



Monitoring platte-oesterbank Voordelta 2021

Auteur(s): P. Kamermans, K. Didden, E.G.R. Bakker, W Lengkeek

Wageningen University &
Research rapport C018/22

Monitoring platte-oesterbank Voordelta 2021

Auteur(s): P. Kamermans¹, K. Didderen², E.G.R. Bakker², W Lengkeek²

¹ Wageningen Marine Research

² Bureau Waardenburg

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, maart 2022

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C018/22

Keywords: platte oester, Voordelta, monitoring.

Opdrachtgever: Ministerie van LNV
T.a.v.: E. Knegtering
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

BO-43.021.02-025

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/567748>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Floor Driessen, Bureau Waardenburg

© 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 V31 (2021)

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Kennisvraag	6
2 Methoden	8
2.1 Locatie	8
2.2 Omvang van de platte-oesterbank	9
2.2.1 Sonaropnames	9
2.2.2 Omvang en kartering structuren binnen de oesterbank	9
2.3 Oesterdichtheid en populatieopbouw	10
2.3.1 Visuele onderwatercensus	10
2.3.2 Dichtheid platte oester	11
2.3.3 Populatieopbouw	11
2.4 Larvenmonsters en collectoren	11
2.4.1 Larvenmonsters	11
2.4.2 Collectoren	12
2.5 Biodiversiteit	12
3 Resultaten	13
3.1 Platte-oesterbank	13
3.1.1 Omvang en biogene structuren	13
3.1.2 Kenschets rif middels transecten	15
3.1.3 Dichtheid platte oester	15
3.2 Populatieopbouw	16
3.3 Larvenproductie en vestiging	18
3.4 Biodiversiteit	19
4 Discussie, conclusies en aanbevelingen	20
4.1 Omvang en dichtheid van de platte-oesterbank	20
4.1.1 Discussie	20
4.1.2 Conclusie	20
4.1.3 Aanbevelingen	21
4.2 Populatieopbouw en reproductie van de platte-oesterbank	21
4.2.1 Discussie	21
4.2.2 Conclusie	22
4.2.3 Aanbevelingen	22
4.3 Biodiversiteit van de platte-oesterbank	23
4.3.1 Discussie	23
4.3.2 Conclusie	23
4.3.3 Aanbevelingen	23
5 Dankwoord	24
6 Kwaliteitsborging	25
Literatuur	26

Verantwoording	28
Bijlage 1 Soortenlijst schelpdierbank Voordelta	29
Bijlage 2 Taxa aangetroffen in kwadranten	33
Bijlage 3 Kwadrantfoto's	35
Bijlage 4 Kaarten oesterbank	38

Samenvatting

Sinds 1 juni 2021 is de oesterbank in de Voordelta formeel beschermd voor visserijvormen die schadelijk kunnen zijn voor het in integrale toestand kunnen onderzoeken van de platte oesterpopulatie en de oesterbank. Gedurende vier jaar wordt jaarlijks de omvang, dichtheid, populatieopbouw, reproductie en biodiversiteit van de oesterbank gemonitord. Deze informatie kan bijdragen aan het bepalen van de status en functie van, en vooruitzichten voor, de platte-oesterbank. Voorliggend rapport betreft de eerste tussenrapportage over 2021.

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 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. Het huidige areaal schelpdierbank, bestaande uit gemiddeld en hoge dichtheid schelpdierbank, inclusief mosselbank bedraagt in totaal 53,9 hectare met aanvullend 87,3 ha in het omliggende gebied. Het areaal van de schelpdierbank is daarmee minimaal 1,4 keer groter dan het initieel ingetekende en ingeschatte oppervlak van 39,6 hectare en omvat naast gebieden gedomineerd door Japanse en platte oesters ook delen gedomineerd door sublittorale mosselen. De kartering en interpretatie kan verbeterd worden door de noordgrens en westgrens van het gebied met schelpen en levende schelpdieren op te zoeken om de omvang van schelpdierbanken in het omliggende gebied te bepalen.

De **dichtheid en populatieopbouw van de platte oesters** is onderzocht langs drie transecten met ieder vijf kwadranten waarbij het aantal oesters per kwadrant werd geteld en van 195 verzamelde oesters is de lengte, breedte en hoogte van de schelp opgemeten. Het gemiddeld aantal platte oesters op het rif bedroeg 6,6 per m². Dit is hoger dan de door OSPAR gehanteerde grens van 5 oesters per m² voor een oesterbank. De meest voorkomende lengteklassen waren 60-70 mm, 70-80 mm en 80-90 mm. Er lijkt weinig aanwas van nieuwe oesters.

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 het najaar verzameld en het daarop gevestigde broed is geteld. Er zijn zowel platte-oesterlarven als platte-oesterbroedjes geproduceerd. Dus in potentie kan de bank zich verjongen.

Voor de opname van de **biodiversiteit op de platte-oesterbank** is visueel met duikers vastgesteld welke soorten aanwezig waren in eerder genoemde kwadranten. Op basis van de visuele opname van epibenthische soorten wordt de biodiversiteit op de oesterbank gekenmerkt door een gemiddeld aantal van 17 taxa per kwadrant van 0.25 m² en is daarmee vergelijkbaar met de eerdere studie in 2017. Een vergelijking van de biodiversiteit geassocieerd met de platte-oesterbank en de biodiversiteit geassocieerd met de nabijgelegen sublittorale mosselbank kan inzicht geven in het verschil in functie en biodiversiteit van deze schelpdierbanken.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Platte-oesterbanken kwamen ooit voor op ongeveer 20% van de Nederlandse Noordzeebodem (Olssen 1883). Onder het OSPAR-verdrag is 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 volgende milieudoel (i.e. D6T5) opgenomen: *de terugkeer en het herstel van biogene riffen, waaronder platte-oesterbanken* (Min. IenW en Min. LNV 2018).

Nadat de soort – in rifvorm - bijna een eeuw uitgestorven was geweest in de Noordzee, werd in een vooronderzoek in de Voordelta een gemengde bank met platte oesters (*Ostrea edulis*) herontdekt 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 herstel van de platte oester (Sas et al., 2016, 2018; Didderen et al., 2019; Van der Have et al., 2019). Leeftijdsonderzoek laat zien dat het oudste exemplaar zich mogelijk al gevestigd moeten 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, RWS Zee en Delta, 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; Staatscourant 2021). Hierbij is het 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. Voorliggend rapport betreft de eerste tussenrapportage over 2021.

1.2 Kennisvraag

Wat zijn de omvang, dichtheid, populatieopbouw, reproductie en biodiversiteit van de platte-oesterbank in de Voordelta?

Een oesterbank bestaat uit oesters en geassocieerde biodiversiteit die op de zandbodem of op hard substraat voorkomen. Onder geassocieerde biodiversiteit van een oesterbank wordt in dit rapport verstaan 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 worden een aantal te meten grootheden genoemd. In tabel 1.1 wordt een overzicht gegeven van de universele monitoringsgrootheden en of die worden gemeten in het huidige project.

Tabel 1.1. NORA-monitoringsparameters en monitoring op de bank in de Voordelta. RWS is waterinfo.rws.nl.

Nummer	NORA omschrijving	Type grootheid	Gemeten op bank in Voordelta
1	Voetafdruk en 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)

2 Methoden

2.1 Locatie

Deze studie is uitgevoerd bij een in 2015 ontdekt oesterrif (Christianen et al., 2018) in Natura 2000-gebied de Voordelta (DRZO/2008-113), onderdeel van de Nederlandse Noordzee (Kamermans et al., 2015). Het rif is gepositioneerd nabij de Brouwersdam, een waterkering welke een voormalige zeearm (de Grevelingen) afsluit van de Noordzee (Figuur 2.1). Vier en een halve kilometer ten zuiden van het rif zit een doorlaat in de Brouwersdam waardoor water uit het Grevelingenmeer in beperkte mate de Noordzee in stroomt, en vice versa.



Figuur 2.1. Kaartje van de Voordelta met ligging van de oesterbank (paars) drie transecten (begin- en eindpunt in rood) en de locatie van plaatsen van broedcollectoren en larvenbemonsteringen (gele ster).

2.2 Omvang van de platte-oesterbank

2.2.1 Sonaropnames




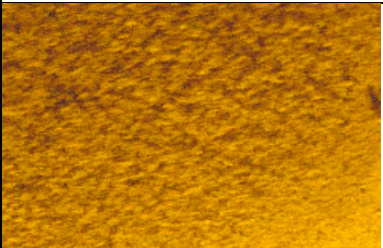

Op 7 september 2021 zijn onder gunstige weersomstandigheden met een SONAR akoestische data ingewonnen op het schelpdierrif. De sonar heeft twee opnamesystemen; een downscan en een sidescan. De downscan creëert een hoogteprofiel van de bodem en de sidescan creëert een wijder onderwaterbeeld van de bodem. De vaarsnelheid was 4-6 km/h, de gemiddelde bandbreedte van de opname 28-30 meter richting beide zijdes. Het onderzoeksgebied besloeg onder andere het gebied waar de duikwerkzaamheden hebben plaatsgevonden (§2.3). Daarnaast zijn ook data ingewonnen in het omliggende gebied wat nog niet eerder was onderzocht en zijn enkele *Lanice*-velden in beeld gebracht als test. 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 boei en is in het veld is met een drop-downcamera onderzocht welke structuren zich op de bodem bevonden. Dit heeft geleid tot een validatie van 27 locaties. De sonartrajecten zijn gevisualiseerd in kaart 1 (Bijlage 4).

2.2.2 Omvang en kartering structuren binnen de oesterbank

In totaal is 480.4 ha aan sonarbeelden verzameld, en geïnterpreteerd, bestaande uit de perimeter van de oesterbank en de nabije omgeving. De diepte en hardheid van de omgeving zijn meegenomen bij de interpretatie van de schelpdierbank. Het betreft de hardheid op basis van de weerkaatsing van de ondergrond (Bijlage 4, kaart Kaart 2) en de ongecorrigeerde diepte (diepte gemeten, niet gecorrigeerd voor getij) (Bijlage 4, kaart 3). De waterdiepte in het gebied bedroeg 1 tot 6 meter.

De uitgebreide maar op het gebied van rifdistributie indirecte hydro-akoestische gegevens (backscattersterkte) zijn vervolgens gekoppeld aan de fysieke aanwezigheid van riffen door informatie afkomstig van experts en opnamen met een camerasysteem. De uitkomsten van dit classificatie- en correlatieproces zijn gebundeld in kartografische beschrijvingen van de rifeigenschappen van de zeebodem. De verschillende backscatterpatronen kenmerkend voor bepaalde biogene structuren zijn hiervoor geclassificeerd in 5 klassen (Tabel 2.1). Vervolgens zijn in ArcGIS deze bevindingen aan de hand van de correlerende gps-coördinaten verwerkt tot een kaart waarin de classificatie is weergegeven.

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

(Biogene) structuur	Kenmerken	Voorbeeld (afbeelding)
Stortsteen	Grof breuksteen ter hoogte van de Blokkendam. Schelpdieren aanwezig, maar geen sprake van natuurlijk habitat en/ of natuurlijke schelpdierbank	
Mosselbank	Mosselen en mosselschelpen op een verder zandige bodem.	
Bedekking schelpen 70-100%	Hoge bedekking schelpen (mosselen, <i>Ensis</i> , oester) en levende oesters. Naast levende schelpdieren bestaat een schelpdierbank ook uit dood schelpmateriaal, voornamelijk Japanse oester.	
Bedekking schelpen 40-70%	Gemiddelde bedekking schelpen (<i>Ensis</i> , mossel en oesterschelpen) en levende oesters.	
Bedekking schelpen 5-40%	Lage bedekking schelpen en levende oesters. Omliggende gebied van de oesterbank bestaande uit <i>Ensis</i> , mossel en oesterschelpen.	

2.3 Oesterdichtheid en populatieopbouw

2.3.1 Visuele onderwatercensus

Duikwerkzaamheden zijn verricht op 8 september 2021 door vier beroepsduikers bij een watertemperatuur van 20 graden. Er zijn drie lijntransecten, noord – midden – zuid, van 50 m uitgezet haaks op de kustlijn (Figuur 2.1). Langs elk lijntransect zijn vervolgens van ondiep (oost) naar diep (west) vijf kwadranten (n=15) op een representatief stuk rif geplaatst op een interval van circa 10 m. Het oppervlak van een kwadrant besloeg 50 x 50 cm (0,25 m²). Binnen elk kwadrant zijn opnamen

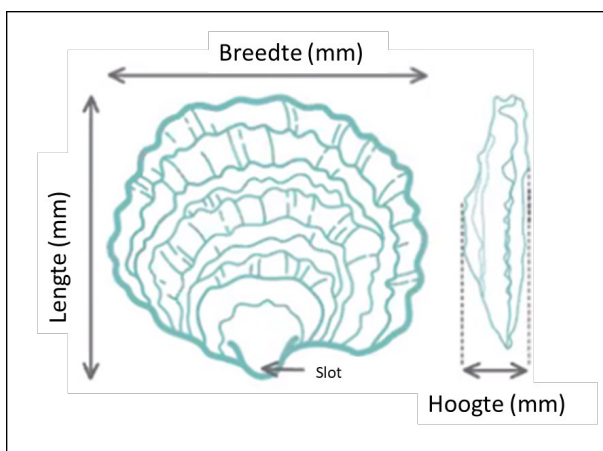
gemaakt van het aandeel rifstructuur (%) ten opzichte van zandbodem, dichtheid van platte oester en de aanwezige geassocieerde biodiversiteit (andere epibenthische en mobiele soorten).

2.3.2 Dichtheid platte oester

Het aantal platte oesters per kwadrant (0,25 m²) is door de duikers geteld. Deze aantallen zijn doorberekend naar de aantallen per m². Langs de drie transectlijnen zijn in totaal 15 opnames gedaan. Tevens is de gemiddelde oesterdichtheid (\pm SE) per transect berekend.

2.3.3 Populatieopbouw

Alle platte oesters welke in een kwadrant zijn geteld voor dichtheidsschattingen zijn door duikers in een netzak geplaatst en naar het wateroppervlak gebracht. Naast de platte oesters welke in de kwadranten werden aangetroffen, zijn ook alle individuen binnen 1,5 m van de transectlijn verzameld, zodat per lijntransect een mengmonster aan platte oesters werd meegenomen. Van alle platte oesters zijn met een schuifmaat de lengte, de breedte en de hoogte van de schelp opgemeten in mm (Figuur 2.2). Vervolgens zijn de maten per transect geanalyseerd op grootteverdeling en populatie-opbouw.



Figuur 2.2. Metingen aan een oester.

2.4 Larvenmonsters en collectoren

2.4.1 Larvenmonsters

Om een indruk te krijgen van de voortplanting van de oesters zijn wekelijks larvenconcentraties bepaald in de periode van 28 juni tot 30 juli 2021 bij de Blokkendam (zie figuur 3.1 gele ster). Hierbij werd gebruik gemaakt van de WMR-boot de Byssus. Bij ieder bezoek werd 100 liter oppervlaktewater gefiltreerd door een planktonnet met een maaswijdte van 100 μ m (Figuur 2.3). Het monster werd gefixeerd met ethanol. In het lab werden per monster drie submonsters genomen met een Hensen plunger-sampling pipette. Deze monsters werden bekeken met een microscoop en larven werden 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 Δd is de tijdstap van een dag.

Als test van de voorspellende waarde van deze formule voor de Voordelta werden temperatuurdata van de Voordelta opgevraagd bij rws.waterinfo.nl. De studie van Maathuis et al. (2020) liet zien dat de meeste larven werden geobserveerd bij een temperatuursom van 576.



Figuur 2.3. Monsternet voor bepaling aanwezigheid oesterlarven.

2.4.2 Collectoren

Om een indruk te krijgen van de broedval zijn twee weken na de week met de voorspelde larvenpiek drie collectoren uitgezet. Uit een eerdere studie is gebleken dat plaatsing van substraat het beste twee weken na de grootste concentratie aan larven kan plaatsvinden (van den Brink et al. 2020). Een collector bestond uit een net gevuld met 1 L Japanse oesterschelpen en met touw bevestigd aan een stoeptegels voor verankering en een boeitje voor drijfvermogen.

2.5 Biodiversiteit

Per kwadrant is een inventarisatie van de aanwezige biodiversiteit uitgevoerd volgens de MOO-standaard waarbij zowel epibenthische soorten als mobiele soorten zijn gedocumenteerd. Additionele soorten buiten het kwadrant zijn apart genoteerd. Vervolgens is elk kwadrant gefotografeerd voor latere analyse en om eventuele additionele soorten te identificeren (zie Bijlage 3). Aan de hand van al deze waarnemingen kon de reeds bestaande soortenlijst van Christianen et al. (2018) voor deze schelpdierbank worden bijgewerkt, en zijn niet eerder geobserveerde soorten toegevoegd.





3 Resultaten

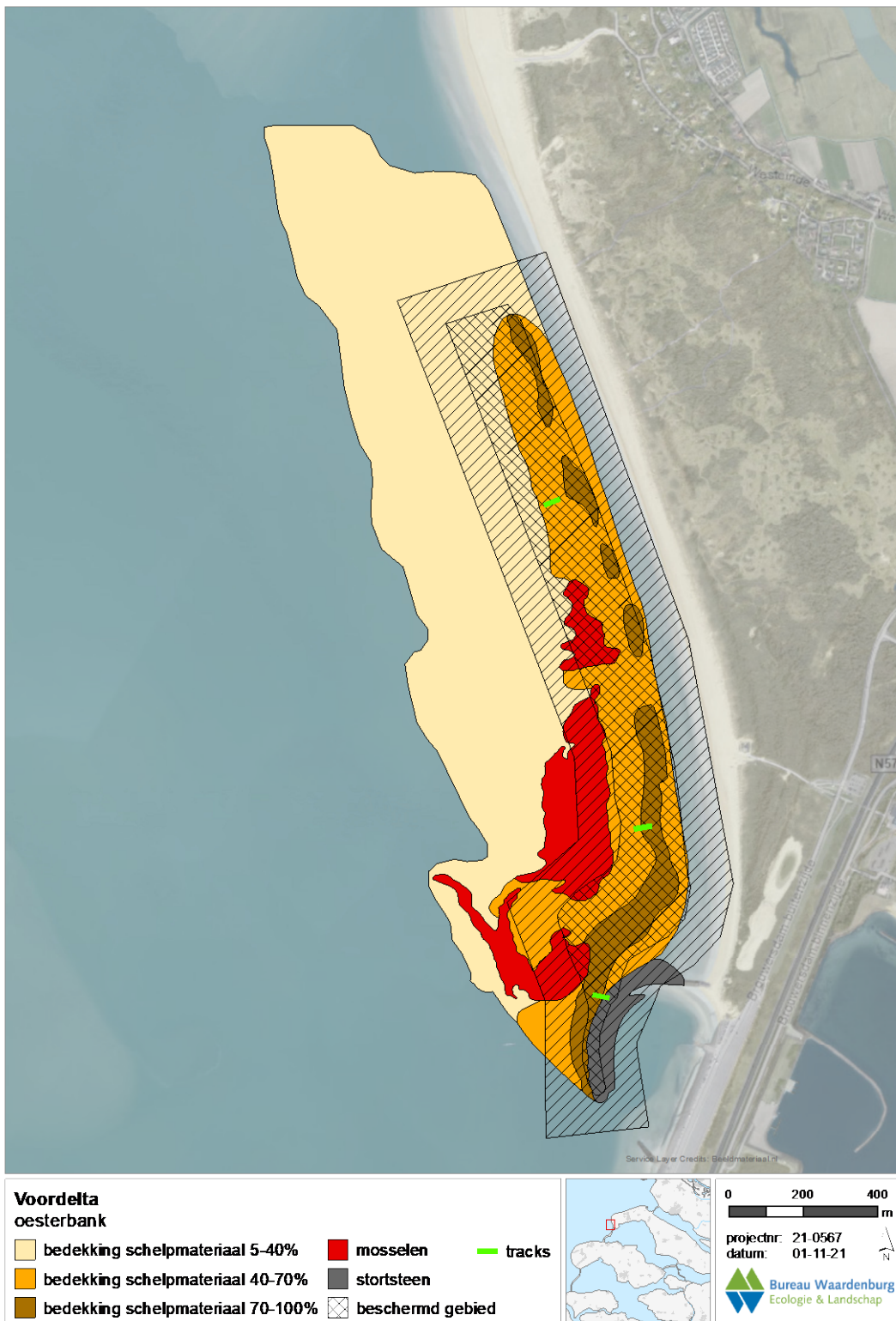
3.1 Platte-oesterbank

3.1.1 Omvang en biogene structuren

In het studiegebied, 1 tot 6 meter diep, zijn de verschillende biogene structuren binnen het gebied van de Voordelta platte oesterbank in kaart gebracht (Tabel 3.1 en Figuur 3.1). Het oppervlakte oesterbank met een hoge bedekking van schelpen en oesters (70-100%) beslaat 9,6 hectare en met een gemiddelde bedekking (40-70%) 30,3 hectare. Daarnaast is er 14,1 ha mosselbank aanwezig. In het omliggende gebied, voor zover ook onderzocht, een bedekking van schelpen tussen de 5 en 40%, bestaande uit *Ensis*-, mossel- en oesterschelpen en levende schelpdieren, bestaat uit minimaal 87,3 hectare (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Classificering van afbeelding 3.1 "Voordelta oesterbank"

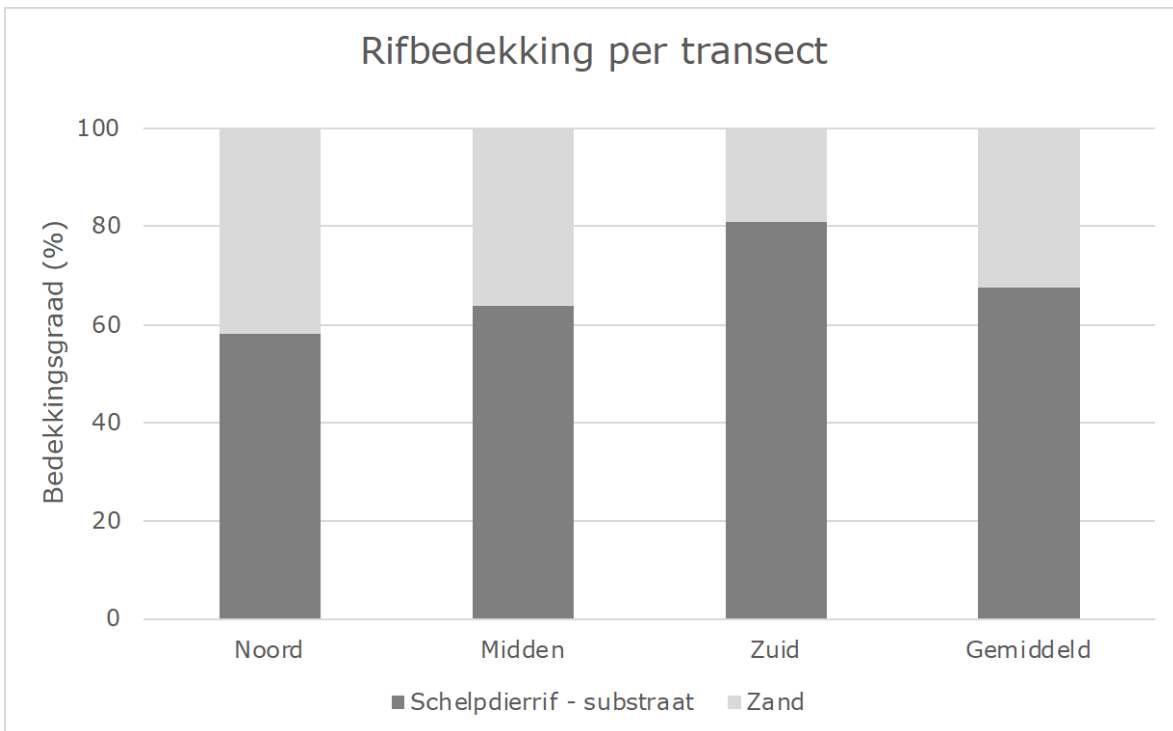
(Biogene) structuur	Areaal	Voorbeeld (afbeelding)
Stortsteen	3,1 ha	
Mosselbank	14,1 ha	
Bedekking schelpen (oesters, ook mosselen en <i>Ensis</i>) 70-100%	9,6 ha	
Bedekking schelpen (oesters, ook mosselen en <i>Ensis</i>) 40-70%	30,3 ha	
Bedekking schelpen (oesters, ook mosselen en <i>Ensis</i>) 5-40%	87,3 ha (minimaal)	



Figuur 3.1. Onderzoekgebied met ligging van Oesterbank en Schelpdierbank. Tot Oesterbank worden minimaal gerekend: de klassen Bedekking (oester)schelpen 70-100% en 40-70%. Tot Schelpdierbank worden gerekend de klassen mosselen en oesterbank. De klasse "bedekking schelpen 5-40%", omvat levende schelpdieren, inclusief platte oesters, maar valt voorsnog buiten de definitie. "Stortsteen" omvat ook platte oesters, maar is vanwege de onnatuurlijke ondergrond, geen natuurlijke oesterbank.

3.1.2 Kenschets rif middels transecten

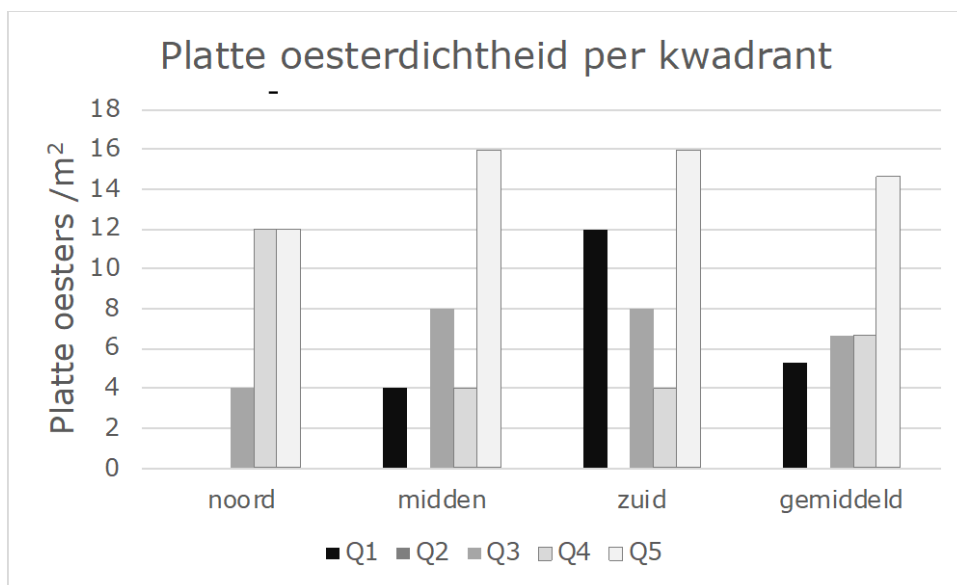
De bedekkingsdichtheid van het rifsubstraat langs de transectlijnen varieerde van 40 tot 100% (Figuur 3.2). Rifsubstraat is een mix van schelpdieren waaronder platte oesters, maar ook Japanse oesters en mosselen (Tabel 3.1). Het rif komt in zijn gehele omvang voor in een mozaïek met zandbodems. De hoogste dichtheden rifsubstraat werden waargenomen langs het transect zuid, dat dicht langs de Blokkendam ligt (Figuur 3.2). Waarnemingen tijdens de opnamen van het rif geven een kenschets van kenmerkende onderscheid tussen de transecten: langs transect noord kwamen naar verhouding veel grote volwassen oesters voor. Langs transect midden werden aanzienlijk minder levende oesters waargenomen en relatief veel dode oesters. Langs transect zuid, nabij de Blokkendam, was het ondiep en zandig maar lag een uitgebreid schelpdierrif, met aan de rand een oesterherstel project, waarbij onder andere gebruik is gemaakt van 'spat-on-shell'.



Figuur 3.2. Procentuele rifbedekking langs de drie transecten en gemiddeld.

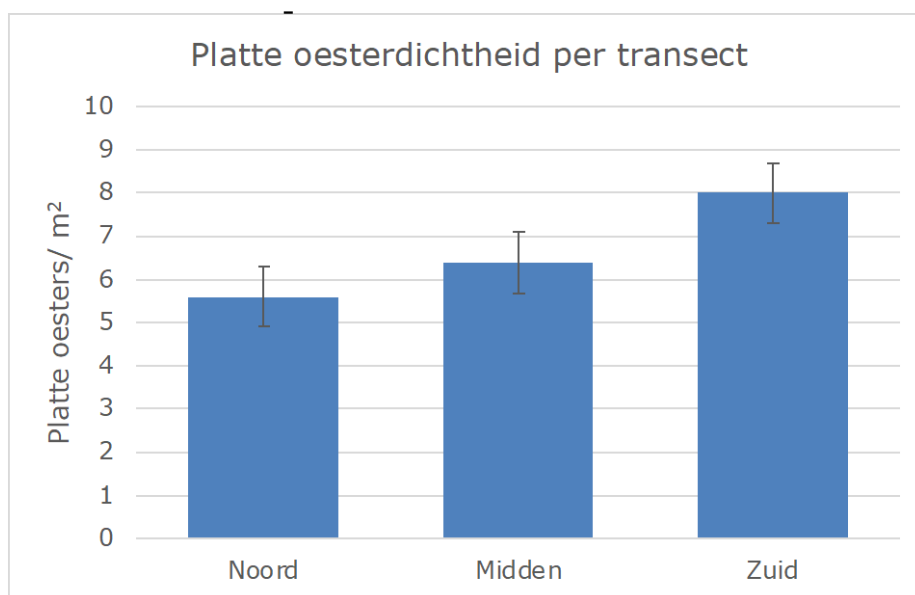
3.1.3 Dichtheid platte oester

Het gemiddelde aantal platte oesters op het rif bedroeg 6,6 (standaardfout van het gemiddelde $\pm 1,4$) individuen per m^2 . Er werden minimaal 0 tot maximaal 16 platte oesters per m^2 waargenomen binnen de kwadranten op het rif. In Figuur 3.3 is per kwadrant de aangetroffen dichtheid van platte oester weergegeven, hetgeen een beeld geeft van de verschillen van oost naar west. In het meest oostelijke kwadrant, het dichtst bij de kust gelegen, werd binnen elk transect de hoogste dichtheid aan platte oesters aangetroffen. De gemiddelde oesterdichtheid was op transect noord 5,6 ($\pm 2,7$) ind. per m^2 , transect midden 6,4 ($\pm 2,7$) ind. per m^2 en transect zuid 8,0 ($\pm 2,8$) ind. per m^2 (Figuur 3.4). De laagste dichtheden platte oesters die werd waargenomen binnen transect noord, correspondeert met de classificatie in de kaart 'oranje' met een bedekking van schelpmateriaal van 40-70%, terwijl midden en zuid corresponderen met classificatie 'bruin': bedekking van schelpmateriaal van 70-100%.



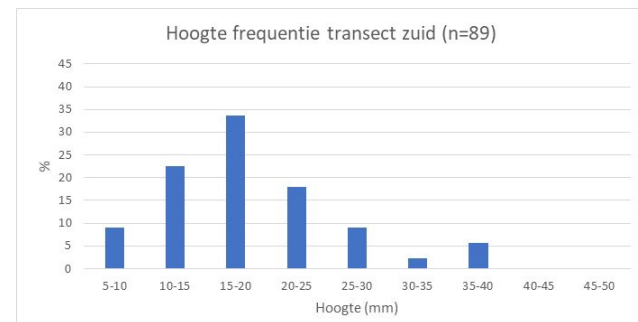
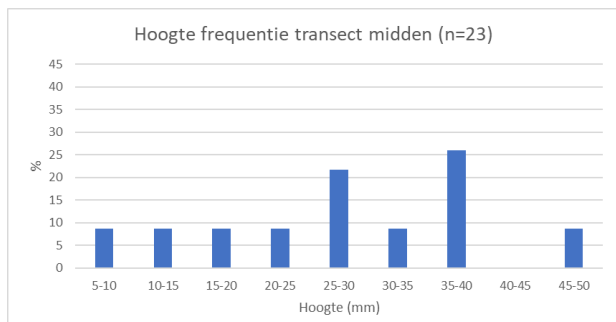
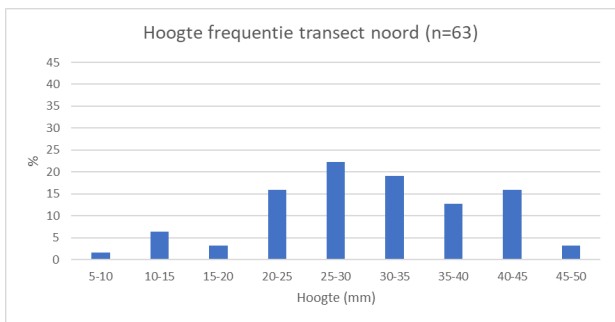
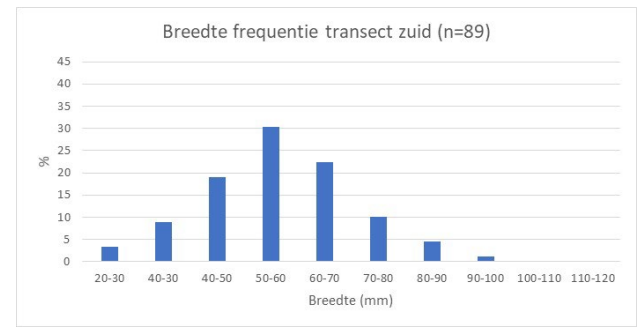
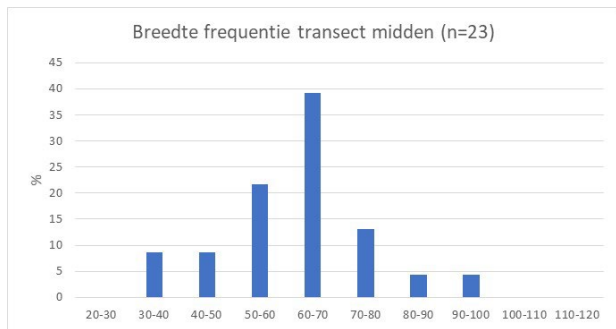
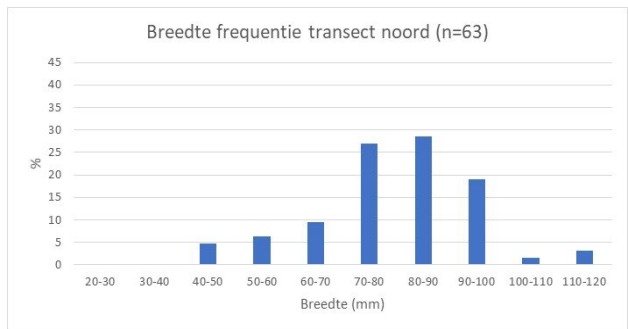
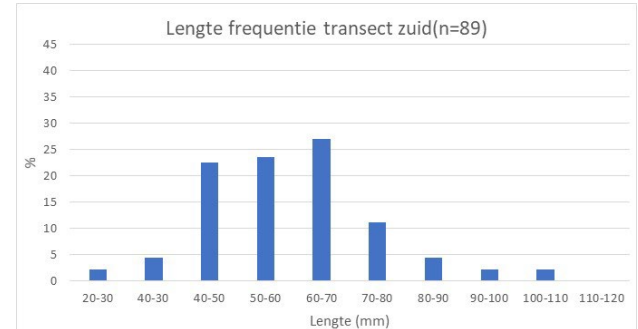
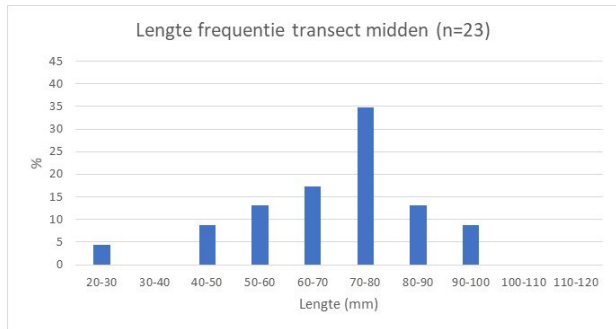
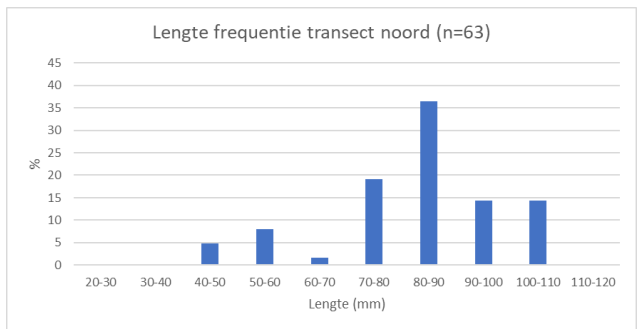
Figuur 3.3. Oesterdichtheden per kwadrant langs de drie transecten en gemiddeld over de drie transecten. Transecten zijn van west naar oost gelegen: Q1 is het verst van de kust gelegen, Q5 het dichtst bij de kust.

Figuur 3.4. Gemiddelde dichtheid (\pm SE) platte oesters binnen de verschillende transecten, gebaseerd op 5 kwadranten



3.2 Populatieopbouw

In totaal zijn 195 platte oesters op het oesterrif verzameld. Langs transect noord zijn 63 platte oesters verzameld, langs transect midden 23 individuen en langs transect zuid 89 individuen. De lengte van de oesters varieerde van 27 tot 114 mm. De meest voorkomende lengteklassen waren 60-70 mm, 70-80 mm en 80-90 mm (Figuur 3.5). Hierbij valt op dat er een afname de lengte met de hoogste frequentie plaatsvindt van noord naar zuid: in transect noord is de meest voorkomende lengte 80-90 mm, terwijl dit in midden 70-80 mm en zuid 60-70 mm is. De kleinste lengte (20-30 mm) ontbreekt in transect noord. Ditzelfde patroon is te zien voor de breedte van de oesters (Figuur 3.5). De hoogteverdeling laat een minder duidelijk patroon zien (Figuur 3.5).



Figuur 3.5. Grootte verdeling van de oesters langs de drie transecten.

3.3 Larvenproductie en vestiging

Het hoogste aantal larven is aangetroffen op 19 juli (week 29). Of dit ook echt het maximum was, is niet vast te stellen, omdat de monsternamen in de twee weken daarvoor niet gelukt is (Tabel 3.2). De formule van Maathuis et al. (2020) voorspelde dat de hoogste concentratie aan larven op 8 juli (week 27) aanwezig moest zijn geweest. Verificatie van deze datum is niet mogelijk, omdat in die week de monsternamen vanaf de kant geen larven heeft opgeleverd (Tabel 3.2). Omdat er wel larven in week 26 zijn aangetroffen en ook in week 29 lijkt het onwaarschijnlijk dat er geen larven aanwezig waren bij de Blokkendam in week 27.

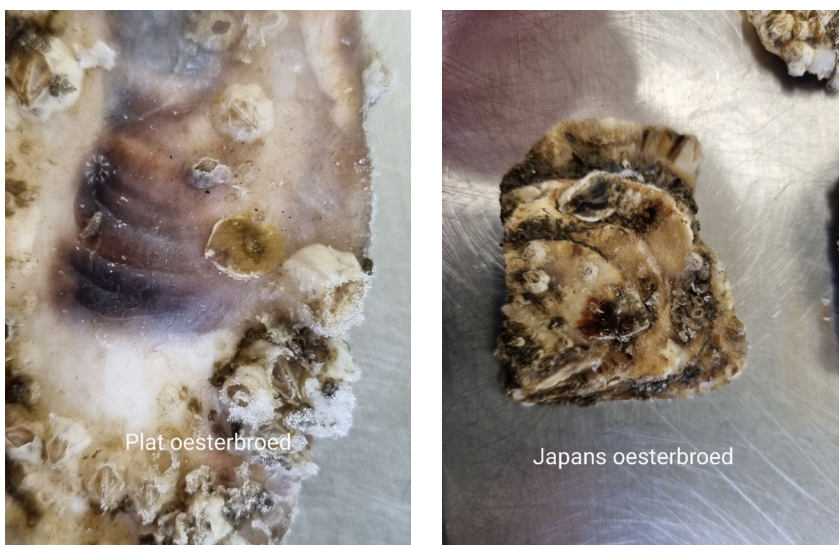
Tabel 3.2. Larvenconcentraties (aantal per 100L) nabij Blokkendam in 2021. * In week 27 was de Byssus niet beschikbaar en heeft de monsternamen vanaf de kant plaatsgevonden. Nd In week 28 waaide het te hard voor monsternamen.

Week	Platte-oesterlarven/100 L
26	41
27	0*
28	Nd
29	185
30	100

Op 26 juli (week 30) zijn de collectoren geplaatst bij de Blokkendam en op 8 september zijn deze weer opgehaald. Allen hebben broed ingevangen (Tabel 3.3). Het meeste was broed van de Japanse oester, maar er is ook broed van platte oesters geobserveerd (Figuur 3.6).

Tabel 3.3. Oesterbroed op collectoren nabij Blokkendam in 2021.

Collector	Aantal lege Japanse oesterschelpen	Aantal platte-oesterbroed	Aantal Japanse oesterbroed
1	23	1	58
2	27	2	45
3	20	1	30



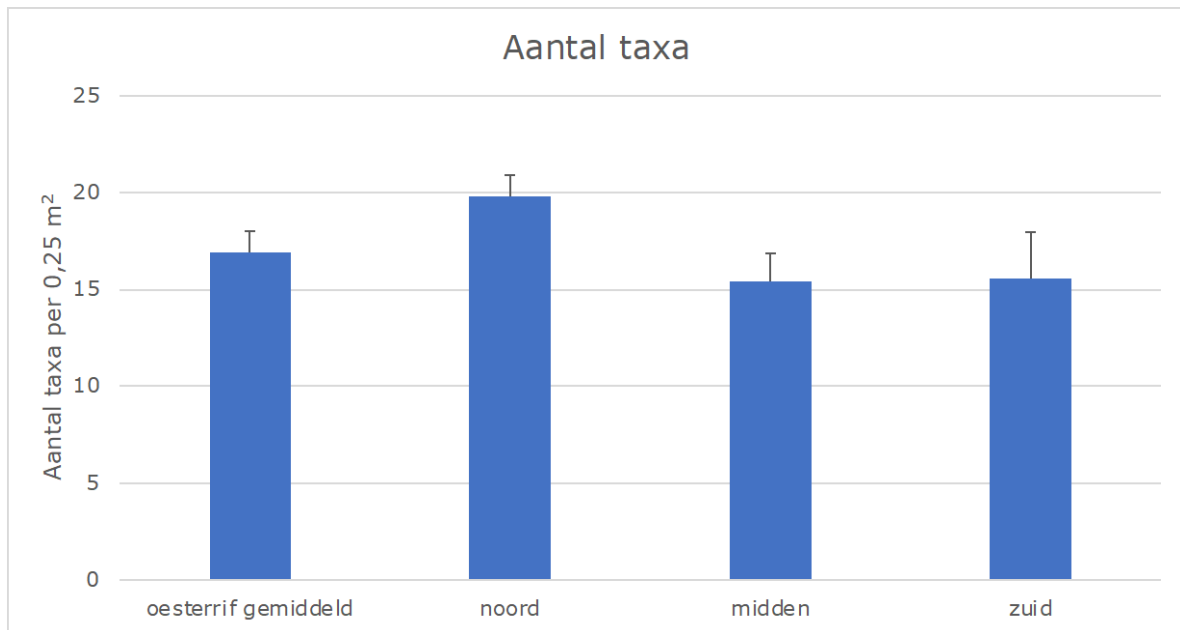
Figuur 3.6. Broed van de platte oester (links) en Japanse oester (rechts) op schelpen van Japanse oesters.

3.4 Biodiversiteit

Er zijn in total 48 taxa (soortgroepen) aangetroffen in de kwadranten, met een gemiddelde van 17 ± 1.1 per kwadrant. Dit is vergelijkbaar met eerdere opnamen (Christianen et al. 2018: 15 ± 1).

Het gemiddelde aantal taxa was in transect noord $19,8 (\pm 1.1)$ per $0,25 \text{ m}^2$, transect midden $15.4 (\pm 1.5)$ per $0,25 \text{ m}^2$ en transect zuid $15.6 (\pm 2.4)$ per $0,25 \text{ m}^2$ (Figuur 3.7).

Buiten de transecten werd een nieuwe soort waargenomen, de buikstreepnemertijn *Tubulanus superbus*, een snoerworm. De volledige soortenlijst is weergegeven in Bijlage 1.



Figuur 3.7. Gemiddeld aantal taxa per kwadrant van $0,25 \text{ m}^2$; gemiddeld ($\pm SE$) en per transect gemiddeld ($\pm SE$). (Bijlage 2).

4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

4.1 Omvang en dichtheid van de platte-oesterbank

4.1.1 Discussie

Het is mogelijk om met sonar biogene structuren vlakdekkend te karteren. In 2021 is op deze wijze 141.2 hectare in beeld gebracht in een tijdsbestek van 2 dagen.

Interacties tussen schelpdieren en hun bijdrage aan de vorming van schelpdierbanken zijn belangrijk en onbekend. Bij de eerste kenschets van de oesterbank door Christianen et al. (2018) is reeds aangetoond dat interacties voorkomen tussen schelpdierbank-vormende schelpdiersoorten en dat deze interacties belangrijk kunnen zijn voor de ontwikkeling van een schelpdierbank. Deze studie toonde aan dat de beschikbaarheid van stabiel substraat in de vorm van Japanse oesters en Japanse oesterschelpen vestiging van platte oester heeft gefaciliteerd middels 'habitat provisioning'. Ook bij de huidige opname zien we diverse indicaties voor interacties: er is in 2017 een mosselbank ontstaan op de oesterbank en op ophopingen met schelpen van mesheften (*Ensis*) in het omliggende gebied en de zone met een gemiddelde dichtheid zijn tijdens deze studie jonge platte oesters aangetroffen.

In de Waddenzee doet men al jaren onderzoek naar interacties tussen schelpdiersoorten in het intergetijdengebied, met name door de recente invasie van Japanse oester. Uit dit onderzoek is gebleken dat er diverse interacties zijn, en dat het langetermijneffect van competitie en facilitatie, in dit geval op de inheemse mosselpopulatie, positief of negatief kan zijn en afhangt van een complex samenspel van verschillende factoren zoals larvifagie (Troost et al., 2008), predatie (Markert et al., 2013) en parasitisme (Goedknecht et al., 2016). Anderzijds beïnvloeden schelpdierbanken de ontwikkeling van infauna-schelpdierbanken, zoals kokkelbanken, in de zandige omgeving. Zo faciliteren mosselbanken kokkels (Donadi et al. 2013) of kan er sprake zijn van competitie (Kamermaans 1993). Er zijn zodoende sterke aanwijzingen dat dat interacties tussen schelpdieren onderling en tussen schelpdierbanken en soorten op de zandige bodem in de omgeving een belangrijk proces vormt die aandacht verdient. Indicaties voor deze interacties in de Voordelta bestaan uit:

- Japanse oester vormt een stabiel vestigingssubstraat voor platte oesters
- Een gemixt Japans- en platte oesterbank, vormt een stabiel vestigingssubstraat voor sublitorale mosselbanken
- Schelpmateriaal afkomstig van voormalige *Ensis*-banken, vormt een stabiel vestigingssubstraat voor platte oester.

4.1.2 Conclusie

Het huidige areaal schelpdierbank, bestaande uit gemiddeld en hoge dichtheid schelpdierbank, inclusief mosselbank bedraagt in totaal 53,9 hectare met aanvullend 87,3 ha in het omliggende gebied. Het areaal van de schelpdierbank is daarmee minimaal 1,4 keer groter dan het initieel ingetekende en ingeschatte oppervlak van 39,6 hectare (Christianen et al., 2018) en omvat naast gebieden gedomineerd door Japanse en platte oesters ook delen gedomineerd door sublitorale mosselen. De bedekkingsdichtheid van het rifsubstraat langs de transectlijnen varieerde van 40 tot 100%. Rifsubstraat is een mix van schelpdieren waaronder platte oesters, maar ook Japanse oesters en mosselen. Daarnaast omvatten schelpdierbanken zowel dode als levende schelpen, zoals ook gedefinieerd door OSPAR en de Europese Alliantie voor platte-oesterherstel (OSPAR 2013; Preston et al., 2020). Het gemiddelde aantal platte oesters op het rif bedroeg 6,6 per m². Dit is hoger dan de door OSPAR gehanteerde grens van 5 oesters per m² voor een oesterbank (OSPAR 2013).

4.1.3 Aanbevelingen

Uit de resultaten van 2021 alsook uit het onlangs verschenen handboek voor platte-oestermonitoring (Zu Ermgassen et al., 2021) volgen enkele aanbevelingen.

De kartering en interpretatie kan verbeterd worden door:

- Transecten met kwadranten voor platte-oesterdichtheid te plaatsen binnen het gebied met de klasse "Bedecking schelpen 5-40%" en zo een beeld te krijgen van de aanwezigheid van levende schelpdieren (inclusief populatieopbouw) in dit gebied.
- De noordgrens en westgrens van het gebied met schelpen en levende schelpdieren op te zoeken om de omvang van schelpdierbanken in het omliggende gebied te bepalen.
- De kartering over 2-3 jaar herhalen om beeld te krijgen van de ontwikkeling van de bank, inclusief de oppervlakten van verschillende klassen van schelpdieren.
- Een maat voor shelliness, oftewel de bedekking met (dood)schelpmateriaal, expliciet mee te nemen.

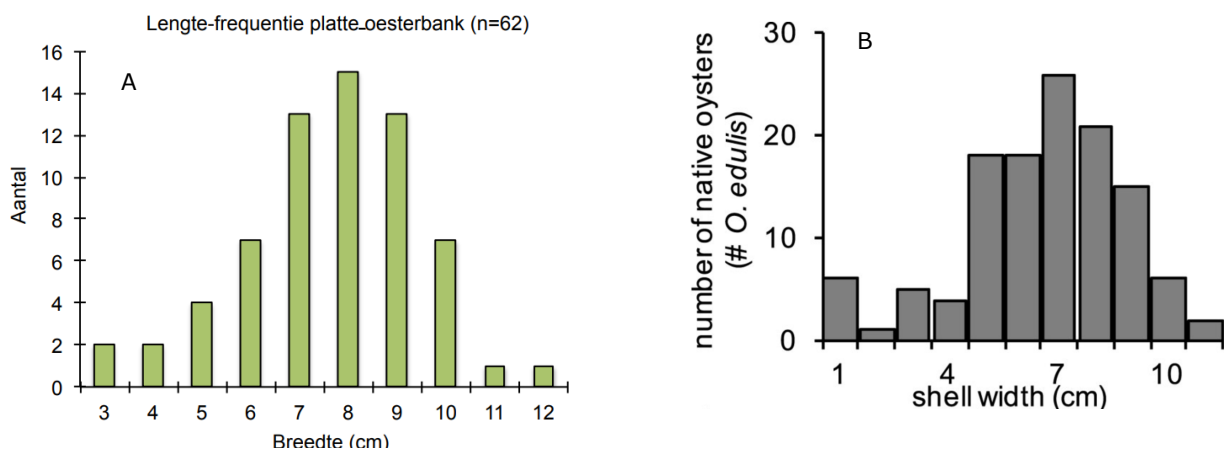
Daarnaast zou een dergelijke kartering ook uitgebreid kunnen worden naar de rest van het gebied en/of interessante locaties in de Voordelta en ingezet kunnen worden voor biogene structuren zoals velden van schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) (Van der Have et al. 2019).

Een aanbeveling is om in 2022 alle schelpdierbank-vormende schelpdieren (inclusief mosselbanken) in het omliggende gebied rondom het oesterrif in meer detail te onderzoeken en daarbij ook de lengte-frequentie mee te nemen.

4.2 Populatieopbouw en reproductie van de platte-oesterbank

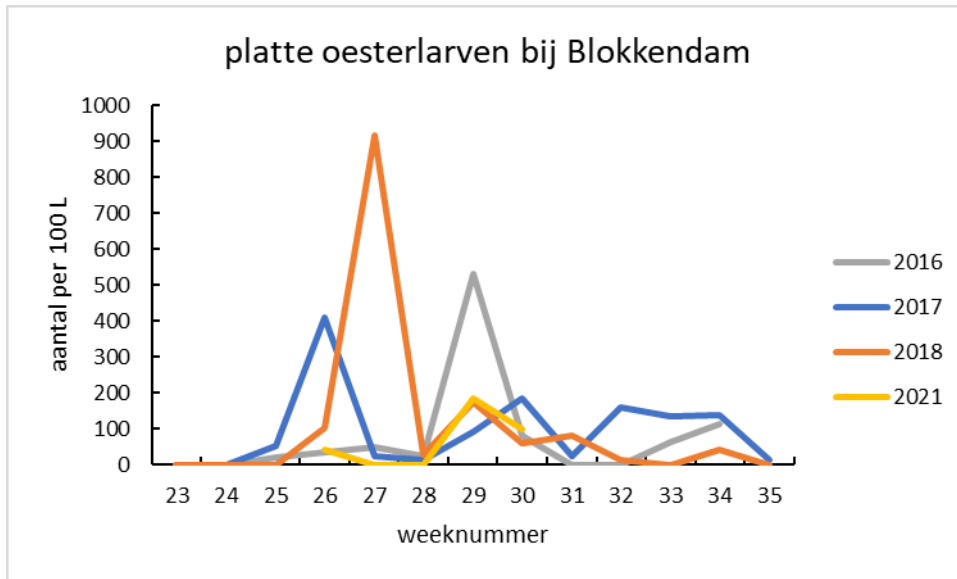
4.2.1 Discussie

De populatieopbouw van de oesters zoals vastgesteld in 2021 komt overeen met eerder uitgevoerde metingen. In de huidige studie was in transect noord de meest voorkomende lengte 80-90 mm, terwijl dit in het midden 70-80 mm was en zuid 60-70 mm. Eerder onderzoek liet ook zien dat 70-80 mm en 80-90 mm het meest voorkwamen (Figuur 4.1). Leeftijdsbepalingen door Witbaard et al (2020) en van Mens (2020) lieten zien dat oesters rond 3 jaar oud een lengte bereiken van 75 mm. Dit betekent dat de oesterpopulatie in hoofdzaak bestaat uit meerjarige individuen en in 2022 weinig aanwas vertoont. Dit kan mede een artefact zijn van de methode, waarbij kleine individuen mogelijk te maken hebben met onderrepresentatie, omdat ze minder goed zichtbaar zijn. Daarnaast zijn individuen groter dan 12 centimeter in alle jaren waarin onderzoek in de Voordelta heeft plaatsgevonden afwezig, terwijl uit de literatuur vonden tot 20 centimeter bekend zijn (Preston et al., 2020).



Figuur 4.1. Lengtefrequentieverdeling van oesters verzameld op de bank in de Voordelta. A. Bureau Waardenburg, ongepubliceerde data. B. Uit Christianen et al, 2018.

De larvenconcentraties gemeten in 2021 waren laag ten opzichte van eerdere metingen in 2016, 2017 en 2018 (Figuur 4.2). Concentraties van 400-900 larven per 100 liter zijn geobserveerd. In 2021 was de tijdserie korter dan in eerdere jaren omdat dit jaar de timing van uitzetten van collectoren het voornaamste doel was. Door monsterproblemen zijn geen (goede) monsters genomen in week 27 en 28. Hierdoor is het mogelijk dat de hoogste concentratie (piek) gemist is.



Figuur 4.2. 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) en 2021 (huidige studie).

Ook het aantal platte-oesterbroedjes was laag met 1-2 broedjes per liter Japanse oesterschelpen. Dit werd ook geobserveerd in 2016 (Sas et al., 2016), maar in 2017 en 2018 werden rond de 10 platte-broedjes per liter schelpen gevonden (Sas et al., 2018; Didderen et al., 2019). Vergelijking met de larvenconcentraties kan een voorzichtige aanwijzing geven dat een piek in larven vroeger in het seizoen een succesvollere vestiging tot gevolg lijkt te hebben. 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 vestiging van Japanse broedjes was in 2021 rond de 40 broedjes per liter schelpen. Als een deel van de broedjes die nu geïdentificeerd zijn als Japanse oester toch platte oesters waren was de vestiging van oesterbroed dit jaar, en mogelijk ook eerder jaren, veel hoger.

4.2.2 Conclusie

De meest voorkomende lengteklassen waren 60-70 mm, 70-80 mm en 80-90 mm. Er lijkt weinig aanwas van nieuwe oesters. Er zijn echter zowel platte-oesterlarven als platte-oesterbroedjes geproduceerd. Dus in potentie kan de bank zich verjongen.

4.2.3 Aanbevelingen

Voor beter onderscheid tussen broed van platte en Japanse oesters kan een DNA-analyse van broed dat in 2022 wordt ingevangen meer inzicht geven.

4.3 Biodiversiteit van de platte-oesterbank

4.3.1 Discussie

Een belangrijke vraag is in welke mate een schelpdierbank de biodiversiteit bevordert. Uit internationale studies is bekend dat schelpdierbanken de biodiversiteit bevorderen (Preston et al., 2020; Zu Ermgassen et al., 2020). Wat de totale omvang van de biodiversiteit van de oesterbank is, is echter niet op basis van een eenmalige opname op basis van fotokwadranten te kwantificeren. Soorten op en rondom de oesterbank kennen zowel seizoensmatige als jaar-tot-jaarpatronen. Ook is de vastzittende epibenthische diversiteit, slechts één van de componenten van het ecosysteem. Mobiele soorten, zwemmende (pelagische) soorten en infauna soorten maken ook onderdeel uit van het gebied rondom de oesterbank en zijn met de huidige methodiek ondergerepresenteerd.

4.3.2 Conclusie

Op basis van de visuele opname van epibenthische soorten wordt de biodiversiteit op de oesterbank gekenmerkt door een gemiddeld aantal taxa van 17 ± 1.1 per kwadrant van 0.25 m^2 en is daarmee vergelijkbaar met de eerdere studie in 2017 (Christianen et al., 2018).

4.3.3 Aanbevelingen

Een vergelijking van de biodiversiteit geassocieerd met de platte-oesterbank en de biodiversiteit geassocieerd met de nabijgelegen sublitorale mosselbank kan inzicht geven in het verschil in functie en biodiversiteit van deze schelpdierbanken. Afstemming met het NWO North Sea ReViFES-project in 2022, zal gericht zijn op het inventariseren van gegevens die na publicatie in 2023 en 2024 beschikbaar komen en gebruikt kunnen worden voor aanvullende kennis over de oesterbank.

5 Dankwoord

We bedanken Joost Bergsma, Udo van Dongen, Tom van Gemert, Paul de Gier, Floor Driessen van Bureau Waardenburg en Pim van Dalen, Wouter Suykerbuyk, Romy Lansbergen en Carola van Zweeden van Wageningen Marine Research voor hun bijdragen aan dit onderzoek.

6 Kwaliteitsborging

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

Literatuur

- Bos, O., Tamis, J. & Jongbloed, R. (2021); Quicksan 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. Didderen, 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* <https://doi.org/10.1080/17451000.2018.1498520>
- Didderen, K., T.M. van der Have, J.H. Bergsma, H. van der Jagt, W. Lengkeek, P. Kamermans, A. van den Brink, M. Maathuis, H. Sas (2019) Shellfish bed restoration pilots Voordelta, Netherlands Annual report 2018
(https://www.ark.eu/sites/default/files/media/Schelpdierbanken/Annual_report_Voordelta_2018.pdf)
- Donadi, S., T. van der Heide, E.M. van der Zee, J.S. Eklof, J. van de Koppel, E.J. Weerman, T. Piersma, H. Olff, B.K. Eriksson (2013). Cross-habitat interactions among bivalve species control community structure on intertidal flats. *Ecology* 94: 489-498
- Goedknegt M.A., ME Feis, KM Wegner, PC Lutikhuisen, C Buschbaum, CJ Camphuysen, J Van der Meer, DW Thieltges (2016). Parasites and marine invasions: ecological and evolutionary perspectives. *Journal of Sea Research* 113: 11-27
- 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. (1993). Food limitation in cockles (*Cerastoderma edule* (L.)): influences of location on tidal flat and of nearby mussel beds. *Neth. J. Sea Res.* 31: 71-81.
- 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>
- Loosanoff V.L., Davis H.C., Chanley P.E. (1966) Dimensions and shapes of larvae of some marine bivalve mollusks. *Malacologia* 4:351-435
- 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>
- Markert, Alexandra, et al. "Habitat change by the formation of alien *Crassostrea*-reefs in the Wadden Sea and its role as feeding sites for waterbirds." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 131 (2013): 41-51. Mens, A. van (2020) Mapping a native oyster bed in the Voordelta: a new opportunity. MSc Thesis Erasmus Mundus.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016) Natura 2000 beheerplan Voordelta 2015- 2021. Ministerie van I & M, Rijkswaterstaat. 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

-
- 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 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>.
- Preston, J., C. Gamble, A. Debney, L. Helmer, B. Hancock & P. zu Ermgassen, (2020). European native oyster habitat restoration handbook, UK & Ireland. The Zoological Society of London, UK., London, UK. ISBN: 978-0-900881-80-0
- 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, Didderen 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). Annual report 2017
- Staatscourant 2021, 26898 | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen (officielebekendmakingen.nl))
- Troost K, Kamermans P, Wolff WJ (2008) Larviphagy in native bivalves and an introduced oyster. *Journal of Sea Research* 60: 157-163
- Witbaard, Rob; Bos, Oscar; Kamermans, Pauline, 2020, "'Age" determination of European flat oysters from the Voordelta reef", <https://doi.org/10.25850/nioz/7b.b.y>, NIOZ, V2
- Zu Ermgassen, P. S. E., Thurstan, R. H., Corrales, J., Alleway, H., Carranza, A., Dankers, N., DeAngelis, B., Hancock, B., Kent, F., McLeod, I., Pogoda, B., Liu, Q., & Sanderson, W. G. (2020). The benefits of bivalve reef restoration: A global synthesis of underrepresented species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30, 2050–2065. <https://doi.org/10.1002/aqc.3410>
- zu Ermgassen P, O 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 C018/22

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. J.A.M. Craeymeersch
Senior Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 4 april 2022

Akkoord: Drs. J. Asjes
Manager Integratie

Handtekening:



Datum: 4 april 2022

Bijlage 1 Soortenlijst schelpdierbank Voordelta

Een overzicht van de waargenomen soorten op het schelpdierrif in de Voordelta in 2016 - 2018 en in 2021.

Groep	Wetenschappelijke naam	Engelse naam	Nederlandse naam	'21
Annelida	<i>Arenicola marina</i>		Zeepier	✓
Annelida	<i>Lanice conchilega</i>	Sand mason worm	Schelpkokerworm	
Annelida	<i>Neoamphitrite figulus</i>			
Annelida	<i>Phoronis hippocrepia</i>		Kleine hoefijzerworm	
Annelida	<i>Polydora</i>			
Annelida	<i>Pseudopolydora pulchra</i>			
Annelida	<i>Sabella pavonina</i>	Peacock worm	Waaierkokerworm	
Arthropoda	<i>Praunus flexuosus</i>	Chameleon shrimp		
Arthropoda	<i>Cancer pagurus</i>	Edible crab	Noordzeekrab	
Arthropoda	<i>Carcinus maenas</i>	Shore crab	Strandkrab	✓
Arthropoda	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	Pacific crab	Blaasjeskrab	
Arthropoda	<i>Hemigrapsus takanoi</i>	Japanese crab	Penseelkrab	✓
Arthropoda	<i>Hyas araneus</i>		Gewone spinkrab	
Arthropoda	<i>Inachus phalangium</i>		Gladde sponspootkrab	
Arthropoda	<i>Liocarcinus depurator</i>		Blauwpootzwemkrab	
Arthropoda	<i>Liocarcinus holsatus</i>		Gewone zwemkrab	
Arthropoda	<i>Liocarcinus navigator</i>	Arch-fronted swimming crab	Gewimperde zwemkrab	
Arthropoda	<i>Macropodia rostrata</i>	Long legged spider crab	Gewone hooiwagenkrab	
Arthropoda	<i>Necora puber</i>	Velvet swimming crab	Fluwelen zwemkrab	✓
Arthropoda	<i>Pilumnus hirtellus</i>	Hairy crab	Ruig krabbetje	
Arthropoda	<i>Pisidia longicornis</i>		Glad porseleinkrabbetje	✓
Arthropoda	<i>Sessilia</i>	Barnacles	Zeepokken	✓
Arthropoda	<i>Mytilicola intestinalis</i>			
Arthropoda	<i>Athanas nitescens</i>		Kreeftgarnaal	
Arthropoda	<i>Crangon crangon</i>	Common shrimp	Gewone garnaal	✓
Arthropoda	<i>Hippolyte varians</i>		Veranderlijke garnaal	
Arthropoda	<i>Palaemon adspersus</i>		Roodsprietgarnaal	
Arthropoda	<i>Palaemon elegans</i>	Grass prawn	Sierlijke steurgarnaal	
Arthropoda	<i>Palaemon macrodactylus</i>	Oriental shrimp	Rugstreep-steurgarnaal	
Arthropoda	<i>Palaemon serratus</i>	Common prawn	Gezaagde steurgarnaal	
Arthropoda	<i>Pagurus bernhardus</i>	Hermit crab	Grote heremietkreeft	
Arthropoda	<i>Homarus gammarus</i>	European lobster	Europese zeekreeft	
Arthropoda	<i>Porcellana platycheles</i>	Great-clawed crab	Harig porseleinkrabje	
Bryozoa	<i>Anguinella palmata</i>		Slangmosdiertje	
Bryozoa	<i>Bugula plumosa</i>		Spriaalmosdiertje	
Bryozoa	<i>Conopeum reticulum</i>		Zeevitrage	
Bryozoa	<i>Crisularia plumosa</i>			
Bryozoa	<i>Schizomavella linearis</i>		Empingmosdiertje	

Bryozoa	<i>Schizoporella cf unicornis</i>			
Bryozoa	<i>Tricellaria inopinata</i>		Onverwachts mosdiertje	
Chlorophyta	<i>Bryopsis hypnoides</i>		Warrig vederwier	
Chlorophyta	<i>Bryopsis plumosa</i>		Vederwier	
Chlorophyta	<i>Chlorophyta</i>	Green algae	Groenwier	
Chlorophyta	<i>Derbesia marina</i>			
Chlorophyta	<i>Ulva pertusa</i>		Geperforeerde zeesla	✓
Chordata	<i>Raja clavata</i>	Thornback ray	Stekelrog	
Chordata	<i>Aphia minuta</i>		Glasgrondel	
Chordata	<i>Atherina boyeri</i>	Big-scale sand-smelt	kleine koornaarvis	
Chordata	<i>Atherina presbyter</i>		Koornaarvis	
Chordata	<i>Callionymus reticulatus</i>		Rasterpitvis	
Chordata	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Sea bass	Zeebaars	
Chordata	<i>Entelurus aequoreus</i>		Adderzeenaald	
Chordata	<i>Gadus morhua</i>	Cod	Kabeljauw	
Chordata	<i>Gobius niger</i>		Zwarte grondel	✓
Chordata	<i>Gobius paganellus</i>		Paganel-grondel	
Chordata	<i>Gobiusculus flavescens</i>	Two-spotted goby	Blonde grondel	✓
Chordata	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Short-spined sea scorpion	Gewone zeedonderpad	
Chordata	<i>Parablennius gattorugine</i>	Tompot blenny	Gehoornde slijmvis	
Chordata	<i>Pholis gunnellus</i>	Rock gunnel	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>	Longspined bullhead	Groene zeedonderpad	✓
Chordata	<i>Trisopterus luscus</i>		Steenbolc	
Chordata	<i>Zoarces viviparus</i>		Puitaal	
Chordata	<i>Aplidium glabrum</i>		Glanzende bolzakpijp	
Chordata	<i>Ascidia aspersa</i>		Ruwe zakpijp	
Chordata	<i>Botrylloides sp</i>	Botrylloid		
Chordata	<i>Botrylloides violaceus</i>	Colonial sea squirt	Gewone slingerzakpijp	✓
Chordata	<i>Botryllus schlosseri</i>	Star squirt	Gesterde geleikorst	✓
Chordata	<i>Ciliata mustela</i>	Five-bearded rockling	Doorschijnende zakpijp	✓
Chordata	<i>Ciona intestinalis</i>	Yellow sea squirt		
Chordata	<i>Didemnum lahillei</i>		Druipzakpijp	
Chordata	<i>Didemnum vexillum</i>	Carpet sea squirt	Druipzakpijp	
Chordata	<i>Diplosoma listerianum</i>		Grijze korstzakpijp	✓
Chordata	<i>Molgula manhattensis</i>		Europese ronde zakpijp	
Chordata	<i>Perophora japonica</i>		Japanse zakpijp	
Chordata	<i>Styela clava</i>	Rough sea squirt	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>		Kirchenpaueria sp.	
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>	Beadlet anemone	Rode paardenanemoon	
Cnidaria	<i>Anemonia viridis</i>		Wasroos	
Cnidaria	<i>Cerianthus lloydii</i>		Viltkokeranemoon	✓
Cnidaria	<i>Diadumene cincta</i>	Orange anemone	Golfbrekeranemoon	
Cnidaria	<i>Haliplanella lineata</i>		Groene golfbrekeranemoon	
Cnidaria	<i>Metridium dianthus</i>	Plumose anemone		
Cnidaria	<i>Metridium senile</i>		Zeeanjelier	✓
Cnidaria	<i>Sagartia elegans</i>		Sierlijke slibanemoon	
Cnidaria	<i>Sagartia troglodytes</i>	Mud sagartia	Gewone slibanemoon	✓
Cnidaria	<i>Sagartiogeton undatus</i>	Small snakelocks anemone	Weduweroos	
Cnidaria	<i>Urticina felina</i>	Dahlia sea anemone	Zeedahlia	✓
Ctenophora	<i>Beroe gracilis</i>		Komkommerkwalletje	
Ctenophora	<i>Mnemiopsis leidyi</i>		Amerikaanse ribkwal	
Ctenophora	<i>Pleurobrachia pileus</i>		Zeedruif	
Echinodermata	<i>Amphipholis squamata</i>	Dwarf brittle star		
Echinodermata	<i>Asterias rubens</i>	Common starfish	Gewone zeester	
Echinodermata	<i>Ophiothrix fragilis</i>	Common brittle star	Brokkelster	
Echinodermata	<i>Psammechinus miliaris</i>		Gewone zeeappel	
Isopoda	<i>Idotea granulosa</i>		Idotea granulosa	
Mollusca	<i>Buccinum undatum</i>	Common whelk	Wulk	
Mollusca	<i>Crepidula fornicata</i>	Slipper limpet	Muiltje	✓
Mollusca	<i>Elysia viridis</i>	Sap-sucking slug	Groene Wierslak	
Mollusca	<i>Nassarius nitidus</i>		Grofgeribde fuikhoren	
Mollusca	<i>Nassarius reticulatus</i>		Gevlochten fuikhoren	
Mollusca	<i>Aeolidia papillosa</i>	Shag-rug aeolis	Grote vloslak	
Mollusca	<i>Goniodoris castanea</i>		Bruine plooijslak	
Mollusca	<i>Hermaea bifida</i>		Slanke rolsprietslak	
Mollusca	<i>Palio nothus</i>		Groene mosdierslak	
Mollusca	<i>Thecacera 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>Crassostrea gigas</i>	Pacific oyster	Japanse oester	✓
Mollusca	<i>Ensis directus</i>		Amerikaanse zwaardschede	
Mollusca	<i>Mya arenaria</i>	Steamer clam	Strandgaper	
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	Blue mussel	Gewone mossel	✓
Mollusca	<i>Ostrea edulis</i>	European flat oyster	Platte oester	✓
Mollusca	<i>Venerupis corugata</i>		Gewone tapijtschelp	✓
Mollusca	<i>Lepidochitona cinerea</i>	Grey chiton	Asgrauwe keverslak	
Nemerta	<i>Lineus longissimus</i>		Lineus longissimus	
Ochrophyta	<i>Dictyota dichotoma</i>		Gaffelwier	
Ochrophyta	<i>Phaeophyceae</i>	Brown algae		
Ochrophyta	<i>Sargassum muticum</i>	Wireweed	Japans bessewier	
Ochrophyta	<i>Undaria pinnatifida</i>		Wakame	

Phaeophyta	<i>Fucus spiralis</i>	Spiral wrack	Kleine zee-eik	
Porifera	<i>Celtodoryx ciocalyptoides</i>		Gele wratspons	
Porifera	<i>Cliona celata</i>	Yellow boring sponge	Boorspons	✓
Porifera	<i>Halichondria bowerbanki</i>		Sliertige broodspons	
Porifera	<i>Halichondria panicea</i>	Bread-crumble sponge	Gewone broodspons	✓
Porifera	<i>Haliclona oculata</i>	Mermaid's glove horny sponge	Geweispons	
Porifera	<i>Haliclona xena</i>		Paarse buisjesspons	
Porifera	<i>Halisarca dujardini</i>		Weke balletjesspons	
Porifera	<i>Hymeniacidon perlevis</i>		Bleke piekjesspons	
Porifera	<i>Leucosolenia variabilis</i>		Gewone buisjesspons	
Porifera	<i>Mycale micrakanthoxea</i>		Ruwe aderspons	
Porifera	<i>Protosuberites denhartogi</i>		Oranje korstpons	
Rhodophyta	<i>Aglaothamnion tenuissimum</i>			
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>		Iersmos	
Rhodophyta	<i>Cryptopleura sp.</i>			
Rhodophyta	<i>Dasysiphonia japonica</i>		Veelvertakt pluimwier	
Rhodophyta	<i>Erythrotrichia carnea</i>			
Rhodophyta	<i>Gracilariopsis longissima</i>			
Rhodophyta	<i>Griffithsia devoniensis</i>			
Rhodophyta	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>		Tongwier	
Rhodophyta	<i>Mastocarpus stellatus</i>		Kernwier	
Rhodophyta	<i>Neosiphonia harveyi</i>			
Rhodophyta	<i>Nitophyllum stellato-corticum</i>			
Rhodophyta	<i>Polysiphonia fucooides</i>			
Rhodophyta	<i>Polysiphonia senticulosa</i>			
Rhodophyta	<i>Pterothamnion plumula</i>			

Bijlage 2 Taxa aangetroffen in kwadranten

Taxa aangetroffen in kwadranten van 0,25 m² in 3 transecten van het oesterrif.

Classificatie: 1: zeldzaam, 1-9 exemplaren of kolonies; 2: algemeen 0-99 exemplaren of kolonies 3: massaal, > 100 exemplaren of kolonies.

Nederlandse naam	Wet. naam	Transect noord (T1)					Midden (T2)					Zuid (T3)				
		Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1
Bruinwier	Phaeophyceae															
Roodwier	Rhodophyta	1		1	1	1	2		2	1	2	2		1	1	2
zeesla	Ulva sp.	1														
Korstspoon (onb)	Ponifera sp.															
Gewone broodspoon	<i>Halichondria (Halichondria) panicea</i>	1		1	1	1	1		1		1	1		1		1
Paarse buisjesspon	<i>Halidona xena</i>				2				2		1					
Sliertige broodspoon	<i>Halichondria bow-erbanki</i>						1		1		1					
Boorspon	<i>Cilona celata</i>	1		2	1	2			1			1		1		1
Silbanemoon	<i>Sagartia troglodytes</i>	1		2	1	2	1			1				1		1
Zeeanjelier	<i>Metridium dianthus</i>				1	1										
Zeedahlia	<i>Urticina felina</i>											1				1
Witkokeranemoon	<i>Cerianthus lloydii</i>					1										
Tweekleppige (onb)	Bivalvia	1		1												
Japane oester	<i>Magallana gigas</i>	1		1	1	1	2		1	1	1	1		1	1	1
Platte oester	<i>Ostrea edulis</i>	1		1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1
Mossel	<i>Mytilus edulis</i>				1											
Muiltje	<i>Crepidula fornicata</i>	1		1												
Tapjtschelp	<i>Venerupis corrugata</i>													1	1	1
Fulkhoren (Onb)	<i>Nassarius spec.</i>															
Alikruik	Littorinidae															
Mosdiertje (onb)	Bryozoa	1														
Mosdiertje	<i>Bugula sp.</i>			1		1										
Spiraalmosdiertje	<i>Bugula plumosa</i>	1		1	1	1										
Slangmosdiertje	<i>Anguinella palmata</i>	1				1										
Hydroïdpoplep (onb)	Hydrozoa	2			2	3					2			2		2
Silkkokerworm sp.	<i>Spionida sp.</i>	1		1	1	1	3		3	3	3	2		2		1
Zeepok	Sessilia			1			1		2	2	2	1		2		1
Jassa	<i>Jassa sp.</i>	3		3	3	3	3		3	3	3	3		3		3
Zeespin	<i>Nymphon sp.</i>															
Gewone garnaal	<i>Crangon crangon</i>	1		1	1											
Krab (onb)	Decapoda juv.			1		1				1	1			1		
Penseelkrab	<i>Hemigrapsus takanoi</i>	1		1	1	1	1		1	1	1	1		1		1
Porceleinkrabbetje	<i>Pisidia longicornis</i>	1				1				1				1		
Fluwelen zwemkrab	<i>Necora puber</i>															1
Strandkrab	<i>Carcinus maenas</i>	1				1				1						1
Slangster (onb)	Ophiuridae					1										
Gewone slingerzakpijp	<i>Botrylloides violaceus</i>	1		1	1	1	1		1	1	1	1		1		2
Druipzakpijp	<i>Didemnum spec.</i>			1	1		1			1		2				2
Grijze korstzakpijp	<i>Diplosoma listerianum</i>	1		2	1		1					1		1		1
Glanzende bolzakpijp	<i>Aplidium glabrum</i>													1		
Solitaire zakpijp sp.	Ascidacea													1		
Doorschijnende zakpijp	<i>Ciona intestinalis</i>			1												1
Japane knotszakpijp	<i>Styela clava</i>					1										
Dikkopje / bodemgrond	<i>Pomatoschistus spec.</i>				1		1				1			1		
zwarte grondel	<i>Gobius niger</i>	1								1						
Blonde grondel	<i>Gobiusculus flavescens</i>															
Groene zeedonderpad	<i>Taurulus bubalis</i>															
Botervis	<i>Pholis gunnellus</i>	1		1												
Aantal taxa		23		21		20			18		18			17		12
Aantal soorten/ genera		19		18		15			13		14			14		10



Transect noord, Q1



Transect noord, Q2



Transect noord, Q3



Transect noord, Q4



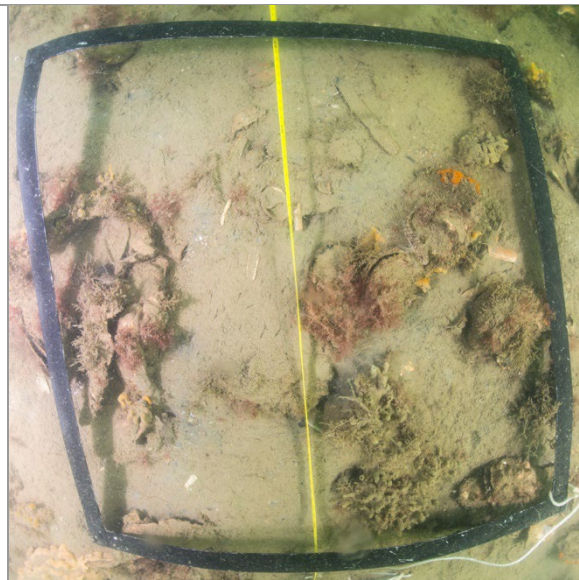
Transect noord, Q5



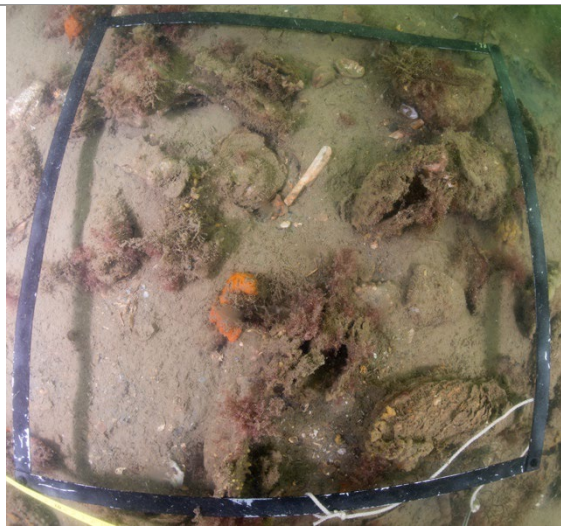
Transect midden, Q1



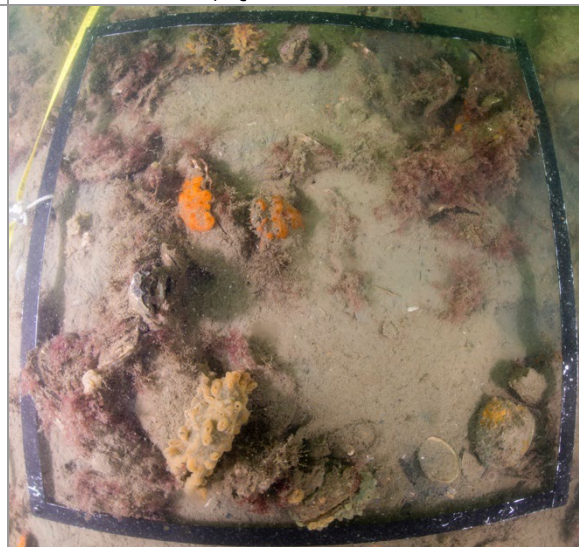
Transect midden, Q2



Transect midden, Q3



Transect midden, Q4



Transect midden, Q5



Transect zuid, Q1



Transect zuid, Q2



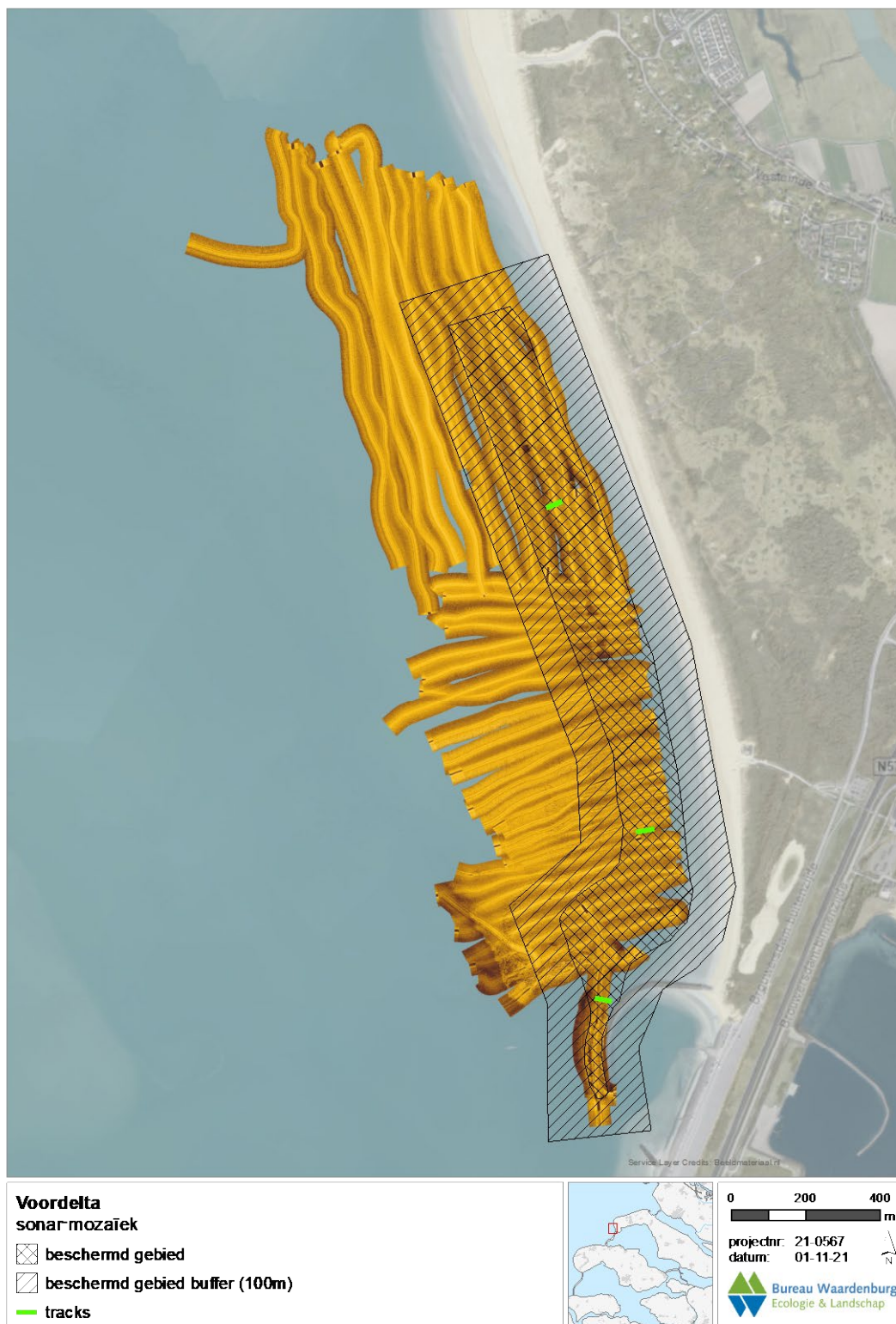
Transect zuid, Q3



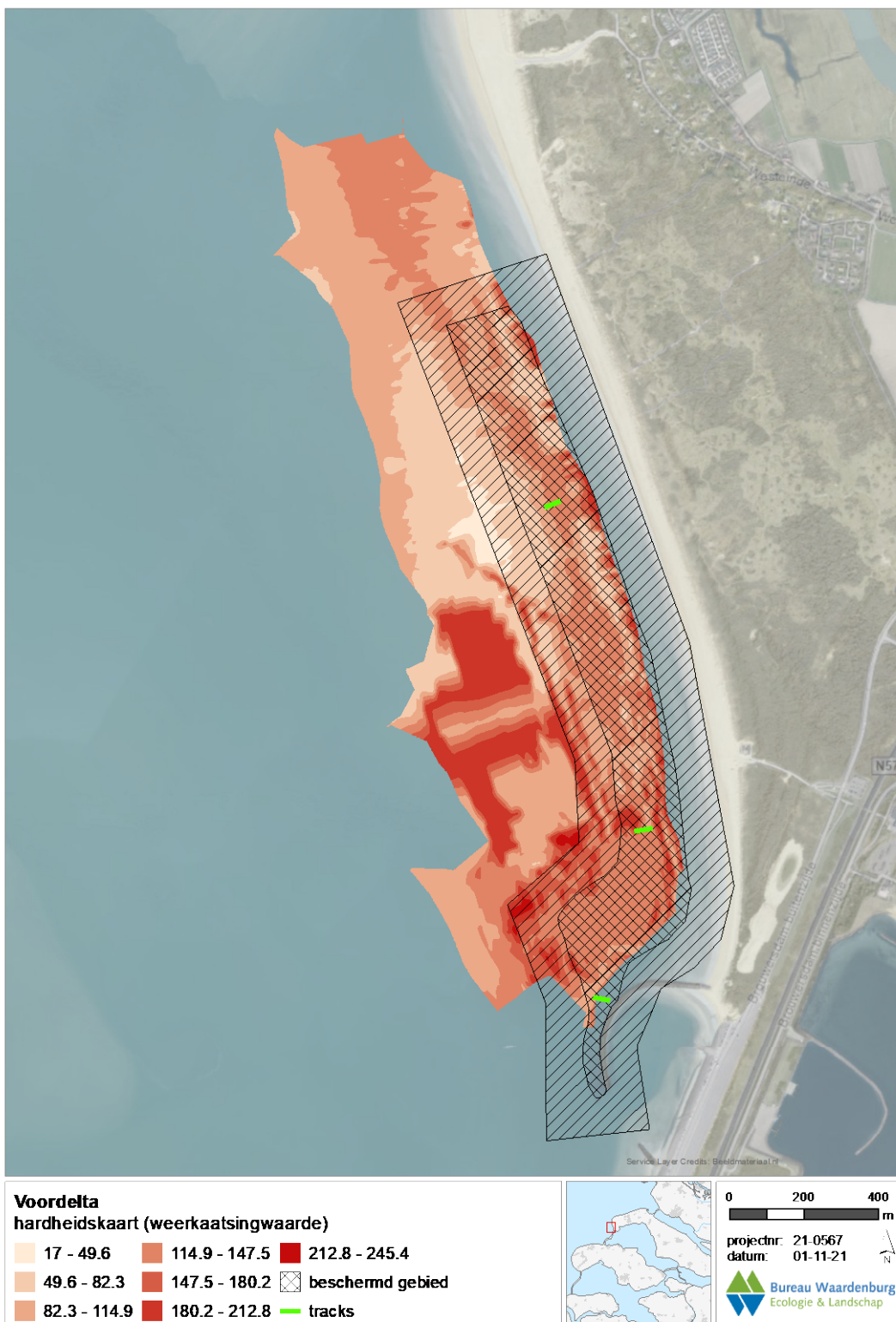
Transect zuid, Q4



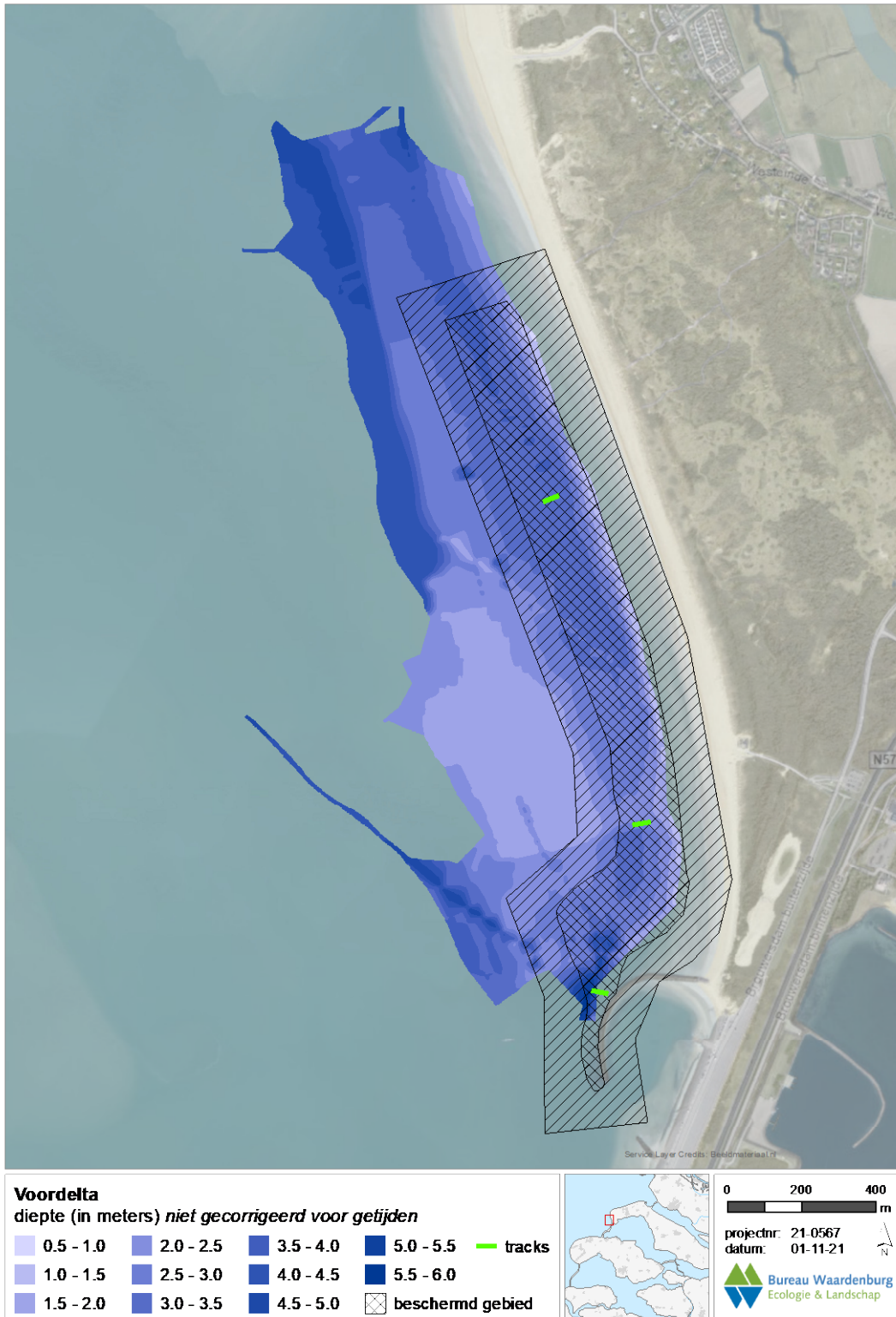
Transect zuid, Q5



Kaart 1 Sonarmozaïek



Kaart 2 Hardheid (weerkaatsingswaarde)



Kaart 3 Diepte (waterdiepte in meters)

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

Bezoekers adres:

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

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



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