



---

# Monitoring platte-oesterbank Voordelta 2023

Auteur(s): Pauline Kamermans, Oscar Bos, Linda Tonk, Rebecca Bakker, Karin Diddenen,  
Wouter Lengkeek

Wageningen University &  
Research rapport C045/24

---

# Monitoring platte-oesterbank Voordelta 2023

Auteur(s): Pauline Kamermans<sup>1</sup>, Oscar Bos<sup>1</sup>, Linda Tonk<sup>1</sup>, Rebecca Bakker<sup>2</sup>, Karin Didderen<sup>2</sup>,  
Wouter Lengkeek<sup>2</sup>

1 Wageningen Marine Research

2 Waardenburg Ecology

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 'Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur' (projectnummer BO-43.021.02-025)

Wageningen Marine Research  
Yerseke, juli 2024

---

Wageningen Marine Research rapport C045/24

---

Keywords: platte oester, Voordelta, monitoring.

Opdrachtgever: Ministerie van LNV  
T.a.v.: S.L. Fortuin  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

BO-43.021.02-025

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/662054>  
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Floor Driessen

#### © 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  
gevolg schade, 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

<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>6</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1 Achtergrond	8
1.2 Kennisvraag	8
<b>2 Methoden</b>	<b>10</b>
2.1 Locatie	10
2.2 Temperatuur en zoutgehalte	11
2.3 Omvang van de platte-oesterbank	11
2.3.1 Sonaropnames (Observatietechniek 1)	12
2.3.2 Interpretatie: Omvang en kartering structuren binnen de oesterbank	12
2.3.3 Interpretatie: Verschillen 2021 en 2023	14
2.4 Oesterdichtheid en populatieopbouw	15
2.4.1 Visuele onderwatercensus duikers (Observatietechniek 2)	15
2.4.2 Dichtheid platte oester	15
2.4.3 Populatieopbouw	15
2.4.4 Status van de ziekte bonamiosis	15
2.4.5 ROV (Observatietechniek 3)	16
2.4.6 Fotogrammetrie met behulp van duikers (Observatietechniek 4)	16
2.4.7 Fotogrammetrie met een AUV (Observatietechniek 5)	17
2.5 Larvenproductie en vestiging	18
2.5.1 Watermonsters voor platte-oesterlarven	18
2.5.2 Collectoren voor oesterbroed	19
2.6 Biodiversiteit	20
2.6.1 Visuele onderwatercensus duikers (Observatietechniek 2)	20
<b>3 Resultaten</b>	<b>21</b>
3.1 Platte-oesterbank	21
3.1.1 Omvang en biogene structuren	21
3.1.2 Dichtheid platte oesters	24
3.1.3 Kenschets bank door middel van beelden en gescoorde bedekking banksubstraat	25
3.2 Populatieopbouw	30
3.3 Status van de ziekte bonamiosis	33
3.4 Larvenproductie en vestiging	34
3.4.1 Larvenproductie	34
3.4.2 Vestiging van larven	35
3.5 Biodiversiteit	36
3.6 Vergelijking onderzoekstechnieken	37
<b>4 Conclusie, discussie en aanbevelingen</b>	<b>40</b>
4.1 Conclusie	40
4.2 Omvang en dichtheid van de platte-oesterbank	40
4.3 Populatieopbouw en reproductie van de platte-oesterbank	41
4.4 Biodiversiteit	43
4.5 Observatietechnieken	43



---

<b>5</b>	<b>Kwaliteitsborging</b>	<b>45</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>46</b>
	<b>Verantwoording</b>	<b>49</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Coördinaten lijntransecten</b>	<b>50</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Soortenlijst schelpdierbank Voordelta</b>	<b>51</b>

---

# Voorwoord

Voorliggend onderzoek naar dichtheid, populatieopbouw, reproductie en biodiversiteit van de platte-oesterbank wordt sinds 2021 uitgevoerd in opdracht van het ministerie van LNV. In 2022 en 2023 zijn tussenrapportages verschenen (Kamermans et al., 2022; 2023). Contactpersoon bij LNV was Edo Knegtering die op 1 december 2023 plotseling is overleden. Wij danken hem postuum voor zijn enthousiasme wat betreft het onderwerp en het getoonde vertrouwen en we betreuren het dat hij het vervolg van het onderzoek niet meer meemaakt. Ook dank aan Tom van Gemert, Joost Bergsma, Job de Jong, Tom Raats en Ineke Roell van Waardenburg Ecology en Pim van Dalen en Wouter Suykerbuyk van Wageningen Marine Research voor hun bijdrage aan het verzamelen van onderzoeksgegevens in het veld en de uitwerking.

---

# Samenvatting

Sinds 1 juni 2021 is de oesterbank in de Voordelta formeel beschermd tegen visserijvormen die schadelijk kunnen zijn voor de ontwikkeling van de platte-oesterbank of belemmerend zijn voor de monitoring van de integrale toestand van de platte-oesterpopulatie. Gedurende vier jaar wordt jaarlijks de omvang, dichtheid, populatieopbouw, status van de ziekte bonamiosis, reproductie en biodiversiteit van de oesterbank gemonitord. Deze informatie kan bijdragen aan het bepalen van de huidige status en functie van de platte-oesterbank en maakt het mogelijk om vooruitzichten te maken voor het gebied. Voorliggend rapport betreft de rapportage over de monitoring en bijhorende resultaten in 2023.

Voor het bepalen van de **omvang van de platte-oesterbank** zijn akoestische data ingewonnen met een SONAR. Validatie van de akoestische data vond plaats met drop-cam en duikers. Vervolgens zijn in ArcGIS deze bevindingen aan de hand van de correlerende gps-coördinaten verwerkt tot een kaart waarin een classificatie van verschillende bodemstructuren is weergegeven. De totale omvang van het onderzochte gebied was 261 hectare, waarvan op 208 hectare biogene structuren aanwezig waren die kenmerkend zijn voor op of rond oesterbanken. Net als in 2022 beslaat het oppervlak aan oesterbank met een hoge bedekking van schelpen en oesters (70-100%) 10 hectare en aan oesterbank met een gemiddelde bedekking (40-70%) 30 hectare. Daarnaast is er 14 hectare mosselbank aanwezig. Het omliggende gebied buiten de grenzen van de beschermde bank heeft een bedekking van schelpen tussen de 5 en 100% en is minimaal 154 hectare groot.

In het najaar zijn platte oesters verzameld tijdens de metingen voor de populatieopbouw voor het bepalen van de **status van de ziekte bonamiosis**. De *Bonamia*-analyse liet zien dat de ziekte nog steeds voorkomt in het gebied. Twee van de 29 geanalyseerde oesters waren positief.

De **dichtheid en populatieopbouw van de platte oesters** is onderzocht langs drie lijntransecten met ieder vijf willekeurig geplaatste kwadranten waarbij het aantal oesters per kwadrant is geteld en van 108 verzamelde oesters de lengte, breedte en hoogte van de schelp is opgemeten. Het gemiddeld aantal platte oesters op de bank bedroeg 5,3 per m<sup>2</sup> in 2023. Dit is vergelijkbaar met de door OSPAR gehanteerde grens van 5 oesters per m<sup>2</sup> voor een oesterbank en met eerdere jaren. De lengte van de oesters varieerde van 8 tot 113 mm. De meest voorkomende lengteklassen omvat de lengte range van 60-80 mm. De breedte- en hoogtefrequenties van transect "zuid" laat in de opeenvolgende jaren 2021, 2022 en 2023 een toename in grootte zien, wat zou kunnen duiden op groei van de aanwezige individuen. De grootste hoogte van 40-45 mm is indicatief voor een oester van ongeveer 9 jaar oud.

De **reproductie van de platte oesters** is bepaald door in het zomerseizoen watermonsters te verzamelen en deze te analyseren op aanwezigheid van larven. Daarnaast zijn in de zomer ook collectoren uitgezet om broed in te vangen. Deze collectoren zijn in december verzameld en het daarop gevestigde broed is geteld. Tijdens de analyse van de watermonsters kwamen platte-oesterlarven voor. In potentie zou de bank zich dus kunnen verjongen. Er is ook oesterbroed geteld op de collectoren. De aantallen broed waren beduidend lager dan de jaren daarvoor. Het broed uit 2022 bleek na DNA analyse voornamelijk broed van Japanse oesters te zijn. De DNA analyse van het broed uit 2023 moet nog plaatsvinden.

Voor de opname van de **biodiversiteit op de platte-oesterbank** is visueel met duikers vastgesteld welke soorten aanwezig waren in kwadranten van transect "midden". Op basis van de visuele opname van epibenthische soorten zijn in 2023 totaal 28 unieke taxa aangetroffen in de vijf kwadranten, met een gemiddelde van 12 per kwadrant van 0,25 m<sup>2</sup>. Dit gemiddelde is vergelijkbaar met 2021 en 2022. Het totaal aantal unieke taxa ligt wat lager doordat er in 2023 een lagere monitoringsinspanning was dan voorgaande jaren. In totaal zijn nu 168 unieke taxa waargenomen op de oesterbank.

---

Als aanvulling op de observaties met SONAR, duikers en ROV is een pilot fotogrammetrie door duikers en met een AUV uitgevoerd en heeft een **vergelijking van de observatietechnieken** plaatsgevonden. De sonar in combinatie met *drop-down*-camera is geschikt voor het globaal in kaart brengen van grote oppervlaktes (ha tot km<sup>2</sup>) om zo binnen het onderzoeksgebied te bepalen welk banksubstraat aanwezig is en waar het zandige gedeelte, de oester- of mosselbank zich bevinden. Op een kleinere schaal (honderden m<sup>2</sup> tot ha) zijn de AUV en in mindere mate ROV geschikt om met videobeelden de biodiversiteit grofweg vast te stellen. Ook kunnen het aantal oesters, zeesterren en andere duidelijk zichtbare soorten worden gekwantificeerd, evenals de bedekking met schelpen. De techniek leent zich niet voor onderscheid tussen dode en levende oesters waardoor het niet mogelijk is platte oester dichtheden te bepalen. Verder worden kleinere soorten en soorten die verborgen zitten onder andere soorten, tussen stenen of in lege schelpen, gemist. Op kleine schaal (enkele tot honderden m<sup>2</sup>) is visuele inspectie met duikers de voorkeursmethode. Duikers kunnen de volwassen oesters per stuk bekijken, en zo de dichtheden bepalen en kleine verborgen exemplaren kwantificeren. Ook kunnen biologen-duikers met taxonomische kennis, direct de biodiversiteit bepalen.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Platte-oesterbanken kwamen ooit voor op ongeveer 20% van de Nederlandse Noordzeebodem (Olsen 1883). Onder het OSPAR-verdrag zijn de platte oester en banken van platte oesters aangemerkt als bedreigde soort en habitat (OSPAR Commission 2008) en er is een OSPAR-aanbeveling voor bescherming ervan (OSPAR Commission 2013). Verder heeft Nederland onder de EU-Kaderrichtlijn Mariene Strategie voor de descriptor "zeebodemintegriteit" onder meer het milieudoel D6T5 opgenomen: *de terugkeer en het herstel van biogene banken, waaronder platte-oesterbanken* (Min. IenW en Min. LNV 2018).

Nadat de soort – in bankvorm – bijna een eeuw uitgestorven was geweest in de Noordzee, werd in een vooronderzoek in de Voordelta een gemengde bank van Japanse (*Crassostrea gigas*) en platte oesters (*Ostrea edulis*) ontdekt door duikers van Bureau Waardenburg aan de Noordzeekant van de Brouwersdam (Kamermans et al., 2015). Verder onderzoek liet zien dat de bank ca. 40 ha groot was (Sas et al. 2018, Christianen et al., 2018). Sindsdien vindt in het gebied onderzoek plaats naar het functioneren van de oesterbank en herstel van de platte oester (Sas et al., 2016, 2018; Didderen et al., 2019; Van der Have et al., 2019). Ook op dit moment zijn in samenwerking met partijen als ARK Rewilding pilot projecten gaande om maatregelen voor oester-herintroductie te testen (<https://arkrewilding.nl/gebieden/de-noordzee>). Leeftijdsonderzoek laat zien dat het oudste exemplaar zich mogelijk al gevestigd moet hebben in de periode 2001-2002 (Witbaard et al., 2020). Verder waren van de in 2015 verzamelde exemplaren er waarschijnlijk twee ouder dan 7 jaar en van exemplaren uit 2017, drie ouder dan 9 jaar. Dat betekent dat de oesterbank al voor 2008, toen de Voordelta als Natura 2000-gebied werd aangewezen, in bepaalde mate aanwezig moet zijn geweest. De bank is mogelijk ontstaan sinds in 1998 een sluis in de Brouwersdam jaarrond openging en o.a. platte-oesterlarven vanuit de Grevelingen zich konden vestigen in de Voordelta (Christianen et al. 2018; Sas et al. 2018). De oesterbank ligt in een gebied waar – in elk geval in geanalyseerde perioden vóór 2015 – er een relatieve lage visserijintensiteit was (Kamermans et al. 2015, Min. IenM, 2016).

Sinds 1 juni 2021 is de oesterbank formeel beschermd tegen visserijvormen die schadelijk kunnen zijn voor het in integere toestand kunnen onderzoeken van de platte-oesterpopulatie en de oesterbank (Bos et al., 2021). In de betreffende regeling (Min. LNV 2021) staat dat het is gewenst om gedurende vier jaar de omvang, dichtheid, populatieopbouw, reproductie en biodiversiteit van de oesterbank te monitoren. Deze informatie kan bijdragen aan het bepalen van de status en functie van, en vooruitzichten voor, de platte-oesterbank. Jaarlijks wordt hierover gerapporteerd (Kamermans et al., 2022; 2023). Voorliggend rapport betreft de derde tussenrapportage over 2023.

## 1.2 Kennisvraag

De kennisvraag die centraal staat in dit onderzoek is: *Wat zijn de ontwikkeling in omvang, dichtheid, populatieopbouw, status van de ziekte bonamiosis, reproductie en biodiversiteit van de platte-oesterbank in de Voordelta?*



**Box 1: Oesterbank en geassocieerde biodiversiteit**

OSPAR heeft oesterbanken van platte oester gedefinieerd als "voorkomens van *Ostrea edulis* in dichtheden van 5 of meer per m<sup>2</sup> op ondiepe, meestal beschutte zeebodems (typisch 0-10 m diepte, maar sporadisch tot 30 m). Er kunnen aanzienlijke hoeveelheden dode oesterschelpen zijn die een substantieel deel van het substraat uitmaken van een oesterbank".

Een oesterbank bestaat uit oesters en geassocieerde biodiversiteit die op de zandbodem of op hard substraat voorkomen. Geassocieerde biodiversiteit van een oesterbank is in dit rapport geïnterpreteerd als de soorten die zich vestigen op en rondom oesterbanken (sponzen, zacht koraal, zakpijpen, etc.), of die er gebruik van maken als schuilplaats (krabben, kreeften), foerageerlocatie, of als opgroeigebied. Het gaat hierbij niet om soorten die wel in het gebied voorkomen maar geen specifiek onderdeel uitmaken van de biodiversiteit van een oesterbank, zoals pelagische vissen (haring, sprot), vissoorten geassocieerd met zandige bodems (schol, tong), zeezoogdieren en vogels.

Recentelijk is door de Native Oyster Restoration Alliance (NORA) een handboek voor monitoring van platte-oesterherstelprojecten gepubliceerd (zu Ermgassen *et al.*, 2021). In dat handboek wordt een aantal te meten grootheden genoemd. In tabel 1.1 wordt een overzicht gegeven van de monitoringsgrootheden uit het handboek en of die worden gemeten in het huidige project.

Tabel 1.1. NORA-monitoringsparameters en monitoring op de bank in de Voordelta. RWS data afkomstig van [waterinfo.rws.nl](http://waterinfo.rws.nl).

Nummer	NORA omschrijving	Type grootheid	Gemeten op bank in Voordelta
1	Oesterhabitat gebied	Universeel	huidig project
2	Bedekking met schelpen	Universeel	huidig project
3	Oesterdichtheid	Universeel	huidig project
4	Lengtefrequentie	Universeel	huidig project
5	Watertemperatuur	Universeel	RWS (Brouwershavense Gat)
6	Zoutgehalte	Universeel	RWS (Brouwershavense Gat)
13	Aanwezigheid larven	Aanvullend	huidig project
14	Recrutering	Aanvullend	huidig project
15	Aanwezigheid ziekten	Aanvullend	huidig project
16	Invasieve en niet invasieve soorten	Aanvullend	huidig project
19	Epifauna en macrofyten	Hersteldoel	huidig project

Naast dat de oesterbank is onderzocht op basis van deze monitoringparameters, is het belangrijk te begrijpen in hoeverre verschillende monitoringsmethoden antwoord kunnen geven op bovenstaande hoofdvraag. Daarom is in 2023 een subvraag geformuleerd:

*Welke observatietechnieken zijn geschikt zijn om de ontwikkeling in omvang, dichtheid, populatieopbouw en biodiversiteit van de platte-oesterbank in de Voordelta te onderzoeken en hoe verschillen die in efficiëntie, kosten en mogelijkheid om kwantitatieve gegevens te generen?*

Deze onderzoeksvraag draagt bij het formuleren van gestandaardiseerde monitoring in de toekomst bijvoorbeeld wanneer er sprake is van een overgang van tijdelijke naar permanente bescherming.

## 2 Methoden

Voor het monitoren van oesterherstelprojecten is door de Native Oyster Restoration Alliance (NORA) een monitoringshandboek opgesteld (Zu Ermgassen et al., 2021) met aanbevelingen voor te meten parameters zoals de omvang, dichtheid, populatieopbouw van de oesterbank. De methoden en gemeten parameters in dit onderzoek sluiten daarbij aan.

### 2.1 Locatie

Voorliggende studie is uitgevoerd bij een in 2015 ontdekte oesterbank (Christianen et al., 2018) in het in 2008 als Natura 2000-gebied aangewezen gebied de Voordelta (Min. LNV 2008), onderdeel van de Nederlandse Noordzee (Kamermans et al., 2015). De bank is gepositioneerd nabij de Brouwersdam, een waterkering die een voormalige zeearm (de Grevelingen) afsluit van de Noordzee (Figuur 2.1). Vier en een halve kilometer ten zuiden van de oesterbank zit een doorlaat in de Brouwersdam waardoor water uit het Grevelingenmeer in beperkte mate de Noordzee in stroomt, en vice versa (Figuur 2.2).



*Figuur 2.1. Kaartje van de Voordelta met de ligging van de oesterbank (paars), de drie monitoringstransecten "noord", "midden" en "zuid" (begin- en eindpunt in rood) en de locatie van plaatsen van broedcollectoren en larvenbemonsteringen (gele ster).*



*Figuur 2.2. Google maps kaartje van de Voordelta met de ligging van de oesterbank en de doorlaat tussen Grevelingenmeer en Noordzee.*

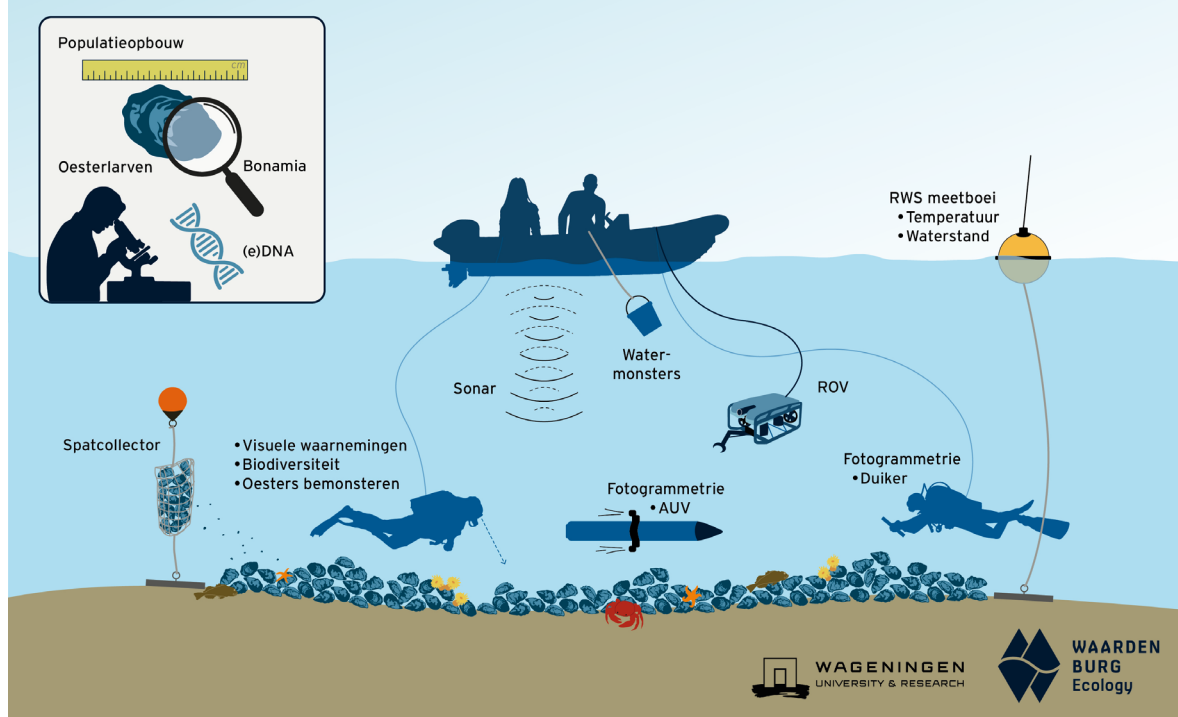
## 2.2 Temperatuur en zoutgehalte

Temperatuur en zoutgehalte gegevens zijn verkregen via [waterinfo.rws.nl](http://waterinfo.rws.nl) van RWS meetpunt Brouwershavense Gat.

## 2.3 Omvang van de platte-oesterbank

Om deze parameters te meten zijn bij het monitoren van de oesterbank in 2023 verscheidene technieken ingezet. Figuur 2.3 geeft deze tezamen weer, het vervolg van dit hoofdstuk beschrijft de methodiek van deze technieken.

## Monitoring oesterbank Voordelta



Figuur 2.3. Een overzicht van de technieken ingezet bij de monitoring van de oesterbank in de Voordelta in 2023. Bron: Waardenburg Ecology.

### 2.3.1 Sonaropnames (Observatietechniek 1)

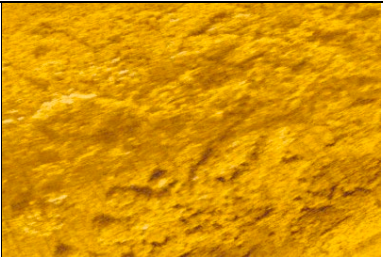
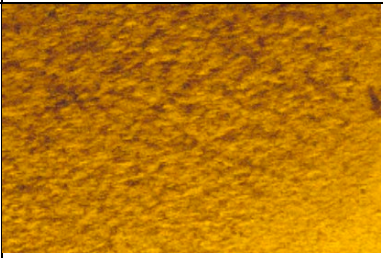



Op 9 augustus 2023 zijn onder gunstige weersomstandigheden met een SONAR akoestische data ingewonnen op de schelpdierbank. De sonar heeft twee opnamesystemen; een *downscan* en een *sidescan*. De *downscan* creëert een hoogtepfiel van de bodem en de *sidescan* creëert een wijder onderwaterbeeld van de bodem. De vaarsnelheid was 4-6 km/h, de gemiddelde bandbreedte van de opname 28-30 meter richting beide zijdes. Validatie van de akoestische data vond ter plekke plaats: daar waar een overgang zichtbaar was op basis van het sonarbeeld, is het gebied gemarkeerd met een nauwkeurige GPS-positie in het veld is met een *drop-down-camera* onderzocht welke structuren zich ter plekke op de bodem bevonden. Dit heeft geleid tot een validatie van 56 locaties in 2022. Het onderzoeksgebied besloeg een areaal aanvullend op de op 7 september 2021 en 24 augustus 2022 gekarteerde oesterbank. Om beide opnames en biogene structuurtypen aan elkaar te kunnen verbinden zijn delen en klassen-overgangen van de oesterbank opnieuw in beeld gebracht als overlappende data. Dit maakte het mogelijk de data tot één kaart te verwerken en tegelijkertijd te controleren of er verschuivingen zijn opgetreden in de afgelopen 3 jaar.

### 2.3.2 Interpretatie: Omvang en kartering structuren binnen de oesterbank

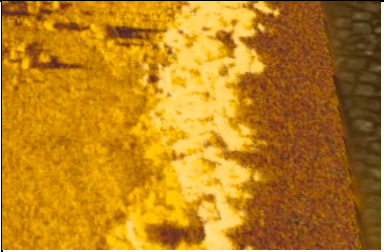
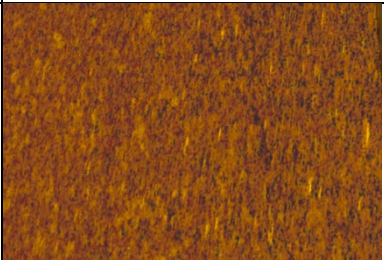

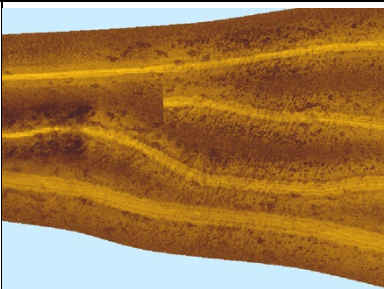
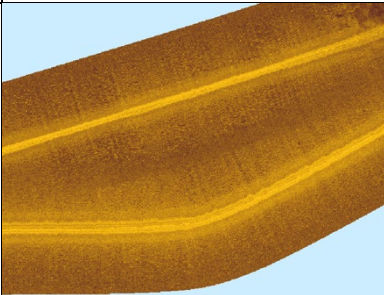
Net als in 2021 en 2022 zijn sonarbeelden verzameld en geïnterpreteerd. Dit met sonar onderzochte areaal bestaat uit de perimeter van de oesterbank en de nabije omgeving. De diepte en hardheid van de omgeving zijn meegenomen bij de interpretatie van de sonarbeelden naar categorieën van schelpdierbank en/of sediment. Tezamen zijn indirecte hydro-akoestische gegevens (*backscatter*), en opnamen met een camerasysteem (§2.2.4) gekoppeld aan categorieën van fysieke aan- en afwezigheid van (biogene) structuren zoals schelpdierbanken, schelpmateriaal en overige bodems. De uitkomsten van dit classificatie- en correlatieproces zijn gebundeld in cartografische beschrijvingen van deze klassen van de zeebodem. De verschillende kenmerkende patronen zijn hiervoor geclassificeerd in oorspronkelijk 5 klassen (Tabel 2.1). Vervolgens zijn in ArcGIS deze bevindingen aan

de hand van gps-coördinaten verwerkt tot een kaart waarin de classificatie is weergegeven. Ten opzichte van 2021 waren er in 2022 twee categorieën toegevoegd te weten: slibrijk gebied en zandig gebied. In 2022 was de categorie schelpmateriaal opgesplitst in 'oesterbank' en 'schelpmateriaal'. In 2023 zijn nogmaals twee categorieën toegevoegd te weten: slibrijke gebied met reliëf en zandig gebied met structuur. Ook zijn sommige grenzen verlegd, of zijn er nieuwe grenzen tot stand gekomen.

Tabel 2.1. Classificatie van de structuren op basis van sonarpatronen en camera-opnames.

(Biogene) structuur	Kenmerken	Voorbeeld (afbeelding)
Oesterbank 70-100%	Hoge bedekking schelpen (mosselen, zwaardschedes, oester) en levende oesters. Naast levende schelpdieren bestaat een schelpdierbank ook uit dood schelpmateriaal, voornamelijk Japanse oester.	
Oesterbank 40-70%	Gemiddelde bedekking schelpen (zwaardschedes, mossel en oesterschelpen) en gemiddelde bedekking levende oesters.	
Mosselbank	Levende mosselen en mosselschelpen op een verder zandige bodem.	
Schelpmateriaal 50-100%	Hoge bedekking schelpen met lage bedekking levende platte oesters. Omliggende gebied van de oesterbank bestaande uit zwaardschedes, mosselen oesterschelpen.	
Schelpmateriaal 50%	Lage bedekking schelpen met lage bedekking levende platte oesters. Omliggende gebied van de oesterbank bestaande uit <i>Ensis</i> , mossel- en oesterschelpen.	



Stortsteen	Grof breuksteen ter hoogte van de Blokkendam. Schelpdieren aanwezig, maar geen sprake van natuurlijk habitat en/ of natuurlijke schelpdierbank.	
Slibrijk gebied	Slibrijk gebied met geringe hardheid. Geen schelpdierbank.	
Zandig gebied	Dynamisch zand. Geen sprake van schelpdierbank.	
Slibrijke gebied met reliëf	Fijn zand en / of slib met grote structuren op de sonar. Deze zijn onderzocht en blijken slibaggregaties te zijn. Geen sprake van schelpdierbank.	
Zandig gebied met structuur – nader onderzoek nodig	Zandig, hard materiaal met structuur. Door slecht zicht is deze locatie niet gevalideerd en is nader onderzoek in 2024 nodig. Mogelijk schelpdierbank of biogeen materiaal.	

### 2.3.3 Interpretatie: Verschillen 2021 en 2023

Voor de delen waar overlappende sonarbeelden zijn verkregen (20,6 hectare) is systematisch onderzocht of er verschillen zijn. De trajecten zijn daartoe opgedeeld in 24 delen, die bij een klasse overgang beginnen en eindigen. Van deze trajecten is het sonarbeeld van 2021 1 op 1 vergeleken met het sonarbeeld in 2023. Deze zijn ingedeeld in een van de volgende verschilklassen:

- Geen verschil: het sonarbeeld van 2021 is gelijk of vergelijkbaar met 2023
- Grens verleggen: het sonarbeeld van 2023 geeft aanleiding om de grens van de huidige klasse te verleggen. Dit gaat zowel om vergroten als verkleinen van een areaal.
- Klasse veranderen: het sonarbeeld van 2023 geeft aanleiding om de huidige klasse te veranderen.

Uiteindelijk zijn deze interpretatieverschillen ook concreet aangemerkt op kaart om nader te specificeren welke gebieden interessant zijn om in 2024 te bezoeken, om zo de betreffende aanpassing in klasse- of grens te kunnen valideren in het veld.

## 2.4 Oesterdichtheid en populatieopbouw

### 2.4.1 Visuele onderwatercensus duikers (Observatietechniek 2)

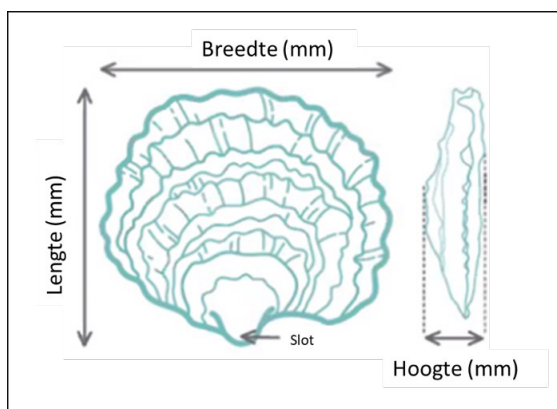
Duikwerkzaamheden zijn verricht op 12 september 2023 door drie beroepsduikers. Er zijn drie lijntransecten, "noord", "midden" en "zuid", van 50 m lang uitgezet haaks op de kustlijn (Figuur 2.1). In 2022 lagen de transecten 25 meter ten zuiden van de transecten uit 2021 en in 2023 lagen de transecten 25 meter ten noorden van de transecten uit 2021. De transecten liggen niet elk jaar op dezelfde locaties omdat de platte oesters langs het lijntransect in voorgaande jaren zijn verzameld voor onderzoek. Langs elk lijntransect zijn van ondiep (oost) naar diep (west) vijf kwadranten (n=15) op een representatief stuk bank geplaatst op een interval van 10 m. Het oppervlak van een kwadrant besloeg 50 x 50 cm (0,25 m<sup>2</sup>). Binnen elk kwadrant zijn opnamen gemaakt van het aandeel bankstructuur (%) ten opzichte van zandbodem, dichtheid van platte oester en in transect "midden" de aanwezige geassocieerde biodiversiteit – andere epibenthische en mobiele soorten.

### 2.4.2 Dichtheid platte oester

Per kwadrant (0,25 m<sup>2</sup>) is het aantal platte oesters door duikers geteld. Deze aantallen zijn doorgerekend naar de aantallen per m<sup>2</sup>. Langs de drie transectlijnen (zie § 2.4.1) zijn in totaal 15 opnames gedaan. Tevens is de gemiddelde oesterdichtheid ( $\pm$  SE) per transect berekend.

### 2.4.3 Populatieopbouw

Alle platte oesters die binnen 1,5 m van de transectlijn of in een kwadrant op het transect zijn geteld voor dichtheidsschattingen zijn door duikers in een netzak geplaatst en naar het wateroppervlak gebracht. Van alle platte oesters zijn met een schuifmaat de lengte, de breedte en de hoogte van de schelp opgemeten in mm (Figuur 2.4). Vervolgens zijn de maten per transect (zie § 2.4.1) geanalyseerd op grootteverdeling en populatie-opbouw.



Figuur 2.4. Lengte en breedte en hoogte van een oester.

### 2.4.4 Status van de ziekte bonamiosis

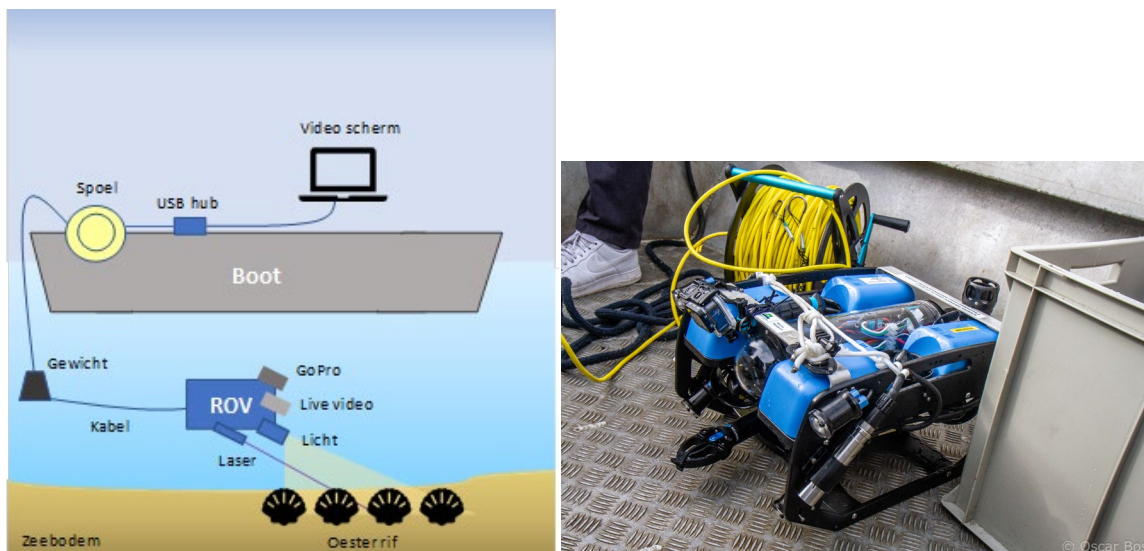
*Bonamia ostreae* is een eencellige parasiet van de platte oester die in Nederland tot nu toe alleen is vastgesteld in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer (Haenen & Engelsma, 2020) en onlangs op een locatie in de Voordelta (Sas et al., 2018) en de Maasvlakte (Kardinaal et al., 2021). Infectie met *Bonamia ostreae* is een aangifteplichtige dierziekte binnen de lijst van ziekten van de EU-richtlijn 2006/88/EU. In de kweekgebieden Grevelingenmeer wordt *Bonamia* jaarlijks gemonitord, maar de Voordelta is geen kweekgebied. Momenteel is onduidelijk of *Bonamia* verder op de Noordzee voorkomt, doordat er niet gemonitord wordt in gebieden zonder kweekdoelstelling en waar geen

oesters voorkomen. Vanuit de Native Oyster Restoration Alliance (NORA) wordt aanbevolen om gebieden waar platte oesters functioneel zijn uitgestorven (zoals de Noordzee) in praktijk te beschouwen als een *Bonamia*-vrij gebied (Pogoda et al., 2019). Platte oesters verspreiden zich door middel van vrij-zwemmende larven. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat platte-oesterlarven geïnfecteerd kunnen zijn met *Bonamia* (Arzul et al., 2011). Verspreiding van platte-oesterlarven vanuit de Grevelingen/Voordelta vormen dus een potentieel risico op verspreiding van *Bonamia*. Verspreiding van platte-oesterlarven vanuit de Grevelingen/Voordelta vormen een potentieel risico op verspreiding van *Bonamia*. Daarom is het belangrijk om de status van de ziekte in de platte oesterpopulatie in de Voordelta te monitoren.

Monstername was voorzien in april, omdat de ziekte het meest aanwezig is in het voorjaar (Engelsma et al., 2010). In het voorjaar was het zicht te slecht om oesters te kunnen verzamelen. Daarom zijn in het najaar 30 platte oesters, die zijn opgemeten voor de populatieopbouw, meegenomen voor *Bonamia* analyse. Ook in het najaar kan *Bonamia* worden gedetecteerd (Engelsma et al., 2010).

#### 2.4.5 ROV (Observatietechniek 3)

In 2022 is een pilot uitgevoerd met WMR BlueROV2 (Figuur 2.5), waarbij dezelfde transecten zijn gemonitord als die van de duikers. In maart 2023 is de ROV nogmaals ingezet, deze keer tegelijkertijd met de Lobster AUV (zie § 2.4.7). Omdat de resultaten van de AUV snel beschikbaar waren en direct veelbelovend leken, zijn de ROV beelden verder niet geanalyseerd.



Figuur 2.5. Overzicht van ROV-set-up (BlueROV2, WMR) en de BlueROV2 aan boord.

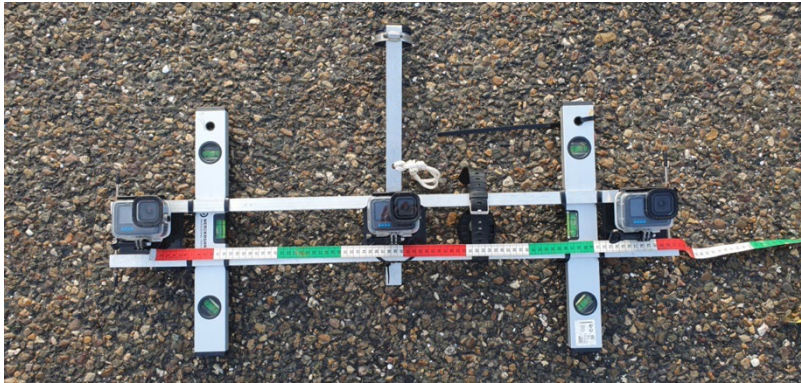
#### 2.4.6 Fotogrammetrie met behulp van duikers (Observatietechniek 4)

Aanvullend op technieken die grote gebieden beslaan, met een gering detail niveau – zoals side scan sonar en ROV, is het noodzakelijk om detail technieken in te zetten om kwantitatieve gegevens te verzamelen van bijvoorbeeld biodiversiteit en habitat complexiteit. Duikers leveren met observaties, directe data. Aanvullende visuele technieken, zoals fotogrammetrie, maken het mogelijk om 1) gebieden vlak dekkend te inventariseren 2) data te genereren die na analyse aanvullende data leveren. Met behulp van fotogrammetrie is het mogelijk o.a. habitatcomplexiteit van oesterbanken af te leiden.

#### Veldwerk

In 2023 is voor het eerst fotogrammetrie ingezet als monitoringstechniek bij de oesterbank in de Voordelta. De benodigde beelden hiervoor zijn door een beroepsduiker opgenomen met behulp van een frame met daarop drie camera's (Fig. 2.6). Deze camera's met een horizontale kijkhoek van 63° graden zijn op 28 cm van elkaar geplaatst om de gewenste overlap van 70% te bereiken. Tijdens de

monitoring zijn de camera's horizontaal gehouden door de duiker met behulp van een waterpas. Het frame wordt door middel van drijvers op een gelijke diepte gehouden, dit is door een duikcomputer geverifieerd. De tijd van de duikcomputer is handmatig op de seconde gelijkgezet, en de camera's zijn door middel van GoPro Labs gesynchroniseerd qua tijd en instellingen.



*Figuur 2.6. Het camera frame voor de fotogrammetrie beelden.*

Langs transect "midden" zijn tweemaal opnamen gemaakt met het fotogrammetrie frame. Bij de start van de opnames is een noordpijl gefilmd ter oriëntatie. Bij aanvang is gefotografeerd op een afstand van 75 centimeter van de bodem. Deze afstand is tijdens het transect gewaardborgd door een lijn met vaste lengte naar een boei aan het oppervlak. Omdat de diepte over de oesterbank langzaam toeneemt neemt de afstand tot de bodem richting het westen geleidelijk toe.

### **Analyse**

De afbeeldingen zijn geïmporteerd in Agisoft Metashape (versie 2.0.3). De laatste stap voorafgaand aan de verwerking bestond uit het paarsgewijs inlezen van de beelden op hetzelfde tijdstip. Het analyseren van de fotogrammetrie beelden bestaat grofweg uit twee onderdelen; 1) het aan elkaar bevestigen van de losse beelden. Op deze manier zijn overlappende beelden gecombineerd tot één geo-gereferentieerde afbeelding. En 2) het analyseren van dit aan elkaar bevestigde grote beeld. Hierbij is ook berekend wat het bemonsterde oppervlak is.

### **2.4.7 Fotogrammetrie met een AUV (Observatietechniek 5)**

Lobster Robotics (<https://www.lobster-robotics.com/>) -een spin-off van de TU Delft- heeft een autonoom onderwater voertuig (AUV) ontwikkeld dat zelfstandig de zeebodem in kaart brengt (Figuur 2.7). De 'Lobster Scout' is 2 meter lang, weegt 50 kg en wordt aangedreven op batterijen door 4 propellers rondom het voertuig. Het vaart voorgeprogrammeerde overlappende transecten ("grasmaaipatronen") en maakt daarbij met flitslicht duizenden foto's van de zeebodem en legt tegelijkertijd de diepte en positie vast. De foto's worden in de computer gecombineerd tot één grote geo-gereferentieerde foto, en naar wens met dieptedata gecombineerd tot een 3D foto. Deze foto's kunnen in een GIS-programma worden ingelezen.

In 2023 zijn twee meetcampagnes uitgevoerd met de Lobster Scout: op 4 april 2023, als onderdeel van het KOBINE project, en in november 2023 voor dit Voordelta project. Het doel was om dezelfde 50 m transecten als de duikers te inventariseren (zie 2.4.1). In aanvulling daarop zijn een drietal vierkanten van 20x20 m ingevaren. In april is de monitoring op dezelfde dag als uitgevoerd als die met de BlueROV (zie 2.4.5), en in het najaar in dezelfde periode als de monitoring door de duikers (2.4.1.).

In 2024 zijn met de beelden van de Lobster Scout de eerste stappen gemaakt om AI-beeldanalyse mogelijk te maken, met als doel de verschillende soorten te kwantificeren, waaronder de oester.





Figuur 2.7. De Lobster Scout AUV.

## 2.5 Larvenproductie en vestiging

### 2.5.1 Watermonsters voor platte-oesterlarven

Platte oesters planten zich voort door in de zomer larven te produceren. De oesters kunnen gedurende hun leven wisselen van geslacht (sexe). In tegenstelling tot de meeste andere schelpdiersoorten waarbij bevruchting in de waterkolom plaats vindt, vindt bevruchting van de eieren van vrouwtjes door het sperma van de mannetjes plaats in de mantelholte van het vrouwtje. Daar ontwikkelen de larven zich de eerste 10 dagen (broedzorg). Vervolgens zwemmen ze nog ongeveer 10 dagen rond alvorens zich permanent te vestigen op een harde ondergrond (substraat). Dan worden ze broed genoemd. Dit broed groeit vervolgens in ongeveer 2-3 jaar uit tot volwassen oester. Om een indruk te krijgen van de voortplanting van de oesters zijn wekelijks *larvenconcentraties* bepaald in de periode van 21 juni tot 18 juli 2022 bij de Blokkendam (zie Figuur 2.1 gele ster). Hierbij is gebruik gemaakt van de WMR-boot de Byssus. Alleen op 28 juni en 5 juli was het niet mogelijk de boot te gebruiken en zijn de monsters vanaf de Blokkendam genomen. Bij ieder bezoek is 100 liter oppervlaktewater gefiltreerd door een planktonnet met een maaswijdte van 100  $\mu\text{m}$  (Figuur 2.8). Het monster is gefixeerd met ethanol. In het lab zijn per monster drie submonsters genomen met een Hensen *plunger sampling pipette*. Deze monsters zijn bekeken met een microscoop en larven zijn geteld en op soort gebracht volgens richtlijnen van Loosanoff *et al.* (1966) en Hendriks *et al.* (2005).

Maathuis *et al.* (2020) hebben een formule ontwikkeld waarmee aan de hand van de temperatuurontwikkeling van het water het moment van aanwezigheid van de meeste platte-oesterlarven kan worden voorspeld in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer.

$$\text{Temperature Sum} = \sum_{1 \text{ st of January}}^{\text{end date}} (T_i - T_{th}) * \Delta d$$

Deze zogenaamde temperatuursom is in *degreedays* ( $^{\circ}\text{C} * d$ ),  $T_i$  is de water temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) op dag  $i$ ,  $T_{th}$  is de drempeltemperatuur waarboven gonadenontwikkeling start en  $\Delta d$  is de tijdstap van een dag. Als test van de voorspellende waarde van deze formule voor de Voordelta zijn temperatuurdata van de Voordelta opgevraagd bij [rws.waterinfo.nl](http://rws.waterinfo.nl). De studie van Maathuis *et al.* (2020) liet zien dat de meeste larven werden geobserveerd bij een temperatuursom van 576.





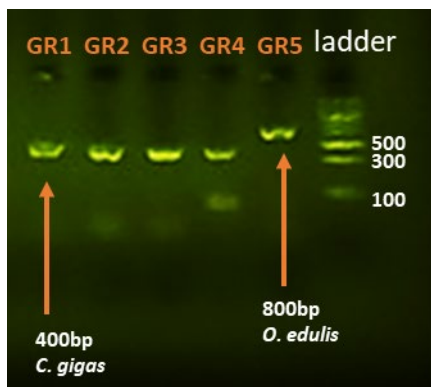
Figuur 2.8. Monsternet voor bepaling aanwezigheid oesterlarven.

### 2.5.2 Collectoren voor oesterbroed

Om een indruk te krijgen van de vestiging van broed (broedval) zijn op 14 juli 2023 drie collectoren uitgezet. Een collector bestond uit een net gevuld met 1 liter aan Japanse oesterschelpen en met touw bevestigd aan een loodblok voor verankering en een boeitje voor drijfvermogen. Daarnaast zijn ook vijf Chinese hoedjes bevestigd aan het touw. Chinese hoedjes worden veel gebruikt door Franse oesterkwekers voor het invangen van oesterbroed (Van den Brink et al. 2020). De collectoren zijn op 1 december 2023 opgehaald uit de Voordelta voor analyse van de broedval.

#### DNA-analyse

In de Voordelta komen zowel platte oesters (*Ostrea edulis*) als Japanse oesters (*Magallana gigas* of *Crassostrea gigas* (synoniem)) voor. Onderscheid maken tussen de oestersoorten in de oesterbroedfase blijkt lastig op basis van visuele kenmerken als de oesters nog heel klein zijn. Op basis van genetische identificatie is het wel mogelijk om met zekerheid onderscheid te maken tussen de Japanse oester en de platte oester. Daarom is een DNA-analyse van oesterbroed uitgevoerd in het DNA-lab van Wageningen Marine Research. In 2021 is oesterbroed verzameld in de Grevelingen en in 2022 in de Voordelta. Dit broed is op basis van visuele kenmerken gedetermineerd en op soort gebracht. Ook zijn platte oesterbroedjes op tegels uit de hatchery meegenomen. Van deze oesters is zeker dat het de platte oester betreft omdat zij in een bak met alleen maar platte oesters als broedstock zaten. Op het vlees van een aantal van de individuele oesterbroedjes zijn DNA extracties uitgevoerd (Grevelingen n=15, Voordelta n=12 en broed op tegels n=2). Hierbij is gekozen voor een mix van verondersteld plat en verondersteld Japans broed en een aantal twijfelgevallen. Het DNA van deze oesters is met behulp van soort-specifieke primers geamplificeerd (PCR amplificatie). Hierbij is gebruik gemaakt van de primers combinatie ED1 (5-GACTTGCCATTTTAGAGGGTCT) en ED2 (5-TGTTAATTGGTGATAACGATGA) speciaal ontworpen voor *O. edulis*, en CR1 (5-CAGTCGCTATGATGCTTTAATGT) en de combinatie CR2 (5-GAAAGATGAAAAGTGGGGAGAA), speciaal ontworpen voor *C. gigas* (Cross & Rebordinos, 2006). Deze primers bevinden zich in de niet-getranscribeerde spacer (NTS) van het 5S-rDNA-gen. Vervolgens zijn de PCR-producten met behulp van gel-electroforese zichtbaar gemaakt. Hierbij kan er op basis van het verschil in de fragmentlengte (*O. edulis* 800bp en *C. gigas* 400bp) bepaald worden of een oester plat dan wel Japans is (Figuur 2.9). Ook is er gekeken of er met een mix van primers gewerkt kan worden voor identificatie tussen platte en Japanse oesters.



Figuur 2.9. Elektroforese analyse van 5S rDNA producten van 2 oestersoorten *O. edulis* (platte oester) en *C. gigas* (Japanse oester). Er is een primer combinatie van CR1\_CR2 en ED1\_ED2 gebruikt. Laan 1 t/m 4 (GR1 t/m GR4) producten van *C. gigas*. Laan 5 (GR5) product van *O. edulis*. Geheel rechts is de 100bp ladder zichtbaar.

## 2.6 Biodiversiteit

### 2.6.1 Visuele onderwatercensus duikers (Observatietechniek 2)

Duikers hebben de aanwezige biodiversiteit geïnventariseerd. Deze kwantitatieve data van de soortenrijkdom zijn verzameld door getrainde taxonomen – professionele duikers. Dit jaar is bij het afleggen van één lijntransect (midden) de duiker een inventarisatie van de aanwezige biodiversiteit uitgevoerd in elk kwadrant (n=5). Hierbij zijn zowel epibenthische soorten als mobiele taxa gedocumenteerd.

Met “taxa” bedoelen we in dit rapport “soorten” waar het mogelijk was deze op soortniveau te determineren, en genera, families en fyla wanneer dit niet mogelijk was. In de analyse van aantallen taxa zijn dubbeltellingen voorkomen door per soort of soortgroep slechts één taxonomisch niveau te kiezen en alle hoger gelegen niveaus te verwijderen voorafgaand aan de analyse.

Omdat in 2023 maar 1 transect is bemonsterd zijn de aantallen taxa per kwadrant voor het transect “midden” ook gelijk het gemiddelde voor 2023. Deze data worden vergeleken met eerdere data uit 2021 en 2022.

Aan de hand van de waarnemingen in 2023 is de reeds bestaande soortenlijst van Christianen *et al.* (2018), aangevuld door de resultaten uit 2021 en 2022, verder bijgewerkt. Indien van toepassing zijn niet eerder geobserveerde soorten aan de soortenlijst toegevoegd.




# 3 Resultaten



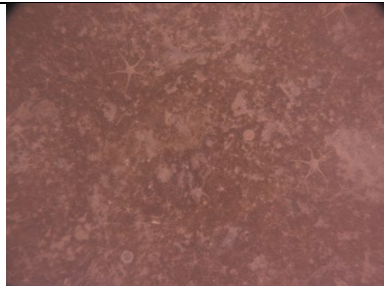
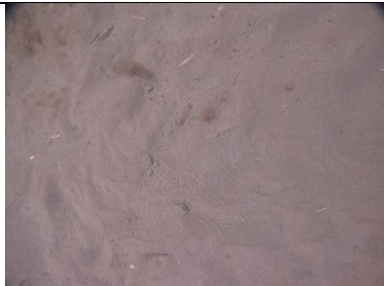
## 3.1 Platte-oesterbank

### 3.1.1 Omvang en biogene structuren

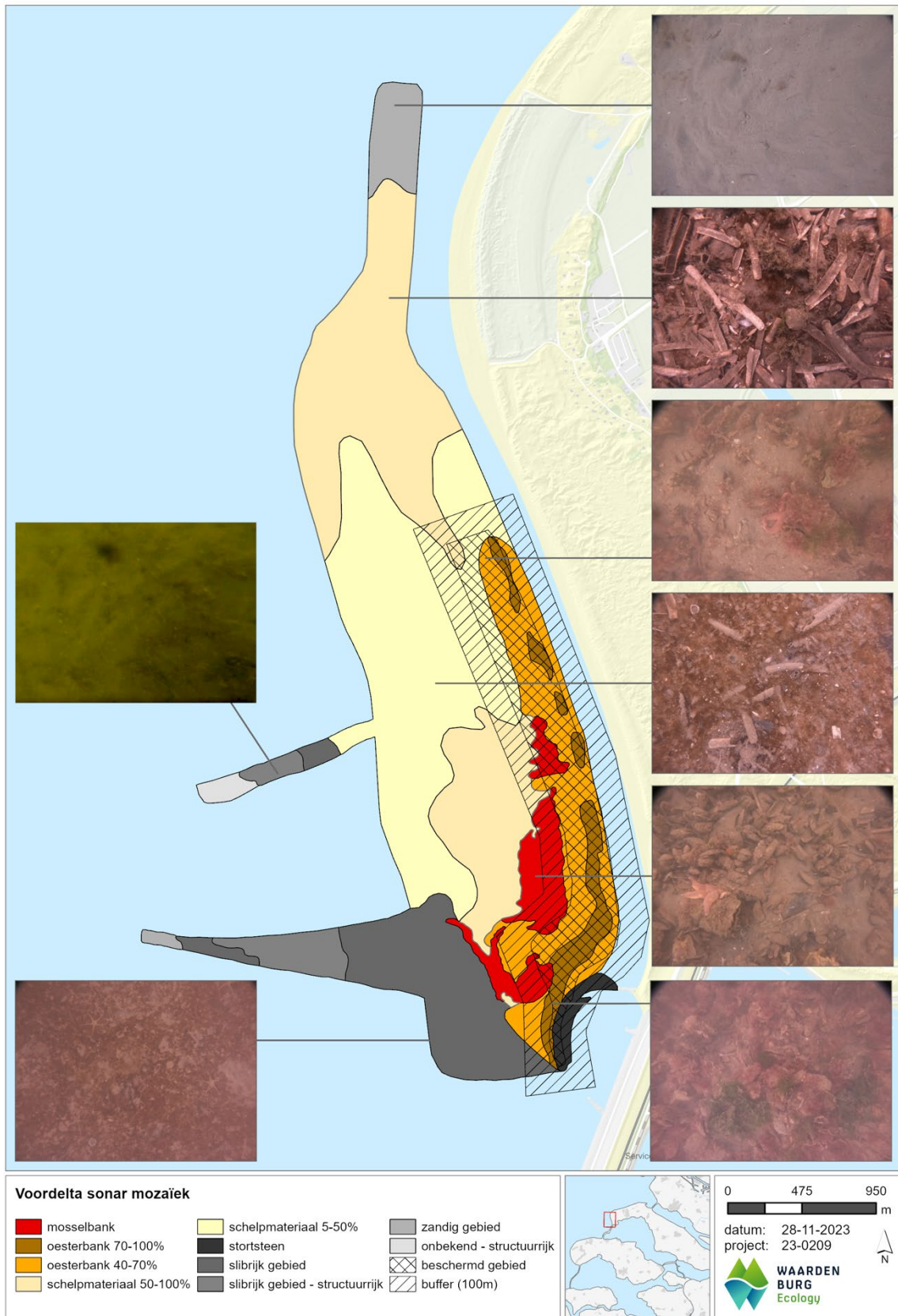
In het studiegebied – platte-oesterbank in de Voordelta - 1 tot 6 meter diep, zijn verschillende biogene structuren in kaart gebracht. (Tabel 3.1 en Figuur 3.1). De totale omvang van het onderzochte gebied is 261 hectare, waarvan 208 hectare met biogene structuren die kenmerkend zijn voor op of rond oesterbanken. Het oppervlakte oesterbank met een hoge bedekking van schelpen en oesters (70-100%) beslaat nog steeds 10 hectare en met een gemiddelde bedekking (40-70%) 30 hectare. Daarnaast is er 14 ha mosselbank aanwezig. In het omliggende gebied, voor zover ook onderzocht, een bedekking van schelpen tussen de 5 en 100%, bestaande uit schelpen van *Ensis* sp., mossel, platte oester en Japanse oester en levende schelpdieren van deze soorten, bestaat uit minimaal 154 hectare (Tabel 3.1). Het gebied met biogene structuren dat tot nu toe in kaart is gebracht is in totaal 208 hectare groot. Aanvullend op 2022 zijn zoals eerder vermeld twee nieuwe categorieën toegevoegd. Ook moet hierbij worden vermeld dat grenzen niet hard zijn en soms ook een combinatie van categorieën betreft. Zo is er bijvoorbeeld ook meermaals een platte oester op een mosselbank waargenomen.

Tabel 3.1. Classificering van kartering (afbeelding 3.1 "Voordelta oesterbank") met oppervlakte (in ha) per klasse.

(Biogene) structuur	Areaal 2021	Areaal 2022	Areaal 2023	Areaal Totaal	Voorbeeld (afbeelding)
Oesterbank 70-100%	9,6 ha	N/A	N/A	9,6 ha	
Oesterbank 40-70%	30,3 ha	N/A	N/A	30,3 ha	
Mosselbank	14,1 ha	N/A	N/A	14,1 ha	

Schelpmateriaal (oesters, mosselen en zwaardschedes) 50-100%		75,3 ha	N/A	75,3 ha	
Schelpmateriaal (oesters, mosselen en zwaardschedes) 5-50%		77,2 ha	1,2 ha	78,4 ha	
<b>Totaal</b>				<b>207,6 ha</b>	
					<b>Overige bodems (niet-biogeen)</b>
Stortsteen	3,1 ha	N/A	N/A	3,1 ha	
Slibrijk gebied	N/A	20,3 ha	11,3 ha	31,3 ha	
Zandig gebied	N/A	7,9 ha	0,8 ha	8,7 ha	
Slibrijk gebied met reliëf	N/A	N/A	8,2 ha	8,2 ha	Geen foto beschikbaar
Zandig gebied met structuur – nader onderzoek nodig	N/A	N/A	1,8 ha	1,8 ha	Geen foto beschikbaar
<b>Totaal</b>				<b>53,1 ha</b>	



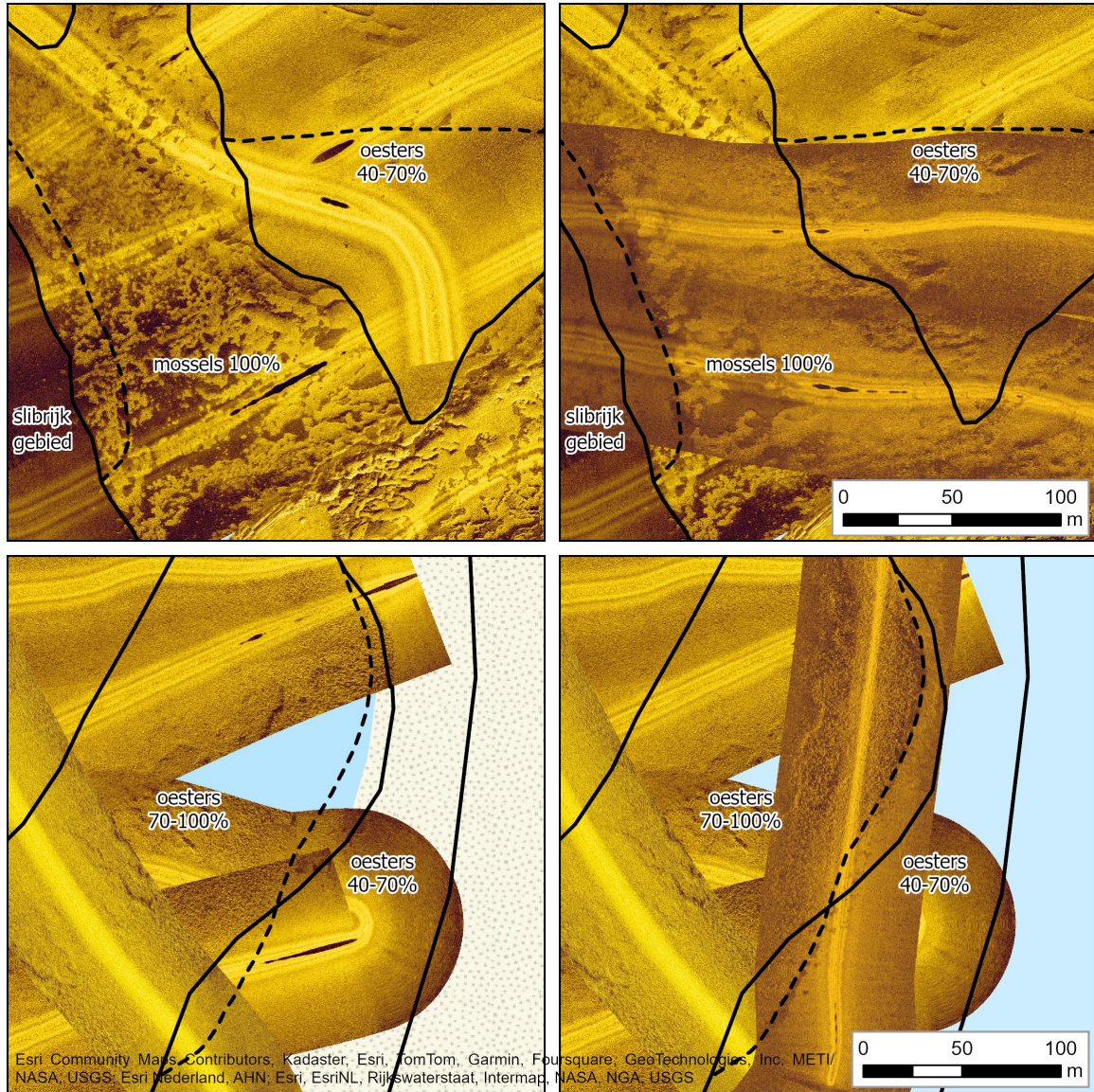


*Figuur 3.1. Onderzoeksgebied met ligging schelpdierbanken. Tot schelpdierbanken worden minimaal gerekend: de klassen oesterbank 70-100% en 40-70% en mosselbank. De klasse schelpmateriaal 5-50% en 50-100%, omvat levende schelpdieren, inclusief platte oesters, maar valt voornamelijk buiten de definitie. Stortsteen, omvat ook aanwezigheid van platte oesters, maar is vanwege de onnatuurlijke ondergrond, geen natuurlijke oesterbank.*

Door het vergelijken van de sonarbeelden op dezelfde locatie over verschillende jaren kan ook de ontwikkeling van de mossel- en oesterbanken worden onderzocht. In 2023 zijn met de sonar locaties



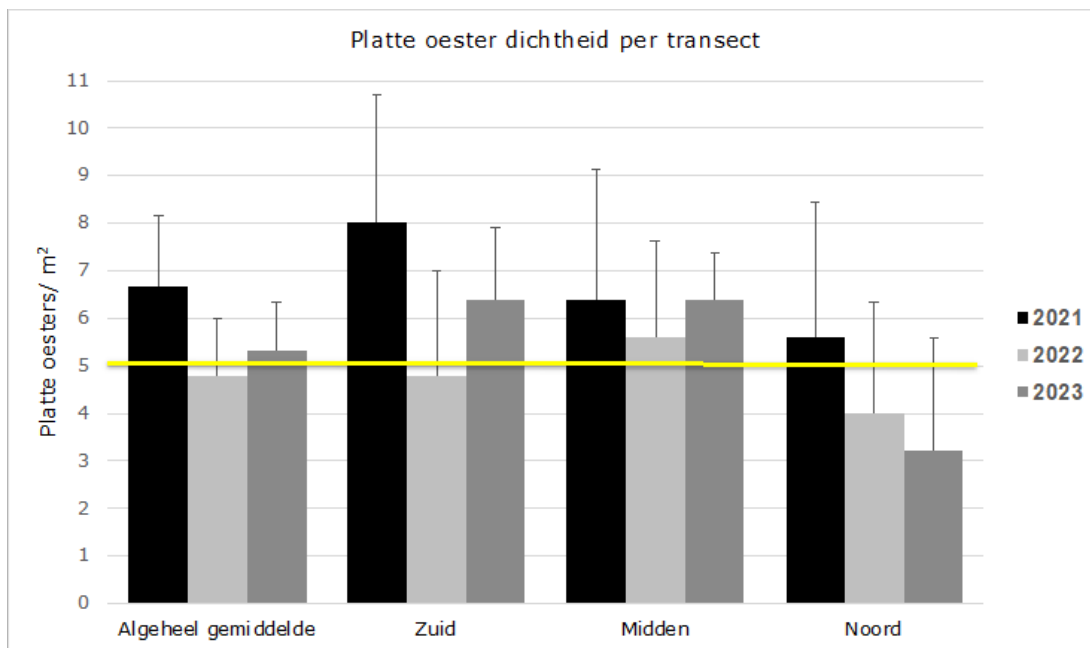
bezoekt die in 2021 ook al zijn ingevaren. Van de 23 vergelijkingstrajecten hadden 14 de verschillen 'geen verschil', 5 'grens verleggen' en 4 'klasse veranderen'. Dit betekent dat de banken niet op alle plaatsen op dezelfde locatie zijn blijven liggen. Zo lijkt de mosselbank in figuur 3.2 zich meer naar het oosten te hebben verplaatst, en lijkt de oesterbank zich meer richting het noorden te hebben verplaatst. Op basis van de verschillen kan overwogen worden drie grenzen te verleggen en twee categorieën aan te passen ten opzichte van 2021. Een extra veldbezoek in 2024 kan uitsluitsel geven over de juiste grenzen en klassen.



Figuur 3.2. Sonarbeelden van dezelfde mosselbank in 2022 (linksboven) en 2023 (rechtsboven), en dezelfde oesterbank in 2022 (linksonder) en 2023 (rechtsonder).

### 3.1.2 Dichtheid platte oesters

In 2023 bedroeg het gemiddelde aantal platte oesters op de oesterbank 5,3 ( $\pm 1,0$ ) individuen per  $m^2$ . In 2021 en 2022 bedroegen dit respectievelijk 6,6 ( $\pm 1,4$ ) en 4,8 ( $\pm 1,2$ ) individuen per  $m^2$ . Net zoals in 2021 zijn minimaal 0 tot maximaal 12 platte oesters per  $m^2$  waargenomen binnen de kwadranten op de oesterbank. De gemiddelde oesterdichtheid was op transect "zuid" 6,4 ( $\pm 2,4$ ), "midden" 6,4 ( $\pm 1,0$ ) en "noord" 3,2 ( $\pm 1,5$ ) individuen per  $m^2$  (Figuur 3.3). Ook dit jaar zijn de laagste dichtheden aan platte oesters waargenomen bij transect "noord", wat correspondeert met de classificatie in de kaart 'oranje' met een oesterbank 40-70%, terwijl "midden" en "zuid" corresponderen met classificatie 'bruin': bedekking van schelpmateriaal van 70-100%.

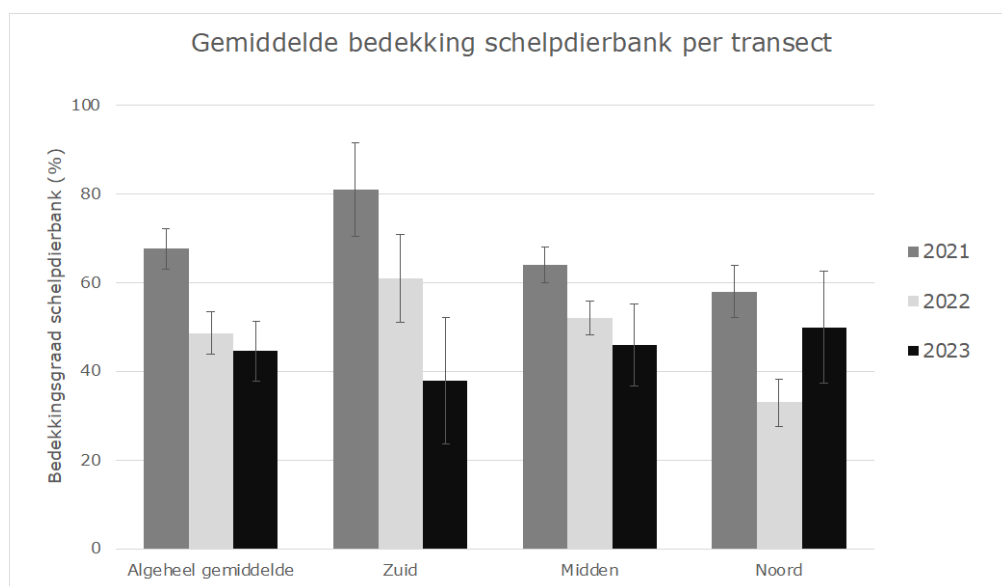


Figuur 3.3. Gemiddelde dichtheid van platte-oesterindividuen ( $\pm$  SE) langs de drie lijntransecten in 2021, 2022 en 2023. De gele lijn geeft de OSPAR grens aan voor een oesterrif of oesterbank van 5 individuen per vierkante meter.

### 3.1.3 Kenschets bank door middel van beelden en gescoorde bedekking banksubstraat

#### Schelpdierbank substraat langs duiktransecten op schelpdierbank

De bedekkingsdichtheid van biogeen substraat (dode en levende schelpdieren) langs drie lijntransecten "zuid", "midden" en "noord" varieerde van 0 tot 80%, met een gemiddelde bedekking van 44% in 2023 (Figuur 3.4). In tegenstelling tot voorgaande jaren zijn in 2023 juist de laagste dichtheden aangetroffen langs transect "zuid", dat dicht langs de Blokkendam ligt. In 2021 en 2022 werden hier nog de hoogste dichtheden waargenomen. Biogeen schelpdierbanksubstraat is een mix van schelpdieren waaronder platte oesters, maar ook Japanse oesters en mosselen en hun schelpen (Tabel 3.1). De bank komt in zijn gehele omvang voor in een mozaïek met zandbodems en wordt gekenmerkt door veel variatie in substraat.



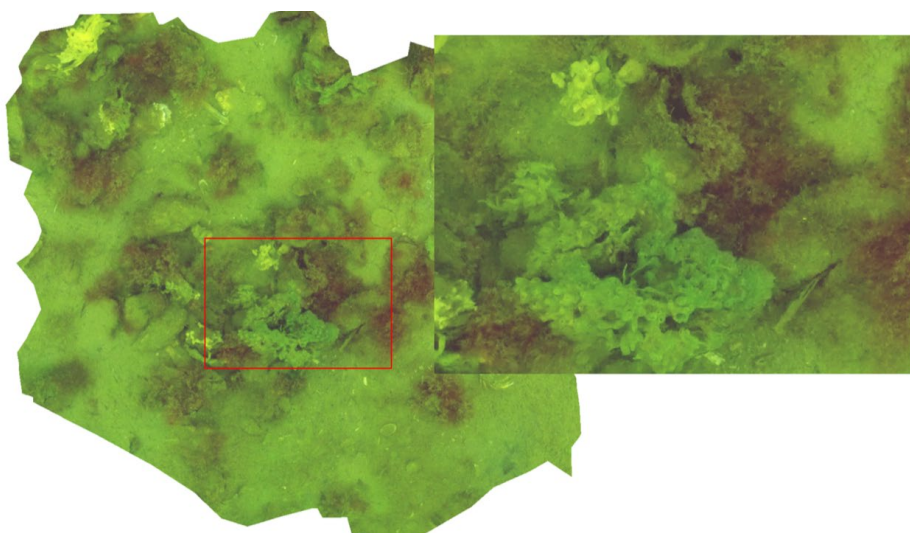
Figuur 3.4. Procentuele bedekking ( $\pm$  SE) van biogeen banksubstraat langs de drie lijntransecten "noord", "midden" en "zuid" in de Voordelta in 2021, 2022 en 2023.



## Fotogrammetrie Beelden duikers

Langs transect "midden" zijn tweemaal opnamen gemaakt met het fotogrammetrie frame, hierbij is van oost naar west gewerkt (richting open water). De diepte was circa 2,5 meter (laag water). Tijdens de eerste opname in de ochtend was er geen direct zonlicht en betrof het doorzicht ongeveer 1,5 m. Er is met zigzagbeweging langs het transect gezwommen. Na afloop zijn de beelden bekeken en bleek dat de scherptediepte beperkt was waardoor de beelden niet goed bruikbaar zijn. Tijdens de tweede opname in de middag was er deels direct zonlicht en betrof het doorzicht ook ongeveer 1,5 m. De diepte was circa 4 meter (hoog water). Er is in een lijn gefilmd langs het transect, van oost naar west en weer terug naar het oosten. Nadien zijn ook deze beelden bekeken en leek de scherpte diepte beter.

De beelden van het tweede transect zijn verwerkt tot één groot beeld (Figuur 3.5). Verder kan het grote aan elkaar verbonden beeld van de onderwatersituatie inzichtelijk maken hoe de oesterbank er op bepaalde plekken uitziet. Belangrijke hotspots kunnen hiermee overzichtelijk ruimtelijk worden vastgesteld. Daarnaast is het mogelijk om 3D kenmerken van de oesterbank (o.a. hoogte, habitat complexiteit) mee te nemen in de analyse.



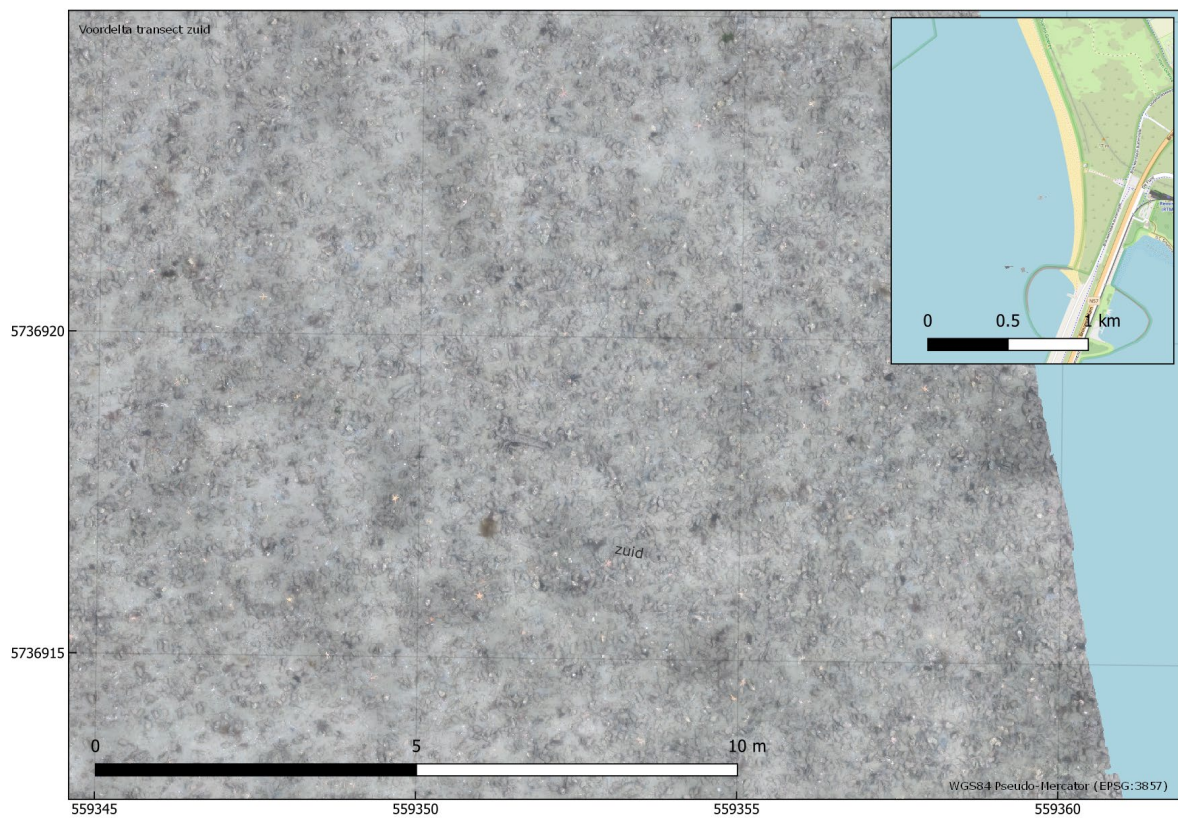
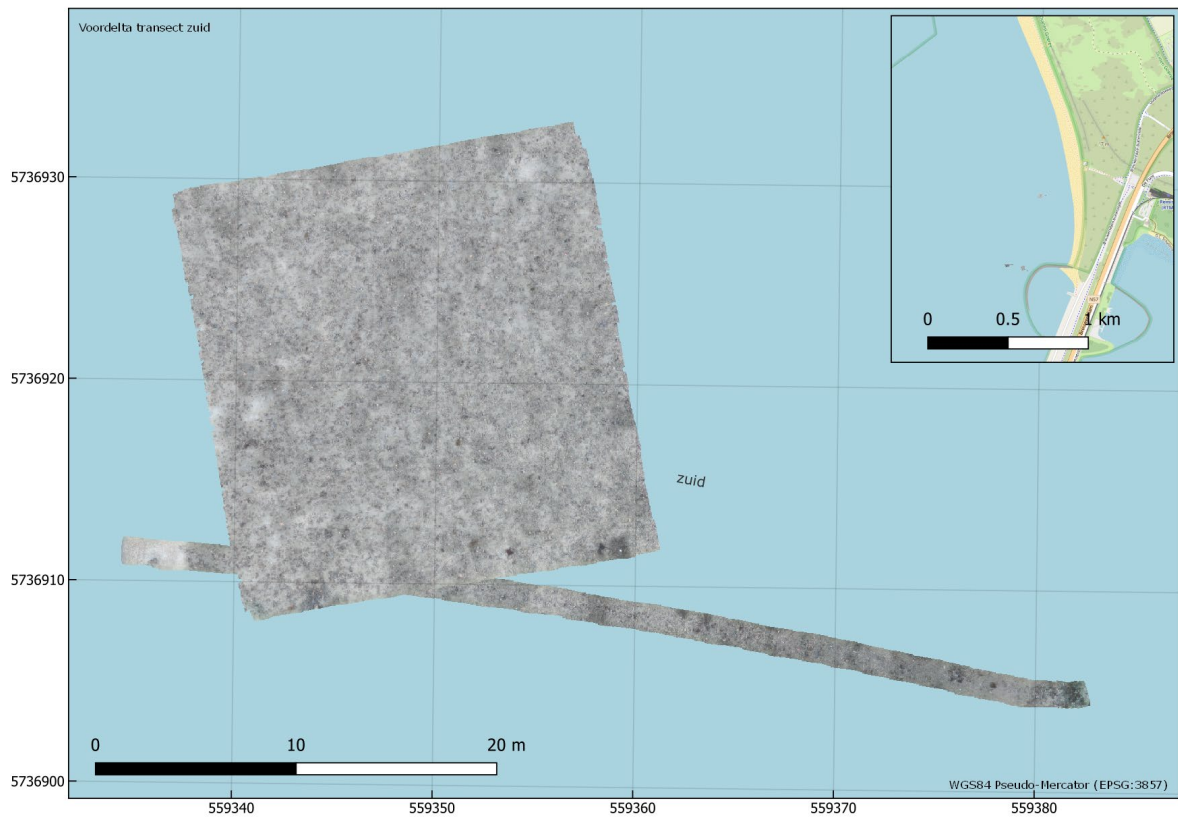
*Figuur 3.5. Voorbeeld van een digital elevation model (3D model) op basis van de foto's en het hoogteprofiel.*

## Fotogrammetrie met een AUV

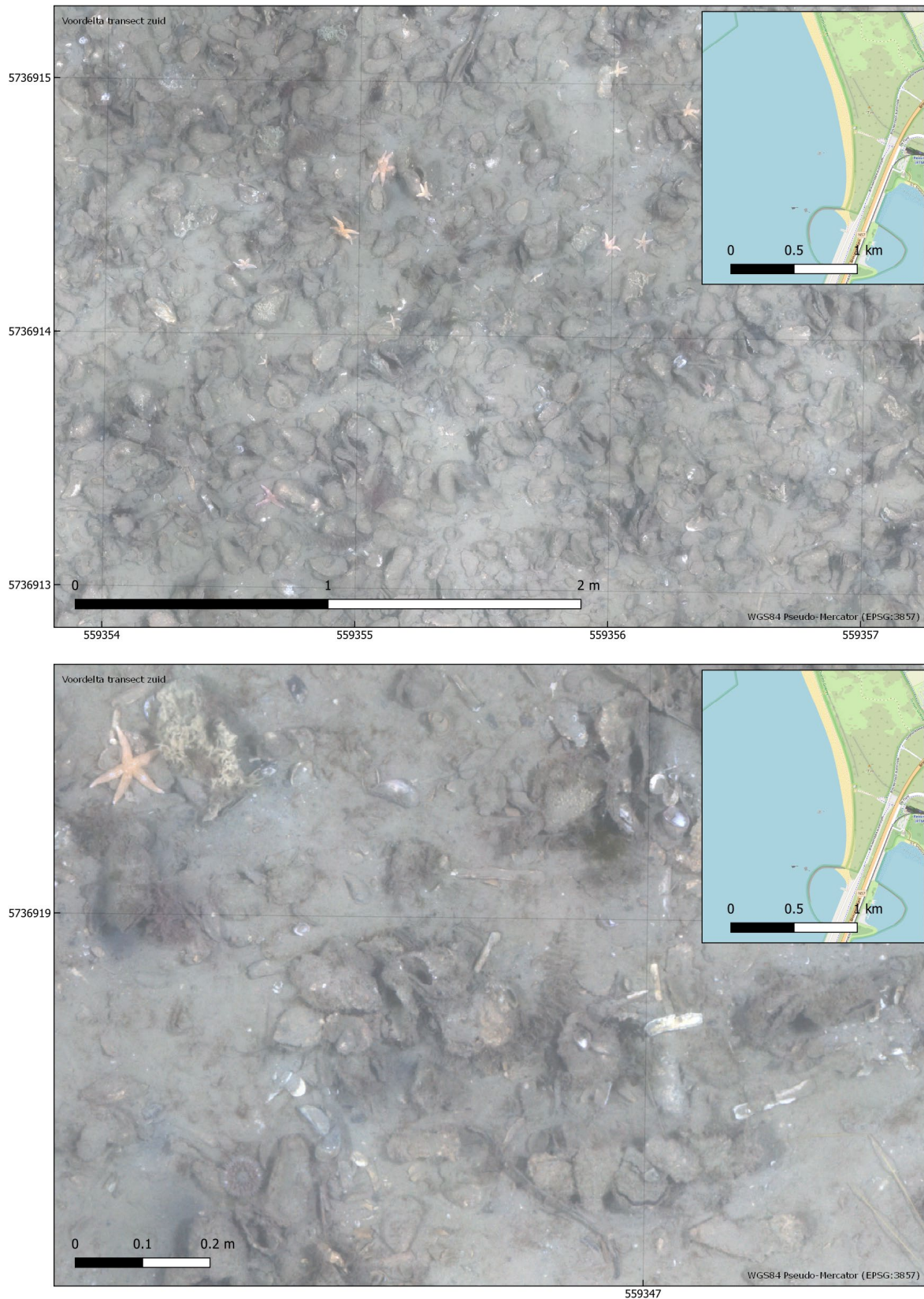
De fotogrammetrie met de Lobster Scout AUV leverde snel beelden. Bij de monitoring in april 2023 zijn alle opnamen van duikstransecten plus een aantal rechthoeken binnen een paar uur gemaakt. De beelden zijn verwerkt tot een groot beeld (Figuur 3.6) dat direct ruimtelijk kan worden weergegeven in GIS, en waarop eenvoudig ingezoomd en uitgezoomd kan worden. Tijdens de survey meet de AUV ook het profiel van de zeebodem. Ook dat kan in een kaart gezet worden, of als lijntransect worden weergegeven (Figuur 3.7). Samen vormen de foto en het profiel een digital elevation model, waarmee 3D foto's gegenereerd kunnen worden (Figuur 3.8).

Bij analyse van de beelden bleek dat de survey scherpe foto's heeft opgeleverd waarop diverse soorten goed herkenbaar zijn. Het identificeren van zeesterren, zeedahlia's, muiltjes, mosselen en sponzen is mogelijk. Ook oesterschelpen zijn meestal duidelijk herkenbaar, maar doordat ze vaak met slib bedekt zijn is niet in te schatten of ze levend of dood zijn, en welke soort het betreft (Japanse oester of platte oester). Dit betekent dat de beeldannotatie ruimte voor twijfel laat, waardoor het uiteindelijk met AI nog niet goed mogelijk is heel nauwkeurig het aantal levende Japanse of platte oesters vast te stellen (Figuur 3.9). Samen met Lobster Robotics is onderzocht wat oplossingsrichtingen zijn. Er zijn qua hardware nog verbeteringen mogelijk in de type belichting (minder flets, meer contrast) en in het type camera (hogere resolutie).

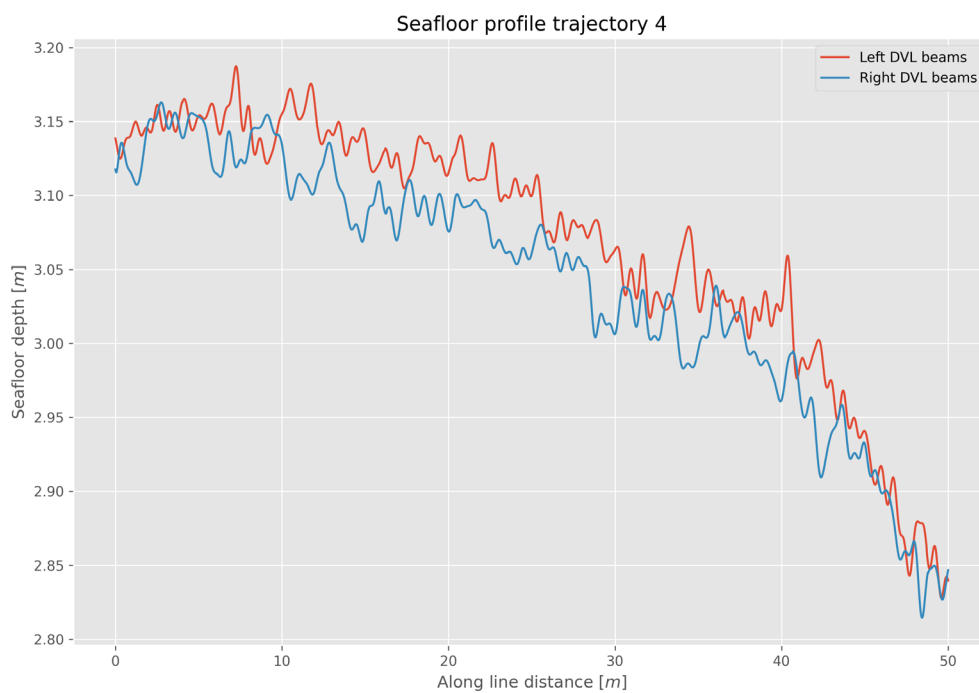
Het doel van 2023 was om te testen of de techniek überhaupt werkte. We kunnen vaststellen dat dit het geval was. Nadere analyse van de beelden vindt plaats in 2024.



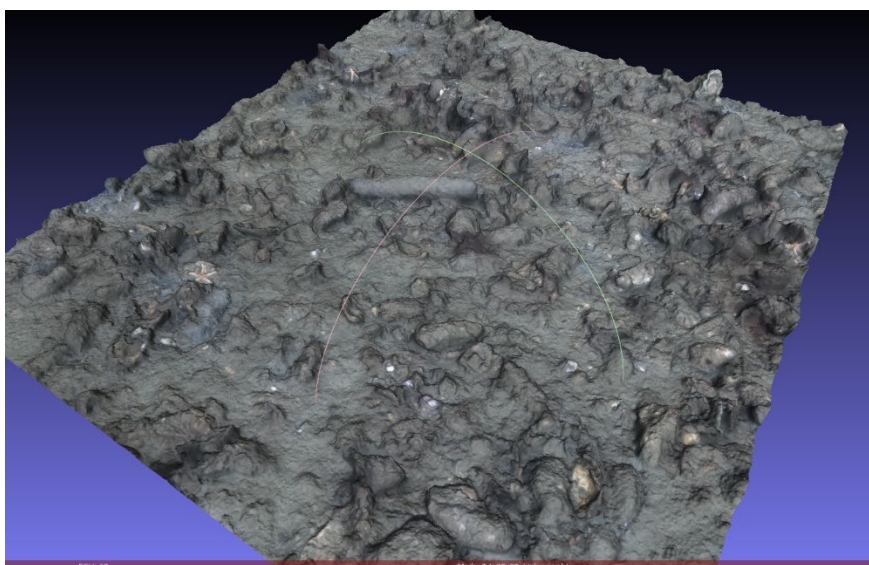




*Figuur 3.6. Voorbeeld van resultaten van fotogrammetrie door de Lobster AUV, waarbij duizenden foto's tot een beeld zijn combineerd. Boven: uitgezoomd vierkant van 20x20 m en transect (zuid). Onder: individuele japanse oesterschelpen en mogelijke platte oesterschelpen evenals andere soorten (zeedahlia, zeester, muiltjes, mosselen, zwaardschede, sponzen) zijn herkenbaar.*

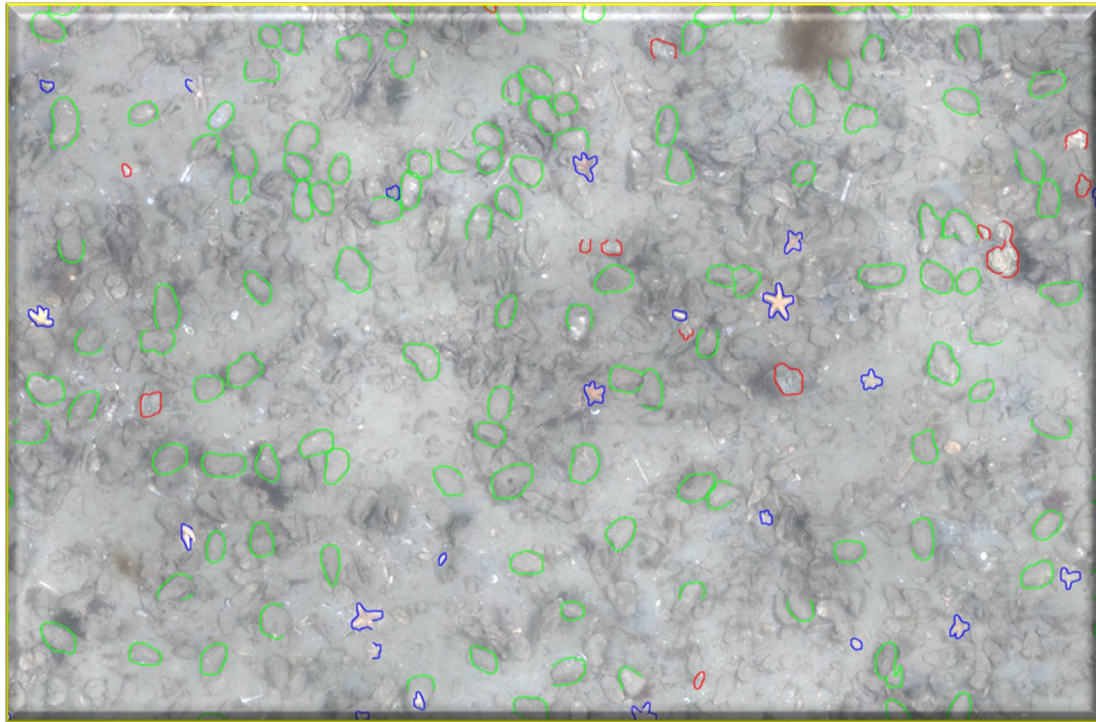


*Figuur 3.7. Voorbeeld van hoogteprofiel van de zeebodem bedekt ter hoogte van de oesterbank over een 50m lang transect van 'transect zuid'. De Lobster AUV meet constant de hoogte van de zeebodem. De variatie in hoogte is een maat voor de complexiteit van de oesterbank.*



*Figuur 3.8. Voorbeeld van een digital elevation model (3D model) op basis van de foto's en het hoogteprofiel (bron: Lobster Robotics).*

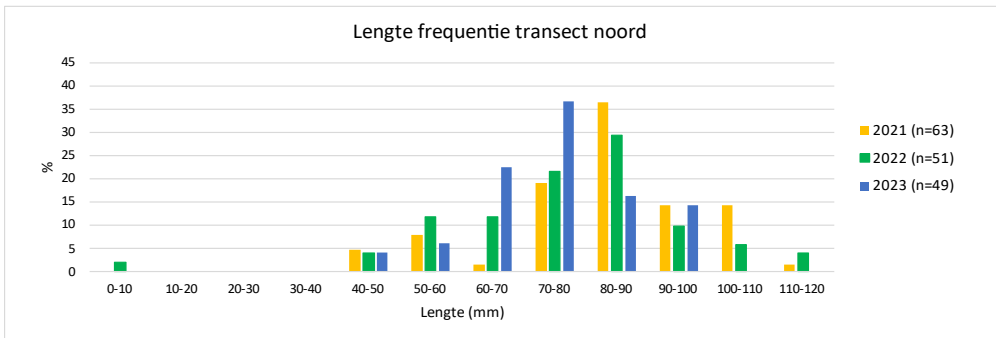
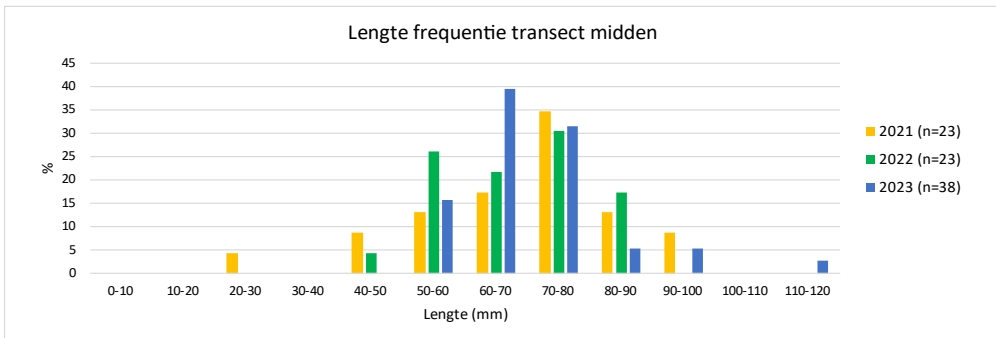
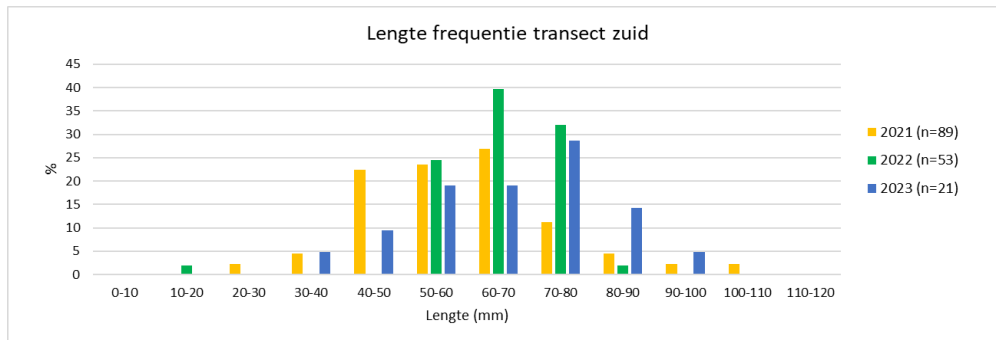




*Figuur 3.9. Voorbeeld van automatische soortenherkenning (groen= oester, blauw=zeester, rood=spons) na het opzetten van automatische herkenning.*

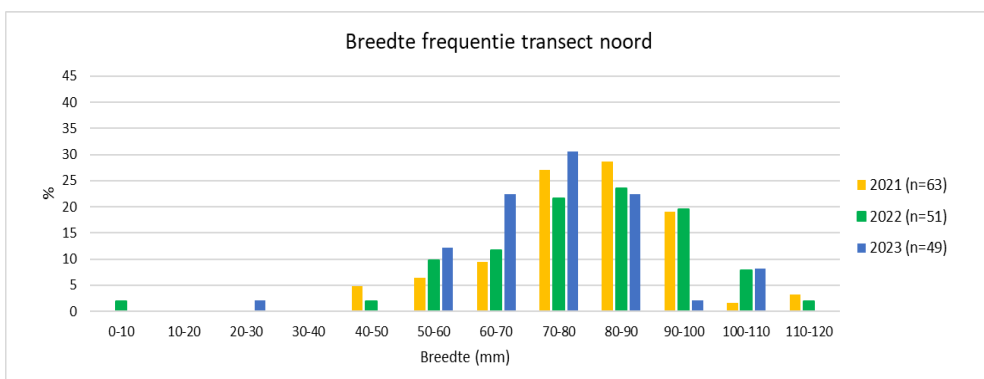
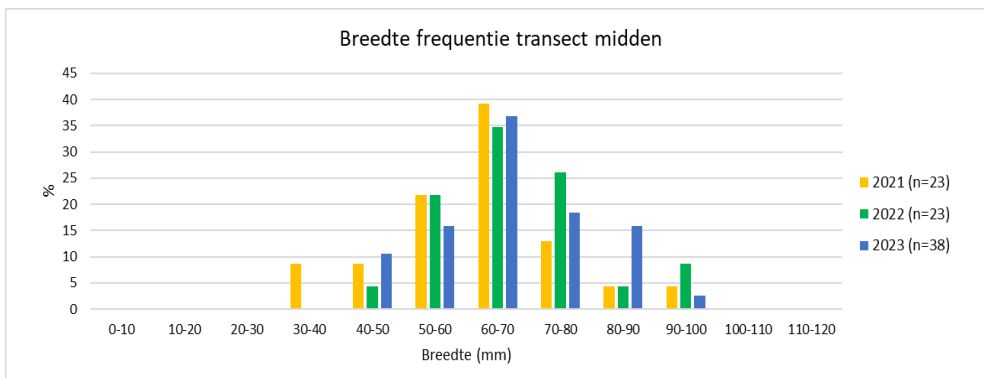
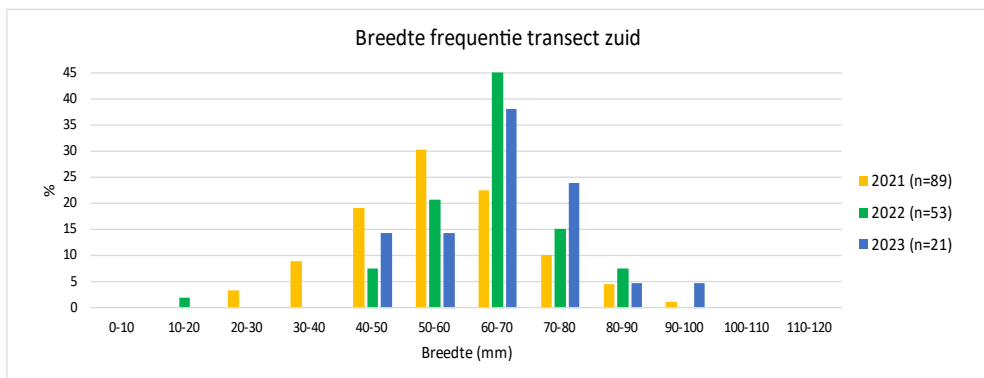
## 3.2 Populatieopbouw

In totaal zijn 108 individuele platte oesters op de oesterbank verzameld. Langs transect "zuid" zijn 21 platte oesters verzameld, langs transect "midden" 38 individuen en langs transect "noord" 49 individuen. De lengte van de oesters varieerde van 8 tot 113 mm. De meest voorkomende lengteklassen omvat de range van 60-80 mm lengte (Figuur 3.10a). Net als in vorige jaren zijn in 2023 zijn de kleinste oesters gevonden in transect "noord" en "zuid". De breedte- en hoogtefrequenties van transect "zuid" laat in de opeenvolgende jaren 2021, 2022 en 2023 een toename in grootte zien, wat zou kunnen duiden op groei van de aanwezige individuen (Fig. 3.10b&c). Bij "midden" en "noord" is dit minder duidelijk (Fig. 3.10 b&c).

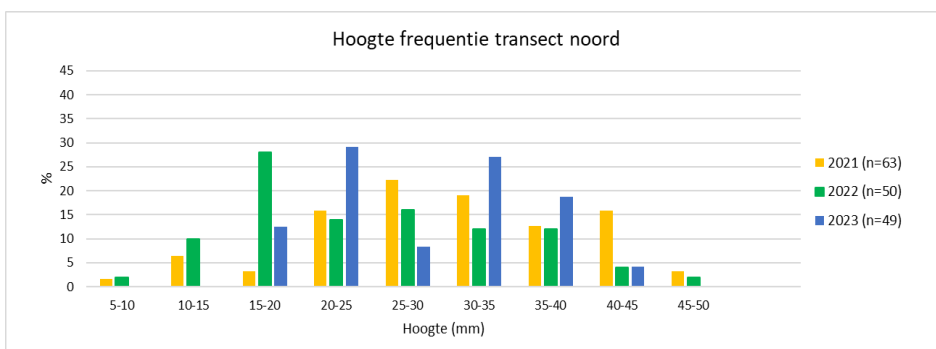
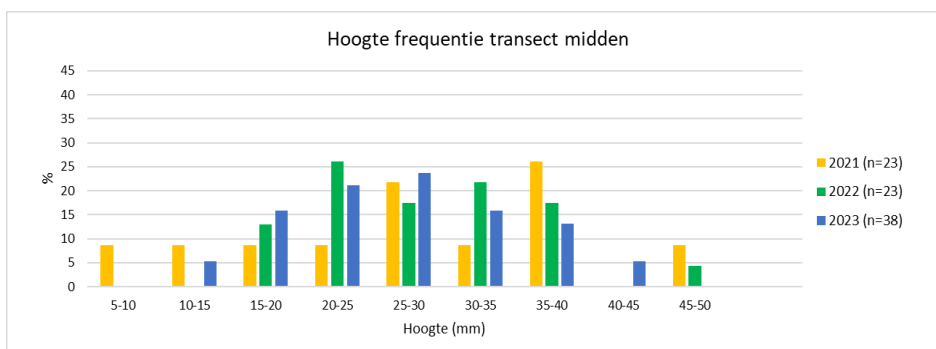
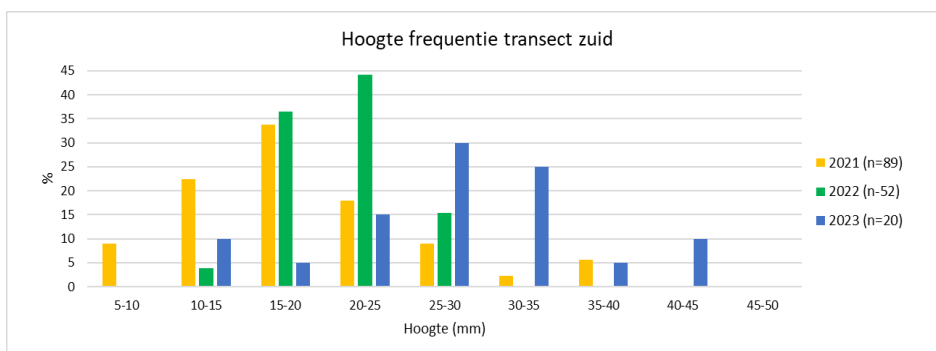


Figuur 3.10a. Lengteverdeling van de oesters langs de drie lijntransecten in 2021, 2022 en 2023.





Figuur 3.10b. Breedteverdeling van de oesters langs de drie lijntransecten in 2021, 2022 en 2023.



Figuur 3.10c. Hoogteverdeling van de oesters langs de drie lijntransecten in 2021, 2022 en 2023.

### 3.3 Status van de ziekte bonamiosis

Bij analyse van de 30 oesters bleek dat 1 oester een Japanse oester was. Van de 29 platte oesters testen twee oesters positief op *Bonamia* (Tabel 3.2). Deze oesters kwamen van transect "noord".

Tabel 3.2. Uitslag van *Bonamia* analyse platte oesters nabij Blokkendam in september 2023.

Transect	Aantal oesters bemonsterd	Aantal positief
Noord	19	2
Midden	10	0

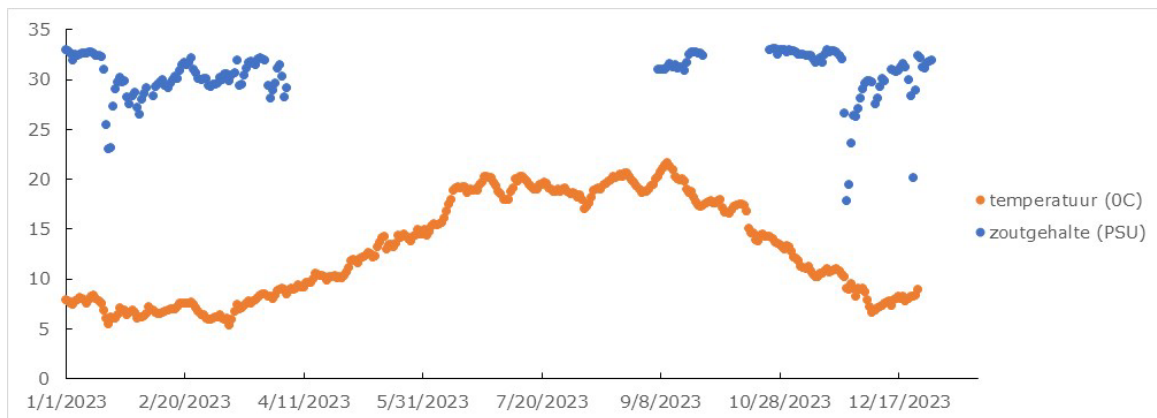
## 3.4 Larvenproductie en vestiging

### 3.4.1 Larvenproductie

Het hoogste aantal platte-oesterlarven is aangetroffen in week 28 (Tabel 3.3). De formule van Maathuis et al. (2020) voorspelde dat de hoogste concentratie aan larven twee weken eerder, op 26 juni 2023 (week 26) aanwezig moest zijn. De temperatuur laat een geleidelijke toename zien van 5,4 °C in de winter tot een maximum van 21,6 °C in september (Figuur 3.5). Het zoutgehalte schommelt tussen de 32,9 en 17,8 (Figuur 3.11). Een vrij lange tijd is het zoutgehalte niet geregistreerd.

Tabel 3.3. Concentraties platte-oesterlarven bepaald met een microscoop (aantal per 100L) nabij de Blokkendam in 2023.

Week nummer	Gemiddelde # larven/100L
25	0
25	56
25	51
26	23
26	0
26	41
27	0
27	0
27	0
28	56
28	40
28	91
29	17
29	32
29	17



Figuur 3.11. Temperatuur en zoutgehalte in het Brouwershavense Gat in het jaar 2023. Brongegevens: [waterinfo.rws.nl](http://waterinfo.rws.nl).

### 3.4.2 Vestiging van larven

In 2023 zijn de collectoren op 1 december opgehaald. Dit is later dan de twee eerdere jaren. De reden was dat visuele soortsbepaling mogelijk beter kan worden uitgevoerd bij grotere broedjes. Twee van de drie collectoren zijn teruggevonden. Dit is opmerkelijk omdat de drie collectoren bij uitzetten verbonden waren met een touw. Mogelijk is het touw door geschaveld bij een van de collectoren. Op 7 maart 2024 is de derde collector ook teruggevonden. In het totaal zijn 18 broedjes geteld op de hoedjes (Figuur 3.12; Tabel 3.4). Op de schelpen is geen broed geobserveerd. Deze resultaten wijken af van die van 2022. Toen was de vestiging structureel hoger op de schelpen dan op de hoedjes en werd veel meer broed geteld (243 broedjes). Ook in 2021 werd meer broed ingevangen (137 broedjes).



*Figuur 3.12. Collector met zak met schelpen net onder boeitje en vijf Chinese hoedjes net boven loden gewicht voor bepaling broedval oesters. Rechts close up van hoedje met oesterbroedje (foto's Oscar Bos/WMR).*

*Tabel 3.4. Aantallen broed per collector type.*

Collector #	Collector type	Aantal broed
1	5 hoedjes	5
	30 schelpen	0
2	5 hoedjes	4
	23 schelpen	0
3	5 hoedjes	9
	23 schelpen	0

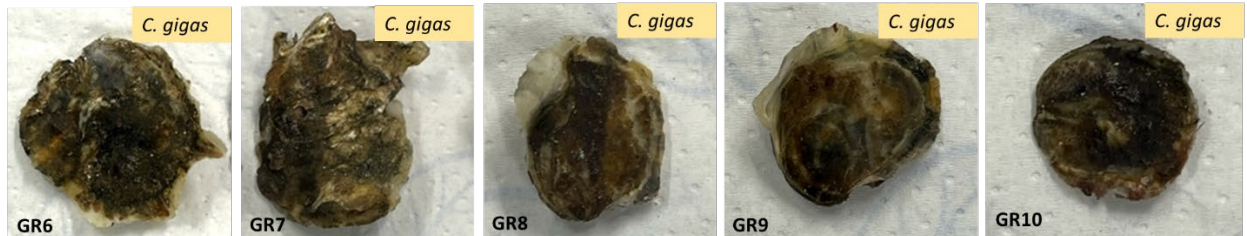
#### **DNA analyse**

De methode om op basis van genetisch materiaal onderscheid te maken tussen soorten is getest en leverde bruikbare resultaten op. Van de 27 geïdentificeerde oesters uit de Grevelingen en Voordelta waren er 22 Japanse oesters, 1 platte oester en leverde 4 extracties geen PCR-resultaat op. Verondersteld plat betrof in 11 van de 12 gevallen Japans broed en twijfelgevallen waren altijd Japanse oesters (Figuur 3.13). Het broed op de tegels is geverifieerd als platte oester (een van de 2 DNA extracties gaf geen resultaat bij amplificatie met beide primer combinaties). De identificatie van soorten met behulp van DNA-analyse van broedjes uit 2023 vindt in 2024 plaats.

Oesterspat Grevelingen 2021, verondersteld plat uitkomsten DNA test (in oranje en groen vak)



Oesterspat Grevelingen 2021, verondersteld Japans, uitkomsten DNA test in oranje vak



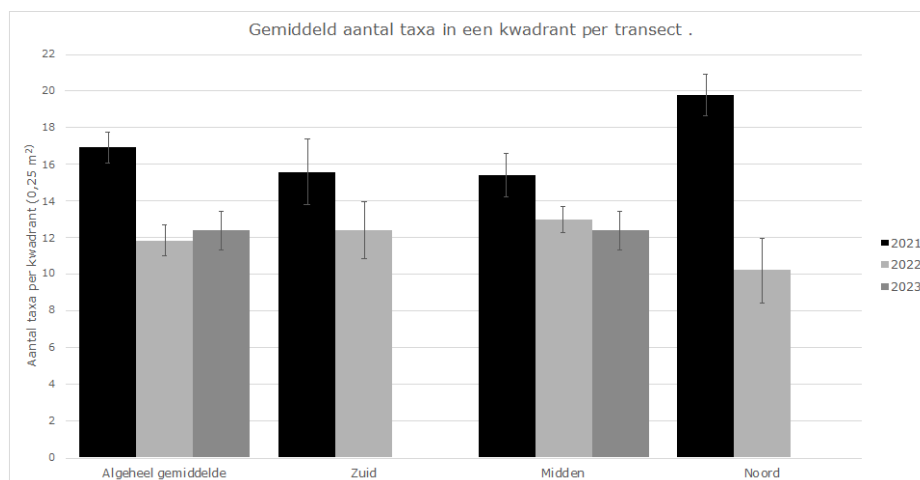
Oesterspat Grevelingen 2021, plat of Japans, uitkomsten DNA test in gekleurde vak



Figuur 3.13. Foto's van oesterspat uit de Grevelingen met in gekleurde vak de uitkomst van de DNA analyse (oranje geeft Japans aan en groen platte oester) (foto's WMR).

### 3.5 Biodiversiteit

Er zijn in 2023 in totaal 28 unieke taxa aangetroffen binnen de vijf kwadranten van transect "midden", met een gemiddelde van  $12,4 \pm 1.0$  (SE) per kwadrant van  $0,25 \text{ m}^2$ . Dit is vergelijkbaar met voorgaande jaren (figuur 3.14). Buiten de kwadranten zijn tijdens het afleggen van de transecten nog 12 aanvullende soorten waargenomen die ook zijn opgenomen in de soortenlijst. In totaal omvat de soortenlijst van de schelpdierbank op dit moment 168 taxa.



Figuur 3.14. Gemiddeld aantal taxa in een kwadrant ( $0,25 \text{ m}^2$ ) per lijntransect, van 2021 t/m 2023. Let op, in 2023 is alleen transect "midden" gemonitord waardoor het algehele gemiddelde van 2023 gelijk staat aan het gemiddelde van transect "midden". Foutbalken geven de standaard error aan.



In 2023 zijn wederom soorten voor het eerst waargenomen, zoals *Jassa sp.* en de driekantige kalkkokerworm (*Spirobranchus triqueter*). De volledige soortenlijst is weergegeven in Bijlage 2 en omvat groen- en roodwieren, wormen, kreeftachtigen, mosdiertjes, zakpijpen, anemonen, hydroïdpoliepen, kwallen, zeesterren, weekdieren (incl. inktvissen), en kraakbeenvissen. In totaal omvat de soortenlijst van de schelpdierbank op dit moment 168 taxa.

### 3.6 Vergelijking onderzoekstechnieken

De NORA parameters rifomvang, oesterdichtheid, en biodiversiteit (Zu Ermgassen et al., 2021) zijn belangrijk om de kwaliteit en de veranderingen van een Europese platte oesterbank te volgen. Een onderdeel van de huidige studie is het vergelijken van onderzoekstechnieken die al dan niet in combinatie structureel ingezet kunnen worden om deze belangrijke eigenschappen van de oesterbank te kwantificeren.

Dit jaar zijn onderstaande technieken toegepast:

Techniek 1: Sonaropnames

Techniek 2: Visuele onderwaterscensus duikers

Techniek 3: ROV-beelden

Techniek 4: Fotogrammetrie met behulp van duikers

Techniek 5: Fotogrammetrie met behulp van onbemande vaartuigen (AUV)

Tabel 3.5 geeft weer welke NORA metrics per techniek worden gedekt, en hoeveel oppervlakte er op een dag grofweg kan worden gemonitord. Dit is van belang voor de afweging van de verschillende onderzoekstechnieken.

Tabel 3.5. Een overzicht van de onderzoekstechnieken, welke NORA metric ze beslaan en het bemonsteringsoppervlakte dat per dag kan worden gemonitord.

Onderzoekstechniek	NORA metric	Bemonsterings-oppervlakte per dag (ordegrootte)	Voordelen (+)/nadelen (-)
Sonar (+ dropcam)	1: Omvang 2: Bedekking met schelpen	100 ha	(+) groot oppervlak, direct zichtbaar
			(-) expert nodig voor interpretatie (-) geen taxonomisch onderscheid oesters
ROV	1: Omvang 2: Bedekking met schelpen 3: Biodiversiteit van grote vastzittende soorten	~200-500 m <sup>2</sup>	(+) groot oppervlak, bodem live zichtbaar
			(-) besturing vergt expertise (-) verwerking beelden kost tijd (-) geen taxonomisch onderscheid oesters
Fotogrammetrie met AUV (Lobster)	1: Voetafdruk en oesterhabitatgebied 2: Bedekking met schelpen 3: Habitatcomplexiteit	~1 ha	(+) automatisch (+) geen schip nodig (vanaf de kant) (+) groot oppervlak (+) snelle resultaten (+) in Voordelta: monitoring adaptief (routes aanpassen tijdens veldwerk)
			(-) momenteel nog gevoelig voor technische storing

			(-) geen taxonomisch onderscheid oesters
Fotogrammetrie duiker	1: Bedekking met schelpen 2: Biodiversiteit van grote vastzittende soorten 3: Oesterdichtheid 4: Habitatcomplexiteit	50 m2	(-) klein oppervlak (+) eenvoudige middelen  (-) arbeidsintensief (-) geen nauwkeurige georeferentie (-) geen taxonomisch onderscheid oesters
Biodiversiteitsopname duiker	1: Voetafdruk en oesterhabitatgebied 2: Bedekking met schelpen 3: Oesterdichtheid 4: Lengtefrequentie	200 m2	(+) nauwkeurige data (+) data direct beschikbaar  (-) klein oppervlak (-) arbeidsintensief

In het vervolg van deze paragraaf wordt op elke specifieke techniek ingegaan en de voordelen, nadelen en combinatiemogelijkheden besproken.

### Techniek 1: Sonaropnames

De combinatie van SONAR met *dropcam* is net als in 2021 in 2022 gebruikt om op efficiënte wijze de omvang van de oesterbank te kwantificeren inclusief een classificering van biogene structuren op kaart. Het voordeel van deze methode is de snelheid, waarbij binnen 1 dag met geschikte weersomstandigheden circa 95 hectare is onderzocht door middel van transecten van meerdere kilometers. Het nadeel is dat de verandering van de *backscatter* alleen kan worden geïnterpreteerd door een expert (ervaren ecoloog met veel gebiedskennis), omdat validatie met de *dropcam* direct moet plaatsvinden. De sonar heeft het grote voordeel dat men hiermee grootschalig biogene structuren in kaart kan brengen. De techniek is niet geschikt om individuele oesters te herkennen en om kwantitatieve data over de oesterdichtheid te genereren.

### Techniek 2: Visuele onderwatercensus duikers

Onderzoek met duikers (uvc: onderwater visual census) is gebruikt om de oesterdichtheid en biodiversiteit (aantal taxa) te kwantificeren. Het voordeel is dat deze methode heel betrouwbaar en nauwkeurig is en geen analyse achteraf vergt. Het nadeel is dat de werkzaamheden van gunstige weersomstandigheden afhankelijk zijn en uitgevoerd worden op een kleine schaal van slechts enkele honderden meters per dag. UVC wordt al decennia toegepast en is ook binnen vergelijkbaar onderzoek in andere Europese landen de meest frequent gebruikte methode (Murphy & Jenkins, 2010; López-González et al., 2022, Rey et al., 2023).

### Techniek 3: ROV-beelden

Met de ROV kunnen op een snelle manier lijntransecten gefilmd worden met de GoPro, terwijl er live meegekeken kan worden via de interne camera. Dit maakt de ROV heel geschikt om snel een indruk van bodem te krijgen. De Gopro beelden kunnen vervolgens geanalyseerd worden op soortenrijkdom en schelpenbedekking. Zoals gebruikelijk bij videosurveys zijn alleen de duidelijk zichtbare dieren goed te determineren. Kleinere individuen die bv. onder een andere schelp zitten worden gemist met deze techniek. De ROV is dus een goede manier om snel een grofschalige indruk te krijgen van de oesterbank, en kan gebruikt worden om 'in te zoomen' op de beelden die met de SONAR in combinatie met *dropcam* worden verkregen.

### Techniek 4: Fotogrammetrie met behulp van duikers

De fotogrammetrie en het recent veel gebruikte Structure from motion (Sfm) techniek is een *state of the art* methode die in het Verenigd Koninkrijk al wordt ingezet om bentische gemeenschappen te

---

monitoren, bijvoorbeeld het monitoren van benthische fauna bij de erosiebescherming en kabelbescherming. De techniek is ook breder al toegepast om onderwaterriffen in kaart te brengen. Price *et al.*, (2019) hebben bijvoorbeeld fotogrammetrie toegepast op ROV-beelden om 3D modellen van koudwater koraalriffen te produceren. Een van de parameters die ze hiermee onderzochten is of/welke relatie er is tussen habitatcomplexiteit en de lokale biodiversiteit. Doordat niet alles is te vatten in 2D beelden, is het grote voordeel van fotogrammetrie dat er in 3D beelden worden vergaard en geanalyseerd. Het nadeel is dat deze techniek nog relatief nieuw is waardoor het verkrijgen van de beelden en het analyseren nog in ontwikkeling is en extra tijd (en geld) kost. Ook is automatische plaatsbepaling nog niet mogelijk.

#### **Techniek 5: Fotogrammetrie met behulp van onbemande vaartuigen**

Fotogrammetrie met de Lobster Scout AUV is in april 2023 voor het eerst getest in de Voordelta, vanuit het KIA-LWV project KOBINE. In het najaar is een tweede survey uitgevoerd binnen het Voordelta project. De AUV heeft in april 2024 een aantal voorgeprogrammeerde overlappende transecten vastgelegd om de 50m transecten te fotograferen, en een aantal rechthoeken en vierkanten, waarvan de grootste 20x20 m was. De monitoring ging snel: een 50 m transect of vierkant van 20x20 m kan typisch in ca 20-30 minuten geheel gefotografeerd worden. De AUV meet daarnaast ook een diepteprofiel, waarmee de bodem en de oesterbank 3D in kaart wordt gebracht. Als product wordt een geo-gereferende TIFF file (Figuur 3.6) opgeleverd, die direct in een GIS programma kan worden geladen voor verdere analyse. De survey in het najaar kostte iets meer tijd door technische problemen. Het voordeel van deze techniek is dat een zeer inzichtelijk vlakdekkend beeld in zeer korte tijd kan worden verkregen. De resultaten zijn beschikbaar in een handig format, dat in elk GIS programma eenvoudig te bekijken is. De beelden geven een zeer goede indruk van de oesterbank en de schelpenbedekking en een grofschalige indruk van de biodiversiteit. Op de foto's zijn soorten vanaf ca 1 cm grootte herkenbaar. De 3D beelden kunnen direct worden gebruikt voor habitatcomplexiteit. Wat meer tijd kost is automatische beeldherkenning van soorten, omdat daarvoor nog veel voorbereidend werk uitgevoerd moet worden (geen onderdeel van dit project).

---

# 4 Conclusie, discussie en aanbevelingen

## 4.1 Conclusie

De kennisvraag die centraal staat in dit onderzoek is: Wat is de omvang, dichtheid, populatieopbouw, status van de ziekte bonamiosis, reproductie en biodiversiteit van de platte-oesterbank in de Voordelta?

Uit het onderzoek in 2023 komt naar voren:

- **Omvang:** De omvang van de oesterbank bestaat uit een kern met hoge dichtheden banksubstraat (>70%) en een dichtheid van platte oesters van 5 individuen per m<sup>2</sup>. Deze kern omvat nog steeds 10 hectare. In het omliggende gebied bevindt zich een deel van oesterbank met lagere dichtheden banksubstraat en platte oesters (30 hectare) en diverse overige biogene structuren zoals mosselbanken (14 hectare), maar ook delen met stabiel schelpmateriaal met daarop levende platte oesters (154 hectare). De dichtheid van platte oesters is hier kleiner dan 5 individuen per vierkante meter. Het totale gebied met biogene structuren omvat 206 hectare.
- In 2023 zijn twee niet-biogene bodemcategorieën toegevoegd, namelijk slibrijk gebied met reliëf (8 hectare) en zandig gebied met structuur (2 hectare).
- Ten noorden van de grens 'zandig gebied' alsmede ten zuidwesten van het 'slibrijke gebied' lijken de ontwikkelkansen voor platte oesters gering, omdat het habitat hier ongeschikt is voor vestiging. Enerzijds te dynamisch (zandig gebied), anderzijds te slibrijk (slibrijk gebied). De grens aan de westkant is echter nog niet vastgesteld.
- **Dichtheid:** Er zijn slechts geringe jaarlijkse verschillen waarneembaar in de dichtheid van platte oesters en van banksubstraat; de metingen geven in alle jaren (2021, 2022 en 2023) hetzelfde beeld. De dichtheid is circa 5 individuen per m<sup>2</sup> in de kern van de bank en kleiner daarbuiten.
- **Populatieopbouw:** De meest voorkomende schelpengteklassen van platte oester vielen in de range van 50-90 mm. Dit zijn meerjarige oesters. Op alle transecten zijn pieken in aantallen te zien: "zuid" en "noord" hebben een piek bij lengte 70-80 mm en "midden" een piek bij 60-70 mm. Deze formaten geven aan dat de oesters ongeveer 2-3 jaar oud zijn, dus dat in 2019, 2020 en 2021 een goede broedval heeft plaatsgevonden. Met een schelphoogte van 40-45 mm, zijn de oudste oesters naar schatting 9 jaar oud.
- **Bonamia:** Er is in 2023 *Bonamia* aangetroffen in de oesterbank.
- **Reproductie:** Er zijn zowel larven als broed geproduceerd op de oesterbank. Dit geeft aan dat de bank zich in potentie kan verjongen. De broedval was in vergelijking met 2021 en 2022 veel lager.
- **Biodiversiteit:** Er zijn in 2023 in totaal 28 taxa aangetroffen binnen de kwadranten (en 12 aanvullende soorten daarbuiten), met een gemiddelde van 12 soorten per kwadrant van 0,25 m<sup>2</sup>. Het aantal soorten per kwadrant is gelijk aan 2022. Dit jaar is de aanwezigheid van twee soorten voor het eerst genoteerd en zijn tot op heden in totaal 168 unieke taxa aangetroffen op de schelpdierbank (bijlage 2).

## 4.2 Omvang en dichtheid van de platte-oesterbank

Het onderzoek in 2022 (Kamermans et al. 2022) liet zien dat kansen voor uitbreiding van het gebied dat geschikt is voor platte oesters buiten de noordgrens en zuidwestgrens van waarschijnlijk gering zijn, omdat zich hier een zandig dynamisch of slibrijk substraat bevindt. Dat betekent dat potentiële uitbreiding van de oesterbank voornamelijk in westelijke richting plaats zal vinden. De aanvullende gegevens uit 2023 laten zien dat de uitbreiding naar de westzijde thans gering is. Ook is duidelijk dat de kern stabiel is met een hoge dichtheid aan banksubstraat en platte-oesterindividuen van minimaal 5 per m<sup>2</sup>, zoals in de OSPAR-definitie. Het omliggende gebied omvat echter minder oesters per vierkante meter en classificeert (nog) niet officieel als oesterbank, maar geeft wel aan dat er diverse biogene structuren aanwezig zijn die van belang kunnen zijn voor toekomstige ontwikkelingen en als

---

vestigingssubstraat. De substraten komen hier voor in een mozaïek met zand, waardoor de dichtheid van 5 per m<sup>2</sup> niet of nauwelijks wordt bereikt.

### **Aanbeveling**

Gezien de grote hoeveelheid schelpmateriaal en aanwezigheid van mosselen in het gebied dat de beschermde bank omringt (potentieel vestigingssubstraat voor de platte oester) verdient het aanbeveling naast platte oester de beschermingsmogelijkheid van geschikt vestigingshabitat en andere schelpdiersoorten en de westgrens van het gebied (zoals aangegeven met de arcering in Figuur 3.1) te heroverwegen.

## **4.3 Populatieopbouw en reproductie van de platte-oesterbank**

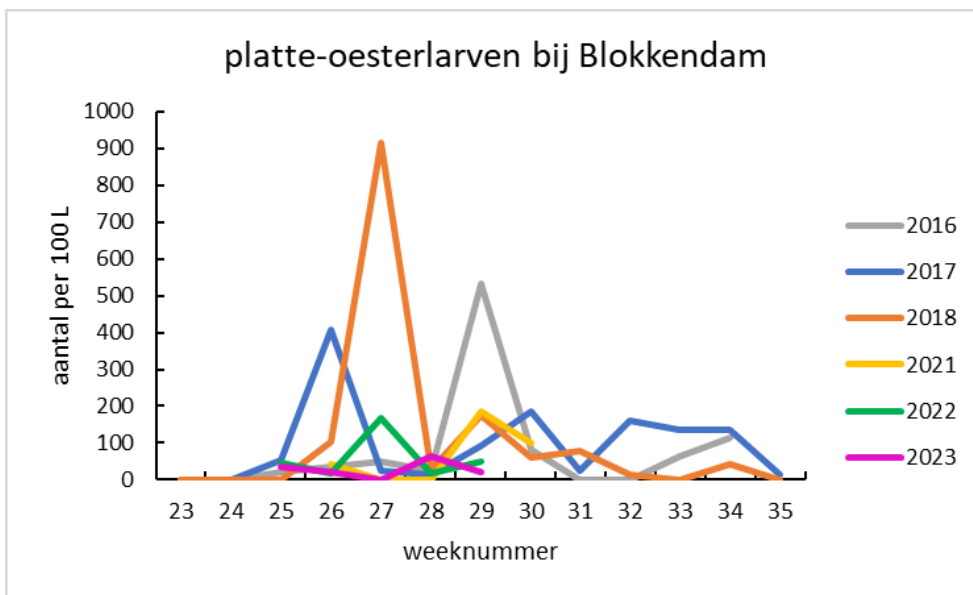
De populatieopbouw van de platte oesters zoals vastgesteld in 2023 komt overeen met de eerder uitgevoerde metingen in 2021 en 2022. Leeftijdsbepalingen uitgevoerd door Witbaard et al (2020) en van Mens (2020) laten zien dat platte oesters rond 3 jaar oud een schelpenlengte van 75 mm bereiken. Wouda (2022) heeft de leeftijd bepaald van platte oesters waarbij ze ook de schelphoogte van de oester heeft gebruikt als indicator voor de leeftijd. Waarschijnlijk groeien oesters wanneer ze ouder worden niet meer in de lengte of breedte, maar nog wel in de hoogte. Wanneer de gevonden relatie tussen schelphoogte en leeftijd wordt toegepast, betekent dit de oesters met de grootste gevonden schelphoogte van 40-45 mm tot 9 jaar oud zijn.

Maximale larvenconcentraties (gemiddelde van drie monsters) gemeten in 2023 waren laag ten opzichte van alle eerdere metingen (Figuur 4.1). Concentraties van 400-900 larven per 100 liter zijn geobserveerd in de periode 2016-2018, rond de 200 per 100 liter in 2021-2022 en rond de 60 per 100 liter in 2023.

Het aantal oesterbroedjes was laag in 2023 met gemiddeld maar 1.2 broedjes per Chinese hoedje. Dit is erg laag in vergelijking met andere jaren. In 2022 zijn de Chinese hoedjes voor het eerst gebruikt en toen werd gemiddeld 5.7 broedje per hoedje gevonden. In 2023 zijn geen broedjes op Japanse oesterschelpen gevonden. Dat is niet eerder geobserveerd. In 2022 zijn 1-2 broedjes *per* liter Japanse-oesterschelpen gevonden (Kamermans et al., 2023). Dit werd ook geobserveerd in 2016 (Sas et al., 2016), maar in 2017 en 2018 werden rond de 10 oesterbroedjes per liter schelpen gevonden (Sas et al., 2018; Dideren et al., 2019). Terwijl de vestiging van broedjes in 2021 nog hoger was, rond de 40 broedjes per liter schelpen (Kamermans et al., 2022). In 2023 zijn de collectoren een aantal maanden later opgehaald dan in de andere jaren. Dit kan mogelijk hebben geresulteerd in extra verlies door predatie.

Een observatie uit het NWO-project (North Sea Reef Vitalization For Ecosystem Services (ReViFES)) maakt het onderscheid tussen broedjes van de platte en de Japanse oester echter onzeker (pers. med. P. Kamermans). In dat project zijn vestigingssubstraten getest in een tank met uitsluitend platte-oesterlarven. De gevestigde broedjes toonden echter kenmerken, zoals paarse streepjes, die voorheen alleen aan Japanse oesters werden toegeschreven. De DNA-analyse van veldmonsters uit de huidige rapportage liet zien dat veel van de visueel als platte oester geïdentificeerde broedjes toch Japans bleken te zijn.





Figuur 4.1. Concentratie aan platte-oesterlarven bij de oesterbank in de Voordelta in 2016 (uit Sas et al., 2016), 2017 (uit Sas et al., 2018), 2018 (uit Didderen et al., 2019), 2021 (Kamermans et al., 2022), 2022 (Kamermans et al., 2023) en 2023 (huidige studie).

Onderscheid tussen platte en Japanse oester is mogelijk o.b.v. PCR-amplificatie. Door verschil in fragment lengte (plat 800bp en jap 400bp) kan er met een mix van primers gewerkt worden voor identificatie tussen platte en Japanse oesters. Er zijn met name Japanse oesters gevonden met DNA-analyse. Onderscheid tussen deze twee oestersoorten in de broedfase o.b.v. uiterlijke kenmerken levert op dit moment geen betrouwbare identificatie op. Het gebruik van AI kan hierbij mogelijk uitkomst bieden. Hiertoe dienen voldoende foto's van met DNA-analyse geverifieerde platte en Japanse oesters ingevoerd te worden om een betrouwbaar model o.b.v. beeldherkenning te verkrijgen.

### Aanbeveling

Voor beter onderscheid tussen broed van platte en Japanse oesters kan een DNA-analyse in combinatie met AI van ingevangen broed meer inzicht geven. Identificatie op basis van uiterlijke kenmerken is niet betrouwbaar.

## 4.4 Biodiversiteit



*Figuur 4.2. Onderwaterbeeld van de schelpdierbank in 2022: levende platte oesters bedekt met sponzen, hydroidpoliepen en wieren en gewone zeesterren. Op de achtergrond Japanse oesters.*

Het huidige onderzoek richt zich op geassocieerde biodiversiteit van een oesterbank (epifauna, mobiele fauna, Figuur 4.2). Dit is geïnterpreteerd als de soorten die zich vestigen op en rondom oesterbanken (sponzen, zacht koraal, zakpijpen, etc.), die er gebruik van maken als schuilplaats (krabben, kreeften), foerageerlocatie, of als opgroeigebied. Het aantal taxa per kwadrant en lijntransect is vergelijkbaar met eerder onderzoek (Christianen et al. 2018).

### **Aanbeveling**

Aankomend jaar zal er binnen dit project voor het laatst gemonitord worden bij de oesterbank in de Voordelta. Bij die laatste rapportage is het aan te raden ook onderzoeksresultaten van andere projecten in de Voordelta mee te nemen. Zo kunnen de onderzoeksgegevens ten aanzien van de soortenrijkdom uit het ReViFES-project bijdragen aan de kennis over de soortenrijkdom van de schelpdierbank.

## 4.5 Observatietechnieken

In 2023 is een aantal observatietechnieken naast elkaar getest.

### **Aanbevelingen**

De sonar in combinatie met dropcam is vooral geschikt voor het globaal in kaart brengen van grote oppervlaktes (ha tot km<sup>2</sup>) om zo binnen het onderzoeksgebied te bepalen waar het zandige gedeelte, de oesterbank, mosselbanken, etc liggen.

Op een kleinere schaal (honderden m<sup>2</sup> tot ha) zijn de AUV en in mindere mate ROV geschikt om met videobeelden de biodiversiteit grofweg vast te stellen. Ook kunnen het aantal oesters, zeesterren en andere duidelijk zichtbare soorten worden geteld, evenals de bedekking met schelpen. Omdat het

lastig is dode en levende oesters van elkaar te onderscheiden, en om onderscheid te maken tussen platte en Japanse oesters, is het in dit geval niet mogelijk platte oester dichtheden te bepalen. Verder worden kleinere soorten en soorten die verborgen zitten onder andere soorten, tussen stenen of in lege schelpen, gemist.

Op kleine schaal (enkele tot honderden m<sup>2</sup>) werkt onderzoek met duikers het beste. Zij kunnen de volwassen oesters per stuk bekijken, en zo de dichtheden bekijken. Ook kunnen ze, met taxonomische kennis, direct de biodiversiteit bepalen.

De overige technieken: ROV en fotogrammetrie door duikers zijn minder geschikt dan bovenstaande methoden, maar kunnen in specifieke gevallen ook van nut zijn. Zo kan een ROV goed ingezet worden om snel live een indruk te krijgen van de begrenzing van een oesterbank, en fotogrammetrie om een 3D scan te maken van relatief kleine objecten.

In de onderstaande tabel 4.1 zijn de NORA parameters tegen de methoden uitgezet.

*Tabel 4.1. Geschiktheid van meettechnieken voor het vaststellen van verschillende parameters van de oesterbank. +++ = heel geschikt, + = geschikt, - = minder geschikt.*

	Sonar+dropcam (ha-km <sup>2</sup> )	AUV (ha)	ROV (gesleept) (honderden m <sup>2</sup> )	Lijntransect duikers (50-100m <sup>2</sup> )	Fotogrammetrie duikers	Kwadranten duikers (m <sup>2</sup> )
Omvang oesterbank (voetafdruk)	+++	-	+++	-	-	-
Gebiedsgrenzen	+++	++	++	-	-	-
Bedekking met schelpen	+++	+++		+++	+	+
Oesterdichtheid	-	-	+	+++	-	+++
Lengte frequentie	-	-	-	+++	-	+++
Biodiversiteit (grofschalig)	-	+++	+	-	+	-
Biodiversiteit (nauwkeurig)	-	-	-	+++	-	+++

---

## 5 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

- Arzul, I., Langlade, A., Chollet, B., Robert, M., Ferrand, S., Omnes, E. & Garcia, C., (2011). Can the protozoan parasite *Bonamia ostreae* infect larvae of flat oysters *Ostrea edulis*? *Veterinary Parasitology* 179, 69–76.
- Bos, O., Tamis, J. & Jongbloed, R. (2021). Quickscan impact van visserij en opties voor begrenzing van een oesterbank in de Voordelta; Wageningen University & Research rapport C040/21; Den Helder/IJmuiden; Wageningen Marine Research.
- Brink AM van den, MAM Maathuis, P Kamermans (2020). Optimization of off-bottom spat collectors for restoration and production of the European flat oyster (*Ostrea edulis*) in Dutch coastal waters. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 30: 2087-2100.  
<http://dx.doi.org/10.1002/aqc.3427>)
- Christianen M.J.A., W. Lengkeek, J.H. Bergsma, J.W.P. Coolen, K. Dideren, M. Dorenbosch, F.M.F. Driessen, P. Kamermans, E. Reuchlin-Hugenholtz, H. Sas, A. Smaal, K.A. van den Wijngaard, T.M. van der Have (2018). Return of the native facilitated by the invasive? Population composition, substrate preferences, and epibenthic species richness of a recently discovered shellfish reef with native European flat oysters (*Ostrea edulis*) in the North Sea. *Marine Biology Research*
- Cross, I & L. Rebordinos (2006.) *JOURNAL OF AOAC INTERNATIONAL* VOL. 89, NO. 1, Species Identification of *Crassostrea* and *Ostrea* Oysters by Polymerase Chain Reaction Amplification of the 5S rRNA Gene
- Dideren, 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 (2019). Shellfish bed restoration pilots Voordelta, Netherlands Annual report 2018  
([https://www.ark.eu/sites/default/files/media/Schelpdierbanken/Annual\\_report\\_Voordelta\\_2018.pdf](https://www.ark.eu/sites/default/files/media/Schelpdierbanken/Annual_report_Voordelta_2018.pdf))
- Engelsma, M.Y., Kerkhoff, S., Roozenburg, I., Haenen, O.L.M., Van Gool, A., Sistermans, W., Wijnhoven, S. & Hummel, H. (2010). Epidemiology of *Bonamia ostreae* infecting European flat oysters *Ostrea edulis* from Lake Grevelingen, The Netherlands. *Marine Ecology Progress Series* 409, 131–142.
- Haenen OLM en Engelsma MY (2020). Jaarverslag schelpdierziekten 2019 Resultaten van het onderzoek naar ziekten in schelpdierbestanden van het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. Wageningen Bioveterinary Research, WBVR Report 2010660.
- Have T.M. van der, H. van der Jagt, P. Kamermans, H. Sas (2019). Biogene riffen in de Voordelta. Verspreiding en verkenning van verklarende factoren . Report 19-052. Bureau Waardenburg, Culemborg
- Hendriks, IE; van Duren, LA; Herman, PMJ (2005). Image analysis techniques: A tool for the identification of bivalve larvae? *Journal of Sea Research* 54: 151-162
- Kamermans, P., Lengkeek, W., Van der Have, T. & Smaal, A. (2015). Herstel platte oester op de Noordzee: vooronderzoek schelpdierlocaties Voordelta. IMARES, Sascon, Bureau Waardenburg b.v. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/380164>
- Kamermans, P., K. Dideren, E.G.R. Bakker & W. Lengkeek (2022). Monitoring platte-oesterbank Voordelta 2021. Wageningen Marine Research rapport c018/22.
- Kamermans, P., E. Kingma, K. Dideren & W. Lengkeek (2023). Monitoring platte-oesterbank Voordelta 2022. Wageningen Marine Research rapport C043/23.
- Kardinaal E., P. Kamermans, H Sas & T.M. van der Have (2021). Inventarisatie verspreiding platte oester (*Ostrea edulis*) en Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) in de haven van Rotterdam. Bureau Waardenburg Notitie 21-005
- Loosanoff V.L., Davis H.C., Chanley P.E. (1966). Dimensions and shapes of larvae of some marine bivalve mollusks. *Malacologia* 4:351-435
- López-González, L.A., Cruz-Motta, J.J., Rosario, A., Hanke, M. & Appeldoorn, R. (2022). Comparison of Underwater Visual Census (UVC), Underwater Remote Video (RUV), and Handline Used by



- 
- Fisheries-Independent Programs to Assess Reef Fish. *Caribbean Journal of Science*, 52(2), pp.307-330.
- Maathuis MAM, JWP Coolen, T van der Have, P Kamermans. (2020). Factors determining the timing of swarming of European flat oyster (*Ostrea edulis* L.) larvae in the Dutch Delta area: implications for flat oyster restoration. *Journal of Sea Research* 156  
<https://doi.org/10.1016/j.seares.2019.101828>
- Mens, A. van (2020). Mapping a native oyster bed in the Voordelta: a new opportunity. MSc Thesis Erasmus Mundus.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu [Min. IenM] (2016). Natura 2000 Beheerplan Voordelta 2015-2021
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van LNV [Min. IenW & Min. LNV] (2018). Mariene Strategie (deel 1): actualisatie van huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren; 2018-2024. Den Haag.  
[https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/151699/mariene\\_strategie\\_deel\\_1\\_actualisatie\\_2018.pdf](https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/151699/mariene_strategie_deel_1_actualisatie_2018.pdf)
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit [Min. LNV] (2008). Besluit van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit 19 februari 2008 (DRZO/2008-113) tot aanwijzing van de Voordelta als Natura 2000-gebied. <  
<https://www.natura2000.nl/sites/default/files/documenten/gebieden/113/Besluit%20Voordelta.pdf> >
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit [Min. LNV] (2021). Regeling van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit van 28 mei 2021, nr. WJZ/ 21081523, houdende wijziging van de Uitvoeringsregeling visserij in verband met een visserijverbod in de Oesterbank Voordelta. *Staatscourant* 2021, 26898. <  
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2021-26898.html> >
- Murphy, H.M. & G.P. Jenkins (2010). Observational methods used in marine spatial monitoring of fishes and associated habitats: a review. *Marine and Freshwater Research* 61(2) 236-25.
- Olsen, O.T. *The Piscatorial Atlas of the North Sea, English and St. George's Channels*; Grimsby: London, UK, 1883
- OSPAR Commission (2008). OSPAR List of Threatened and/or Declining Species and Habitats. Reference Number:2008-6. (<http://www.ospar.org/documents?d=32794>).
- OSPAR (2009). List of Threatened and/or Declining Species and Habitats. OSPAR agreement 2008-6, OSPAR Commission 2009, Region II – Greater North Sea and Region III – Celtic Sea.
- OSPAR Commission (2013). OSPAR Recommendation 2013/4 on furthering the protection and conservation of *Ostrea edulis* in Region II of the OSPAR maritime area and *Ostrea edulis* beds in Regions II, III and IV of the OSPAR maritime area. *OSPAR(2)* 13/4/1, Annex 7.  
<https://www.ospar.org/documents?d=32968>.
- Pogoda B, Brown J, Hancock B, Preston J, Pouvreau S, Kamermans P, Sanderson W, von Nordheim. (2019). The Native Oyster Restoration Alliance (NORA) and the Berlin Oyster Recommendation: bringing back a key ecosystem engineer by developing and supporting best practice in Europe. *Aquat. Living Resour.* 2019, 32, 13 <https://doi.org/10.1051/alr/2019012>
- Preston J., Gamble, C., Debney, A., Helmer, L., Hancock, B. and zu Ermgassen, P.S.E. (eds) (2020). *European Native Oyster Habitat Restoration Handbook*. The Zoological Society of London, UK., London, UK
- Price, D.M., K. Robert, A. Callaway, C. Lo Iacono, R.A. Hall & V.A.I. Huvenne (2019). Using 3D photogrammetry from ROV video to quantify coldwater coral reef structural complexity and investigate its influence on biodiversity and community assemblage. *Coral Reefs* (2019) 38:1007–1021. Digital elevation models were utilised to derive rugosity metrics, and orthomosaics were used for coral coverage assessment.
- Rey, A., F. Viard, A. Lizé, E. Corre, A. Valentini & P. Thiriet (2023). Coastal rocky reef fish monitoring in the context of the Marine Strategy Framework Directive: Environmental DNA metabarcoding complements underwater visual census. *Ocean & Coastal Management*, volume 241, 1 July 2023, 106625.
- Sas, H., Kamermans, P., van der Have, T., Lengkeek, W. & Smaal, A. (2016). Shellfish reef restoration pilots: Voordelta The Netherlands, annual report 2016.
- Sas H, Kamermans P, Van der Have TM, Christianen M, Coolen J, Lengkeek W, Didden K, Driessen F, Bergsma J, Van Dalen P, Van Gool A, Van der Pool J, Van der Weide BE (2018). Shellfish bed

---

restoration pilots Voordelta The Netherlands

([https://www.ark.eu/sites/default/files/media/Schelpdierbanken/ARK\\_Annual\\_Report\\_Voordelta\\_2017\\_LR.pdf](https://www.ark.eu/sites/default/files/media/Schelpdierbanken/ARK_Annual_Report_Voordelta_2017_LR.pdf)). Annual report 2017

Staatscourant 2021, 26898 | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen (officielebekendmakingen.nl))

Witbaard, R; Bos, O; Kamermans, P (2020). "'Age' determination of European flat oysters from the Voordelta reef", <https://doi.org/10.25850/nioz/7b.b.y>, NIOZ, V2

Wouda, M.C. (2022). Non-destructive age determination in the European flat oyster BSc Thesis, Wageningen University

zu Ermgassen P, OG Bos, A Debney, C Gamble, A Glover, B Pogoda, S Pouvreau, W Sanderson, D Smyth, J Preston (2021). European native oyster habitat restoration monitoring handbook. ISBN: 978-0-900881-89-3

---

# Verantwoording

Rapport C045/24

Projectnummer: 4318100323

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: Dr. Johan Craeymeersch  
Senior onderzoeker

Handtekening:  Signed by:  
Johan Craeymeersch  
5459851CE5984DD...

Datum: 9 juli 2024

Akkoord: Dr. Cas Wiebinga  
Business Manager Projecten

Handtekening:  Signed by:  
Cas Wiebinga  
D41E9304A710493...

Datum: 9 juli 2024

---

# Bijlage 1 Coördinaten lijntransecten

De drie lijntransecten zijn gemonitord door duikers. De transecten lagen in 2023 25 meter ten noorden van deze lijn.

Transect	Way point	Decimalen	Graden	Graden - Minuten - Decimaal minuten	Graden - Minuten - Seconden - Tienden van seconden
noord	westpunt	51.79159, 3.857884	N 51.79159°, E 003.85788°	N 51 47.495, E 3 51.473	N 51 47 29.7, E 3 51 28.4
	oostpunt	51.79176, 3.858522	N 51.79176°, E 003.85852°	N 51 47.506, E 3 51.511	N 51 47 30.4, E 3 51 30.7
midden	westpunt	51.7838, 3.861644	N 51.78380°, E 003.86164°	N 51 47.028, E 3 51.699	N 51 47 1.7, E 3 51 41.9
	oostpunt	51.78388, 3.862373	N 51.78388°, E 003.86237°	N 51 47.033, E 3 51.742	N 51 47 2.0, E 3 51 44.5
zuid	westpunt	51.77977, 3.860174	N 51.77977°, E 003.86017°	N 51 46.786, E 3 51.610	N 51 46 47.2, E 3 51 36.6
	oostpunt	51.77969, 3.860852	N 51.77969°, E 003.86085°	N 51 46.781, E 3 51.651	N 51 46 46.9, E 3 51 39.1

# Bijlage 2 Soortenlijst schelpdierbank Voordelta

Een overzicht van de waargenomen soorten (eventueel slechts benoemd op het niveau van genus, familie, orde, klasse of fylum) op de schelpdierbank in de Voordelta in de periode 2016 - 2018 (Sas *et al* 2016, 2018; van der Have *et al* 2019), in 2021 (Kamermans *et al.* 2022), 2022 (Kamermans *et al.* 2023) en 2023 (voorliggend rapport). <sup>1</sup>Nederlandse naam, indien bekend, conform Nederlands Soortenregister.

Groep	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam <sup>1</sup>	'21	'22	'23
Annelida	<i>Arenicola marina</i>	roodbruine wadpier	✓		
Annelida	<i>Lanice conchilega</i>	schelpkokerworm		✓	✓
Annelida	<i>Neoamphitrite figulus</i>	slijmkokerworm			
Annelida	<i>Phoronis hippocrepia</i>	kleine hoefijzerworm			
Annelida	<i>Polydora sp.</i>	<i>Polydora</i> (genus)			
Annelida	<i>Pseudopolydora pulchra</i>				
Annelida	<i>Sabella pavonina</i>	waaierkokerworm		✓	
Annelida	<i>Spionidae</i>	<i>Spionidae</i> (familie)		✓	
Annelida	<i>Sabellaria sp.</i>	<i>Sabellaria</i> (genus)		✓	
Annelida	<i>Spirobranchus triqueter</i>	driekantige kalkkokerworm			✓
Arthropoda	<i>Praunus flexuosus</i>	bochtige aasgarnaal			
Arthropoda	<i>Cancer pagurus</i>	noordzeekrab		✓	✓
Arthropoda	<i>Carcinus maenas</i>	strandkrab	✓	✓	✓
Arthropoda	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	blaasjeskrab			✓
Arthropoda	<i>Hemigrapsus takanoi</i>	penseelkrab	✓	✓	✓
Arthropoda	<i>Hyas araneus</i>	gewone spinkrab			
Arthropoda	<i>Inachus phalangium</i>	gladde sponspootkrab			
Arthropoda	<i>Jassa sp.</i>	<i>Jassa</i> (genus)			✓
Arthropoda	<i>Liocarcinus depurator</i>	blauwpootzwemkrab			
Arthropoda	<i>Liocarcinus holsatus</i>	gewone zwemkrab		✓	
Arthropoda	<i>Liocarcinus navigator</i>	gewimperde zwemkrab			
Arthropoda	<i>Macropodia rostrata</i>	gewone hooiwagenkrab		✓	
Arthropoda	<i>Necora puber</i>	fluwelen zwemkrab	✓	✓	✓
Arthropoda	<i>Pilumnus hirtellus</i>	ruig krabbetje			✓
Arthropoda	<i>Pisidia longicornis</i>	gewoon porseleinkrabbetje	✓		✓
Arthropoda	<i>Sessilia</i>	zeepokken (orde)	✓	✓	✓
Arthropoda	<i>Mytilicola intestinalis</i>	rood darmroeipootkreeftje			
Arthropoda	<i>Athanas nitescens</i>	kreeftgarnaal			
Arthropoda	<i>Crangon crangon</i>	gewone garnaal	✓		

Arthropoda	<i>Hippolyte varians</i>	veranderlijke steurgarnaal			
Arthropoda	<i>Palaemon adspersus</i>	roodsprietgarnaal			
Arthropoda	<i>Palaemon elegans</i>	gewone steurgarnaal			✓
Arthropoda	<i>Palaemon macrodactylus</i>	rugstreepsteurgarnaal			
Arthropoda	<i>Palaemon serratus</i>	gezaagde steurgarnaal		✓	
Arthropoda	<i>Pagurus bernhardus</i>	gewone heremietkreeft			✓
Arthropoda	<i>Homarus gammarus</i>	Europese zeekeeft			
Arthropoda	<i>Porcellana platycheles</i>	harig porseleinkrabbetje			✓
Arthropoda	<i>Nymphon sp.</i>	<i>Nymphon</i> (genus)		✓	
Bryozoa	<i>Anguinella palmata</i>	slangmosdiertje			
Bryozoa	<i>Conopeum reticulum</i>	zeekantwerk			
Bryozoa	<i>Crisularia plumosa</i>	spiraalmosdiertje		✓	
Bryozoa	<i>Schizomavella linearis</i>	empingmosdiertje			
Bryozoa	<i>Schizoporella unicornis</i>				
Bryozoa	<i>Tricellaria inopinata</i>	onverwacht mosdiertje			
Chlorophyta	<i>Bryopsis hypnoides</i>	onregelmatig vederwier			
Chlorophyta	<i>Bryopsis plumosa</i>	vederwier			
Chlorophyta	<i>Derbesia marina</i>	slangentongwier			
Chlorophyta	<i>Ulva australis</i>	geperforeerde zeesla	✓	✓	✓
Chordata	<i>Raja clavata</i>	stekelrog			
Chordata	<i>Aphia minuta</i>	glasgrondel			
Chordata	<i>Atherina boyeri</i>	kleine koornaarvis			
Chordata	<i>Atherina presbyter</i>	koornaarvis			✓
Chordata	<i>Callionymus reticulatus</i>	rasterpitvis			
Chordata	<i>Dicentrarchus labrax</i>	zeebaars			
Chordata	<i>Entelurus aequoreus</i>	adderzeenaald			
Chordata	<i>Gadus morhua</i>	kabeljauw			
Chordata	<i>Gobius niger</i>	zwarte grondel	✓	✓	✓
Chordata	<i>Gobius paganellus</i>	paganelgrondel			
Chordata	<i>Gobiusculus flavescens</i>	tweevlekgrondel	✓		✓
Chordata	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	zeedonderpad			
Chordata	<i>Parablennius gattorugine</i>	gehoornde slijmvis			
Chordata	<i>Pholis gunnellus</i>	botervis	✓	✓	✓
Chordata	<i>Platichthys flesus</i>	bot			
Chordata	<i>Pleuronectes platessa</i>	schol			
Chordata	<i>Pomatoschistus microps</i>	brakwatergrondel			
Chordata	<i>Pomatoschistus minutus</i>	dikkopje		✓	✓
Chordata	<i>Pomatoschistus pictus</i>	kleurige grondel			
Chordata	<i>Solea solea</i>	tong			
Chordata	<i>Symphodus melops</i>	zwartooglipvis			



Chordata	<i>Syngnathus acus</i>	grote zeenaald		✓	
Chordata	<i>Syngnathus rostellatus</i>	kleine zeenaald			
Chordata	<i>Taurulus bubalis</i>	groene zeedonderpad	✓		
Chordata	<i>Trisopterus luscus</i>	steenbolk			
Chordata	<i>Zoarces viviparus</i>	puitaal			
Chordata	<i>Aplidium glabrum</i>	glanzende bolzakpijp			
Chordata	<i>Ascidella aspersa</i>	ruwe zakpijp			
Chordata	<i>Botrylloides sp.</i>	<i>Botrylloides</i> (genus)			
Chordata	<i>Botrylloides violaceus</i>	slingerzakpijp	✓	✓	✓
Chordata	<i>Botryllus schlosseri</i>	gesterde geleikorst	✓		✓
Chordata	<i>Ciliata mustela</i>	vijfdradige meun	✓	✓	
Chordata	<i>Ciona intestinalis</i>	doorschijnende zakpijp			
Chordata	<i>Didemnum vexillum</i>	druipzakpijp		✓	✓
Chordata	<i>Diplosoma listerianum</i>	grijze korstzakpijp	✓	✓	
Chordata	<i>Molgula manhattensis</i>	ronde zakpijp			
Chordata	<i>Perophora japonica</i>	Japanse zakpijp			
Chordata	<i>Styela clava</i>	knotszakpijp	✓	✓	
Cnidaria	<i>Aequorea vitrina</i>	lampenkapje			
Cnidaria	<i>Halecium halecinum</i>	haringgraat			
Cnidaria	<i>Hydractinia echinata</i>	ruwe zeerasp			
Cnidaria	<i>Kirchenpaueria sp.</i>	<i>Kirchenpaueria</i> (genus)			
Cnidaria	<i>Sarsia tubulosa</i>	klepelklokje			
Cnidaria	<i>Tubularia indivisa</i>	penneschaft			
Cnidaria	<i>Aurelia aurita</i>	oorkwal			
Cnidaria	<i>Rhizostoma octopus</i>	zeepaddestoel			
Cnidaria	<i>Actinia equina</i>	rode paardenanemoon			
Cnidaria	<i>Anemonia viridis</i>	wasroos			
Cnidaria	<i>Cerianthus lloydii</i>	viltkokeranemoon	✓		
Cnidaria	<i>Diadumene cincta</i>	golfbrekeranemoon			
Cnidaria	<i>Diadumene lineata</i>	groene golfbrekeranemoon			
Cnidaria	<i>Metridium dianthus</i>	zeeanjelier	✓	✓	✓
Cnidaria	<i>Cylista elegans</i>	sierlijke slibanemoon			
Cnidaria		slibanemoon	✓	✓	✓
Cnidaria	<i>Cylista undata</i>	wedueroos			
Cnidaria	<i>Urticina felina</i>	zeedahlia	✓	✓	✓
Ctenophora	<i>Beroe gracilis</i>	komkommerkwalletje			
Ctenophora	<i>Mnemiopsis leidyi</i>	Amerikaanse langlob-ribkwal			
Ctenophora	<i>Pleurobrachia pileus</i>	zeedruifje			
Echinodermata	<i>Amphipholis squamata</i>	levendbarende slangster		✓	✓
Echinodermata	<i>Asterias rubens</i>	zeester		✓	✓

Echinodermata	<i>Ophiothrix fragilis</i>	brokkelster		✓	✓
Echinodermata	<i>Psammechinus miliaris</i>	kleine zeeappel		✓	✓
Echinodermata	<i>Ophiura albida</i>	kleine slangster		✓	
Isopoda	<i>Idotea granulosa</i>	gespikkelde zeepissebed			
Mollusca	<i>Buccinum undatum</i>	wulk			
Mollusca	<i>Crepidula fornicata</i>	muiltje	✓	✓	✓
Mollusca	<i>Elysia viridis</i>	groene wierslak		✓	
Mollusca	<i>Nassarius nitidus</i>	grofgeribde fuikhoren		✓	
Mollusca	<i>Tritia reticulatus</i>	gevlochten fuikhoren			
Mollusca	<i>Aeolidia papillosa</i>	grote vlokslak			
Mollusca	<i>Goniodoris castanea</i>	bruine plooislak			
Mollusca	<i>Hermaea bifida</i>	slanke rolsprietslak			
Mollusca	<i>Palio nothus</i>	groene mosdierslak			
Mollusca	<i>Thecatera pennigera</i>	gestippelde mosdierslak			
Mollusca	<i>Acanthocardia echinata</i>	gedoornde hartschelp			
Mollusca	<i>Acanthocardia paucicostata</i>	tere hartschelp			
Mollusca	<i>Cerastoderma edule</i>	kokkel			
Mollusca	<i>Magallana gigas</i>	Japanse oester	✓	✓	✓
Mollusca	<i>Ensis leei</i>	amerikaanse zwaardschede			✓
Mollusca	<i>Mya arenaria</i>	strandgaper			
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	mossel	✓	✓	✓
Mollusca	<i>Ostrea edulis</i>	platte oester	✓	✓	✓
Mollusca	<i>Venerupis corrugata</i>	gewone tapijtschelp	✓	✓	
Mollusca	<i>Lepidochitona cinerea</i>	asgrouwe keverslak			
Mollusca	<i>Sepia officinalis</i>	zeekat		✓	
Nemerta	<i>Lineus longissimus</i>	langste snoerworm			
Ochrophyta	<i>Dictyota dichotoma</i>	gaffelwier			
Ochrophyta	<i>Phaeophyceae</i>	bruinwieren (klasse)			
Ochrophyta	<i>Sargassum muticum</i>	Japans bessenwier		✓	✓
Ochrophyta	<i>Undaria pinnatifida</i>	wakame			
Phaeophyta	<i>Fucus spiralis</i>	kleine zee-eik			
Porifera	<i>Celtodoryx ciocalyptoides</i>	gele wratspons			
Porifera	<i>Cliona celata</i>	boorspons	✓	✓	✓
Porifera	<i>Halichondria bowerbanki</i>	sliertige broodspons			✓
Porifera	<i>Halichondria panicea</i>	broodspons	✓	✓	✓
Porifera	<i>Haliclona oculata</i>	geweispons			
Porifera	<i>Haliclona xena</i>	paarse buisjesspons		✓	✓
Porifera	<i>Halisarca dujardini</i>	weke balletjesspons			
Porifera	<i>Hymeniacidon perlevis</i>	piekjesspons			
Porifera	<i>Leucosolenia variabilis</i>	witte buisjesspons			

Porifera	<i>Mycale micracanthoxea</i>	grijze korst spons			
Porifera	<i>Protosuberites denhartogi</i>	gele korst spons			
Rhodophyta	<i>Aglaothamnion tenuissimum</i>	fijn boompjeswier			
Rhodophyta	<i>Antithamnionella spirographidis</i>				
Rhodophyta	<i>Caulacanthus okamurae</i>	puntig korstmoswier			
Rhodophyta	<i>Ceramium cimbricum</i>				
Rhodophyta	<i>Ceramium virgatum</i>	rood hoorntjeswier			
Rhodophyta	<i>Chondrus crispus</i>	lers mos		✓	
Rhodophyta	<i>Cryptopleura sp.</i>	<i>Cryptopleura</i> (genus)			
Rhodophyta	<i>Dasysiphonia japonica</i>	veelvertakt pluimwier			
Rhodophyta	<i>Erythrotrichia carnea</i>				
Rhodophyta	<i>Gracilariopsis longissima</i>	langgerekt knoopwier			
Rhodophyta	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	tongwier			
Rhodophyta	<i>Mastocarpus stellatus</i>	kernwier			
Rhodophyta	<i>Melanothamnus harveyi</i>	struikbuiswier			
Rhodophyta	<i>Nitophyllum stellato-corticum</i>				
Rhodophyta	<i>Vertebrata fucoides</i>	donker buiswier			
Rhodophyta	<i>Polysiphonia senticulosa</i>	puntig buiswier			
Rhodophyta	<i>Pterothamnion plumula</i>	pluimveerwier			

---

Wageningen Marine Research  
T: +31 (0)317 48 70 00  
E: [marine-research@wur.nl](mailto:marine-research@wur.nl)  
[www.wur.nl/marine-research](http://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'

---