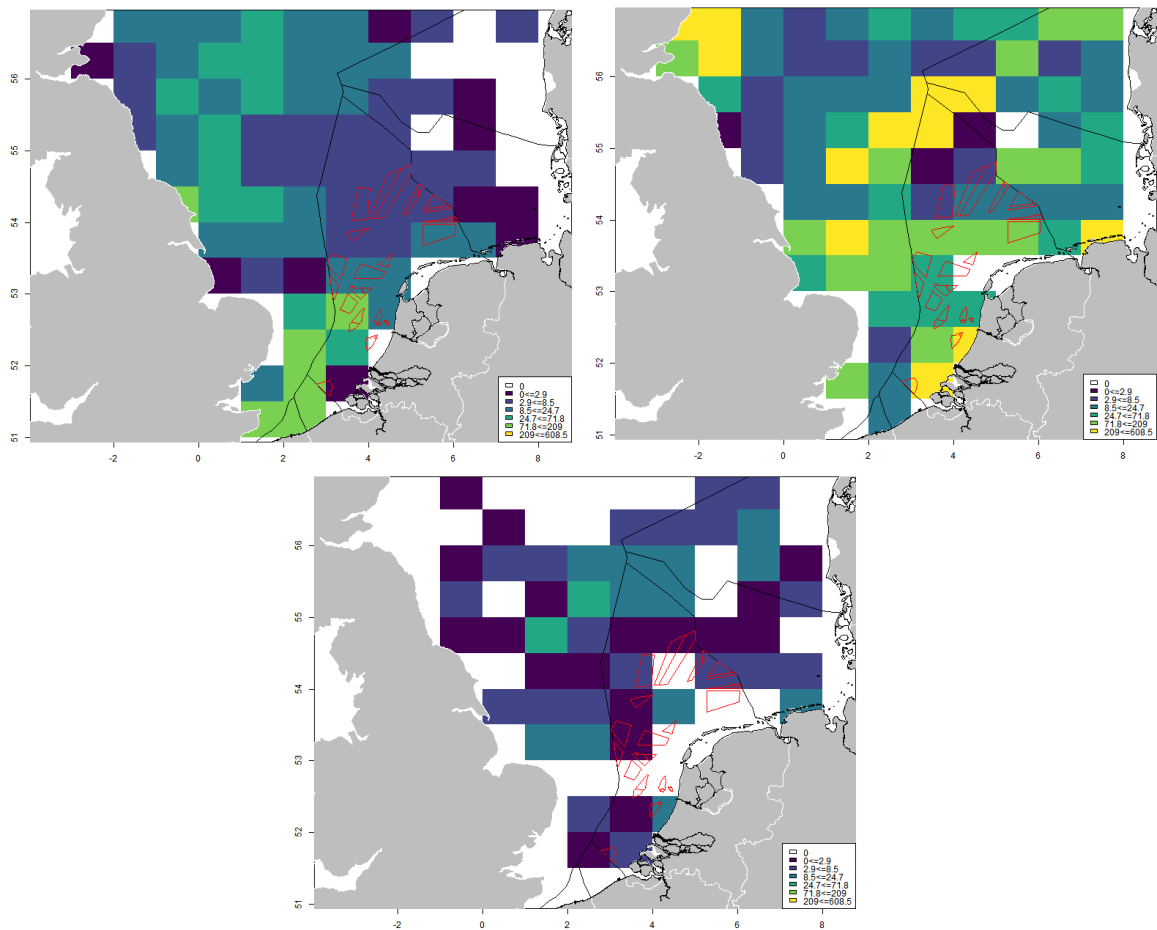
3.3.3 Pijlinktvis (*Loligo spp.*)

In de Noordzee komen twee inktvissoorten van het geslacht *Loligo* voor: de gewone pijlinktvis (*Loligo vulgaris*) en de noordse pijlinktvis (*Loligo forbesii*). De twee soorten worden beide gevangen door de Nederlandse visserij en worden vaak onder dezelfde noemer (*Loligo spp.*) verkocht (Visbureau, 2019). Ook in de surveys worden ze niet altijd tot op soort gedetermineerd. Vandaar dat de gegevens van deze soorten zijn gecombineerd in onderstaande kaarten.

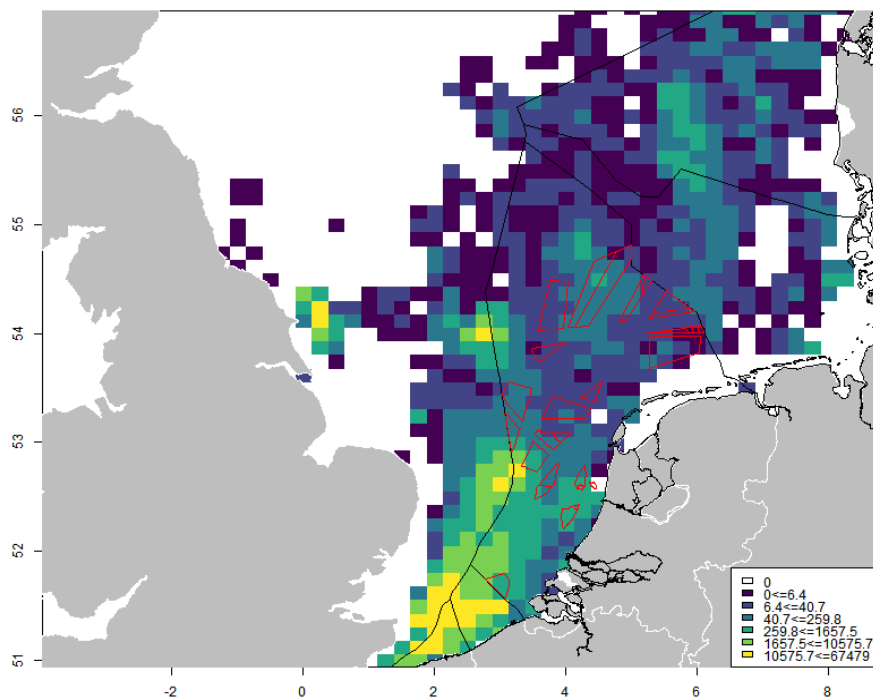
Voorheen was de pijlinktvis voor Nederlandse vissers geen belangrijke soort en werd voornamelijk gezien als bijvangst. Tegenwoordig maken ze echter een belangrijker deel uit van de vangst en wordt er gericht op gevestigd. De Nederlandse vissers op pijlinktvis maken voornamelijk gebruik van de flyshoot techniek.

De resultaten van de IBTS-survey geven aan dat pijlinktvissen overal gevangen kunnen worden, maar dat er wel een seizoenseffect is in de hoeveelheid pijlinktvissen die gevangen worden (figuur 3.9). Dat de vangsten in de BTS lager zijn is het gevolg van het gebruikte tuig. De aanlandingsgegevens duiden op meer vangsten in het meest zuidelijke gebied waarbij er overlap is met Borssele en mogelijk ook de windparken ter hoogte van de Hollandse kust (figuur 3.10).

De gemiddelde aanlandprijs voor pijlinktvis was 8,10 €/kg (jaren 2019-2021). Een mogelijke passieve visserijtechniek voor het vangen van deze soort is het gebruik van potten.



Figuur 3.9. Visserijonafhankelijke gegevens pijlinktvis (*Loligo spp.*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).

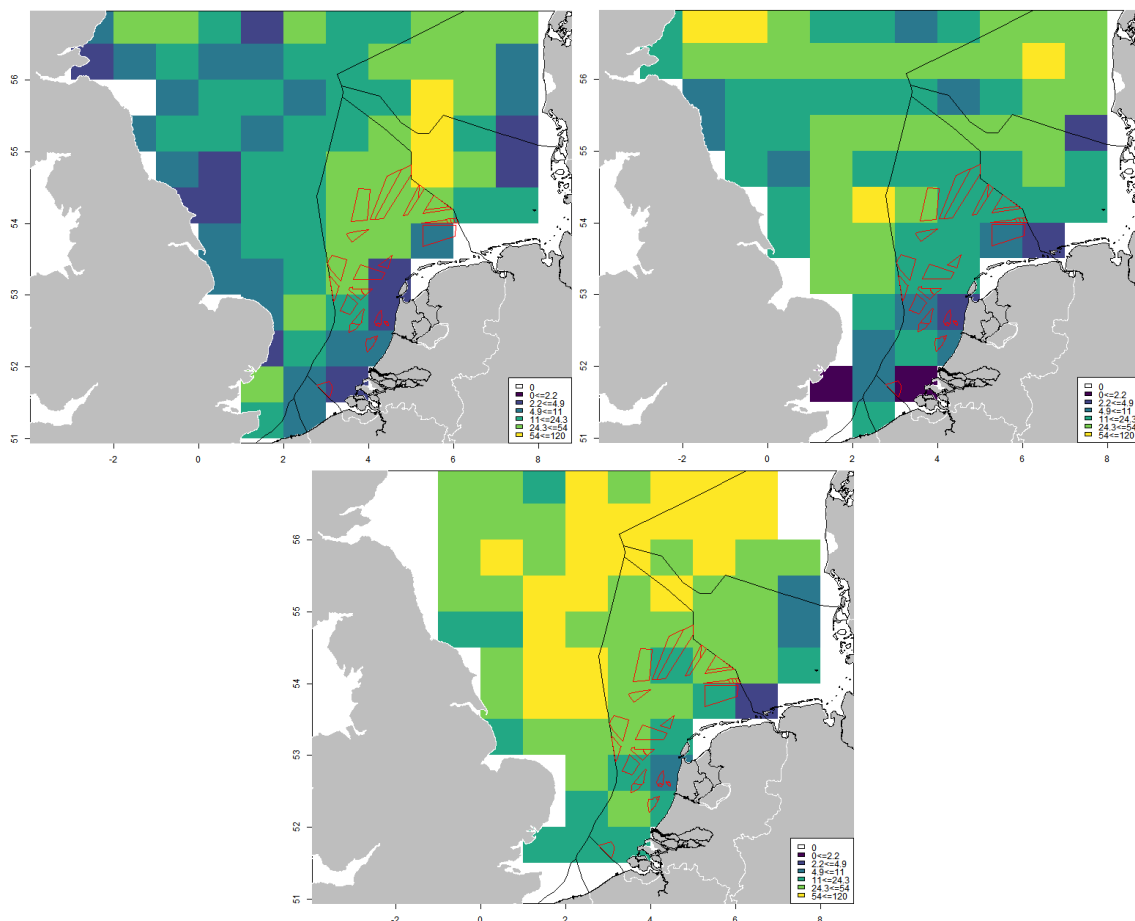


Figuur 3.10. Logboekgegevens pijlinktvis (*Loligo spp.*) gemiddeld aantal kg gelogd per jaar (2017-2021).

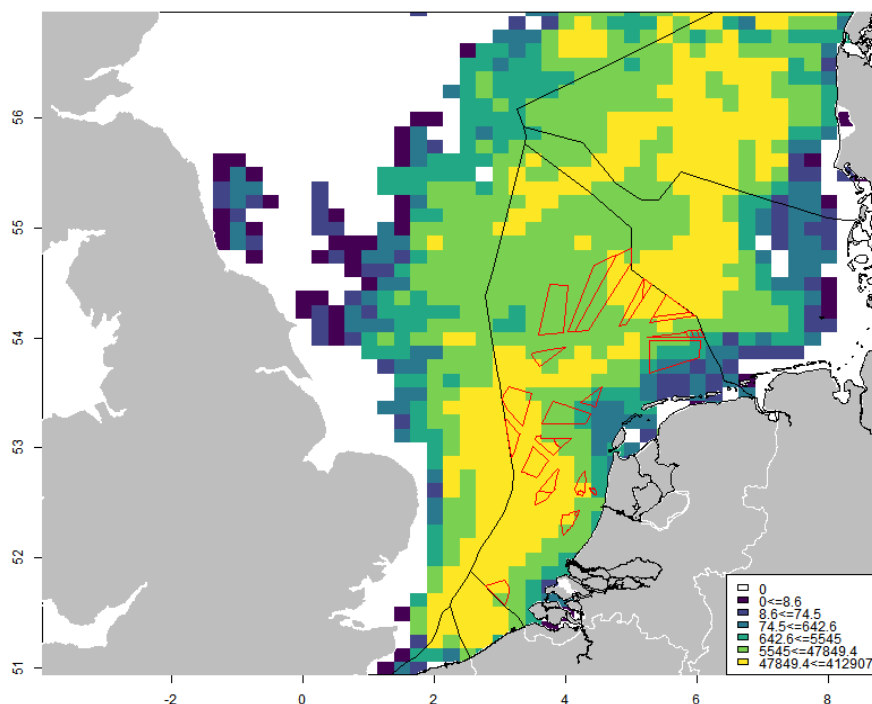
3.3.4 Schol (*Pleuronectes platessa*)

Een ecologische beschrijving van schol is terug te vinden in van den Bogaart e.a. (2019). Schol is een van de belangrijkste commerciële soorten voor de kottervloot. In de survey gegevens is te zien dat schol >27cm over het gehele gebied voor komt (figuur 3.11). De BTS-gegevens laten zien dat de meeste schol >27 cm net buiten het NCP in dieper water wordt aangetroffen. De logboekgegevens geven een vergelijkbare verspreiding met de grootste hoeveelheden schol aangeland vanuit gebieden aan de rand of net buiten het NCP (figuur 3.12). Het grootste deel van deze aanlandingen werd gedaan door de boomkor en de pulskor, maar ook met de bodem (twin) ottertrawls worden aanzienlijke hoeveelheden aangeland. Beperkte aanlandingen worden gedaan door staand want netten (Bijlage 2). Maar voor alle windgebieden geldt dat er grote hoeveelheden schol aangeland worden uit deze gebieden en visserij er dus mogelijk is. De meeste aanlandingen komen van gesleepte tuigen, en de vraag is of passieve visserij op schol in de parken concurrerend kan zijn als in de omliggende gebieden nog gesleepte visserij op deze soort plaats vindt. Waarschijnlijker is het dat als er met staand want netten gevist gaat worden, dit gericht zal zijn op tong, waarbij aangelande schol bijvangst is.

De gemiddelde aanlandprijs voor schol was 2,50 €/kg (jaren 2019-2021). Naast dat schol qua prijs weinig interessant is voor passieve visserij is er nog geen passieve techniek ontwikkeld die uitzicht geeft op een kansrijke visserij.



Figuur 3.11. Visserijonafhankelijke gegevens schol >27cm (*Pleuronectes platessa*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).

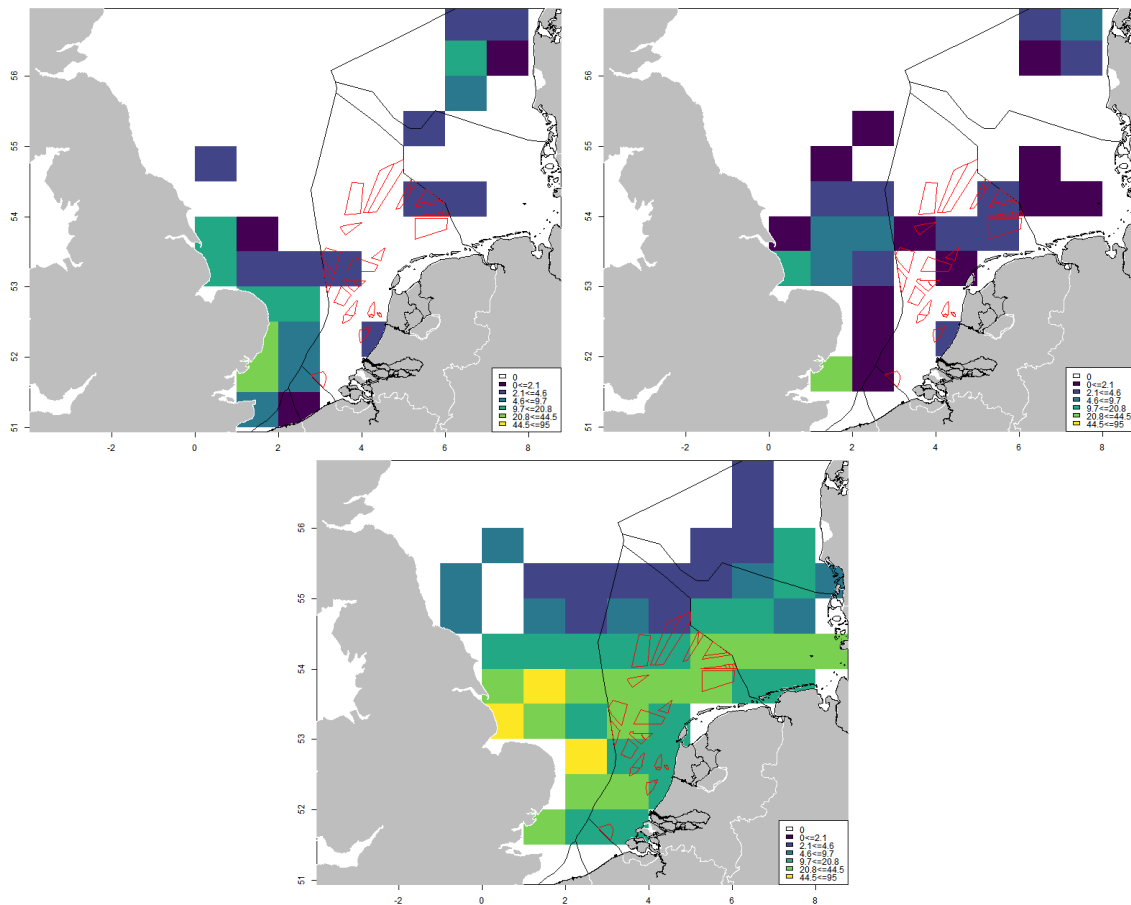


Figuur 3.12. Logboekgegevens schol (*Pleuronectes platessa*) gemiddeld aantal kg gelogd per jaar (2017-2021).

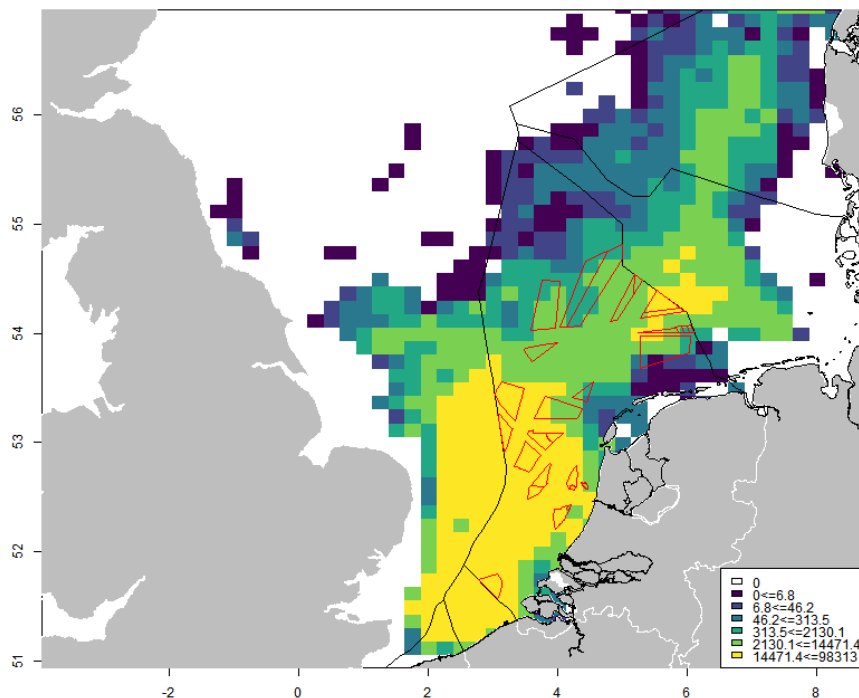
3.3.5 Tong (*Solea solea*)

Een ecologische beschrijving van tong, inclusief geprefereerde abiotische factoren, is terug te vinden in van den Bogaart e.a. (2019). Tong is een van de belangrijkste commerciële soorten voor de kottervloot. In de BTS-gegevens is te zien dat tong >25 cm in een groot deel van de zuidelijke Noordzee voor komt (figuur 3.13) en zuidelijker de hoogste aantallen worden gevangen. De beperkte vangsten in de IBTS zijn het gevolg van het gebruikte tuig. De logboekgegevens geven dezelfde zuidelijke verspreiding weer (figuur 3.14). Naast de gesleepte visserij op tong, vindt er ook visserij op tong plaatst met passieve tuigen (staand want), wat door de hogere prijs van tong commercieel interessant is. De zuidelijkere windgebieden lijken interessanter voor visserij op tong dan de noordelijkere zoekgebieden.

De gemiddelde aanlandprijs voor tong was 11 €/kg (jaren 2019-2021). Tong kan worden gevangen met staand want netten. Daarnaast wordt er op dit moment in een ander project bekeken of tong ook met potten of andere technieken die passend zijn binnen de infrastructuur van een windpark kan worden gevangen.



Figuur 3.13. Visserijonafhankelijke gegevens tong >24 cm (*Solea solea*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).



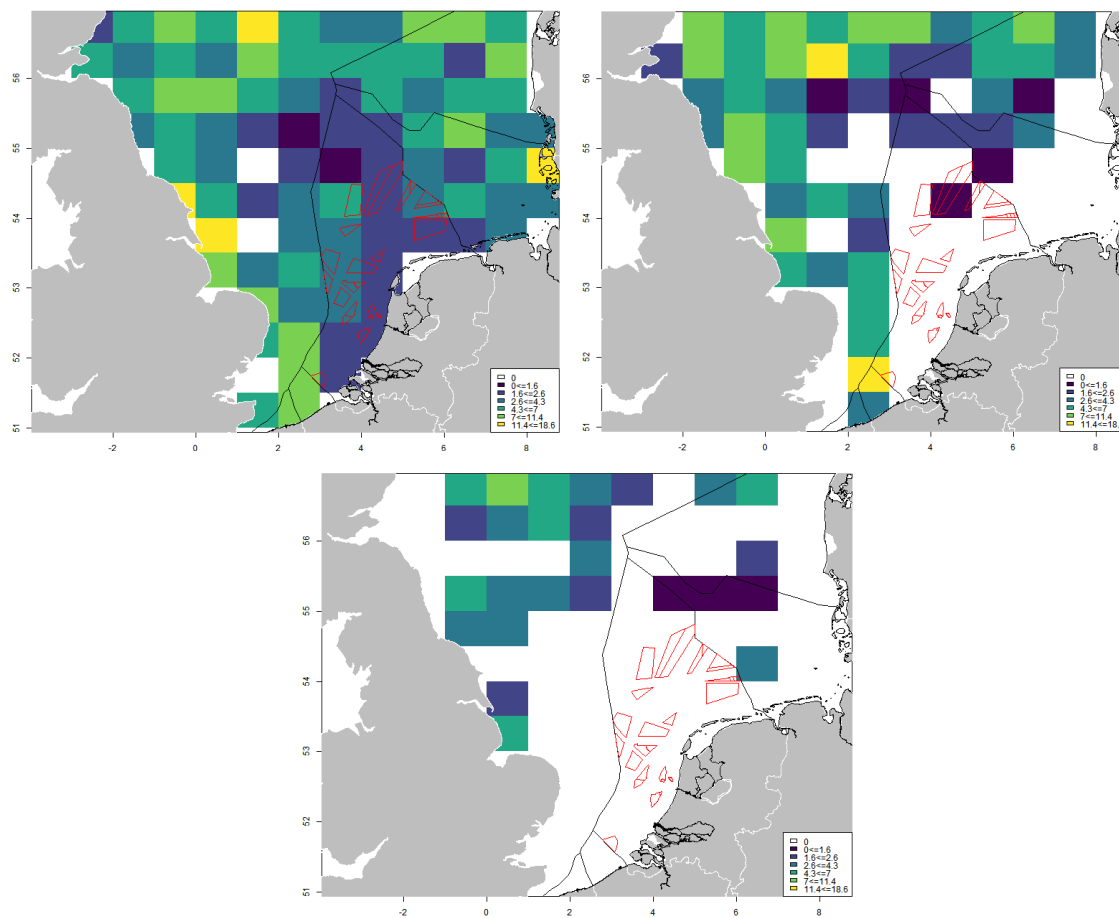
Figuur 3.14. Logboekgegevens tong (*Solea solea*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

3.3.6 Kabeljauw (*Gadus morhua*)

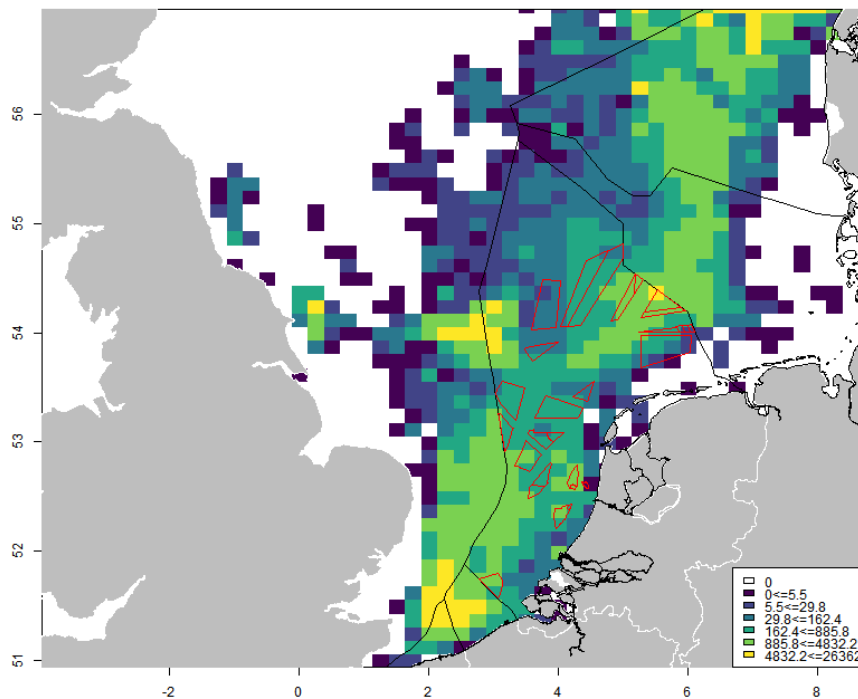
Een ecologische beschrijving van kabeljauw is terug te vinden in van den Bogaart e.a. (2019). Kabeljauw was een belangrijke commerciële soort maar de quota voor Noordzeekabeljauw zijn al jaren laag, omdat de omvang van het bestand al jaren laag is (ICES, 2022a). De surveygegevens (figuur 3.15) geven aan dat het NCP geen belangrijk gebied in het voorkomen van grotere kabeljauw (meer) is. Dit lijkt in de zomer nog minder het geval dan in de winter. De logboekgegevens, met name boomkor en pulskor (Bijlage 2), laten zien dat er over het gehele NCP nog wel vangsten plaatsvinden die worden aangeland (figuur 3.16) ondanks de beperkende quota. De logboekgegevens geven de indicatie dat er vangsten kunnen zijn in alle windgebieden.

De verwachting is dat de windparkgebieden na de bouw in belang toenemen aangezien kabeljauw aangetrokken wordt door hard substraat, en dat daar dus visserij op de aggregaties plaats zou kunnen vinden, mits de toestand van het bestand zich daarvoor leent.

De gemiddelde aanlandprijs voor kabeljauw was 3,70 €/kg (jaren 2019-2021). Kabeljauw kan worden gevangen met handlijn, longline en potten.



Figuur 3.15. Visserijonafhankelijke gegevens kabeljauw >25 cm (*Gadus morhua*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).

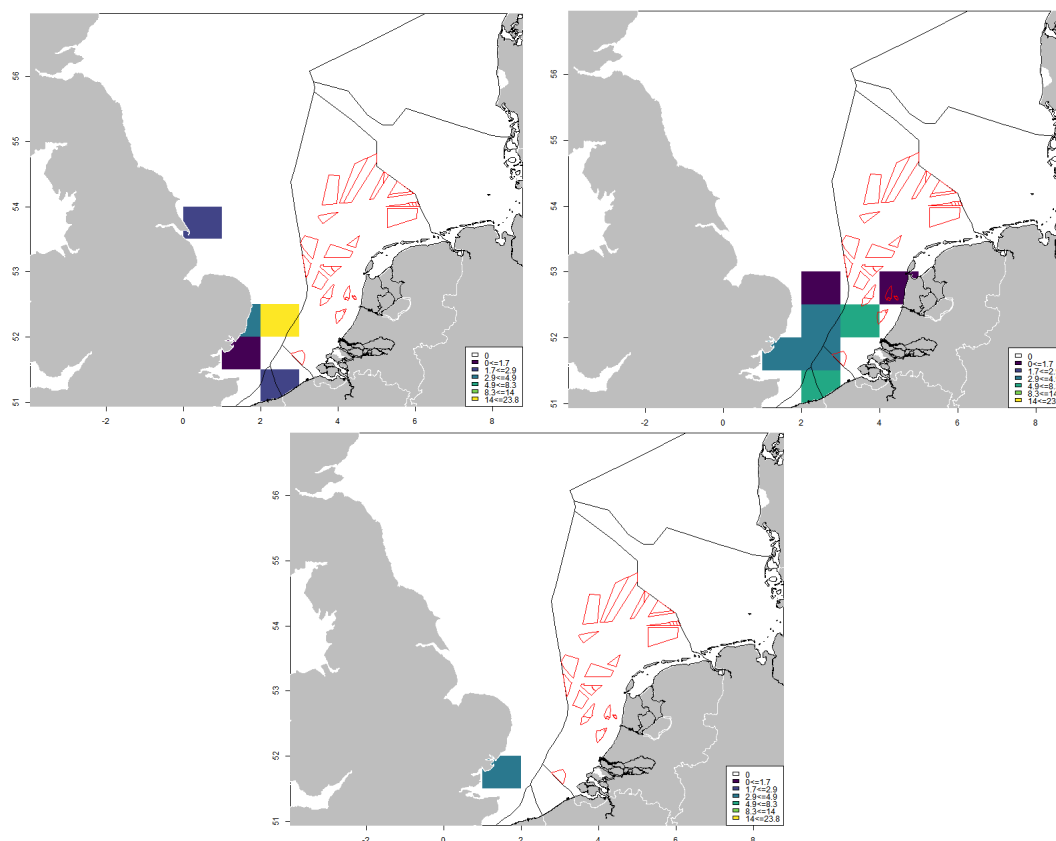


Figuur 3.16. Logboekgegevens kabeljauw (*Gadus morhua*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

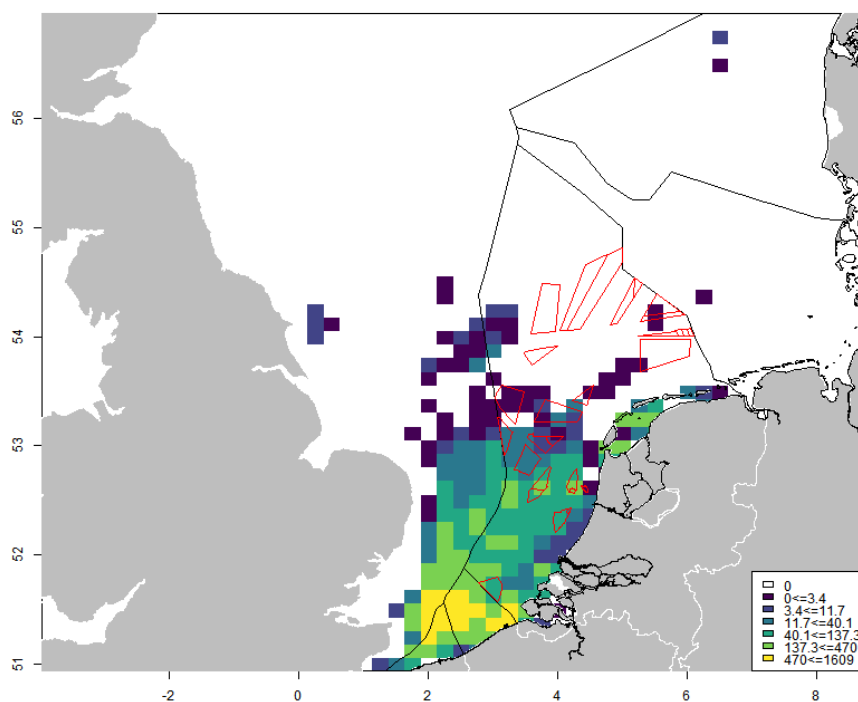
3.3.7 Zeebaars (*Dicentrarchus labrax*)

Een ecologische beschrijving van zeebaars is terug te vinden in van den Bogaart e.a. (2019). De surveys zijn vanwege de vissnelheid en gebruikte tuigen niet geschikt voor het vangen van zeebaars, zeker niet de grotere zeebaars. Desondanks zijn er enkele exemplaren gevangen in het zuidelijke deel van de Noordzee (figuur 3.17). De logboekgegevens laten ook deze zuidelijke verspreiding zien tot ter hoogte van en in de Waddenzee (figuur 3.18). Dit zijn met name aanlandingen van uit de pulskor en de flyshoot (Bijlage 2). De windgebieden ten zuiden van de hoogte van de Waddenzee zijn daarmee mogelijk interessant voor zeebaarsvisserij, zeker als deze worden aangetrokken tot de palen en er in de parken dus aggregaties voor gaan komen. Voor zeebaars geldt echter vooralsnog dat het bestand erg laag is (ICES, 2022b). Door het lage bestand mag zeebaars op het moment alleen door bepaalde visserijen als onvermijdelijke bijvangst worden aangeland en is gerichte visserij enkel toegestaan met een niet mechanische handlijn (VERORDENING (EU) 2023/194, artikel 11).

De gemiddelde aanlandprijs voor zeebaars was 12,80 €/kg (jaren 2019-2021). Zeebaars kan worden gevangen met (niet-mechanische) handlijn. Ook staand want is in theorie mogelijk, echter is een gerichte visserij op zeebaars met staand want niet toegestaan. Wel mag staandwant met een vismachtiging onvermijdelijke bijvangsten van zeebaars aanlanden. Een andere vorm waarmee Zeebaars in theorie goed mee zou kunnen worden gevangen is jiggen, deze vorm van vissen op zeebaars is echter niet toegestaan.



Figuur 3.17. Visserijafhankelijke gegevens zeebaars >42 cm (*Dicentrarchus labrax*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).

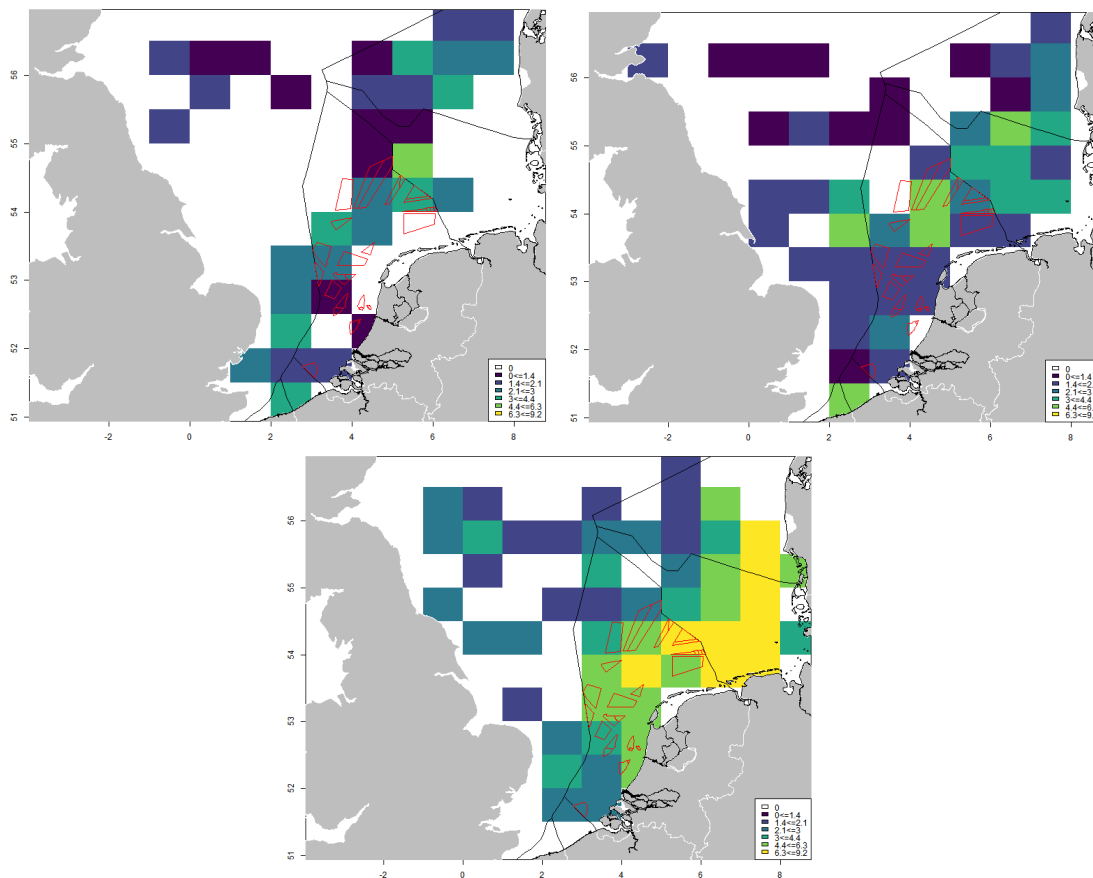


Figuur 3.18. Logboekgegevens zeebaars (*Dicentrarchus labrax*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

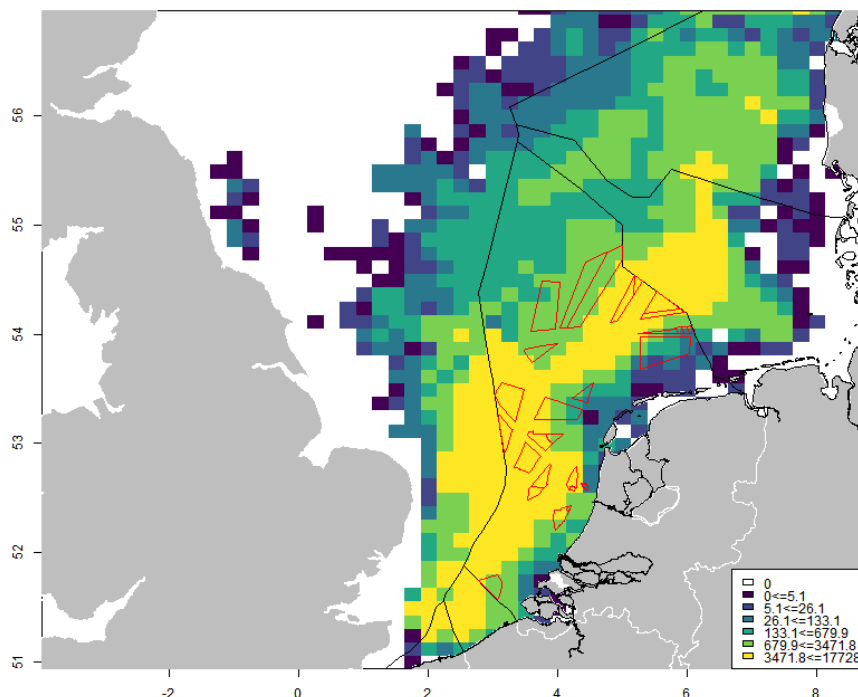
3.3.8 Tarbot (*Scophthalmus maximus*)

Een ecologische beschrijving van de tarbot is te vinden in van der Hammen et al. (2013). Tarbot is net als schol en tong een platvis, met kiloprijzen vergelijkbaar of net boven die van tong en daarmee commercieel erg interessant. Het natuurlijke bestand in aantal is echter lager dan van de andere twee platvissoorten, waardoor er minder gericht op gevestigd wordt en de soort vooral beschouwd wordt als (gewenste) bijvangst. De aantallen gevangen in de surveys is beperkt, maar laten een verspreiding zien van de zuidelijke Noordzee, de Duitse bocht en ten noorden daarvan (figuur 3.19). De aanlandingsgegevens laten hetzelfde beeld zien met de grootste hoeveelheden overlappend met nagenoeg alle windgebieden (figuur 3.20). De aanlandingen zijn vooral gebaseerd op de gesleepte tuigen. Een zeer beperkt deel is aangeland door de visserij met staand want netten (Bijlage 2).

De gemiddelde aanlandprijs voor tarbot was 10,20 €/kg (jaren 2019-2021). Tarbot kan worden gevangen met staand want netten.



Figuur 3.19. Visserijonafhankelijke gegevens tarbot (*Scophthalmus maximus*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).

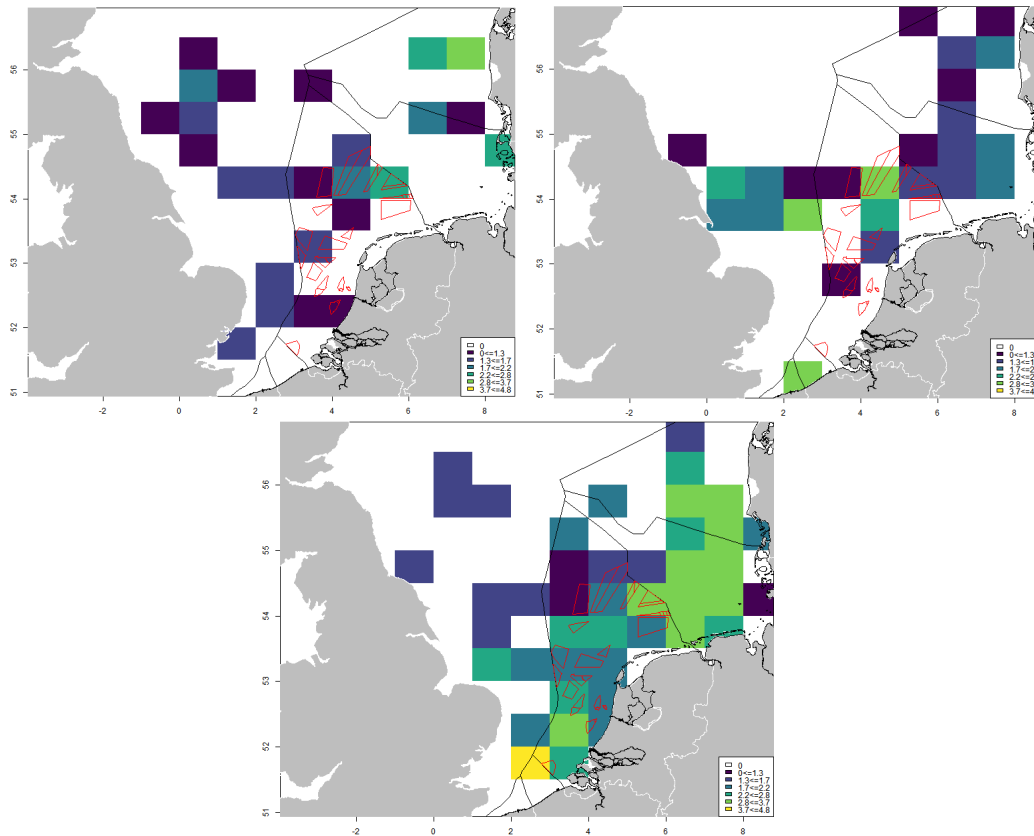


Figuur 3.20. Logboekgegevens tarbot (*Scophthalmus maximus*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

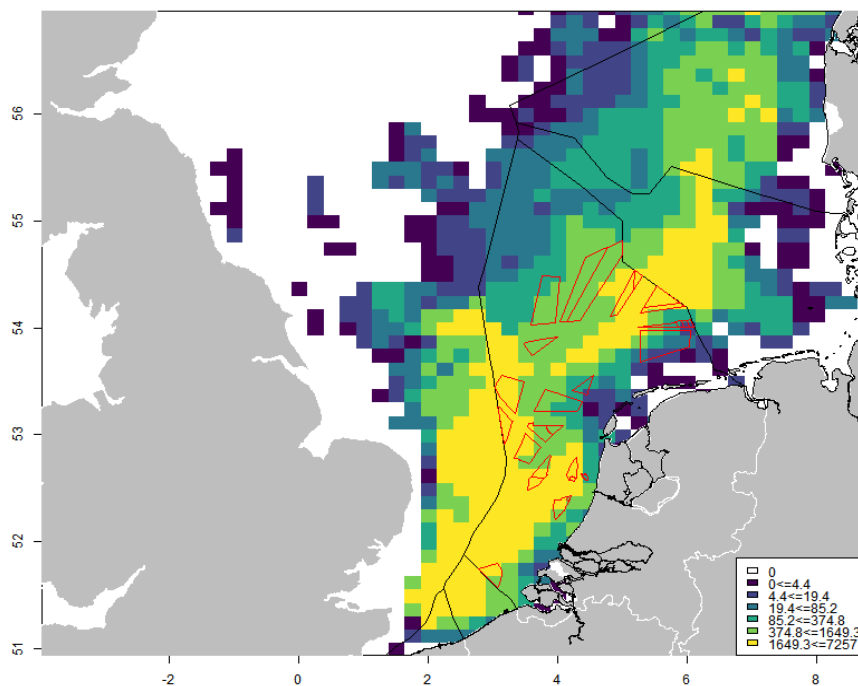
3.3.9 Griet (*Scophthalmus rhombus*)

Een ecologische beschrijving van griet is te vinden in van der Hammen et al. (2013). Griet is vergelijkbaar met tarbot, maar met iets lagere kiloprijzen. De verspreiding in de surveys (figuur 3.21) en de logboekgegevens (figuur 3.22) is vergelijkbaar met tarbot. De type visserijen die griet aanlanden zijn vergelijkbaar met die van tarbot, alleen wordt griet wat meer aangeland vanuit de garnalenvisserij. De absolute hoeveelheden in de aanlandingen zijn echter beduidend lager dan voor tarbot. Het is ook duidelijk dat het zuidelijkere gebied iets belangrijker is voor griet dan voor tarbot. De overlap met de windgebieden is echter wel vergelijkbaar.

De gemiddelde aanlandprijs voor griet was 7 €/kg (jaren 2019-2021). Griet kan, net als tarbot, worden gevangen met staand want netten.



Figuur 3.21. Visserijonafhankelijke gegevens griet (*Scophthalmus rhombus*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).

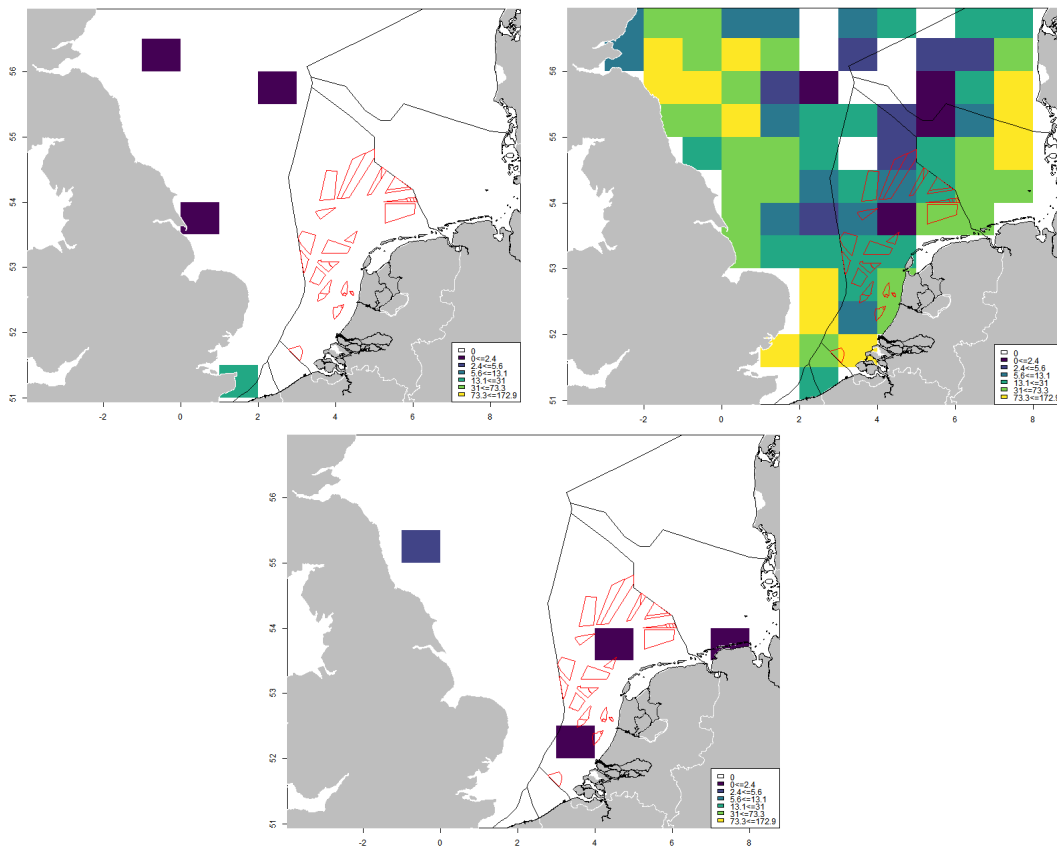


Figuur 3.22. Logboekgegevens griet (*Scophthalmus rhombus*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

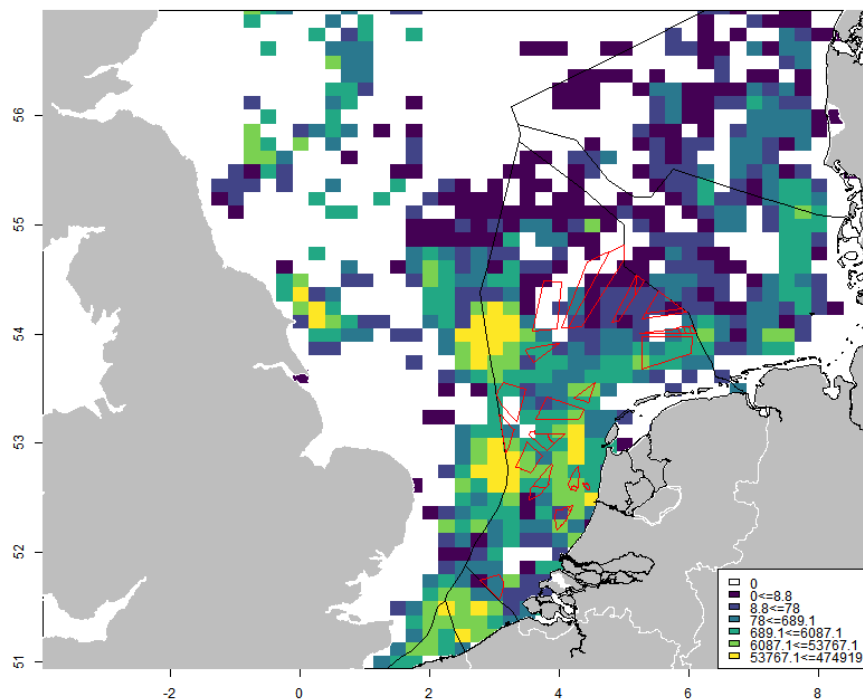
3.3.10 Makreel (*Scomber scombrus*)

In tegenstelling tot de hierboven besproken vissoorten is makreel een pelagische vissoort, die voornamelijk gevangen wordt door de pelagisch trawlvloot buiten de Noordzee. Het is een soort met een duidelijke seizoensmigratie waarbij de volwassen makreel alleen in de zomerperiode in de Noordzee verblijft en dan verspreid is over zo goed als de gehele Noordzee. Dit is ook duidelijk te zien in de surveygegevens van de IBTS (figuur 3.23) en de aanlandingen (figuur 3.24). Makreel wordt voornamelijk aangeland door flyshooters (bijlage 2) en de pelagische ottertrawl. Makreel wordt ook aangeland door de visserij met lijnen/hengels. Waarschijnlijk is dat laatste hoger, maar vallen de aangelande hoeveelheden per reis niet altijd binnen registratieverplichting. Deze vorm van visserij op dagverse makreel is interessant in de context van windparken, met name in de windparken waarbij de afstand tot de afslag beperkt is. Makreel wordt aangetrokken door de structuren in het water en de verwachting dus is dat er aggregaties van makreel in de parken gaan zijn.

De gemiddelde aanlandprijs voor makreel was 2 €/kg (jaren 2019-2021). Deze prijs zal naar verwachting voor dagverse makreel waarschijnlijk hoger liggen, aangezien er voor makreel een markt is voor dagverse vis zal de prijs voor deze uit de windparken afkomstige vis waarschijnlijk hoger liggen. Er wordt op kleine schaal met handlijn op makreel gevist. Daarnaast is ook jiggen waarschijnlijk een kansrijke vismethode voor makreel.



Figuur 3.23. Visserijonafhankelijke gegevens makreel >30 cm (*Scomber scombrus*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS-kwartaal 1 (linksboven), IBTS-kwartaal 3 (rechtsboven) en BTS-kwartaal 3 (onder).

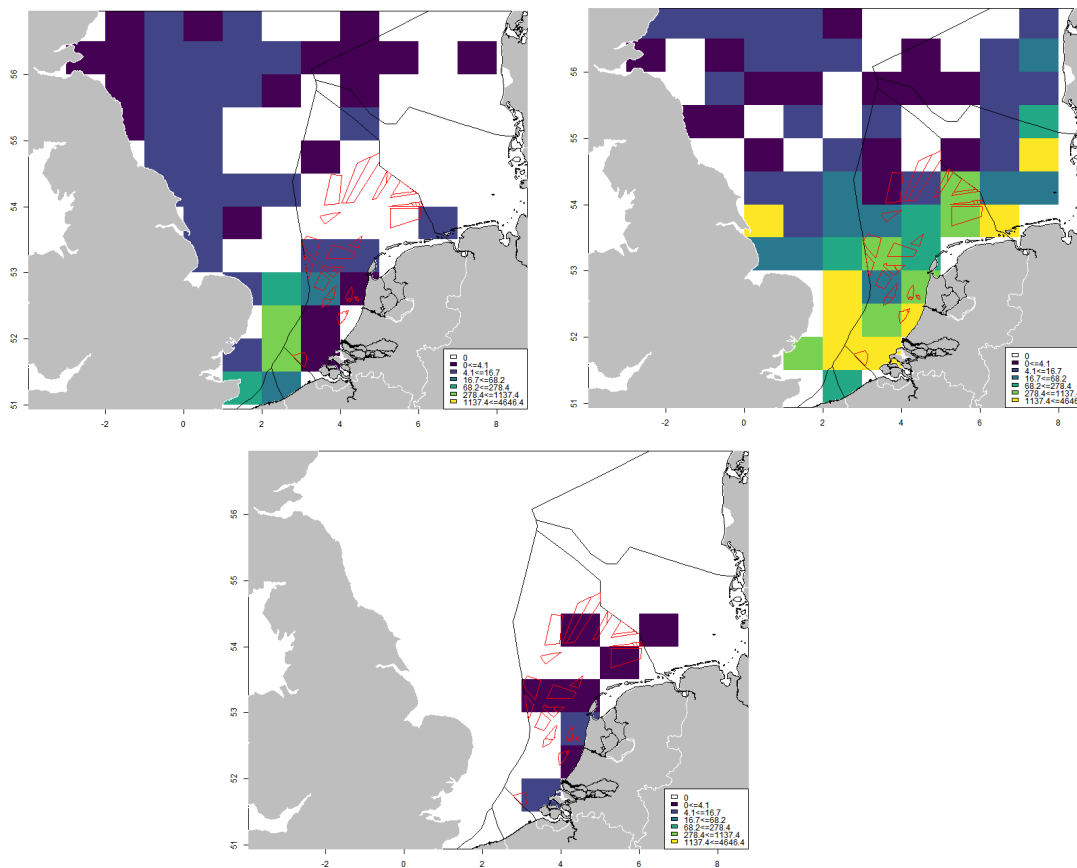


Figuur 3.24. Logboekgegevens makreel (*Scomber scombrus*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

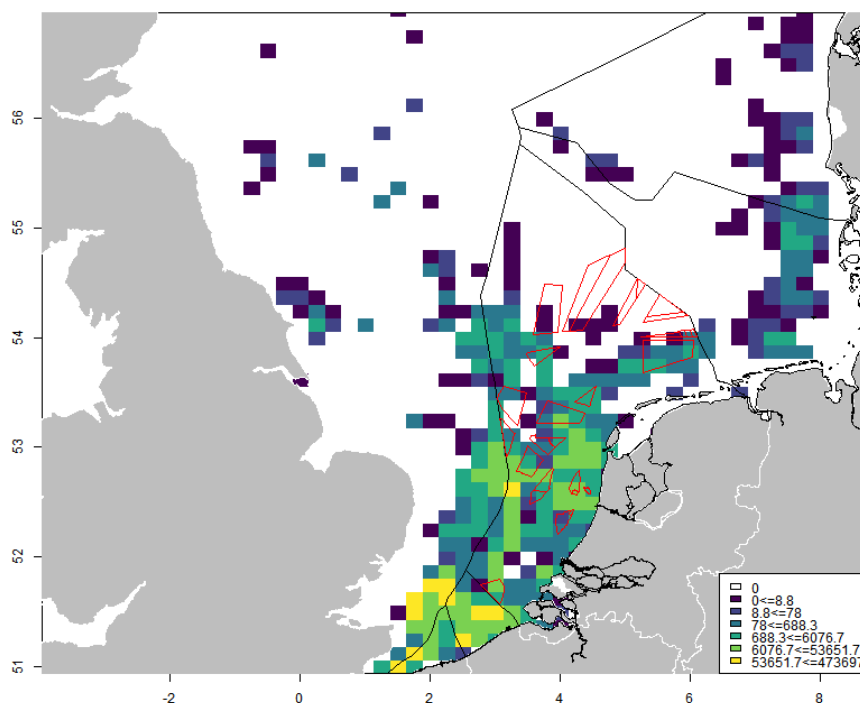
3.3.11 Horsmakreel (*Trachurus trachurus*)

Net als makreel is horsmakreel een pelagische soort met een vergelijkbare seizoensmigratie. Horsmakreel boven de minimale aanlandingslengte wordt wel meer gevangen in de IBTS-Q1 dan makreel (figuur 3.25, figuur 3.23). De minimale aanlandingslengte ligt echter op 15 i.p.v. 30 cm zoals bij makreel, het zijn vooral juvenile die in Q1 worden gevangen. De grotere horsmakreel wordt net als makreel met name in de zomerperiode aangetroffen. In Q3 worden ze met name in de zuidelijke Noordzee gevangen door de IBTS. De aanlandingen vinden ook met name in het zuiden plaats, met beperktere aanlandingen boven de eilanden (figuur 3.26).

De gemiddelde aanlandprijs voor horsmakreel was 0,57 €/kg (jaren 2019-2021). Er wordt op kleine schaal met handlijn op horsmakreel gevist. Daarnaast is ook jiggen waarschijnlijk een kansrijke vismethode voor horsmakreel.



Figuur 3.25. Visserijonafhankelijke gegevens horsmakreel >15 cm (*Trachurus trachurus*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS kwartaal 1, IBTS kwartaal 3 en BTS kwartaal 3.

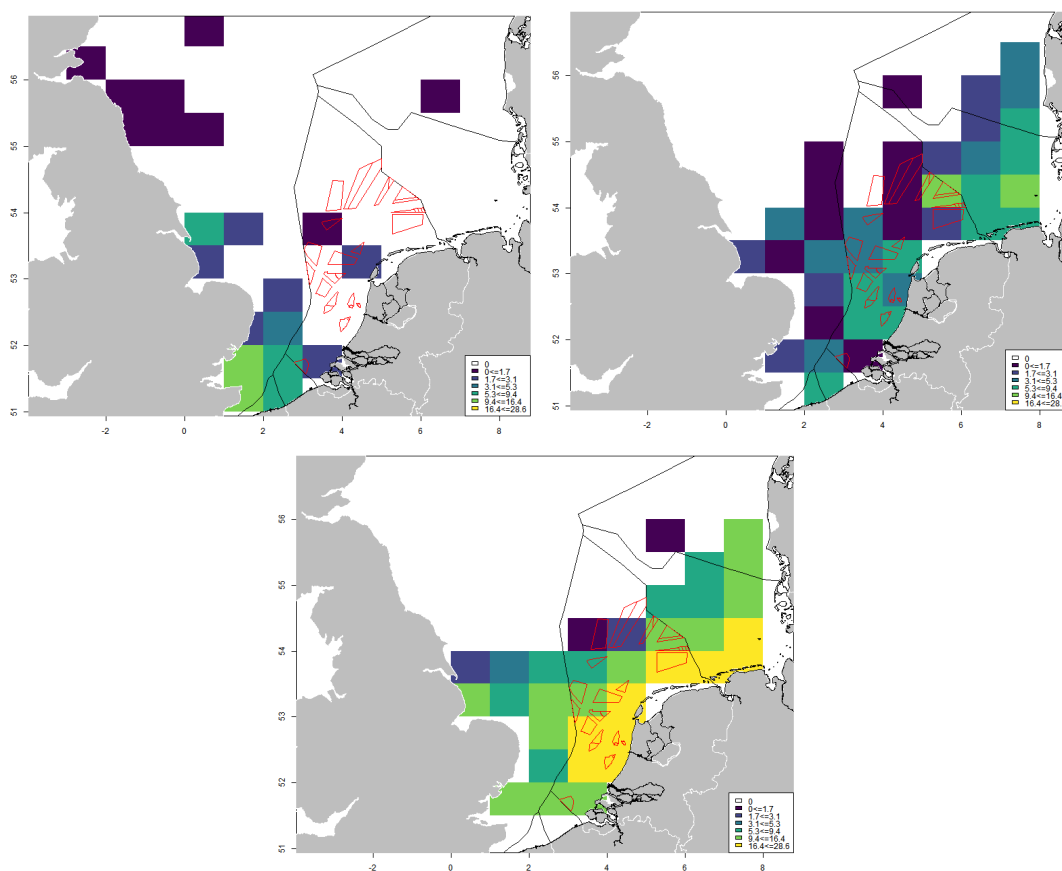


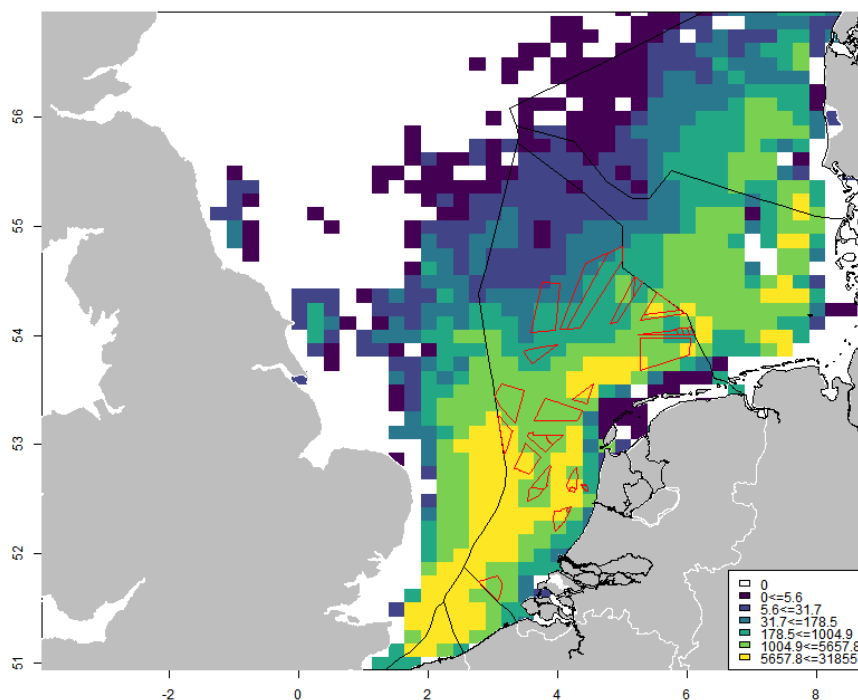
Figuur 3.26. Logboekgegevens horsmakreel (*Trachurus trachurus*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

3.3.12 Rode poon (*Chelidonichthys lucerna*)

Een ecologische beschrijving van rode poon is terug te vinden in Van Overzee en Quirijns (2010). Op rode poon wordt gericht gevist door de flyshoot in het kanaal, in de Franse territoriale wateren is dit ondertussen verboden. De meerderheid van de aanlanding in het weergegeven gebied zijn dan ook gedaan door dit type visserij, gevolgd door de puls- en boomkor. De survey gegevens lijken een seizoenseffect weer te geven met beperktere vangsten in de het eerste kwartaal in het zuiden en de Engelse kust, terwijl in het derde kwartaal de vangsten vooral langs de Nederlandse kust plaatsvinden (figuur 3.27). De verspreiding van rode poon in de survey vangsten is duidelijk beperkt tot de zuidelijke Noordzee. De BTS laat vooral hoge vangsten zien nabij de kust, waarvan een groot deel kleiner is dan 25 cm. De aanlandingsgegevens komen met name uit het zuiden maar gebeuren langs heel de kust tot ver in de Duitse Bocht (figuur 3.28).

De gemiddelde aanlandprijs voor rode poon was 2,39 €/kg (jaren 2019-2021). Er vindt in Nederland momenteel geen passieve visserij op rode poon plaats. Wellicht is dat in de toekomst mogelijk met handlijn of potten. Of dat succesvol wordt is nog onzeker.



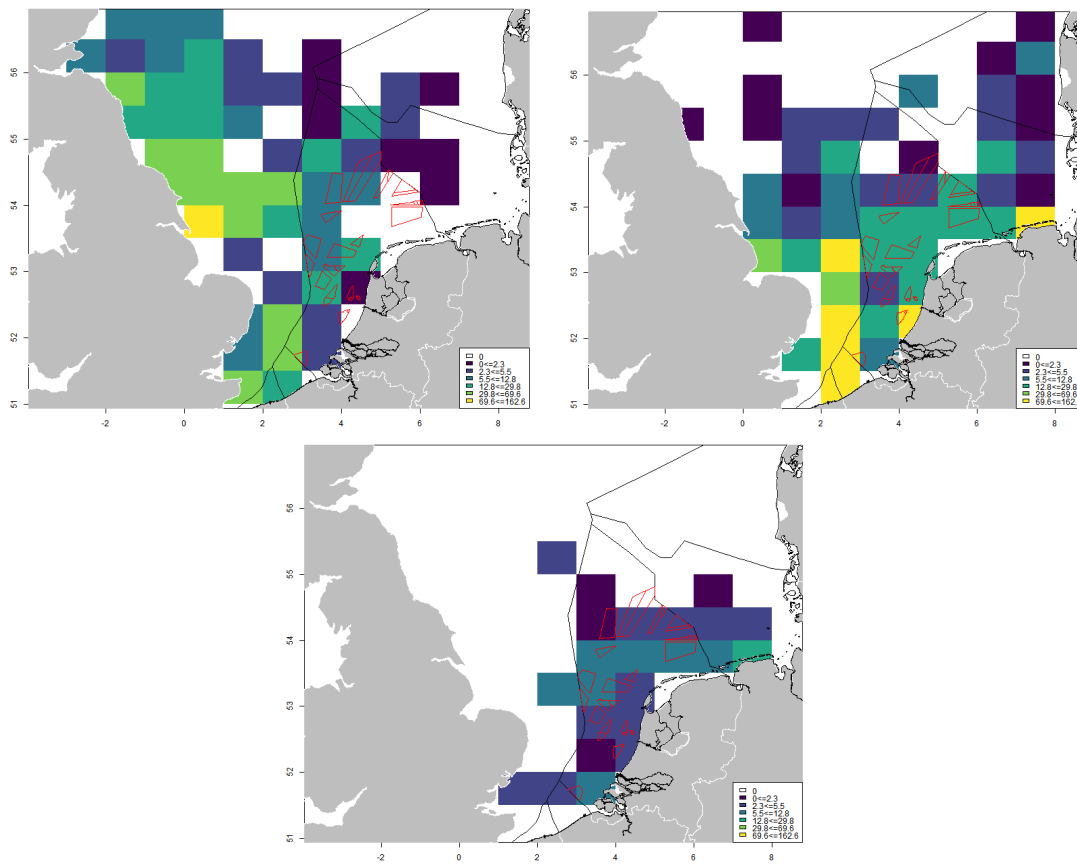


Figuur 3.28. Logboekgegevens rode poon (*Chelidonichthys lucerna*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

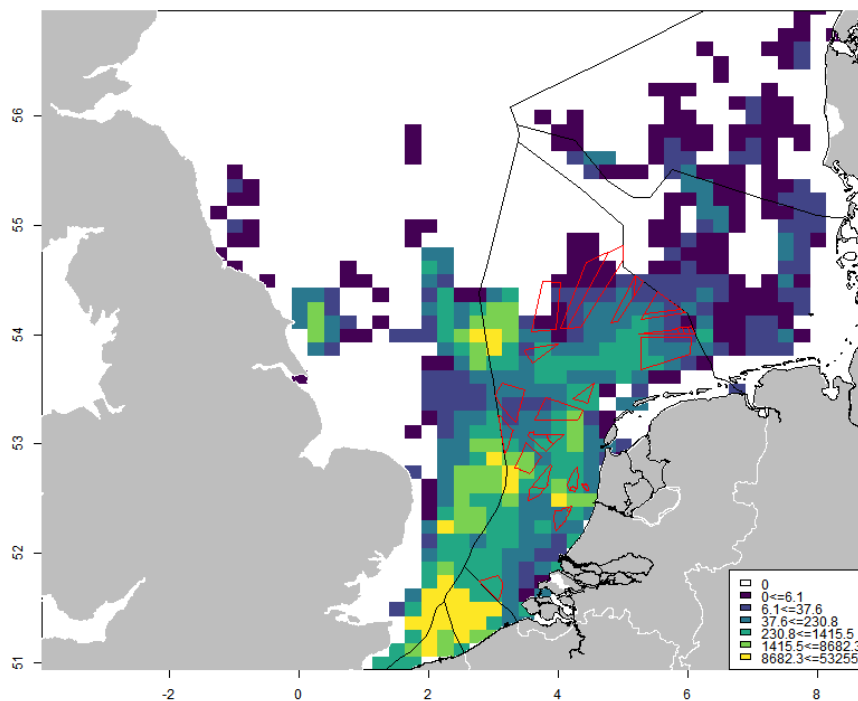
3.3.13 Mul (*Mullus surmuletus*)

Een ecologische beschrijving van mul is terug te vinden in Van Overzee en Quirijns (2010). Mul wordt in slechts zeer lage aantallen gevangen in de surveys (figuur 3.29). Vooral in het eerste kwartaal wordt mul nauwelijks gevangen. In het 3^e kwartaal zijn de aantallen iets hoger en dan met name in de Zuidelijke gebieden. Evenals op de Rode Poon is er een gerichte visserij op mul met behulp van een flyshoot (van Overzee en Quirijns, 2010), de flyshoot vangsten maken ook het grootste deel uit van de in figuur 3.30 getoonde vangsten (bijlage 2). De aanlandingsgegevens komen met name uit het zuiden.

De gemiddelde aanlandprijs voor mul was 3,94 €/kg (jaren 2019-2021). Er vindt in Nederland momenteel geen passieve visserij op mul plaats. Wellicht is dat in de toekomst mogelijk met handlijn of potten. Of dat succesvol wordt is nog onzeker.



Figuur 3.29. Visserijonafhankelijke gegevens mul (*Mullus surmuletus*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS kwartaal 1, IBTS kwartaal 3 en BTS kwartaal 3.



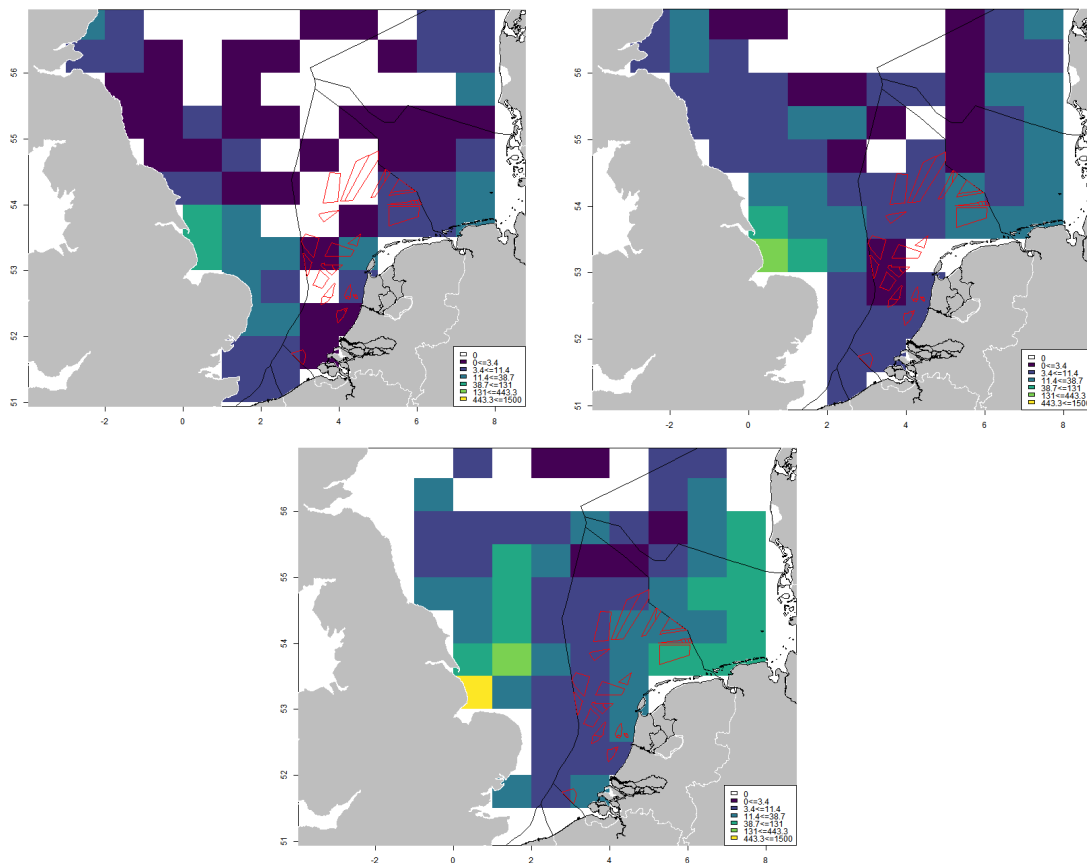
Figuur 3.30. Logboekgegevens mul (*Mullus surmuletus*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

3.3.14 Noordzeekrab (*Cancer pagurus*)

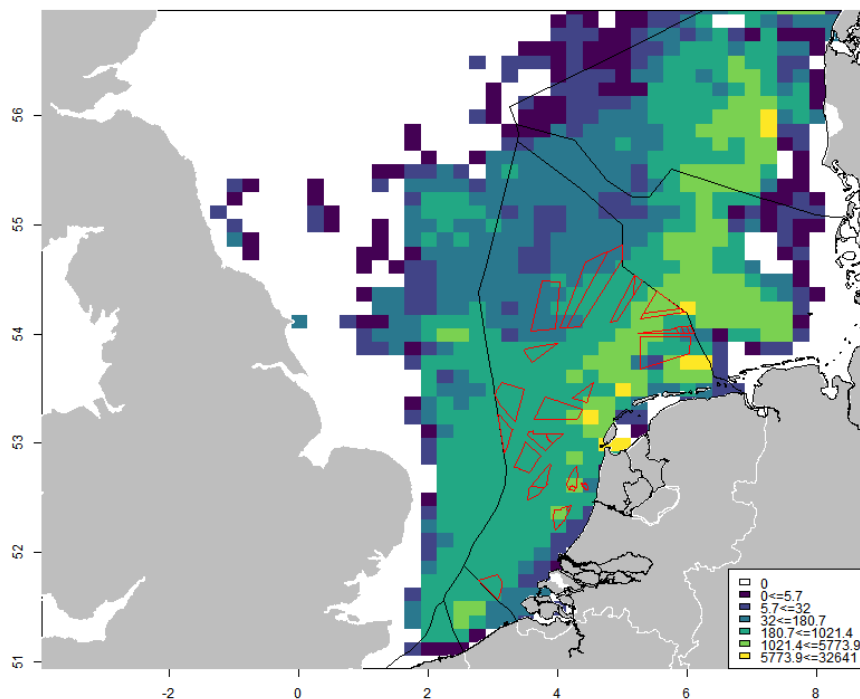
Een ecologische beschrijving van Noordzeekrab is terug te vinden in van den Bogaart e.a. (2019). In dat rapport is een modellering op basis habitateigenschappen, incl. het te verwachten harde substraat van de windparken, toegepast waarmee geschikte locaties zijn aangewezen. Hieruit kwam naar voren dat de zuidelijke locatie en de gebieden boven de eilanden goed tot best waren en de meer noordelijke locatie minder geschikt. Aan deze modellering is niks meer veranderd en geldt nog steeds. Dit beeld komt echter niet zo duidelijk uit de survey gegevens (figuur 3.31), die een beeld geven van een wijde distributie van lage dichtheden. Maar deze surveys bemonsteren dan ook niet het hard substraat zoals wrakken die juist de habitat vormen voor deze krabben. De logboekgegevens laten de hoogste aanlanding zien vanuit het gebied boven de eilanden (figuur 3.32).

De verwachting is dat het aan te leggen stortstenen bed rond de windmolenpalen een geprefereerde habitat zal vormen voor de Noordzeekrab, zoals o.a. in OWEZ aangetoond (van Hal et al. 2017). In Duitse parken werd zelfs een biomassa toename van 320% waargenomen (Krone et al. 2017). Hierdoor ontstaan aggregaties van Noordzeekrab nabij de palen, die mogelijk de vangstefficiëntie in het gebied tussen de palen kan verhogen als de krabben verplaatsen tussen de palen of worden aangetrokken door aas.

De gemiddelde aanlandprijs voor Noordzeekrab was 2,14 €/kg (jaren 2019-2021). Noordzeekrab wordt reeds gevangen met korven.



Figuur 3.31. Visserijonafhankelijke gegevens Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS kwartaal 1, IBTS kwartaal 3 en BTS kwartaal 3.



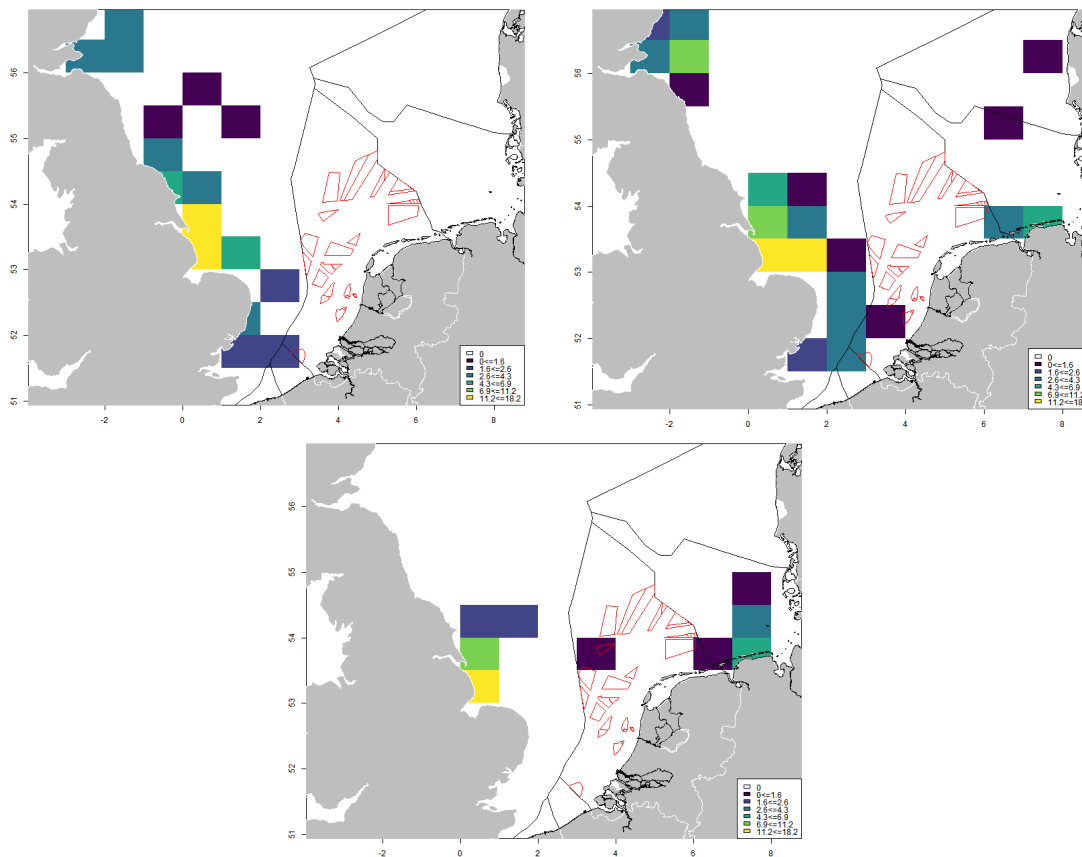
Figuur 3.32. Logboekgegevens Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

3.3.15 Europese zeekreeft (*Hommarus gammarus*)

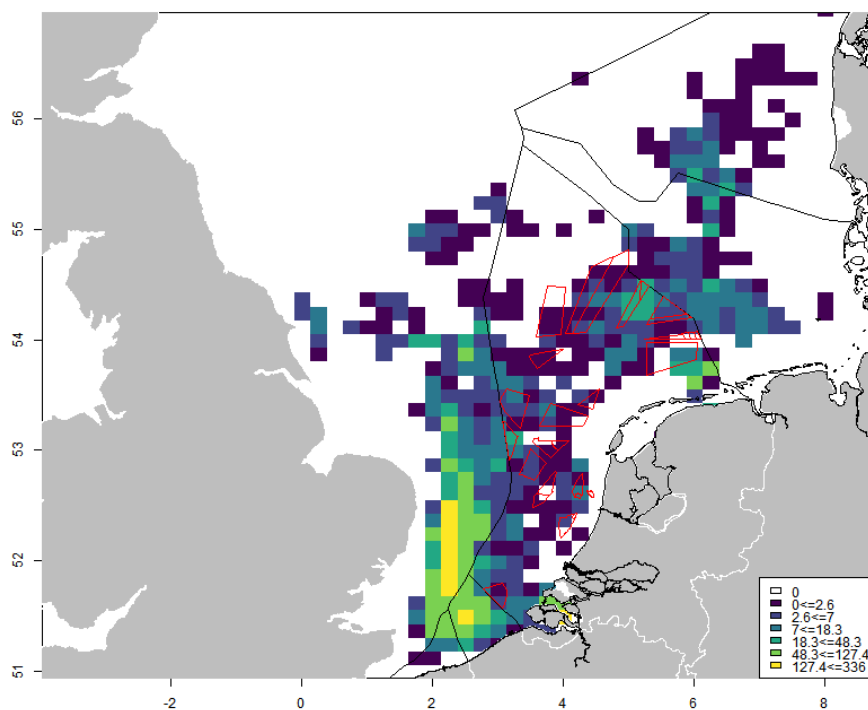
De Europese zeekreeft is de soort met gemiddeld de hoogste kiloprijs van alle besproken soorten. In de surveys wordt de soort met name aangetroffen langs de Engelse en Schotse kust en op de hardere substraten in de Duitse Bocht (figuur 3.33). Langs de Engelse en Schotse kusten vindt er vanuit de UK gerichte visserij met kooien plaats op deze kreeften. De aanlandingsgegevens van deze buitenlands-gevlagde visserijen zitten niet in de Nederlandse aanlandingsgegevens. De Nederlandse aanlandingsgegevens laten zien dat de kreeft met name door de pulskor werd aangeland uit gebieden in de zuidelijke Noordzee buiten het NCP (figuur 3.34). Aanlandingen vanuit het NCP zijn beperkt geweest.

De verwachting is echter dat het harde substraat gevormd door het stortstenenbed rond de windpalen de geschiktheid van het NCP voor kreeft verhoogd. Vanwege de hoge prijs zou een aggregatie nabij de palen een visserij mogelijk kunnen maken, waarbij er niet direct onderscheid gemaakt kan worden tussen de verschillende parken en zoekgebieden. Echter zijn de oppervlakten hard substraat rond de palen beperkt en zijn er indicaties dat die maar groot genoeg zijn voor 1 tot 2 kreeften per paal (Tonk en Rozemeijer, 2022). Daardoor zou het visserijpotentieel beperkt kunnen zijn, en is ook grote kans op lokale uitputting van het aantal kreeften door de visserij. Dit zou dan door migratie en/of aanwas langzaam weer aangevuld moeten worden.

De gemiddelde aanlandprijs voor Noordzeekreeft was 13,50 €/kg (jaren 2019-2021). Noordzeekreeft wordt reeds gevangen met korven.



Figuur 3.33. Visserijonafhankelijke gegevens Europese zeekreeft (*Hommarus gammarus*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS kwartaal 1, IBTS kwartaal 3 en BTS kwartaal 3.

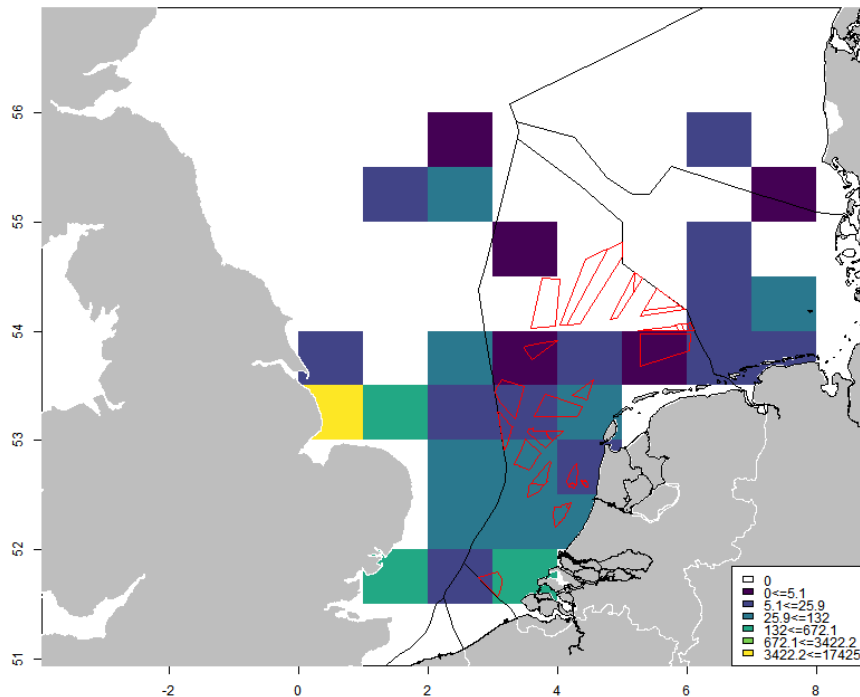


Figuur 3.34. Logboekgegevens Europese zeekreeft (*Hommarus gammarus*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

3.3.16 Fluwelen zwemkrab (*Necora puber*)

Informatie over Fluwelen zwemkrab van de IBTS wordt niet doorgegeven aan de internationale database. Er zijn ook geen aanlandingsgegevens van de fluwelen zwemkrab. De BTS laat een zuidelijke verspreiding tot in de Duitse Bocht zien (figuur 3.35). De verwachting is dat de fluwelen zwemkrab net als de Noordzeekrab zal toenemen op het stortbed nabij de palen (van Hal et al. 2017), waardoor de aggregaties dan groot genoeg worden om er op te vissen. Waarschijnlijk zal dit, als het toegestaan wordt, een gecombineerde visserij met Noordzeekrab worden.

De gemiddelde aanlandprijs voor fluwelen zwemkrab is niet bekend. De fluwelen zwemkrab kan waarschijnlijk worden gevangen met korven.



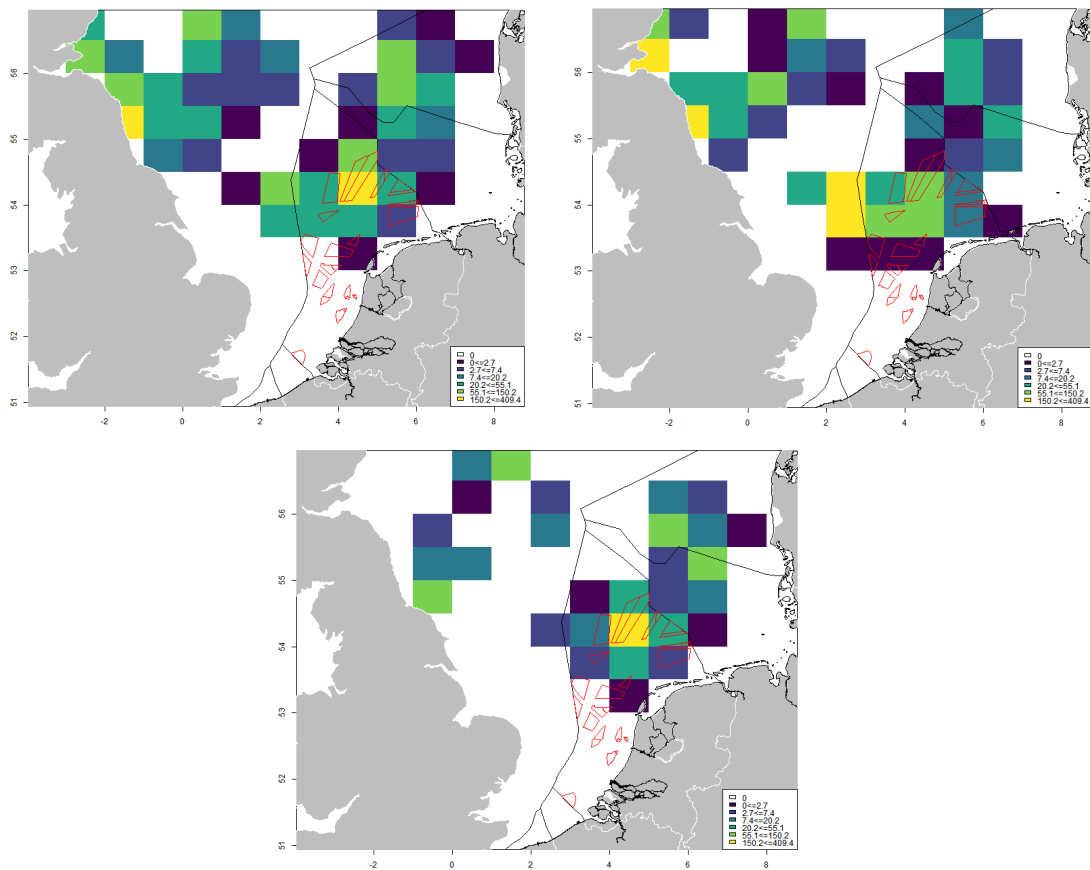
Figuur 3.35. Visserijonafhankelijke gegevens Fluwelen zwemkrab (*Necora puber*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: BTS kwartaal 3.

3.3.17 Noorse kreeft (*Nephrops norvegicus*)

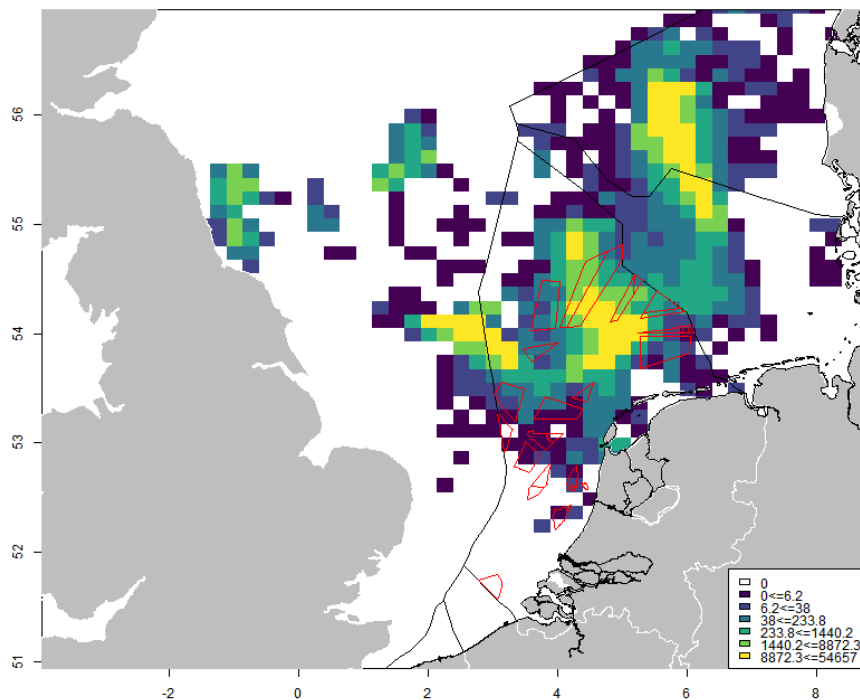
Noorse kreeft is relatief kleine kreeftachtige tot 24 cm lang kan worden. Ze leven in holletjes in de modder. De zeebodem is lang niet altijd geschikt om deze holletjes te maken; het moet uit minstens 20% slib en klei bestaan. Het hangt tevens af van de stevigheid van de bodem hoeveel holletjes er per oppervlakte-eenheid kunnen zijn. Doordat niet iedere bodemtype geschikt is voor de holletjes en Noorse kreeft maar heel weinig migratie vertoont, bestaat de populatiestructuur uit meerdere bestanden, die allemaal hun eigen dynamiek hebben. Zo verschilt het per gebied of (a) de kreeften 1 of 2 keer per jaar een piek hebben in de hoeveelheid eieren die ze leggen, (b) hoe groot de kreeften worden, (c) hoe groot de dichtheid is en (d) of ze 's nachts of overdag vooral actief zijn (Hammen & Steenbergen, 2011). De survey gegevens en de visserijgegevens vertonen min of meer hetzelfde beeld, namelijk dat Noorse kreeft met name in de Noordelijke gebieden en dan ook daar niet overal, voorkomen (figuur 3.36 en 3.37). De Noorse kreeft wordt voornamelijk gevangen met (dubbele) bodem ottertrawls; een gesleept tuig.

De gemiddelde aanlandprijs voor Noorse kreeft was 4,85 €/kg (jaren 2019-2021). Voor verse, levende Noorse kreeft zijn hoogstwaarschijnlijk de prijzen hoger. Er vinden momenteel ook testen plaats met

om Noorse kreeft met korven te vangen in Nederland. Deze zijn nog niet erg succesvol gebleken (SELOV-project; <https://youtu.be/xhl0KcpHV2U>).



Figuur 3.36. Visserijonafhankelijke gegevens Noorse kreeft (*Nephrops norvegicus*) gemiddeld aantal per uur vissen 2017-2021: IBTS kwartaal 1, IBTS kwartaal 3 en BTS kwartaal 3.



Figuur 3.37. Logboekgegevens Noorse kreeft (*Nephrops norvegicus*) gemiddeld aantal kg per jaar (2017-2021).

3.4 Totaaloverzicht resultaten

De resultaten van deze exercitie zijn samengevat in tabel 3.1. Voor de zeewierkweek en scheldierkweek zijn in deze tabel de waarden weergegeven zoals ook te vinden in tabel 6.2 (zeewier) en tabel 6.4 (mosselkweek) in bijlage 3. Voor de passieve visserijsoorten is een oordeel gegeven over de geschiktheid van een windpark op basis van het voorkomen van de betreffende soort, beschreven in de paragrafen 3.3.1 tot en met 3.3.17 inclusief een weergave op kaarten. Wanneer de soort niet of nauwelijks is aangetroffen in het windpark dan krijgt het windpark een -, komt een soort wel voor in een windpark krijgt het windpark een +. Soorten met een * zijn soorten die nu weliswaar niet veel voorkomen, maar juist door de windparken worden aangetrokken en naar alle waarschijnlijkheid zich wel in de windparken zullen gaan vestigen, daarom krijgen deze soorten ook een +.

Tabel 3.1. Samenvatting van de resultaten: indicatie van de geschiktheid van windparken voor de kweek van de zeewiersoorten: suikerwier, vingerwier en knotswier en de kweek van de schelpdieren mossel en platte oester (op een schaal van 0.01-1 waarbij 1 zeer geschikt is en 0.01 niet geschikt). Indicatie van mogelijkheden voor visserij per soort op basis van gegevens over voorkomen van deze soorten (+ soorten zijn aangetroffen en windpark biedt kansen voor visserij, - soort niet of nauwelijks aangetroffen, kansen voor visserij worden als laag ingeschat). De soorten met een * zijn soorten die nu weliswaar niet veel voorkomen, maar juist door de windparken worden aangetrokken en naar alle waarschijnlijkheid zich wel in de windparken zullen gaan vestigen.

Windparken (bestaande, in aanbouw en gepland) en zoekgebieden van zuid naar noord weergegeven	zeewierkweek	schelpdierkweek	Passieve visserij(soorten) gerangschikt naar huidige marktwaarde															
			Noordzeekreeft*	zeebaars	tong	kabeljauw	Noordzeekrab*	makreel	Horsmakreel	Fluwelen zwemkrab*	tarbot	griet	Pijlingtvis (Loligo spp.)	Noorse kreeft	Zeekat	Mul	rode poon	schol (n.i.)
Borssele	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Hollandse Kust Zuid	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Luchterduinen	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Hollandse Kust West Zuidelijk deel	0.5	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Hollandse Kust West	0.5	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Hollandse Kust Noord	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Pr. Amalia	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Egmond aan Zee	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Imuiden Ver	0.5	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Nederwiek Zuid	0.5	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Imuiden Ver Noord	0.5	1	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Lageland Zuid	0.5	1	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Nederwiek Noord	0.5	1	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Lageland Noord	0.25	1	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
zoekgebieden 8	0.25	1	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
zoekgebieden 4	0.5	1	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
Buitengaats (Gemini)	0.25	1	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Zee-energie (Gemini)	0.25	0.5	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Ten Noorden van de Wadden	0.25	0.5	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+
zoekgebieden 3	0.05	0.5	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+
Doordewind	0.05	0.1	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+
zoekgebieden 5			+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+
zoekgebieden 6	0.01	0.05	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+
zoekgebieden 7	0.01	0.05	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+
gebied tussen 6/7	0.01	0.05	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+

4 Discussie

4.1 Zeewierkweek

De kansrijkheid van zeewierkweek in de windparken is in beeld gebracht door een indicator toe te passen die het meest passend is om dit doel te bereiken. Voor zeewier zijn we er voorlopig uitgegaan van een scoring op basis van de voor stikstof (N) en fosfaat (P) genormaliseerde nutriëntfluxen. Dit geeft een relatieve indicatie voor hoeveel biomassa per oppervlakte-eenheid gekweekt zou kunnen worden, maar het is moeilijk om per soort weer te geven wat eventuele verschillen in geschiktheid zijn. Hiervoor is meer specifieke kennis en informatie nodig over de opname dynamiek van nutriënten door de zeewieren. De scores voor de nutriëntfluxen zijn ook enigszins arbitrair. Uit deze studie blijkt dat de parken die dicht bij de kust liggen het beste scoren voor zeewierkweek, de nutriënten gehaltes zijn daar ook het hoogst. De zoekgebieden in het Noorden scoren het laagste in geschiktheid. De parken Lagelander-Noord en Zoekgebied-8 komen qua score lager uit dan bijvoorbeeld het Nederwiek-Noord, terwijl dat park verder van de Nederlandse kust ligt. Dit komt doordat Nederwiek-Noord en Nederwiek-Zuid extra toevoer van nutriënten hebben vanuit de Theems. Door de vorm van de Engelse kust reikt te Theems-pluim wat verder uit de kust. De pluim van de Rijn voorziet vooral de parken die dicht tegen de Hollandse kust aan liggen van nutriënten.

Uit literatuur weten we dat er zeer grote verschillen kunnen zijn tussen zeewiersoorten in termen van stoichiometrie (dus verhouding tussen koolstof, stikstof en fosfaat) in het plantenweefsel. Echter uit de vergelijking van ratio's in de zeewier factsheet¹ blijkt al dat deze ook binnen een soort extreem kunnen verschillen afhankelijk van waar en hoe ze opgekweekt zijn. Het is dus onduidelijk of de interne stoichiometrie een weergave is van wat er in de omgeving beschikbaar is, of wat de zeewieren echt nodig hebben, of een combinatie van beide. Het is momenteel niet duidelijk of een zeer hoge N:P-ratio leidt tot een verminderde groei in bepaalde soorten, zelfs als het totaal aan N en P niet beperkend is. Voor fytoplankton is bekend dat een zeer hoge N:P-ratio eerst leidt tot een verschuiving in soortensamenstelling (Prins et al, 2012) wat mogelijk hogere trofische niveaus kan beïnvloeden. Mogelijk dat een dergelijke verschuiving ook effect heeft op het voorkomen en de groei van zeewiersoorten. Wanneer er voor zeewier meer inzicht is in effecten van afwijkingen van de Redfield-ratio² dan zijn er betere conclusies te trekken over geschiktheid van bepaalde locaties. Mogelijk dat dan blijkt dat locaties met een hoge nutriëntenflux (of andere ratio), vlakbij de kust toch minder geschikt zijn voor sommige soorten. Met de scoringsmethodiek die is toegepast is toch de nutriëntenverhouding enigszins meegenomen. Gebieden met een hoge N- (of P-) flux, maar een erg lage P- (of N-) flux, krijgen zo toch een lagere score, zelfs al zou een gecombineerde totaalflux relatief hoog zijn.

Er is uit de praktijk bekend dat zeer hoge nutriënten- en chlorofylconcentraties problematisch kunnen zijn voor zeewierkweek. Onder deze omstandigheden kunnen epifyten (Harrison & Hurd, 2001) en epifauna (Førde et al., 2016) het zeewier overgroeien. Hiermee heeft het zeewier minder licht en groeit minder goed en wordt het voor de kweker minder waard. Dit is waargenomen in gebieden zeer vlakbij de Belgische kust, met weinig dynamiek en hoge nutriëntenbelasting (Nauta et al, in prep.). Mogelijk komt dit op open zee sowieso minder voor omdat golfslag en het langselkaar schuren van de bladeren de aangroei kan verminderen (Walls et al., 2017), maar dit zal nog wel uit de praktijk moeten blijken. Een andere factor die groei beïnvloed is turbiditeit, de troebelheid van water (Babudur, 2020). Afhankelijk van de locatie kan dit een factor zijn in de productie van het zeewier. Deze factor is echter niet meegenomen in deze beoordeling. Daarnaast is het zo dat op zee de nutriëntenconcentraties lager zijn dan vlak bij de kust. Momenteel is nog niet bekend onder welke condities epibionten problematisch worden voor kweek op zeewier en is daar geen rekening mee gehouden in de geschiktheidsbeoordeling.

¹ <https://edepot.wur.nl/537009#:~:text=In%20phytoplankton%20the%20atomic%20ratio,of%20550C%3A30N%3A1P>,

² In de open oceaan is de verhouding tussen koolstof (C), stikstof (N) en fosfaat (P) ongeveer 106:16:1, de zgn. Redfield ratio (Auguères and Loreau, 2015).

De kweekinstallatie van de North Sea Farmers ligt in een gebied met (voor de Noordzee) relatief hoge nutriënten- en algenconcentraties, en daar lijkt dit niet tot grote problemen te leiden (pers. comm. North Sea farmers). Daarom is voor nu bij de huidige studie aangenomen dat het risico op aangroei en overwoekering voor de windparken op de Noordzee geen beperkende factor zal zijn, mits het gewas tijdig wordt geoogst.

4.2 Schelpdierkweek

De kwalitatieve kansrijkheid van schelpdierkweek in de windparken is in beeld gebracht door een indicator toe te passen, die het meest passend is om dit doel te bereiken.

De geschiktheid indicator voor schelpdieren die is gebruikt, is in deze analyse bijna volledig afhankelijk van de indicatorwaarde die is toegekend aan de flux van chlorofyl-a. De onderverdeling is enigszins arbitrair ($<1\mu\text{g/l}$ is ongeschikt, tussen 1 en $1,5\mu\text{g L}^{-1}\text{m s}^{-1}$ is minder geschikt en $>1,5\mu\text{g L}^{-1}\text{m s}^{-1}$ is geschikt), doordat onvoldoende wetenschappelijke basis aanwezig is voor een passend onderscheid. Als het onderscheid tussen minder geschikt en geschikt op $2\mu\text{g L}^{-1}\text{m s}^{-1}$ gelegd zou worden dan zouden de parken Hollandse Kust west (noord), IJmuiden Ver, IJmuiden Ver Noord, Lageland (Zuid en Noord) en Zoekgebied 8 als minder geschikt aangeduid worden. Deze gebieden hebben een iets lagere concentratie aan chlorofyl-a (wel boven de $3\mu\text{g/l}$, de grenswaarde voor chlorofylconcentratie) en daardoor een lagere flux dan de gebieden die ten westen en ten oosten liggen. De verschillen zijn echter klein. Het is zeer goed mogelijk dat juist de gebieden als IJmuiden Ver en Lageland geschikt zijn voor kweek dan bijvoorbeeld Nederwiek en Zoekgebied 3 vanwege de grotere vaarafstand. De verschillen zijn het gevolg van het feit dat de meest westelijke delen van het NCP onder invloed staan van de nutriëntenstroom van de Thames en de parken die dicht tegen de Nederlandse kust aan liggen staan meer onder invloed van de uitstroom van de Rijn. De parken daar tussenin hebben een net iets lagere toevoer van fytoplankton.

In de schelpdierindicator zijn uiteindelijk temperatuur en saliniteit niet meegenomen, omdat vooraf al bekend was dat deze parameters weliswaar beperkend kunnen zijn, maar dat binnen de windparken en de windzoekgebieden op de Noordzee de waarden altijd binnen de geschiktheidsrange zouden blijven. Achteraf had dat ook gekund met de parameter gesuspendeerd materiaal. Deze scoringsmethode zou in principe ook in andere gebieden bruikbaar zijn, maar daar kan het zijn dat temperatuur en saliniteit wel meegenomen moet worden. Per slot van rekening, zelfs al is de voedselbeschikbaarheid optimaal, als het gebied regelmatig te lage saliniteit heeft, zullen er nog geen schelpdieren gekweekt kunnen worden. In dergelijke gebieden kan het goed zijn dat de matrix meer specifiek gebruikt moet worden per soort. In deze studie zijn mosselen en oesters op een eenduidige wijze gescoord. Echter, mosselen zijn wat meer zouttolerant dan platte oesters (Rijsgard et al. 2014; Eertman & Smaal 1995; Hutchison & Hawkins 1992). Ook kan het best zijn dat de chlorofyl flux die leidt tot economisch rendabele kweek verschillend is voor mosselen en oesters. Met de huidige stand van kennis is er echter de pragmatische keuze gemaakt om ze gelijkaardig te scoren.

Effect klimaatverandering

Bij de huidige analyse zijn effecten van klimaatverandering op schelpdierproductie in de Noordzee niet meegenomen. In het EU project CERES zijn effecten temperatuur op de overleving en groei van o.a. mosselen en platte oesters experimenteel onderzocht. Hieruit bleek dat de platte oester beter is aangepast aan hogere temperaturen dan de mossel (Kamermans & Saurel, 2022). Modelberekeningen uitgevoerd in het kader van CERES voorspellen dat de productie van mosselen aan het eind van deze eeuw zal dalen als gevolg van klimaatverandering (Cubillo et al. 2021). Effecten van klimaatverandering zullen het eerst zichtbaar zijn in estuaria, ondiepere baaien en zeearmen. In deze gebieden fluctueert temperatuur veel meer dan op open zee. Kamermans & Saurel geven 25°C als bovengrens voor geschiktheid voor mosselkweek. De kans dat er op open zee in de windparken een dergelijke temperatuur bereikt wordt is in ieder geval voorlopig klein.

4.3 Passieve visserij

Beschikbare data

De beschikbare data zijn beperkt bruikbaar voor het onderzoeken van de aanwezigheid van bepaalde soorten. De surveygegevens zijn momentopnames waarbij één of twee trekken een veel groter gebied (ICES-kwadrant) representeren. Daarnaast geven de surveys een beeld van de relatieve aanwezigheid van soorten, gestuurd door het gebruikte vistuig, wat beperkt inzicht geeft in de werkelijk vangstmogelijkheden voor toekomstige visserijen. De logboekgegevens worden gedomineerd door de huidige visserijtypen, de gesleepte tuigen en de zegens, die hoogstwaarschijnlijk niet toegepast gaan worden in de windparken. De vangsten van de gesleepte tuigen geven dus maar beperkt inzicht in de vangstmogelijkheden en of dit rendabel kan zijn voor de statische visserijen die mogelijk toegestaan gaan worden. Daarnaast zie je in de ruimtelijke logboekgegevens logischerwijs de verspreiding van de doelsoorten terug, maar zie je ook regelgeving over gesloten gebieden en over waar bepaalde tuigen/schepen gebruikt mogen worden en economische redenen zoals niet te ver van de haven om brandstof te besparen terug. Hierdoor geven deze gegevens niet een volledige verspreiding van de soorten en daarmee visserijmogelijkheden. Voor de bijvangst soorten (zoals tarbot en griet) is dit nog lastiger, een groot deel daarvan vertoont dezelfde verspreiding als de doelsoorten, terwijl als er gericht op gevist zou worden deze mogelijk een ander verspreidingsbeeld en andere hotspots zouden krijgen.

Inktvissen, vissen, krabben en kreeften zijn mobiele organismen die de gehele Noordzee en daarbuiten kunnen gebruiken als hun leefgebied. De meerderheid van de geselecteerde soorten doet dit ook op grote ruimtelijke schaal. De seizoensmigratie van bijvoorbeeld de makreel en horsmakreel waarbij de volwassen vissen in het najaar de Noordzee verlaten en pas in de late lente of zelfs zomer weer terugkeren is hier een voorbeeld van (Jansen en Gislason, 2011). Door de migratiepatronen van de verschillende soorten worden ze niet consistent op dezelfde locatie in dezelfde aantallen aangetroffen, wat voor veel soorten goed inzichtelijk wordt gemaakt door de twee IBTS-surveys (Q1 en Q3 bemonstering). Maar ook op korte tijdschaal gebruiken veel van deze soorten een groter gebied dan de meeste windparken of zoekgebieden. Merkgegevens van tong uitgezet in OWEZ lieten dit zien. De meeste van de tongen werden na enkele dagen tot weken al ver buiten het betreffende park gevangen (van Hal et al. 2012). Vissers weten wel waar vis op een bepaald moment ongeveer zal zijn, maar heel exact is dit niet bekend (Rijnsdorp et al. 2000), waardoor vissers zoekgedrag laten zien op een schaal vaak groter dan een enkel windgebied.

Voorkomen van soorten

De surveys en de logboekgegevens laten voor de meeste soorten zien dat deze over een groot gebied, waaronder de windgebieden, kunnen worden gevangen. Op basis van de beschikbare gegevens kan er dan ook maar beperkt onderscheid gemaakt kan worden tussen de meeste gebieden. Uitzondering daarop is het onderscheid voor de "zuidelijke" soorten (o.a. zeebaars, pijlinktvis, zeekat, mul) die zich met name ophouden in de zuidelijke Noordzee. De logboekgegevens voor deze soorten laten dan ook zien dat ze in de hoogste aantallen in het kanaal of de Belgische wateren gevangen worden, maar dat ze ook in de windgebieden tot ongeveer ter hoogte van de Waddenzee worden aangetroffen. Voor deze soorten zal er geen visserij plaats gaan vinden in de noordelijkste gebieden. Hetzelfde geldt voor soorten die nog wel over zo goed als het gehele NCP worden aangetroffen, maar in het noordelijkste gebied in lagere aantallen. o.a. tong en rode poon. De enige soort die juist meer noordelijk voorkomt en niet in de zuidelijke wateren is de Noorse kreeft, deze soort bevindt zich uitsluitend in en nabij de noordelijke zoekgebieden. Van Noorse kreeft is overigens wel bekend dat ze op "slappe gronden voorkomen"; de bodem moet uit minstens 20% slib en klei bestaan zodat ze holletjes in de grond kunnen maken waarin ze leven (Hammen en Steenbergen, 2011). Het is nog maar de vraag of deze locaties geschikt zijn voor windparken.

Van een aantal soorten (kabeljauw, krabben, kreeften) is bekend dat deze het stortsteen rond de palen koloniseren, daar aggregeren en voor langere tijd verblijven (o.a. van Hal et al. 2012). Nabij de palen zijn er dan aggregaties, waarvan individuen mogelijk tussen de palen bewegen of door middel van aas weggelokt kunnen worden van de palen zodat er in het park een hogere vangstefficiënte bereikt kan worden dan erbuiten. Deze soorten lijken gezien hun verspreiding zich echter in alle windgebieden en zoekgebieden te kunnen vestigen, en daarom zijn in deze studie alle gebieden

aangemerkt als mogelijk geschikt voor een visserij op deze soorten. In een recente rapportage van het WinWind project wordt echter gesteld dat voor krabben waarschijnlijk de noordelijkere gebieden mogelijk meer kansen bieden doordat daar de habitat voor krabben van nature beter is (meer stenige gronden, Strietman et al, 2023). Naast het stortsteen worden er ook soorten (zeebaars, makreel, horsmakreel, zeekat) aangetrokken door de structuren in de waterkolom, waardoor er nabij deze structuren tijdelijke aggregaties kunnen worden aangetroffen (van Hal et al., 2017). Hierdoor wordt een hogere vangstefficiëntie voor deze soorten waarschijnlijker in de parken. Maar ook hier geldt dat dit waarschijnlijk voor alle gebieden hetzelfde is als er overlap is met de verspreiding van de soort. Een praktische beperking voor de visserij op deze soorten is wel dat juist in de nabijheid van de turbines niet gevestigd mag worden. Voor het veilig kunnen uitvoeren van het benodigde onderhoud is in de Handreiking gebiedspaspoort voor Borssele gesteld dat zowel rondom de windturbines als aan weerszijden van de infield kabels een ruimte vrij moet blijven van 250m waar geen medegebruik kan plaatsvinden (Rijksoverheid, 2020). Wat de invloed is van deze veiligheidszone op de vangbaarheid van de stortsteen en turbine minnende soorten zal moeten blijken uit de praktijktesten. In het geval van kabeljauw en zeebaars is het vanuit de huidige (lage) toestand van het bestand bezien nog wel de vraag of het mogelijk en/of gewenst is om op deze soorten te gaan vissen.

Haalbaarheid visserij in windparken

Uit een recente verkenning naar de mogelijkheden voor passieve visserij op Noordzeekrab in windparken voor de Hollandse kust bleek dat zonder aanvullende economische activiteiten deze vorm van visserij waarschijnlijk niet rendabel zal zijn (Strietman et al, 2023). Naar verwachting zal dit ook gelden voor andere vormen van passieve visserij in windparken. Het is waarschijnlijker dat het een onderdeel van de reguliere activiteit buiten de parken wordt, of een aanvullende activiteit terwijl buiten de parken een andere visserij wordt uitgevoerd. Dit laatste is op dit moment vanwege de huidige regelgeving echter nog niet toegestaan (meerder tuigen aan boord). De totale hoeveelheid ruimte die beschikbaar is in een windpark is beperkt en het zal daarom sowieso maar voor een beperkt aantal vissers mogelijk zijn.

Dat het een nevenactiviteit wordt maakt het lastiger om aan te geven of een gebied werkelijk geschikt is voor visserij op een soort, dit is dan ook afhankelijk van de visserij in het omliggende gebied. Daarnaast is het voor de meeste visserijen onwaarschijnlijk dat deze zich zullen beperken tot een enkele soort. Het is aannemelijker dat een breder scala aan soorten gevangen en aangeland gaat worden.

Er geldt ook voor een groot aantal soorten, dat een beperkte visserij in een windpark waarschijnlijk moeilijk rendabel te krijgen is als de reguliere gesleepte visserij op deze soort in de omliggende gebieden gewoon doorgaat. Dit betekent dat dit vooral rendabel zal zijn voor de duurdere vissoorten of voor soorten waarvoor een aparte markt gecreëerd kan worden, zoals mogelijk dagverse makreel en zeebaars. Voor sommige soorten is/zijn al een of meerdere passieve visserijmethodes beschikbaar en wordt er in de praktijk ook al commercieel met deze methodes gevestigd (Europese zeekeeft, zeebaars, tong, kabeljauw, Noordzeekrab, makreel, horsmakreel en fluwelen zwemkrab). Voor andere soorten zijn wel mogelijke visserijmethoden beschikbaar, maar zijn deze nog niet of nauwelijks toegepast in Nederland (tarbot, griet, Noorse kreeft, gewone pijlinktvis, zeekat). Voor de soorten mul, rode poot en schol is de kans erg klein dat er een geschikte passieve visserijmethode wordt gevonden. Te meer omdat deze soorten ook niet veel opbrengen op de markt.

5 Conclusies en aanbevelingen

De kennisvraag is om de geschiktheid van verschillende vormen van voedselproductie in de vorm van zeewier- en schelpdierkweek en passieve visserij als medegebruiksfunctie in zowel de bestaande, reeds geplande als nog aan te wijzen windparkgebieden te beoordelen. Voor de verschillende vormen van voedselproductie kunnen we concluderen dat:

- De parken in het zuidelijke deel van de Noordzee dichtbij de kust zijn het meest geschikt voor **zeewierkweek**. Verder weg van de kust en ten Noorden van de Wadden zijn de parken redelijk geschikt en de meest Noordelijke zoekgebieden zijn niet geschikt voor de kweek van de geselecteerde drie zeewiersoorten.
- De meeste parken in de Noordzee zijn geschikt voor **schelpdierkweek**. Alleen de meest Noordelijke zoekgebieden zijn niet geschikt voor het kweken van de schelpdieren mossel en platte oester.
- Voor de **passieve visserij soorten** is het onderscheid dat te maken is tussen de parken beperkt. Voor enkele "zuidelijke" soorten geldt (zeebaars, pijlinktvis, zee kat en mul) geldt dat het niet waarschijnlijk is dat er visserij zal plaatsvinden in de Noordelijke windgebieden. Dit geldt ook voor tong en rode poot welke wel voorkomen over de hele Noordzee, maar in het Noorden in lage getallen. De enige soort die juist meer noordelijk voorkomt en niet in zuidelijke wateren is de Noorse kreeft. Schol, tarbot en griet zien we overal voorkomen op de Noordzee. Ten slotte zijn er nog de soorten die worden aangetrokken door de harde structuren binnen de windgebieden; Noordzeekreeft, Noordzeekrab en Fluwelen zwemkrab. De ontwikkeling van deze soorten binnen de gebieden zal nog moeten blijken in de praktijk, maar vooralsnog is de voorspelling dat ze vrijwel overal zullen voorkomen (m.u.v. enkele noordelijke parken voor fluwelen zwemkrab).

De huidige studie beperkt zich tot een indicatie van de relatieve geschiktheid van verschillende (wind)gebieden op de Noordzee voor verschillende vormen van voedselproductie op basis van de nu beschikbare kennis en gegevens. Hierbij moet wel een kanttekening worden gezet dat de huidige resultaten kunnen wijzigen wanneer er nieuwe kennis beschikbaar komt.

Of de verschillende vormen van voedselproductie ook daadwerkelijk kans van slagen hebben hangt daarnaast af van meer factoren dan de geschiktheid van een gebied. Om de kansrijkheid van deze activiteiten binnen windparken in te kunnen schatten spelen ook factoren als ecologische impact en draagkracht (voor zeewier en mosselkweek), technische haalbaarheid, economische haalbaarheid (en marktkansen), regelgeving en risicoafwegingen een rol. Deze zaken vallen buiten de scope van deze opdracht en de daadwerkelijke haalbaarheid van zeewier-, schelpdierkweek en passieve visserij in windparken zal de komende tijd moeten blijken uit aanvullend onderzoek en uit testen in de praktijk.

6 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Atkinson, M, J. and S, V, Smith, 1983, C:N:P ratios of benthic marine plants¹, Limnology and Oceanography 28:568-574, Barillé, L.; Prou, J.; Heral, M.; Razet, D, Effects of high natural seston concentrations on the feeding, selection, and absorption of the oyster *Crassostrea gigas* Thunberg, JEMBE 1997, 2012, 149-172,
- Babudur, M. 2020. Effects of turbidity on habitat-forming seaweeds in Southern New Zealand. PhD thesis. University of Canterbury.
- Belivermis, M; Swarzenski, PW; Oberhänsli F; Melvin SD; Metian, M (2020) Effects of variable deoxygenation on trace element bioaccumulation and resulting metabolome profiles in the blue mussel (*Mytilus edulis*), Chemosphere 250: 126314
- Butman C. Frechette M. Geyer, W.R. Starczak V,R, (1994) Flume experiments on food supply to the blue mussel *Mytilus edulis* L, as a function of boundary-layer flow, Limnol, Oceanogr, 39(7): 1755-1768,
- Cubillo AM, JG Ferreira, J Lencart Silva, NGH Taylor, A Kennerley, J Guilder, S Kay, P Kamermans (2021) Direct effects of climate change on productivity of European aquaculture, Aquaculture International 10,1007/s10499-021-00694-6
- Didderen K. P, Kamermans, W, Lengkeek (2018) Gemini wind farm oyster pilot Results 2018, Bureau Waardenburg Rapport,
- Didderen K. J,H, Bergsma, P, Kamermans (2019a) Offshore flat oyster pilot Luchterduinen wind farm, Results campaign 2 (July 2019) and lessons learned, Report 19-184 Bureau Waardenburg, Culemborg
- Didderen K. W, Lengkeek, P, Kamermans, B, Deden, E, Reuchlin-Hugenholtz (2019b) Pilot to actively restore native oyster reefs in the North Sea, Comprehensive report to share lessons learned in 2018, Report 19-013, Bureau Waardenburg, Culemborg, WWF, Zeist,
- Didderen K. T,M, van der Have, J,H, Bergsma, H, van der Jagt, W, Lengkeek, P, Kamermans, A, van den Brink, M, Maathuis, H, Sas (2019c) Shellfish bed restoration pilots Voordelta, Netherlands Annual report 2018, ARK Report
- Eertman, R,H,M, en A,C, Smaal (1995) Habitat karakterisering van de Nederlandse kustwateren, Werkdocument Watersysteemverkenningen, Rapport R1KZ 95,042, Rapport NIOO-Cemo 1995-02
- EU Verordening nr. 1143/2014 betreffende de preventie en beheersing van de introductie en verspreiding van invasieve uitheemse soorten. Het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie.
- Filgueira R, MJ Fernández-Reiriz, U Labarta (2009) Clearance rate of the mussel *Mytilus galloprovincialis*, I, Response to extreme chlorophyll ranges, Ciencias Marinas 35: 405-417,
- Førde, H. S, Forbord, A, Handå, J, Fossberg, J, Arff, G, Johnsen, and K, I, Reitan, 2016, Development of bryozoan fouling on cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in Norway, Journal of Applied Phycology 28:1225-1234,
- Grant J & C Bacher (1998) Comparative models of mussel bioenergetics and their validation at field culture sites, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 219: 21-44
- Hawkins, A,J,S.; Bayne, B,L.; Bougrier, S.; Héral, M.; Iglesias, J,I,P.; Navarro, E.; Smith, R,F,M.; Urrutia, M,B, Some general relationships in comparing the feeding physiology of suspension feeding bivalve molluscs, J, Exp, Mar, Boil, Ecol, 1998, 219, 87-103,
- Harrison, P, J. and C, L, Hurd, 2001, Nutrient physiology of seaweeds: application of concepts to aquaculture, Cahiers de Biologie Marine 42:71-82,
- Hutchinson, S,.; Hawkins, L,E, Quantification of the physiological responses of the European flat oyster, *Ostrea edulis* L, to temperature and salinity, J, Molluscan Stud, 1992, 58, 215-226,
- ICES. 2022a. Cod (*Gadus morhua*) in Subarea 4, Division 7.d, and Subdivision 20 (North Sea, eastern English Channel, Skagerrak). In Report of the ICES Advisory Committee, 2022. ICES Advice 2022, cod.27.47d20. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.21406881>
- ICES. 2022b. Seabass (*Dicentrarchus labrax*) in Divisions 4.b-c, 7.a, and 7.d-h (central and southern North Sea, Irish Sea, English Channel, Bristol Channel, and Celtic Sea). In Report of the ICES

-
- Advisory Committee, 2022. ICES Advice 2022, bss.27.4bc7ad-h.
<https://doi.org/10.17895/ices.advice19447796>.
- Jak, R.G., Lubach, A., Beier, U., 2020. Haalbaarheid van het aanlanden van zeesla uit de Waddenzee. Wageningen University & Research rapport C048/20
- Jansen, Teunis, and Henrik Gislason. "Temperature affects the timing of spawning and migration of North Sea mackerel." *Continental Shelf Research* 31.1 (2011): 64-72.
- Kamermans, P, K, Soma, S, van den Burg (2016), Haalbaarheid mosselteelt binnen offshorewindparken in de Nederlandse kustzone, IMARES rapport C075/16,
- Kamermans P, Van Duren L, Kleissen F (2018) European flat oysters on offshore wind farms: additional locations: opportunities for the development of European flat oyster (*Ostrea edulis*) populations on planned wind farms and additional locations in the Dutch section of the North Sea (<http://dx.doi.org/10.18174/456358>), Wageningen Marine Research / Deltares, Report C053/18
- Kamermans P, C Saurel (2022) Interacting climate change effects on mussels (*Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis*) and oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*): experiments for bivalve individual growth models, *Aquatic Living Resources*, <https://doi.org/10.1051/alr/2022001>
- Kamermans, P. en M,C,J, Verdegem (2004), Inventarisatie stand van zaken mosselkweek op open zee, RIVO Rapport C039/04,
- Koch, S., van den Burg, S., Nauta, R. & Van der Werff, A., 2021. The role of seaweed in the future food system. The potential of Dutch parties in this young sector. Wageningen University & Research
- Krone, Roland, et al. "Mobile demersal megafauna at common offshore wind turbine foundations in the German Bight (North Sea) two years after deployment-increased production rate of *Cancer pagurus*." *Marine environmental research* 123 (2017): 53-61.
- Mes, J., Kootstra, M., van den Burg, S., Bruins, M., Boon, F., De Jong, A., Van der Sluis, A. en Van der Werf, A. 2021. Wat is de toekomst voor eiwit uit Noordzee zeewier. Memo, Wageningen Research. AF-16202 MIPP Seaweed for food and feed – ProSeaweed.
- OSPAR. 2022. ICG-EMO report on model comparison for historical scenarios as basis to derive new threshold values. 895/2022, London.
- Pascoe, P, L. Parry, H, E, & Hawkins, A, J, S, (2009) Observations on the measurement and interpretation of clearance rate variations in suspension-feeding bivalve shellfish, *Aquat Biol* 6:181-90
- Pogoda, B. Buck, B,H. Hagen, W, (2011) Growth performance and condition of oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*) farmed in an offshore environment (North Sea, Germany), *Aquaculture* 319, 484-492
- Prins, T, C. X, Desmit, and J, G, Baretta-Bekker, 2012, Phytoplankton composition in Dutch coastal waters responds to changes in riverine nutrient loads, *Journal of Sea Research* 73:49-62,
- Proseaweed, 2018. Jaar rapportage 2018 Maatschappelijk innovatieprogramma Seaweed for Food and Feed.
- Riisgård, H, U. Larsen, P, S. Turja, R, & Lundgreen, K, (2014) Dwarfism of blue mussels in the low saline Baltic Sea - growth to the lower salinity limit, *Marine Ecology Progress Series* 517:181-92,
- Riisgård, H, U. Parnuna, P, E, & Saaverdra, I, B, 2011, Feeding Behaviour of the Mussel, *Mytilus edulis*: New Observations, with a Minireview of Current Knowledge, *Journal of Marine Biology* 2011:13,
- Rijksoverheid, 2020. Handreiking gebiedspaspoort Borssele. Te vinden op: [handreiking-gebiedspaspoort-borssele \(5\).pdf](#)
- Rijksoverheid, 2021. Het Akkoord voor de Noordzee. Te vinden op: [pdf \(overheid.nl\)](#).
- Rijksoverheid, 2022a. Aanvullende routekaart windenergie op zee 2030. Kamerbrief DGKE-E / 22235501.
- Rijksoverheid, 2022b. Programma Noordzee 2022 – 2027. Te vinden op: [Programma-Noordzee-2022-2027-VAWOZ-2030.pdf \(rvo.nl\)](#).
- Rijksoverheid, 2023. Startnotitie voor de Visie voedsel uit zee en grote wateren. Kamerbrief DGNV / 26158708.
- Schutter M, L Tonk, P Kamermans, E Kardinaal, R ter Hofstede (2022) EcoScour project Borssele V - Outplacement methods of European flat oysters, Bureau Waardenburg Report nr: 21-328

- Smaal, A, Kamermans, P, Kleissen, F, van Duren, L & van der Have, T 2017, Platte oesters in offshore windparken (POP), Wageningen Marine Research rapport, no, C035/17, Wageningen Marine Research, Den Helder, DOI: 10.18174/412950
- Smaal AC, P, Kamermans, T,M, van der Have, M, Engelsma & H,J,W,Sas (2015) Feasibility of Flat Oyster (*Ostrea edulis* L,) restoration in the Dutch part of the North Sea, IMARES Report C028/15
- Steenbergen, J. M,C,J, Verdegem, J,J, Jol, J, Perdon, P, Kamermans, V,G, Blankendaal, A,C, Sneekes, A,G, Bakker, H, van 't Groenewoud, G, Hoornsman (2005), Verkenning van mogelijkheden voor mosselteelt op open zee & een mosselkansenkaart voor de Noordzee, RIVO Rapport C088/05,
- Steenbergen, J., Neitzel, S.M., Molenaar, P., 2020. Visserij in windparken; een verkenning van de mogelijkheden. Wageningen Marine Research Factsheet (538925 (wur.nl)538925 (wur.nl)).
- Strietman, W.J., B. Deetman, M.J.C. Rozemeijer, M.C. Kunz, 2023. De commerciële haalbaarheid van passieve visserij op Noordzeekrab in windparken voor de Hollandse kust; Een verkenning naar de potentiële kosten en opbrengsten. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2023-026. 24 blz.;
- Strohmeier T, Ø Strand & P Cranford (2009) Clearance rates of the great scallop (*Pecten maximus*) and blue mussel (*Mytilus edulis*) at low natural seston concentrations, Marine Biology 156: 1781–1795
- Tonk, L., and Rozemeijer, M. J. C. 2022. Passive fisheries of brown crab (*Cancer pagurus*) and European lobster (*Homarus gammarus*) in Dutch offshore wind farms : with reflections on its feasibility as a form of multi-use in offshore wind farms. Wageningen Marine Research, Yerseke.
- Van den Bogaart, L., Poelman, M., Tonk, L., Neitzel, S., van der Wal, J. T., Coolen, J. W. P., Machiels, M., Rozemeijer, M., de Boois, I., Vergouwen, S., & van Duren, L. (2019). *Geschiktheid zeewindparken voor maricultuur en passieve visserij: Een kwalitatieve beoordeling van geschiktheid van windparklocaties voor voedselproductie*. (Wageningen Marine Research rapport; No. C044/19). Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/475934>
- van den Bogaart, L., van der Wal, J. T., Tonk, L., Bos, O., Coolen, J., Poelman, M., Vergouwen, S., van Duren, L., Janssen, H., & Timmermans, K. (2020). Geschiktheid zeewindparken voor maricultuur en passieve visserij : een kwantitatieve beoordeling van de kansrijkheid van de gebieden voor de potentiële productiviteit van een selectie aan commercieel interessante soorten. (Wageningen Marine Research report; No. C127/19A). Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/509196>
- Van den Burg, S.W.K., Van Duijn, A.P., Bartelings, H., Van Krimpen, M.M. & Poelman, M., 2016. The economic feasibility of seaweed production in the North Sea. Aquaculture Economics & Management. Vol. 20-3.
- Van der Hammen, T., Steenbergen, J., 2011. Kennisdocument Noorse kreeft (*Nephrops norvegicus*). Rapport / IMARES Wageningen UR : C091/11
- Van der Hammen, T., Poos, J.J., van Overzee, H.M.J., Heessen, H.J.L., Magnusson, A., Rijnsdorp A.D., 2013. Population ecology of turbot and brill: What can we learn from two rae flatfish species? Journal of Sea Research 84 (2013) 96–108. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2013.07.001>.
- Van Duren, L. A. P, Kamermans, and F, Kleissen, 2022, Suitability for the development of flat oyster populations in new offshore wind farm zones and two search areas for restoration projects in the Dutch section of the North Sea, Deltares report 11208312-002-ZKS-0001, Deltares, Delft
- Van Duren, L. A., F. Zijl, V. T. M. van Zelst, L. M. Vilmin, J. Van der Meer, G. M. Aarts, J. Van der Molen, K. Soetaert, and A. W. Minns. 2021. Ecosystem effects of large upscaling of offshore wind on the North Sea - Synthesis report. 11203731-004-ZKS-0010, Deltares, Delft.
- Van Hal, J.W., Rockmann, C. en Timmermans, K. 2018. Eindrapport Plantaardige biomassa uit zee.
- Van Hal, R., A. B. Griffioen, and O. A. Van Keeken. "Changes in fish communities on a small spatial scale, an effect of increased habitat complexity by an offshore wind farm." Marine Environmental Research 126 (2017): 26-36.
- Walls, A, M. M, D, Edwards, L, B, Firth, and M, P, Johnson, 2017, Successional changes of epibiont fouling communities of the cultivated kelp *Alaria esculenta*: predictability and influences, Aquaculture Environment Interactions 9:57-71,
- Wienhoven, M., Maes, J., Van Doorn, T., Salkovic, K., 2023 – in prep. Scenario study of the Dutch part of the North Sea – following the European Marine Strategy framework directive. Ecorys.

Xu, N. W, Wang, Y, Xu, D, Ji, C, Chen, C, Xie, and K, Xu, 2021, Effects of Nutrient Availability on the Release of Dissolved and Particulate Organic Carbon by *Pyropia haitanensis* and Its Implications, *Frontiers in Marine Science* 8,

Verantwoording

Rapport C015/23

Projectnummer: 4318100418

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen, De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Marnix Poelman
Projectleider Blue Growth

Handtekening:



Datum: 17 april 2023

Akkoord: Dr. Ir. T.P. Bult
Director

Handtekening:



Datum: 17 april 2023

Bijlage 1 Quick scan soorten zeewier

Om te komen tot een gereduceerde lijst aan soorten zeewier die potentie hebben voor kweek op de Noordzee is bij aanvang van het project een quickscan uitgevoerd waarbij de belangrijkste info per soort opgesomd wordt (veelal op basis van parate expert kennis). Hierbij zijn de negen initieel door LNV geselecteerde soorten behandeld in algemene context. Meer informatie over de staat van de zeewiersector en de potentie voor Nederland kan gevonden worden in Van den Burg et al. 2016, Van Hal et al., 2018, Koch et al., 2021.

Saccharina latissima – Suikerwier

Deze bruinwiersoort (kelp) is voor Nederland de meest algemene soort die gekweekt wordt op verschillende zeewierkwekerijen. De soort is relatief goed onder de knie qua cultivatie in minder dynamische gebieden en qua reproductie, maar er zijn nog vele vragen als het gaat over kweekmethodieken op de open zee. Suikerwier komt van nature in redelijk beschutte omstandigheden voor en is daardoor niet aangepast aan de dynamische omstandigheden op zee, maar ook op technisch vlak (ophangsystemen e.d.) zorgen deze omstandigheden voor uitdagingen. Dat de wieren aan dergelijke omstandigheden worden blootgesteld op open zee heeft mede te maken met hun groeiseizoen. De soort wordt gezaaid in het najaar (oktober-november) en wordt geoogst in het voorjaar (mei). Dit is de periode waarin de Noordzee het meest De soort kan beschouwd worden als het meest haalbare en gangbare gewas van de zeewieren voor kweek op zee.

Laminaria digitata - Vingerwier

Een inheemse kelpsoort die in het begin van de zeewierkweek in Nederland werd beschouwd als een potentieel zeer interessante soort, onder meer doordat het verschillende commercieel interessante stoffen bevat. De reproductie en kweek van deze soort is daarom ook goed onderzocht en haalbaar. Echter, de soort is niet in één jaar op te kweken tot een biomassa die commercieel interessant is. Daarmee liggen de kosten en de opbrengsten ver uit elkaar, hier mee wordt de soort voor Nederlandse wateren als beperkt interessant gezien. Mogelijk dat de soort voor het noordelijk deel van de het Nederlands continentaal plat (NCP) beter gekweekt zou kunnen worden gezien de lagere watertemperaturen waardoor de groei en kwaliteit van het eindproduct wordt bevorderd als ook de verhouding in stikstof:fosfaat. Deze locaties hebben echter een lange vaartijd met respectievelijk hoge(re) kosten. Daarnaast zullen deze parken vermoedelijk pas over circa 15 jaar ontwikkeld worden en lijkt deze soort dus op korte termijn niet commercieel attractief.

Fucus vesiculosus - Blaaswier

Groeiend in de litorale (getijden) zone is deze soort aangepast aan het periodiek en frequent droogvallen. Dit maakt ook dat deze soort beperkt interessant is om in een systeem te kweken dat permanent onderwater ligt. Voor kweek op de Noordzee zijn grote technische ontwikkelingen noodzakelijk.

Ascophyllum nodosum - Knotswier

Als nauw verwante soort van *F. vesiculosus* is ook deze soort aangepast aan periodiek droogvallen, maar kan beter tegen langdurig onderwater staan dan *F. vesiculosus*. Wel wordt deze soort reeds veel geoogst vanuit natuurlijke populaties en vermarkt. Dit betekent dat er een grote concurrentiepositie is van wild geoogst zeewier ten aanzien van gekweekt zeewier. Met het relatief hoge aanbod uit Europa is het zeer onwaarschijnlijk dat deze soort op een tijdsschaal van enkele jaren commercieel interessant wordt.

Palmaria palmata - Dulse

In verschillende publicaties wordt deze soort benoemd als potentieel interessante soort. In het buitenland wordt deze soort dan ook actief geoogst en wordt gewerkt aan het begrijpen en beheersen van de levenscyclus voor succesvolle kweek. Voor Nederland is deze soort echter een zogenaamde categorie 1b soort in het Nederlands soortenregister (<https://www.nederlandsesoorten.nl/>). Dit houdt in dat het een niet-oorspronkelijke soort is die slechts sporadisch aanspoelt op de Nederlandse kusten.

Wel is de soort inheems voor andere delen van de Noordzee. Het feit dat het geen oorspronkelijke soort is maakt dan ook dat het bij wet niet is toegestaan om deze soort te kweken in Nederlandse open wateren. Kweek in gesloten systemen zou wel kunnen. In Van den Boogaart et al. (2019) is deze soort abusievelijk foutief benoemd als *Chondrus crispus*.

Undaria pinnatifida - Wakame

Wakame is een van de meest bekende wieren. De soort kent zijn oorsprong in Azië en wordt daarmee gezien als exoot in Nederland en staat ook als zodanig in het Nederlandse soortenregister (2b – exoot). Door de bekendheid en daarmee reeds bestaande commerciële markt heeft de soort een groot potentieel en er is dan ook een nadrukkelijke wens vanuit de markt om deze soort te kweken. Echter, zoals ook reeds geschreven, is de soort een exoot en daarmee is het niet toegestaan om de soort in open water te kweken. Nadrukkelijk verschil ten aanzien van Dulse (*P. palmata*) is dat Wakame (*U. pinnatifida*) niet inheems is voor de Noordzee noch de Atlantische oceaan. Wel komt deze soort al enkele decennia voor in Nederland en in het bijzonder in de Oosterschelde. De toelatingseisen geven ruimte voor interpretatie, aangezien op de Noordzee de soort niet toegelaten wordt. Dit terwijl er wel ruimte gevonden is in aangrenzende wateren (Oosterschelde), waar wel vergunning voor kweek van deze soort verleend is.

Ulva spp. - Zeesla

In de Nederlandse wateren komen enkele tientallen soorten *Ulva* voor. Daarbij worden de soorten die een bladvormige thallus hebben doorgaans Zeesla genoemd. Het genus kent ook soorten die meer sliert- of draadvormig zijn, deze zijn beperkt interessant voor commerciële kweek. De thalli zijn bijzonder fragiel omdat ze doorgaans uit slechts twee cellagen bestaan. Dit maakt de soort dan ook beperkt interessant voor kweek op open zee en/of gebieden met veel stroming en golfbelasting. Wel wordt er in Zweden geëxperimenteerd met het kweken op open zee van verschillende *Ulva* soorten. Naast verschillende soorten *Ulva* zijn de hydrodynamische en nutritionele condities bepalend voor het fenotype (uiterlijke kwaliteiten en kenmerken) en hiermee de robuustheid. Het zijn daarbij vaak (onder)soorten die meer rigide zijn en daarmee weerbaarder tegen afscheuren. De soort wordt in Nederland wel al gekweekt, hoofdzakelijk in land-based (tank) systemen.

Porphyra sp. – Nori / Purperwier

Gelijk aan het genus *Ulva* bestaat dit genus ook uit verschillende zeer fragiele soorten waarbij ook niet alle soorten bladvormige thalli hebben. Dit maakt dat ook deze soort zeer kwetsbaar is en kans op afscheuren dan ook substantieel is, met alle gevolgen van dien. Reden om deze soort wel te benoemen is dat de soort ook zeer veel gebruikt wordt en vooral bekend is van de nori vellen om sushi van te maken. Kweek in meer beschutte gebieden is, net als voor *Ulva* spp., realistischer dan kweek in dynamische gebieden.

Alaria esculenta – Gevleugelde kelp

Een meer noordelijke (kelp) soort die – net als Dulse (*P. palmata*)- inheems is voor de Noordzee, maar niet voor Nederlandse wateren (cat. 1b in het Nederlandse soortenregister). Het is momenteel een soort die veelal gekweekt wordt in Noorwegen omdat de soort commercieel zeer interessant is. De soort heeft zeer veel gelijkenissen met *U. pinnatifida* en wordt daardoor ook sporadisch wel Europese Wakame genoemd.

Bijlage 2 Bijdrage per visserijtype aan de aanlandingsgegevens

Tuigtype	Griet	Zeebaars	Kabeljauw	NZ krab	Zeekat	Rode poon	Hors- makreel	NZ kreeft	Makreel	Mul	Noorse kreeft	Schol	Spinkrab	Tong	Pijlinktvis	Tarbot
Pulstrawl	545546	14340	94325	161299	56983	857134	578	5721	3	14020	370	8E+06	1013	7E+06	45557	943532
Garnalenkor	3611	400	1005	836	0	140	1330	1512	40	0	0	7428	0	2513	371	320
Boomkor	233896	679	74199	140168	1642	156110	193	1171	103	1281	134321	1E+07	0	1E+06	5125	601852
Flyshoot	3036	3190	57232	1085	599	1E+06	192751	89	867064	397721	16	247003	0	125	86621	3260
Pelagische ottertrawl	0	0	0	0	0	36	483612	0	88810	0	0	75	0	0	193	0
Bodem ottertrawl	15241	312	10071	7580	0	25920	37577	0	63125	11948	251738	2E+06	0	6768	1547	65301
Handlijn	0	0	0	0	0	0	8	0	20	0	0	0	0	0	0	0
Dubbele ottertrawl	29375	0	15944	16966	0	58168	0	0	147	5309	800099	1E+06	0	11196	3648	94567
staand want netten	40	276	0	1177	0	1	0	0	0	0	0	168	0	23842	0	87
Korven	0	0	0	114173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 6.1. Tabel geeft de waarden die voor de classificatie van zeewierkweek worden gebruikt. De meest geschikte windparken voor zeewier staan bovenaan.

windpark	Winter DIN	Winter DIP	ucma g	Flux DIN	Flux DIP
	μM	μM	m s^{-1}	$\mu\text{M m s}^{-1}$	$\mu\text{M m s}^{-1}$
Borssele 2	17,91	0,68	0,64	11,47	0,43
Borssele 1	13,14	0,56	0,6	7,91	0,34
Borssele 3	13,76	0,58	0,6	8,26	0,35
Borssele 4 - Blauwwind	11,51	0,54	0,61	7,02	0,33
Egmond aan Zee	27,38	0,78	0,5	13,8	0,39
Eneco Luchterduinen	22,94	0,69	0,52	11,97	0,36
Hollandse Kust Noord (Tender 2019)	16,28	0,59	0,48	7,88	0,28
Hollandse Kust Zuid Holland I	18,93	0,62	0,52	9,81	0,32
Hollandse Kust Zuid Holland II	20,1	0,64	0,53	10,67	0,34
Hollandse Kust Zuid Holland III	24,15	0,7	0,55	13,36	0,39
Hollandse Kust Zuid Holland IV	25,43	0,73	0,53	13,56	0,39
Prinses Amaliawindpark	18,21	0,61	0,5	9,08	0,31
Area 4	14,21	0,59	0,38	5,35	0,22
Hollandse Kust West Noord	11,86	0,54	0,43	5,15	0,23
Hollandse Kust west noordelijk deel	11,15	0,53	0,44	4,95	0,24
Hollandse Kust West Zuid	12,25	0,52	0,51	6,26	0,27
Hollandse Kust west zuidelijk deel	11,18	0,53	0,46	5,17	0,25
IJmuiden Ver Noord	11,3	0,56	0,41	4,59	0,23
IJmuiden Ver versie 2021	10,94	0,55	0,44	4,81	0,24
Lageland zuid	11,44	0,55	0,41	4,65	0,22
Nederwiek noord	11,51	0,57	0,39	4,44	0,22
Nederwiek zuid	11,79	0,58	0,45	5,32	0,26
Area 8	12,27	0,56	0,37	4,54	0,21
Doordewind (148,32 km ²)	11,97	0,55	0,31	3,68	0,17
Gemini Buitengaats	13,41	0,58	0,36	4,87	0,21
Gemini Zee energie	13,19	0,58	0,35	4,59	0,2
Lageland noord	11,76	0,56	0,37	4,35	0,21
Ten noorden van de Wadden	13,03	0,57	0,34	4,42	0,19
Ten noorden van de Wadden oost	13,32	0,58	0,35	4,68	0,2
Ten noorden van de Wadden west	12,93	0,57	0,33	4,33	0,19
Area 3	9,61	0,5	0,28	2,71	0,14
Doordewind (385,44 km ²)	11,55	0,54	0,29	3,39	0,16
Doordewind (212,04 km ²)	10,97	0,52	0,28	3,03	0,14
Area 6/7	8,73	0,47	0,22	1,94	0,1

Tabel 6.2. Indicator zeewier en verhouding DIN tot DIP aangegeven per windpark. De tabel is gesorteerd per indicator zeewier (van hoog tot laag). Dus de meest geschikte windparken voor zeewierkweek staan bovenaan.

windpark	Indicator			
	DIN flux	DIP flux	Zeewier	DIN:DIP
Borssele 2	1	1	1	26,44
Borssele 1	1	1	1	23,33
Borssele 3	1	1	1	23,77
Borssele 4 - Blauwwind	1	1	1	21,51
Egmond aan Zee	1	1	1	35,21
Eneco Luchterduinen	1	1	1	33,45
Hollandse Kust Noord (Tender 2019)	1	1	1	27,79
Hollandse Kust Zuid Holland I	1	1	1	30,6
Hollandse Kust Zuid Holland II	1	1	1	31,57
Hollandse Kust Zuid Holland III	1	1	1	34,51
Hollandse Kust Zuid Holland IV	1	1	1	35
Prinses Amaliawindpark	1	1	1	29,73
Area 4	0,5	1	0,5	24,21
Hollandse Kust West Noord	0,5	1	0,5	22,15
Hollandse Kust west noordelijk deel	0,5	1	0,5	20,92
Hollandse Kust West Zuid	0,5	1	0,5	23,36
Hollandse Kust west zuidelijk deel	0,5	1	0,5	21,05
IJmuiden Ver Noord	0,5	1	0,5	20,3
IJmuiden Ver versie 2021	0,5	1	0,5	19,9
Lagelander zuid	0,5	1	0,5	20,78
Nederwiek noord	0,5	1	0,5	20,25
Nederwiek zuid	0,5	1	0,5	20,27
Area 8	0,5	0,5	0,25	22,06
Doordewind (148,32 km ²)	0,5	0,5	0,25	21,64
Gemini Buitengaats	0,5	0,5	0,25	23,03
Gemini Zee energie	0,5	0,5	0,25	22,9
Lagelander noord	0,5	0,5	0,25	21,01
Ten noorden van de Wadden	0,5	0,5	0,25	22,78
Ten noorden van de Wadden oost	0,5	0,5	0,25	22,98
Ten noorden van de Wadden west	0,5	0,5	0,25	22,7
Area 3	0,1	0,5	0,05	19,19
Doordewind (385,44 km ²)	0,1	0,5	0,05	21,35
Doordewind (212,04 km ²)	0,1	0,5	0,05	21
Area 6/7	0,1	0,1	0,01	18,47

Tabel 6.3. Waarden die voor de classificatie van schelpdier worden gebruikt. De tabel is gesorteerd zoals tabel 6.4, dus meest geschikte windparken voor schelpdierkweek staan boven aan.

Windpark399	Chf-a $\mu\text{g L}^{-1}$	SPM mg L^{-1}	ucmag m s^{-1}	Flux chl-a $\mu\text{g L}^{-1} \text{m s}^{-1}$
Hollandse Kust Zuid Holland III	8,5	7,21	0,55	4,7
Hollandse Kust Zuid Holland IV	8,54	6,67	0,53	4,55
Egmond aan Zee	8,76	7,87	0,5	4,42
Borssele 2	6,48	6,04	0,64	4,15
Eneco Luchterduinen	7,93	6,57	0,52	4,14
Hollandse Kust Zuid Holland II	6,89	6,69	0,53	3,66
Hollandse Kust Zuid Holland I	6,55	6,09	0,52	3,39
Prinses Amaliawindpark	6,65	6,49	0,5	3,32
Borssele 3	5,28	5,05	0,6	3,17
Borssele 1	5,15	4,81	0,6	3,1
Hollandse Kust Noord (Tender 2019)	5,84	5,9	0,48	2,83
Borssele 4 - Blauwwind	4,4	4,68	0,61	2,69
Hollandse Kust West Zuid	4,28	5	0,51	2,18
Nederwiek zuid	4,81	8,49	0,45	2,17
Hollandse Kust West Noord	4,67	5,19	0,43	2,03
Nederwiek noord	5,25	6,98	0,39	2,02
IJmuiden Ver versie 2021	4,35	5,99	0,44	1,92
Lagelandier zuid	4,69	6,04	0,41	1,91
Area 8	5	6,2	0,37	1,85
Hollandse Kust west zuidelijk deel	3,95	4,88	0,46	1,82
IJmuiden Ver Noord	4,47	6,74	0,41	1,82
Area 4	4,77	5,6	0,38	1,79
Hollandse Kust west noordelijk deel	4,03	5,2	0,44	1,79
Lagelandier noord	4,78	7,07	0,37	1,77
Gemini Buitengaats	4,19	5,62	0,36	1,52
Ten noorden van de Wadden oost	4,13	5,75	0,35	1,45
Gemini Zee energie	4,07	5,77	0,35	1,42
Ten noorden van de Wadden	4,05	5,67	0,34	1,37
Ten noorden van de Wadden west	4,02	5,63	0,33	1,35
Area 3	3,96	4,75	0,28	1,12
Doordewind (148,32 km2)	3,37	5,83	0,31	1,04
Doordewind (385,44 km2)	3,27	6,18	0,29	0,96
Doordewind (212,04 km2)	3,19	6,29	0,28	0,88
Area 6/7	2,87	4,71	0,22	0,64

Tabel 6.4. Indicator voor schelpdier geschiktheid classificatie windpark. De tabel is gesorteerd per indicator schelpdier (van hoog tot laag). Dus de meest geschikte windparken voor schelpdierteelt staan bovenaan.

windpark	Indicator				
	Chl-a	SPM	ucmag	Flux chl-a	Schelpdier
Hollandse Kust Zuid Holland III	1	1	1	1	1
Hollandse Kust Zuid Holland IV	1	1	1	1	1
Egmond aan Zee	1	1	1	1	1
Borssele 2	1	1	1	1	1
Eneco Luchterduinen	1	1	1	1	1
Hollandse Kust Zuid Holland II	1	1	1	1	1
Hollandse Kust Zuid Holland I	1	1	1	1	1
Prinses Amaliawindpark	1	1	1	1	1
Borssele 3	1	1	1	1	1
Borssele 1	1	1	1	1	1
Hollandse Kust Noord (Tender 2019)	1	1	1	1	1
Borssele 4 - Blauwwind	1	1	1	1	1
Hollandse Kust West Zuid	1	1	1	1	1
Nederwiek zuid	1	1	1	1	1
Hollandse Kust West Noord	1	1	1	1	1
Nederwiek noord	1	1	1	1	1
IJmuiden Ver versie 2021	1	1	1	1	1
Lagelander zuid	1	1	1	1	1
Area 8	1	1	1	1	1
Hollandse Kust west zuidelijk deel	1	1	1	1	1
IJmuiden Ver Noord	1	1	1	1	1
Area 4	1	1	1	1	1
Hollandse Kust west noordelijk deel	1	1	1	1	1
Lagelander noord	1	1	1	1	1
Gemini Buitengaats	1	1	1	1	1
Ten noorden van de Wadden oost	1	1	1	0,5	0,5
Gemini Zee energie	1	1	1	0,5	0,5
Ten noorden van de Wadden	1	1	1	0,5	0,5
Ten noorden van de Wadden west	1	1	1	0,5	0,5
Area 3	1	1	1	0,5	0,5
Doordewind (148,32 km2)	1	1	1	0,5	0,5
Doordewind (385,44 km2)	1	1	1	0,1	0,1
Doordewind (212,04 km2)	1	1	1	0,1	0,1
Area 6/7	0,5	1	1	0,1	0,05

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 70 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden,



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research, Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'