



Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee

Periode 1995 tot en met 2022

S.T. Glorius & A. Meijboom

WOT-technical report 261
WMR rapport C031/24



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee

Dit WOT-technical report is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. WOT Natuur & Milieu zorgt voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werkt mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

Disclaimer WOT-publicaties

De reeks 'WOT-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor WOT Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOT-technical report 261 is het resultaat van onderzoek dat gefinancierd is door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee

Periode 1995 tot en met 2022

S.T. Glorius en A. Meijboom

Wageningen Marine Research

BAPS-projectnummer WOT-04-009-035.01

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, juni 2024

WOT-technical report 261

WMR rapport C031/24

ISSN 2352-2739

DOI 10.18174/657915

Referaat

Glorius, S.T. & A. Meijboom (2024). *Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; Periode 1995 tot en met 2022*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 261.

Wageningen Marine Research bestudeert de ontwikkeling op de lange termijn van een aantal individuele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, met speciale aandacht voor de eigenschappen die van invloed zijn op de overleving van mosselbanken. Dit onderzoek wordt uitgevoerd binnen het WOT-thema Informatievoorziening Natuur. De oudere banken, die reeds minimaal 16 jaar aanwezig zijn, blijken zich goed te kunnen handhaven terwijl de jongere banken (<5 jaar oud, veelal in het jaar 2018 ontstaan) de afgelopen jaren allemaal zijn verdwenen. In zijn algemeenheid blijkt dat de mosselbanken na het jaar van ontstaan langzaam in oppervlakte, bedekkingspercentage en populatiedichtheid achteruitgaan en dat het aandeel lege schelpen, macroalgen en zeepokken toeneemt. De afname in oppervlakte en bedekking wordt af en toe tenietgedaan door een goede mosselbroedval, waarna het proces opnieuw begint. Zo ontstaat er een mosselbank met meerdere jaarklassen. Wanneer het verlies van mosselen niet gecompenseerd wordt door aanwas met nieuw mosselzaad, verdwijnt de bank na een aantal jaren. Vestiging van Japanse oesters in bestaande mosselbanken blijkt een algemeen verschijnsel, dat resulteert in een toename van de schelpdierbedekking en een afname in de mosselbiomassa.

Trefwoorden: droogvallende mosselbank, litorale mosselbank, mosselen, Japanse oesters, Waddenzee

Abstract

Development of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea: Period 1995 to 2022

Wageningen Marine Research is studying the long-term development of a number of individual intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea to identify the characteristics that determine the survival of mussel beds. The study is being carried out as part of the WOT theme Nature Information Infrastructure. The data show that the older mussel beds (which have been continuously present for at least the last 16 years), are vital structures capable of maintaining themselves. Younger beds are more prone to disappear, which is illustrated by the disappearance of all young beds (formed in or after 2018) during 2022 and 2023. After formation, new mussel beds gradually decline in area, coverage and population density, while the proportion of empty shells, macroalgae and barnacles increases. The decline in size and coverage is occasionally counteracted by successful mussel spatfall, after which the process starts again. Without (extensive) new spatfall events, beds are likely to disappear within five years. Japanese oysters have settled in all the beds under study, leading to higher shellfish coverage and a decline in mussel biomass.

Foto omslag: S.T. Glorius

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/657915> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. WOT Natuur & Milieu verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2024 **Wageningen Marine Research**

Postbus 57, 1780 AB Den Helder

Tel: (0317) 480900; e-mail: sander.glorius@wur.nl

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (unit binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research),
Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 54 71, info.wnm@wur.nl, www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.



Dit werk is gelicentieerd onder de Creative Commons CC-BY-NC licentie. Zie voor de licentievoorwaarden: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.nl>

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

WOT Natuur & Milieu aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

In deze jaarlijkse werkrapportage wordt de ontwikkeling van enkele individuele mosselbanken beschreven. Hieruit wordt een algemeen beeld van de ontwikkeling van droogvallende mosselbanken gevormd. Dit rapport beschrijft de situatie tot en met 2022. Het project 'Ontwikkeling mosselbanken' wordt uitgevoerd in het kader van de wettelijke onderzoekstaken binnen het thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). De inventarisaties worden ingebracht in het Trilaterale Monitoring Programma, zoals dat internationaal is overeengekomen voor de Waddenzee (TMAP) en onder andere wordt gebruikt in rapportages over de toestand van de natuur in het Natura 2000-gebied Waddenzee. Dit onderzoek zou niet mogelijk zijn zonder de inzet van betrokken medewerkers en de hulp en inzet van de bemanning van de schepen van de Waddenunit van het ministerie van LNV.

Sander Glorius

Inhoud

| | |
|---|-----------|
| Samenvatting | 9 |
| Summary | 11 |
| 1 Inleiding | 13 |
| 1.1 Droogvallende mosselbanken | 13 |
| 1.1.1 Ecologisch belang mosselbanken | 13 |
| 1.1.2 Introductie van de Japanse oesters | 13 |
| 1.1.3 Aanwezigheid en ontwikkeling mosselbanken in het verleden | 14 |
| 1.1.4 Huidige ontwikkeling mosselbanken | 14 |
| 1.1.5 Bescherming en regelgeving voor mosselbanken | 14 |
| 1.2 Het onderzoek | 15 |
| 1.2.1 Doel | 15 |
| 1.2.2 Aanpak | 15 |
| 2 Methode | 16 |
| 2.1 Locatie mosselbanken | 16 |
| 2.2 Contour en het bankoppervlak | 16 |
| 2.3 Schelpdierbedekking | 17 |
| 2.3.1 Bedekkingsraaien | 17 |
| 2.3.2 Score van de mosselbedekking langs de raaien | 18 |
| 2.4 Lengte-frequentieverdeling en samenstelling | 19 |
| 3 Resultaten | 21 |
| 3.1 Ontwikkeling contouren en oppervlakte | 21 |
| 3.2 Ontwikkeling mosselen en Japanse oesters | 28 |
| 3.3 Ontwikkeling dood materiaal en overige fauna | 32 |
| 4 Discussie en conclusie | 35 |
| 5 Aanbevelingen | 37 |
| 6 Kwaliteitsborging | 38 |
| Literatuur | 39 |
| Verantwoording | 42 |
| Bijlage 1 Bankcontouren per jaar | 43 |
| Bijlage 2 Kaarten bedekking | 49 |
| Bijlage 3 Ontwikkeling mosselpopulatie | 52 |
| Bijlage 4 Ontwikkeling Japanse oesterpopulatie | 54 |

Samenvatting

Mosselbanken worden beschouwd als een belangrijk ecotoop binnen de Waddenzee. In het beheerplan van de Waddenzee voor de periode 2016-2028 (Staatscourant, 2022) is opgenomen dat herstel van droogvallende mosselbanken en zeegrasvelden noodzakelijk is voor de verbetering van de kwaliteit van habitatype H1140 'droogvallende zandplaten'. Gedurende de jaren tachtig van de vorige eeuw nam het oppervlak van droogvallende mosselbanken sterk af door strenge winters en visserij op mosselzaad (Dankers et al., 2004). Na bijna het volledig verdwijnen van de droogvallende mosselbanken eind jaren tachtig, ontstond begin jaren negentig van de vorige eeuw twijfel of mosselbanken wel meerdere jaren konden blijven bestaan. Daarom wordt binnen dit project sinds 1995 elk jaar een aantal (meestal zes) mosselbanken op de droogvallende platen gekarteerd om zodoende de jaarlijkse veranderingen in locatie en bankomvang te kunnen documenteren. Om veranderingen beter te kunnen verklaren, wordt naast het karteren van ieder van de onderzochte mosselbanken ook informatie verzameld over de samenstelling van de bank. Dit omvat onder andere de bepaling van het oppervlak dat bedekt is met mosselen en Japanse oesters, de biomassa- en lengteverdeling van zowel mosselen als Japanse oesters, en de aanwezigheid van andere organismen op de mosselbank. Hierdoor levert het project ook inzicht in de vestiging en verspreiding van de Japanse oester in de Waddenzee sinds 2000 en de consequentie(s) hiervan voor de mosselpopulaties. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van wettelijke onderzoekstaken, thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door het ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

In het voorjaar van 2022 werden de mossellocaties met de nummers 502 (Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland-Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog-Brakzand), 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid) en 640 (Schiermonnikoog-ZOL) bezocht. In het najaar werden de mosselbanklocaties met de nummers 710 (Rottumerplaat), 727 (Rottumeroog-Horsbornzand) en 736 (Rottumeroog-Oost) bezocht. Mosselbanken 640 en 727 zijn beide in het jaar 2018 ontstaan en aan het programma toegevoegd. Bank 640 werd in hetzelfde jaar van ontstaan voor het eerst bemonsterd en bank 727 een jaar later (in 2019). Aan de hand van de veranderingen van de individuele mosselbanken wordt een algemeen beeld geschetst van de ontwikkeling van mosselbanken over de jaren tot en met 2022.

Een groot deel van de hier onderzochte banken (de banknummers 502, 503, 603, 710 en 736) blijkt erg stabiel te zijn. Ze hebben zich, door o.a. periodiek terugkomende mosselbroedvallen, sinds de start van het onderzoek in 1995 kunnen handhaven en zijn reeds tussen de 16 en 27 jaar aanwezig op min of meer dezelfde plek. Deze banken blijken te bestaan uit zeer stabiele bankdelen (plekken waar nagenoeg altijd mosselen aangetroffen worden) en meer dynamische delen (plekken waar het ene jaar wel en het andere jaar geen mosselen aangetroffen worden). In de stabiele bankdelen verandert de ligging van de bankrand vaak niet of zeer beperkt. De dynamische bankdelen worden gevormd door ofwel mosselzaadval ofwel door verschuivingen van bankdelen na storm(en). Deze delen vallen gemakkelijker uiteen na sterfte of wegspoeling. De stabiele bankdelen bevinden zich vaak aan de kant van de bank die naar de geul toe gericht is, terwijl de meer dynamische bankdelen zich vaak aan de andere zijde van de bank bevinden; op grotere afstand van de geul en met stabiele bankdelen er tussen gelegen.

Langjarige bankoverleving is niet vanzelfsprekend. In het jaar 2022 bleken beide in 2018 nieuwgevormde banken (de banknummers 640 en 727) verdwenen te zijn. Deze banken zijn hiermee vijf jaar oud geworden. In de afgelopen periode zijn ook een aantal andere banken, opgenomen in dit onderzoek, geheel of nagenoeg verdwenen nadat deze vijf tot tien jaar aanwezig zijn geweest (de banknummers 606, 703, 726, 734 en 735). Door het verdwijnen van de banken 640 en 727 wordt op alle in dit onderzoek opgenomen banken Japanse oesters aangetroffen. De vestiging van de Japanse oester in de mosselbanken heeft grote invloed gehad op de mosselpopulatie. Qua aantallen zijn mosselen nog altijd in de meerderheid, maar qua biomassa is dit voor bijvoorbeeld 502 en 503 al jaren niet meer het geval.

Veel nieuwgevormde mosselbanken verdwijnen het jaar erop. Zoals ook in de eerdere tussenrapportages (in o.a. Glorius et al., 2022) is geconcludeerd, gaan mosselbanken die wel blijven liggen in het algemeen na het jaar van ontstaan langzaam in oppervlak, bedekkingspercentage en mosseldichtheid achteruit. Op de

mosselbanken neemt dan het percentage lege schelpen, macroalgen, zeepokken en restgewicht toe in verhouding tot de levende mosselen. De afname in oppervlakte en bedekking wordt af en toe onderbroken door een goede broedval, waarna het proces opnieuw begint. Hierdoor ontstaat na verloop van tijd een mosselbank bestaande uit meerdere jaarklassen en met een gevarieerde levensgemeenschap.

Ondanks de overeenkomsten in algemene ontwikkeling, kunnen er van jaar tot jaar en van bank tot bank grote verschillen zijn in ontwikkeling. Deze verschillen kunnen bijvoorbeeld ontstaan door locatie (en dus blootstellingen aan storm en predatie) of door karakteristieken van de mosselbank (de mate waarin deze bestand is tegen stormen en predatie).

Hoewel het effect van Japanse oesters op de mosselbiomassa duidelijker is geworden, is niet bekend of er zich een evenwicht heeft ingesteld tussen beide soorten op banken. Ook is nog onduidelijk wat bepalend is voor de uiteindelijke biomassa van mosselen en oesters die op banken aangetroffen wordt en die behoorlijk kan verschillen tussen banken. Daarnaast zijn effecten van Japanse oester op andere flora en fauna en abiotische kenmerken in en rond de banken niet goed bekend. Dit samen met hoe de mosselbedekking, mosselbulten (reliëf) en afvoerkanaal zich ontwikkelen in de eerste jaren na ontstaan van een nieuwe bank vormen onderzoeksvragen voor de toekomst.

Summary

Mussel beds are regarded as an important ecotope in the Wadden Sea. In the management plan for the Wadden Sea for the period 2016–2028, the Ministry of Infrastructure and Environment underscores the necessity for restoration of the area of littoral mussel beds in order to improve the quality of habitat type H1140. After the disappearance of most littoral mussel beds in the 1990s, it was questioned whether mussel beds could survive for several years. The present study involves the mapping of around five to eight individual mussel beds to document their current location and size and the changes in these parameters over the years. In addition to these basic assessments, we have collected data on the characteristics of the mussel beds under investigation. This includes data on the extent of mussel and oyster coverage within the bed, the size and weight of the mussels and oysters, and the presence of other organisms. This research is conducted within the framework of the statutory research tasks theme Nature Information Infrastructure and is coordinated by the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV).

During the spring of 2022, the following mussel beds were visited: 502 (Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland-Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog-Brakzand), 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid) and 640 (Schiermonnikoog – Zuidoost Lauwers). In autumn 2020, mussel beds 710 (Rottumerplaat), 727 (Rottumeroog – Horsbornzand) and 736 (Rottumeroog-Oost) were recorded. Mussel beds 640 and 727 were both formed in 2018 after a mussel spatfall event. Bed 640 was sampled for the first time that same year, while bed 727 was first sampled in 2019.

The results show that most mussel beds included in this project are persistent structures (beds 502, 503, 603, 710 and 736). These beds are periodically replenished by mussel spatfall and have been present for 16 to 27 years without interruption. Large parts of these mussel beds are relatively stable and their boundaries do not change much from year to year. Other smaller parts of the beds are more dynamic, expanding as a result of the rearrangement of mussel patches during storm events and/or local spatfall, and subsequently disappearing due to mortality or erosion. In most cases, the stable parts of the beds are oriented towards the main gully and the dynamic parts are located on the other side of the bed. However, long-term mussel bed survival is far from certain. Several mussel beds (606, 703, 726, 734 and 735) have largely or entirely disappeared in recent years, after being present for several years (5–10). The mussel beds that were newly formed in 2018 (640 and 727) disappeared between 2022 and 2023, having reached a ‘bed age’ of five years. This shows the low survival chances of younger mussel beds in particular.

Following the disappearance of beds 640 and 727, Japanese oysters are now present in all the investigated beds. The oysters have a big influence on the mussel population. Numerically, mussels still dominate the shellfish species in all beds, but for several years oysters have dominated the shellfish biomass in beds 502 and 503. It is not yet clear whether the effect of Japanese oyster settlement on the characteristics of the mussel population has reached its full extent.

As described in previous reports (e.g. Glorius et al., 2022), a year after a mussel bed arises, it starts to gradually decrease in size, coverage and mussel density and biomass. This means that the coverage of empty shells, macroalgae, barnacles and other biomass increases relative to that of the living mussels. This decline in size and coverage is occasionally interrupted by new mussel spat deposition, after which the process starts again. Over the years, the mussel bed gradually develops into a diverse community with multiple year classes.

1 Inleiding

1.1 Droogvallende mosselbanken

1.1.1 Ecologisch belang mosselbanken

Mosselbanken, gevormd door de mossel *Mytilus edulis*, vormen een belangrijk landschapselement in de Waddenzee. De mosselbulten van een droogvallende mosselbank kunnen meer dan een meter hoog worden en zijn in het voornamelijk vlakke landschap al van verre te zien. Tussen de mosselbulten ontstaan er prieltjes en poeltjes, die soms meer dan 1,5 m diep kunnen worden. Wanneer bij eb het zeewater zakt, verschijnen de bulten als eerste boven water. Het water stroomt via de prieltjes van de bank, waardoor snelstromende beekjes ontstaan. Zelfs als de mosselen door bijvoorbeeld een storm eroderen, blijven de ontstane structuren als kleibulten en schelplagen nog jaren zichtbaar en vormen een geschikte vestigingsplaats voor nieuw mosselbroed.

De individuele mosselen in de bank vormen een belangrijke schakel tussen de ecosystemen van het open water en de bodemzone daaronder (Dame, 2011; Prins en Escaravage, 2005). Ze filteren slib en organisch materiaal uit de waterkolom (Prins et al., 1998). Het eetbare deel van het organische materiaal wordt opgenomen en omgezet in mosselvlees, terwijl het niet-eetbare deel net als het anorganische deel, wordt uitgescheiden als pseudofaeces voordat het door het spijsverteringskanaal gaat. Ook zorgt de aanwezigheid van een mosselbank voor afname van de stroomsnelheid, wat leidt tot bezinking van organisch materiaal. Hierdoor neemt het organische gehalte van de bodem in en rondom een mosselbank toe en de korrelgrootte af. Daarnaast vormen zij door de stabiele structuur een hard substraat in een verder 'zachte' omgeving. Door deze eigenschappen bieden mosselbanken structuur en leefruimte aan andere soorten (Nehls et al., 1997; Gutiérrez et al., 2003; Buschbaum et al., 2009; Van der Ouderaa et al., 2021; Sea et al., 2022). Op de mosselen zelf groeien zeepokken, macroalgen en andere soorten die graag op hard substraat voorkomen. Tussen de mosselen vinden soorten als de alikruik een geschikte leefomgeving en in de poeltjes tussen de mosselbulten zwemmen vissen als grondels en botten en andere bodemdieren, zoals garnalen. Mosselbanken vormen daarmee 'hotspots' in de omgeving; de biodiversiteit binnen de mosselbank is hoger dan in het aangrenzende zandige wad (Günther, 1996; Markert et al., 2010; Buschbaum et al., 2009; Kochmann et al., 2008; Van der Ouderaa et al., 2021). Zowel het aantal voorkomende soorten als de diversiteit is afhankelijk van de leeftijd en complexiteit van de mosselbank (Tsuchiya & Nishihira, 1985; Tsuchiya & Nishihira, 1986). De mosselen op de mosselbank en de aan mosselbanken geassocieerde soorten vormen een voedselbron voor vogels en grote vissen. In de jaren tachtig van de vorige eeuw telde Zwarts (1991) 25% van alle wadvogels op de mosselbanken, die toen 3% van het droogvallende wad innamen. Ook Ens & Alting (1996) vonden een positieve correlatie tussen vogeldichtheden en mosselbanken.

1.1.2 Introductie van de Japanse oesters

Japanse oesters (*Magallana gigas*) zijn in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw op diverse locaties langs de Europese kust uitgezet voor aquacultuurdoeleinden (Troost, 2009). Er werd aangenomen dat de Japanse oester niet in staat was zich voort te planten vanwege de koude watertemperaturen (Troost, 2009). Dit bleek onjuist; al snel werd duidelijk dat Japanse oesters wel degelijk in staat waren zich voort te planten in het Nederlandse water. In Nederland zijn Japanse oesters voor het eerst geïntroduceerd in 1964 in de Oosterschelde (Drinkwaard, 1999) als vervanging voor het cultiveren van de inheemse 'platte oester' (*Ostrea edulis*). In 1975 werd oesterzaad gevonden op mosselen en droogvallende mosselbanken (Drinkwaard, 1999). In de Nederlandse Waddenzee zijn Japanse oesters voor het eerst aangetroffen in 1983 (Troost, 2009; Bruins, 1983). In de jaren hierna verspreidde de Japanse oester zich ook naar de Duitse en Deense Waddenzee (Troost, 2009; Troost, 2010; Reise, 1998; Diederich, 2005; Nehls et al., 2006). Japanse oesters komen inmiddels voor in alle gematigde kustgebieden over de hele wereld (Ruesink et al., 2005). De larven van de oester zijn enkele weken aanwezig in de waterkolom voordat ze zich vestigen aan hard substraat, waar ze zich verder kunnen ontwikkelen tot volwassen oesters. De mosselen die aanwezig zijn in

banken in de Waddenzee vormen hiermee een geschikt aanhechtingsoppervlak voor oesterlarven om te settelen. Omdat oesterlarven zich ook goed op volwassen oesters kunnen hechten (Diederich, 2005) en natuurlijke vijanden (in eerste instantie) ontbreken (Troost, 2010), werd een snelle uitbreiding van de oesterpopulatie in de Waddenzee mogelijk. Een groot aantal pure mosselbanken is hierna omgevormd tot gemengde mossel- en Japanse oesterbanken (zie Troost et al., 2023 en eerdere rapportages). Hoewel gevreesd werd dat mosselbanken mogelijk in het geheel verdwijnen door vestiging van de Japanse oester, is hiervan geen sprake.

1.1.3 Aanwezigheid en ontwikkeling mosselbanken in het verleden

Droogvallende mosselbanken kwamen in het verleden naar alle waarschijnlijkheid veel in de Waddenzee voor. De banken kenmerken zich door een grote mate van plaat-vastheid, waardoor duidelijke 'mosselgebieden' aan te wijzen zijn (Dankers et al., 2003, 2006; Dankers & Fey, 2015). De eerste kwantitatieve schatting van het mosselbankoppervlak over de volledige Waddenzee werd uitgevoerd door Dijkema et al. (1989) en was gebaseerd op luchtfoto-interpretatie. Zijn kaart, gebaseerd op de situatie eind jaren zeventig, geeft een mosselbankareaal van ± 4200 ha (Dankers en Koelemaij, 1989; Tydeman, 1996). Retrospectief onderzoek in het kader van EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserijbeleid) komt uit op uiterste grenzen tussen 1000 en 6000 ha (Dankers et al., 2003).

In de jaren tachtig van de vorige eeuw nam het areaal mosselbanken af door intensieve visserij en strenge winters. In het voorjaar van 1987 was er nog slechts 650 ha over, maar op oude banken ontwikkelden zich nieuwe banken die in de jaren 1988-1990 opnieuw werden weggevisd. Tussen 1991 en 1994 was er minder dan 200 ha over (Dankers et al., 2003). Veel banken die daarna in de jaren negentig ontstonden, waren niet stabiel genoeg om winterstormen en ijsschade te overleven (Dankers et al., 2004), maar geleidelijk nam het areaal weer toe.

1.1.4 Huidige ontwikkeling mosselbanken

Jaarlijks wordt in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), binnen de wettelijke onderzoekstaken op het gebied van visserij, door Wageningen Marine Research het totale areaal aan droogvallende mossel- en oesterbanken geschat alsmede de totale biomassa in deze banken (Troost et al., 2023). Uit deze inventarisatie is gebleken dat er in het voorjaar van 2022 een areaal van 676 ha aan pure mosselbanken, 1.065 ha aan gemengde mossel-/oesterbanken en 238 ha aan (pure) oesterbanken aanwezig was (Troost et al., 2023; p.28). Het areaal aan mosselbanken (puur en gemengd met Japanse oesters) komt hiermee op 1741 ha. Het mosselbankareaal is met ongeveer 17% afgenomen t.o.v. het jaar 2021. Het bankareaal neemt hiermee afgelopen drie jaar af.

1.1.5 Bescherming en regelgeving voor mosselbanken

Mosselbanken vormen een belangrijk onderdeel voor een goede structuur en functie van habitatype H1140 'bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten' binnen de Wet natuurbescherming. Daarnaast zijn binnen deze wet instandhoudingsdoelstellingen opgesteld voor verschillende vogelsoorten (zoals scholeksters), waarvoor schelpdieren een belangrijke voedselbron vormen. Mosselen en mosselbanken zijn hiermee wettelijk beschermd als belangrijke componenten in het ecosysteem.

In het beheerplan van de Waddenzee voor de periode 2016-2028 (Staatscourant, 2022) is opgenomen dat herstel van droogvallende mosselbanken en zeegrasvelden noodzakelijk is voor de verbetering van de kwaliteit van habitatype H1140 'droogvallende zandplaten'. Om dit doel te bereiken voor mosselbanken, zijn bepaalde gebieden, zoals het referentiegebied Rottum, gesloten voor mosselzaadvissers. Op de overige wadplaten wordt mosselzaadvissers slechts toegestaan op jonge en instabiele mosselbanken onder zeer strikte voorwaarden, waaronder de aanwezigheid van minimaal 2000 ha meerjarige droogvallende mosselbanken (Ministerie van LNV, 2004). Na 1994 is er alleen in 2001 nog op enkele mosselbanken op het droogvallende wad gevist voor onderzoeksdoeleinden.

1.2 Het onderzoek

1.2.1 Doel

Het doel van het project is gedetailleerde informatie verkrijgen over de toestand en langjarige ontwikkeling van een aantal droogvallende mosselbanken in de Waddenzee.

De volgende onderzoeksvraag wordt gesteld:

'Hoe ontwikkelen individuele mosselbanken zich op de lange termijn met betrekking tot oppervlakte, bedekkingspercentage, lengte-frequentieverdeling en (soorten)samenstelling?'

Het project 'Ontwikkeling mosselbanken' werd de eerste jaren (1995 tot en met 2006) uitgevoerd in opdracht van LNV Directie Wetenschap en Kennisoverdracht (DWK). Vanaf 2006 wordt het uitgevoerd in het kader van de wettelijke onderzoekstaken, thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door LNV. De inventarisaties worden ingebracht in het Trilaterale Monitoring- en Beoordelingsprogramma (TMAP) en worden onder andere gebruikt in rapportages over de toestand van de natuur in het Natura 2000-gebied Waddenzee.

1.2.2 Aanpak

Om de langetermijnontwikkeling van mosselbanken te bestuderen, wordt een aantal mosselbanken gekarteerd om de exacte locatie en omvang van de bank op dat moment vast te stellen alsmede jaarlijkse veranderingen hierin te kunnen documenteren. Om geobserveerde veranderingen beter te kunnen verklaren, wordt naast het karteren van ieder van de onderzochte mosselbanken ook informatie verzameld over de samenstelling van de bank. Zo wordt o.a. bepaald:

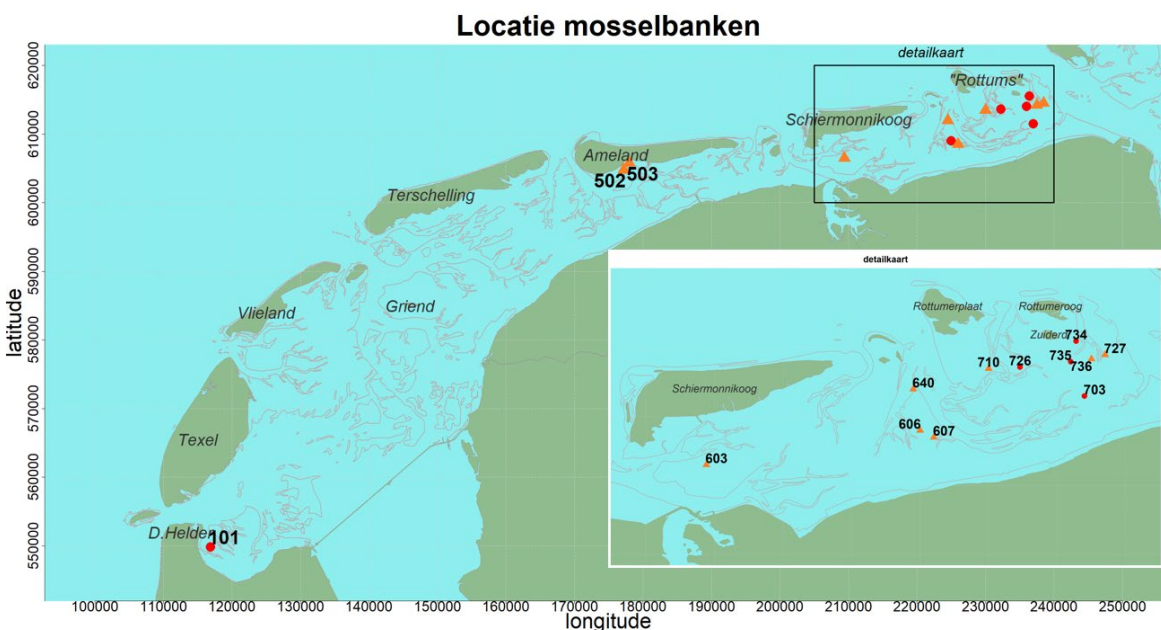
- het met mosselen en Japanse oesters bedekte oppervlak;
- biomassa- en lengteverdeling van mosselen en Japanse oesters;
- de aanwezigheid van overige bodemfauna, zoals wieren, krabben en overige schelpdieren.

Binnen dit project wordt een aantal mosselbanken, gelegen in de oostelijke Waddenzee, gevolgd. In 2022 zijn acht banklocaties bezocht en wanneer aanwezig bemonsterd. In het voorjaar zijn vijf banken bezocht, waarvan er drie sinds de jaren negentig gevolgd worden, één sinds het jaar 2002 en één die voor het eerst bezocht is in 2018. In het najaar zijn nog drie banken bezocht die zich op wadplaten bevinden, gelegen onder de 'Rottums' (de eilandengroep Rottumerplaat, Rottumeroog en Zuiderduintjes). Twee van deze banken worden sinds 2006 gevolgd en een bank is in 2018 nieuw ontstaan en in 2019 voor het eerst opgenomen in het monitoringsprogramma. De bemonstering van deze banken wordt gecombineerd met het veldwerk dat uitgevoerd wordt in de geulen van het referentiegebied Rottum, dat in het najaar plaatsvindt.

2 Methode

2.1 Locatie mosselbanken

In Figuur 2.1 worden de mosselbanken weergegeven die in het kader van dit onderzoek in het jaar 2022 (en daarvoor) onderzocht werden. In mei van het jaar 2022 werden de mosselbanklocaties 502, 503, 603, 606, 607 en 640 bezocht. Wanneer de bank aanwezig bleek te zijn is deze bemonsterd. In oktober 2022 werden de mosselbanklocaties 710, 727 en 736 bezocht met hetzelfde doel. Mosselbanken 101, 703, 726, 734 en 735 werden niet meer bezocht; mosselbank 101 in verband met het gekrompen budget en 703, 726, 734 en 735 omdat ze in de voorgaande jaren zijn verdwenen.

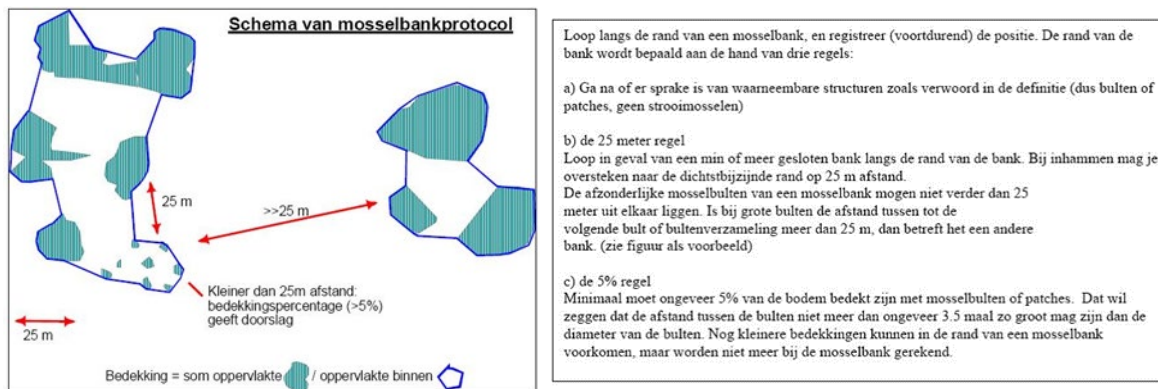


Figuur 2.1 Locatie en nummeraanduiding van de mosselbanken die in het kader van dit project in het jaar 2022 (oranje driehoeken) of in de jaren ervoor (rode stippen) bezocht werden.

2.2 Contour en het bankoppervlak

De buitenste contouren van een mosselbank worden volgens het TMAP-protocol (Brinkman et al., 2003) in kaart gebracht, zie Figuur 2.2. Hiervoor wordt met een gps in de hand langs de rand van de bank om de bank heen gelopen, waarbij de gelopen track wordt opgeslagen in gps-files. Er is gebruikgemaakt van een Garmin-gps; 76, map76cx of 78. Alleen wanneer de bodem voor meer dan 5% met mosselbulten bedekt wordt, is deze bij de bank gerekend. Mosselbulten die verder dan 25 m van de hoofdbank liggen, worden niet bij de bank gerekend. Zie voor details Figuur 2.2 en Brinkman et al., 2003.

De gps-files zijn in QGIS ingeladen om de definitieve contour te bepalen. Zowel de definitieve contour als de verschillende opwerkingsstappen zijn in losse shapefiles opgeslagen. Uit de definitieve contouren zijn de bankoppervlaktes berekend met QGIS en opgeslagen in de database. De ontwikkeling van de mosselbanken over de jaren heen wordt bekeken door de contouren van verschillende jaren van dezelfde bank in één figuur weer te geven. Daarnaast is met deze informatie de frequentie van aanwezigheid berekend door een raster van 5 bij 5 meter te definiëren en voor elke rastercel te bepalen hoeveel jaar deze in de mosselbank lag.



Figuur 2.2 TMAP-protocol voor het inlopen van mosselbanken (Brinkman et al., 2003).

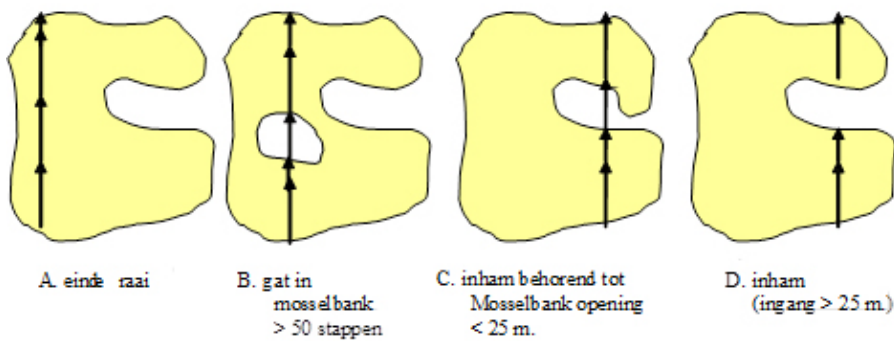
2.3 Schelpdierbedekking

Om de mosselbedekking te bepalen, worden over de mosselbank raaien gelopen waarlangs het met mosselen bedekte oppervlak bepaald wordt. Hiervoor wordt voor iedere raai (en subraai, zie onder) zowel het totaal aantal als het aantal stappen dat op mosselen gezet is, geteld en genoteerd. Door de gemiddelde bedekking (%) uit te rekenen, kan het bankoppervlak verdeeld worden in een deel dat met mosselen bedekt is en een deel dat uit open plekken bestaat. In onderstaande paragrafen wordt de gevolgde procedure voor het bepalen van de mosselbedekking in detail beschreven.

2.3.1 Bedekkingsraaien

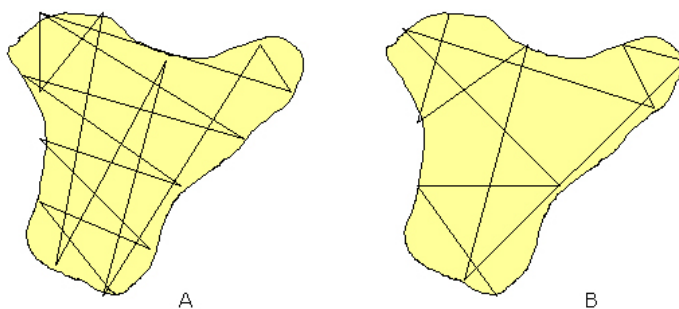
Een bedekkingsraai loopt van de rand van de mosselbank in een rechte lijn tot de tegenoverliggende rand van de mosselbank. Voor de identificatie van de rand van de bank wordt (wanneer aanwezig) bij voorkeur gebruikgemaakt van de volgens het TMAP-protocol ingelopen contour van de bank van het voorgaande jaar. Dit dient echter alleen als referentie, de daadwerkelijke ligging van de rand van de bank wordt ter plekke bepaald op basis van het TMAP-protocol. Binnen deze raai worden subraaien genoteerd van elk 50 stappen om zodoende een gedetailleerder beeld van de bedekking te verkrijgen. Bij het startpunt en aan het eind van elke subraai wordt in de gps een waypoint (locatiemarkering) gemaakt. Bij het eindpunt van de raai (dus de rand van de mosselbank) wordt altijd een waypoint gemaakt, ook al zijn de 50 stappen nog niet voltooid. In dat geval wordt het werkelijke aantal gemaakte stappen genoteerd (Figuur 2.3a). Op een formulier wordt duidelijk aangegeven wat de waypoints van de start en het einde van de totale raai zijn.

Wanneer zich een groot open stuk (gat groter dan 50 stappen) in de mosselbank bevindt waar de raai doorheen loopt, dient de subraai te stoppen op de rand van het gat, zie Figuur 2.3b. Hier wordt weer een waypoint gemaakt. In het gat wordt een nieuwe subraai gestart. Deze subraai loopt helemaal door tot het eind van het gat (ook wanneer dit meer is dan 50 stappen), waarna weer een waypoint wordt gemaakt. Op een formulier wordt duidelijk aangegeven dat het hier gaat om een gat in de mosselbank. Na het gat wordt weer verder gelopen met subraaien totdat de raai is voltooid (Figuur 2.3b). Wanneer het gat kleiner is dan 50 stappen, worden er waypoints gemaakt om de randen van het gat aan te geven en wordt een aantekening gemaakt op het formulier betreffende dit gat. Er hoeft geen nieuwe subraai gestart te worden. Inhammen die volgens het TMAP-protocol deel uitmaken van de bank (dus afstand kleiner dan 25 m) worden net zo behandeld als een gat (Figuur 2.3c). Wanneer de inham niet binnen de definitie van een mosselbank valt (ingang > 25 m), dient de raai afgesloten te worden bij de rand van de inham. Er wordt in dezelfde lijn als de raai door de inham gelopen totdat de mosselbank weer begint (Figuur 2.3d).



Figuur 2.3 Protocol voor het lopen en markeren van raaien en subraaien. Met de pijltjes worden waypoints (locatiemarkering in de gps) weergegeven. Deze worden ofwel na 50 stappen gezet of eerder in het geval het einde van de bank bereikt is. Ook bij het begin en einde van grote gaten en inhammen (> 25 m) wordt een waypoint gezet. Figuur A geeft de situatie weer voor een raai zonder inham of gat, Figuur B voor een gat > 50 stappen, Figuur C voor een raai met een inham die bij de bank hoort (< 25 m) en Figuur D voor een inham die niet bij de bank hoort (> 25 m).

De raaien worden zigzag, zo veel mogelijk in één hoofdrichting, over de mosselbank gelopen zodat de gehele mosselbank zo veel mogelijk gedekt wordt (Figuur 2.4). De hoeveelheid beschikbare tijd bepaalt de schaal van deze dekking. Wanneer er veel tijd is, liggen de raaien dicht bij elkaar (Figuur 2.4A), wanneer er weinig tijd beschikbaar is, liggen de raaien ruimer verdeeld (Figuur 2.4B).



Figuur 2.4 Verdeling raaien over een mosselbank. In Figuur A worden de raaien schematisch weergegeven in een situatie waarbij veel tijd is en de verschillende raaien dicht op elkaar liggen. In Figuur B wordt de ligging van de raaien schematisch weergegeven in een situatie met weinig tijd. In dat geval liggen de raaien verder uit elkaar, maar wordt alsnog de gehele bank bestreken.

2.3.2 Score van de mosselbedekking langs de raaien

Per subraai wordt op het formulier aangegeven hoeveel keer er, van de 50 subraaistappen, op (levende) mosselen gestapt wordt. Dit wordt bijgehouden met een handteller. Voor alle stappen geldt dat als de voet op een mossel komt, deze stap als mosselstap telt (ongeacht of dit een enkele mossel is of tien mosselen zijn). Het bedekkingspercentage wordt vervolgens berekend uit het aantal mosselstappen ten opzichte van het totaal aantal stappen.

Op de raaien wordt de aanwezigheid van Japanse oesters geschat door de Japanse oester- en mosselbedekking visueel in te schatten. Hiervoor zijn vijf categorieën gedefinieerd, de 'oesterscores' 0 t/m 4, zie Tabel 2.1. De scores zijn op een formulier genoteerd. Aan het eind van elke raai wordt tevens een beschrijving gegeven (o.a. flora en fauna, zoals zeesla of kokkels) van de gelopen raai.

Tabel 2.1 De verhouding tussen de mossel- en oesterbedekking behorend bij de oesterscores 0 t/m 4.

| Score | Omschrijving | Japane oester | Mossel |
|-------|--------------|---------------|----------|
| 0 | geen | 0% | 100% |
| 1 | weinig | >0-20% | >80-100% |
| 2 | matig | >20-50% | >50 -80% |
| 3 | veel | >50-80% | >20-50% |
| 4 | alles | >80-100% | >0-20% |

2.4 Lengte-frequentieverdeling en samenstelling

Op elke mosselbank worden tussen de twee en zes monsters genomen om informatie te verkrijgen over de lengte-frequentieverdeling van de levende mosselen en lege mosselschelpen en over de aanwezigheid van andere schelpdieren en algen. In Tabel 2.2 wordt het aantal monsters dat per bank en per jaar genomen is, weergegeven. Omdat de banken 640 en 727 verdwenen waren, zijn er geen monsters genomen op deze banken.

Tabel 2.2 Aantal monsters per mosselbank per jaar.

| | 101 | 502 | 503 | 603 | 606 | 607 | 640 | 703 | 710 | 726 | 727 | 734 | 735 | 736 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1995 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 1996 | 4 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 1997 | 3 | 3 | | 3 | | | | | | | | | | |
| 1998 | 5 | 3 | 5 | 5 | | | | | | | | | | |
| 1999 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | | | |
| 2000 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | | | |
| 2001 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | | | |
| 2002 | | 6 | | 5 | | | | | | | | | | |
| 2003 | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | 5 | | | | | | |
| 2004 | | 5 | 5 | 7 | 6 | 5 | | 5 | | | | | | |
| 2005 | | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | | 5 | | | | | | |
| 2006 | | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | | 5 | 2 | | | 2 | 2 | 2 |
| 2007 | | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | | 5 | 2 | 2 | | | 2 | 2 |
| 2008 | | 5 | 5 | 5 | | | | 5 | 5 | 4 | | | 2 | 2 |
| 2009 | | 5 | 5 | 5 | | | | 5 | 3 | 3 | | | 3 | 3 |
| 2010 | | 5 | 5 | 5 | | | | 5 | 5 | 2 | | | 4 | 5 |
| 2011 | | 5 | 5 | 5 | | | | 5 | 5 | 2 | | | 2 | 5 |
| 2012 | | 5 | 5 | 5 | | | | 5 | 5 | | | | | 5 |
| 2013 | | 5 | 5 | 5 | | | | 5 | 5 | | | | | 5 |
| 2014 | | 5 | 5 | 5 | | | | 5 | 5 | | | | | 5 |
| 2015 | | 5 | 5 | 5 | | 4 | | 5 | 5 | | | | | 5 |
| 2016 | | 5 | 5 | 5 | | | | 2 | 5 | | | | | 5 |
| 2017 | | 5 | 5 | 5 | | 5 | | 2 | 5 | | | | | 3 |
| 2018 | | 5 | 5 | 5 | | | 4 | | 5 | | | | | 5 |
| 2019 | | 5 | 5 | 5 | | 5 | 5 | | 5 | | 5 | | | |
| 2020 | | 5 | 5 | 5 | | 5 | 5 | | 5 | | 5 | | | 5 |
| 2021 | | 5 | 5 | 5 | | 5 | 5 | | 5 | | 5 | | | 5 |
| 2022 | | 5 | 5 | 5 | | 5 | | | 5 | | | | | 5 |

De monsters worden jaarlijks op nagenoeg dezelfde locatie genomen, dat wil zeggen zo mogelijk binnen dezelfde mosselpatch. Op de locatie wordt een representatief deel van de mosselbank uitgekozen waar het monster wordt genomen. Het monster wordt genomen met behulp van een frame met een dimensie (cm)

van 16 (b) x 32 (l) x 10 (d) die in de mosselbank gedrukt wordt, totdat de bovenkant gelijk ligt met het mosseloppervlak. De toplaag van 10 cm wordt uit het vierkant geschraapt en in een zeef met een maaswijdte van 1 mm voorzichtig uitgespoeld. De exacte monsterlocatie wordt gemarkeerd met een waypoint. Het monster wordt verzameld in een plastic zak, gelabeld en naar het laboratorium vervoerd voor analyse.

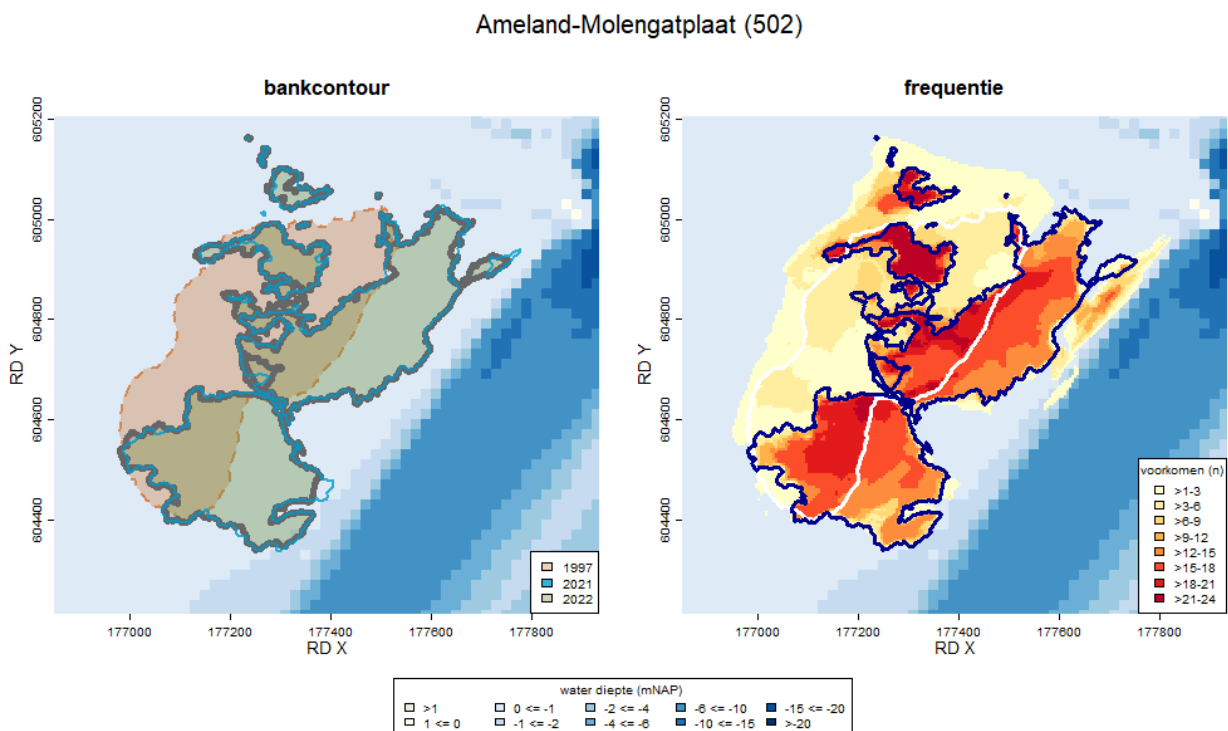
In het laboratorium worden de monsters nogmaals goed gespoeld en gezeefd (over een zeef met maaswijdte van 5 en 1 mm). Het monster wordt hierdoor onderverdeeld in twee delen: een grove en fijne fractie. Beide delen worden gewogen (afgerond tot hele grammen). Hierna worden uit beide deelmonsters alle levende schelpdieren (incl. alikruiken), levende algen, krabben en lege hele mosselschelpen (zowel de nog aan elkaar vastzittende kleppen, zgn. 'doubletten' als de losse kleppen) gehaald. Hierna wordt het restant van de grove en fijne fractie nogmaals gewogen. De pokken worden van de levende mosselen gescheiden en apart gewogen. De levende mosselen, de andere levende schelpdieren, de levende algen en de lege doubletten en lege losse mosselschelpen worden afzonderlijk gewogen. Ook van de andere levende schelpdieren worden de aantallen per soort op een formulier vermeld.

Hierna wordt de lengte (in mm) gemeten van alle levende mosselen, de andere levende schelpdieren (excl. de alikruiken) en van de losse kleppen en doubletten van lege mosselschelpen.

3 Resultaten

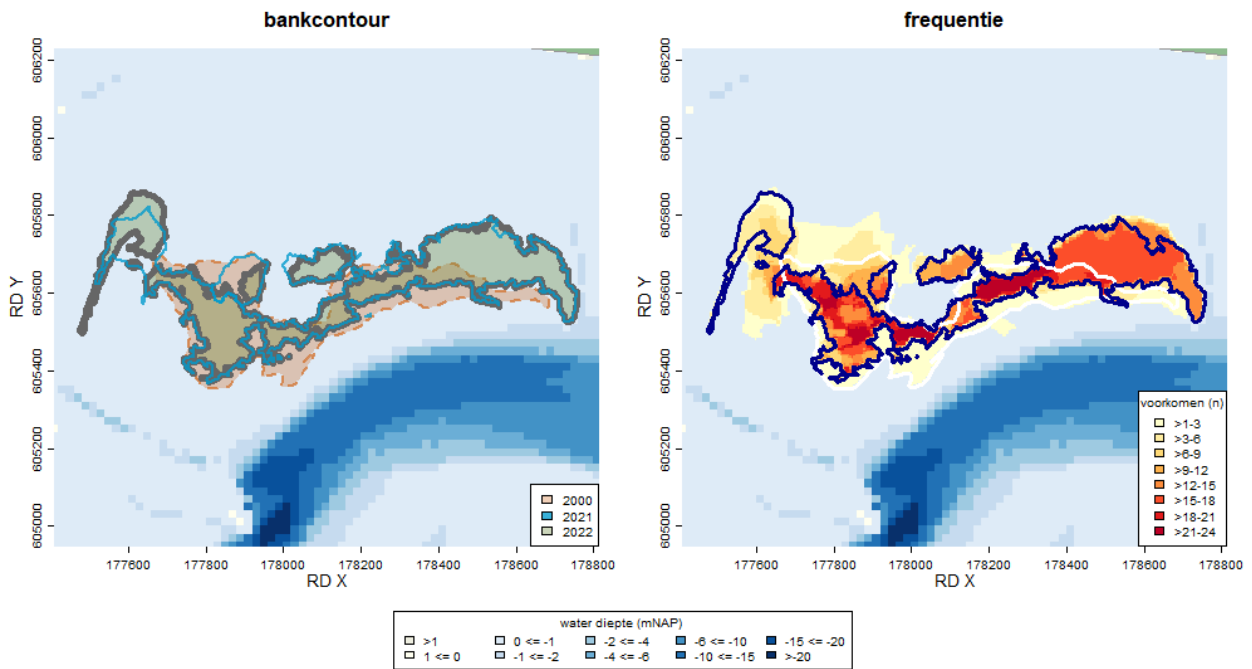
3.1 Ontwikkeling contouren en oppervlakte

In Figuur 3.1 t/m 3.8 worden voor de onderzochte mosselbanken de bankcontouren (= buitengrenzen) van een aantal bemonsteringsjaren weergegeven en worden 'mosselbankfrequentie'-kaarten getoond, met daarin aangegeven het aantal jaren dat een gebied als mosselbank gekarteerd is. Naast de contouren van het jaar 2022 zijn, wanneer aanwezig, ook de contouren van het voorgaande bemonsteringsjaar (2021) en van de eerste opname weergegeven (jaartal verschilt per bank) om zowel de veranderingen ten opzichte van het afgelopen jaar als de verandering vanaf het eerste meetmoment inzichtelijk te maken. In Bijlage 1 wordt per bank de contour van ieder afzonderlijk monitoringsjaar weergegeven. Het bankoppervlak wordt weergegeven in Figuur 3.9.



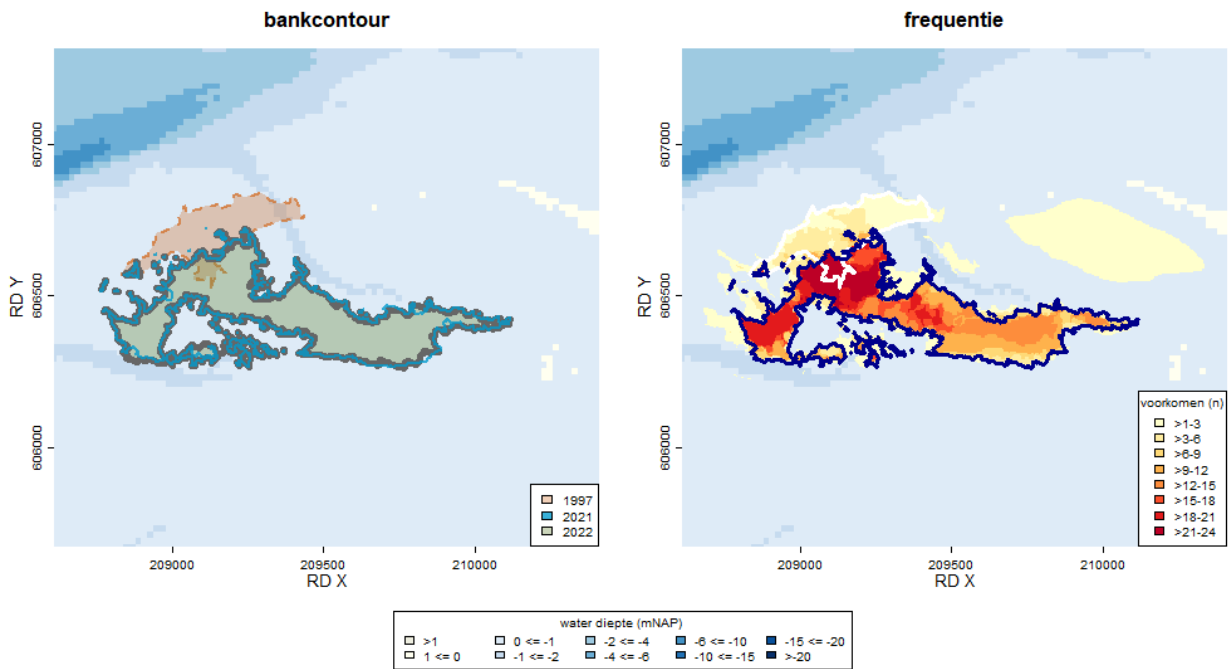
Figuur 3.1 Contouren van de mosselbank 502 (onder Ameland) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkzijde worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 1997 (lichtbruin), voor 2021 (lichtblauw), en voor 2022 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 m weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. De witte lijn geeft de contour van de eerste meting (1997) weer en de donkerblauwe lijn de contour van de bank in 2022. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Ameland-Ballumerbocht (503)



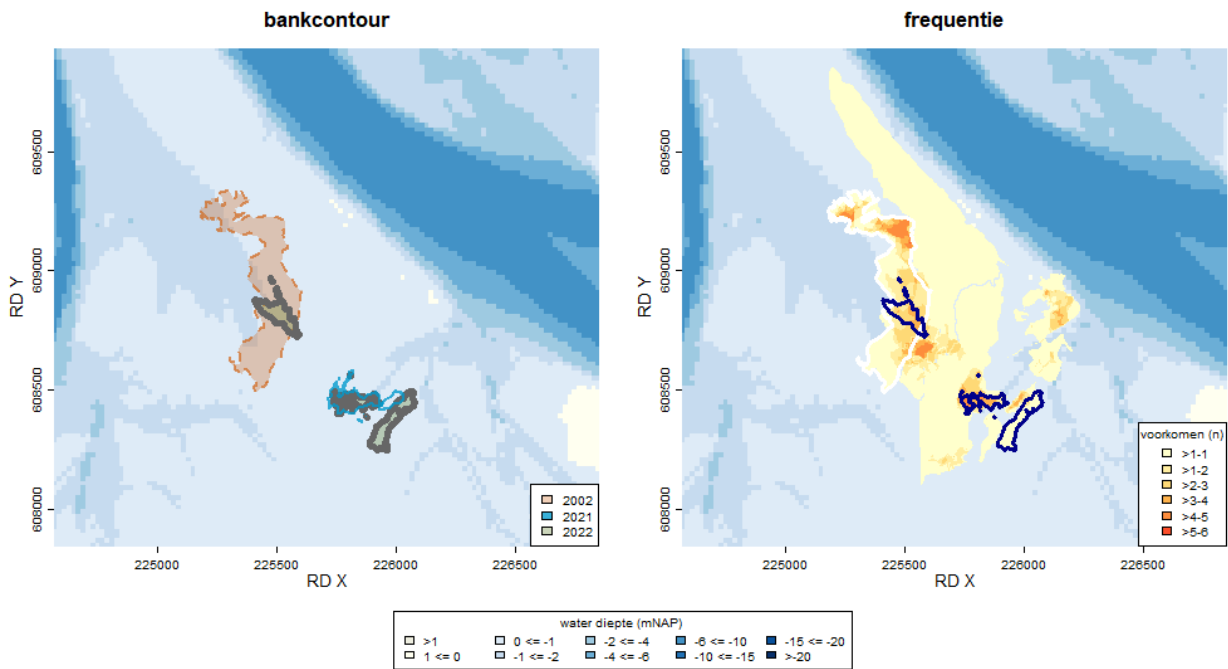
Figuur 3.2 Contouren van de mosselbank 503 (onder Ameland) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkant worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 2000 (lichtbruin), voor 2021 (lichtblauw), en voor 2022 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 m weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. De witte lijn geeft de contour van de eerste meting (2000) weer en de donkerblauwe lijn de contour van de bank in 2022. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Schiermonnikoog-Brakzand (603C)



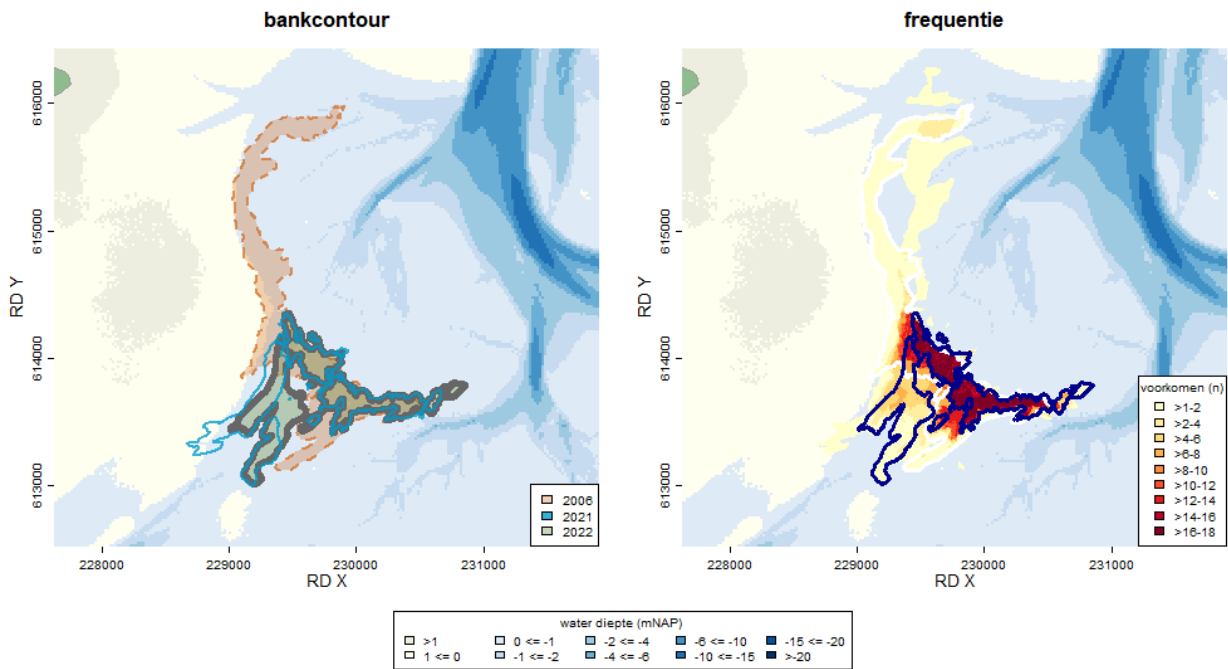
Figuur 3.3 Contouren van de mosselbank 603C (onder Schiermonnikoog) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerzijde worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 1997 (lichtbruin), voor 2021 (lichtblauw), en voor 2022 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 m weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. De witte lijn geeft de contour van de eerste meting (1997) weer en de donkerblauwe lijn de contour van de bank in 2022. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Zuidoost Lauwers-Zuid (607)



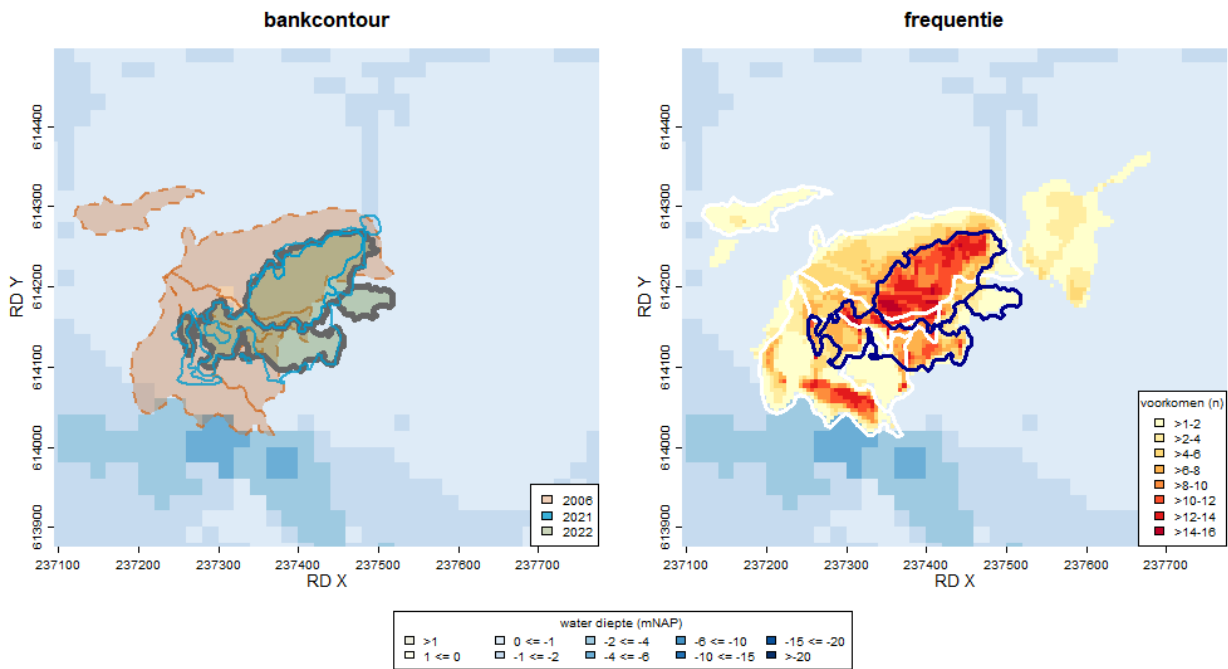
Figuur 3.4 Contouren van de mosselbank 607 (onder Rottumerplaat) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkzijde worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 2002 (lichtbruin), voor 2021 (lichtblauw), en voor 2022 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 m weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. De witte lijn geeft de contour van de eerste meting (1997) weer en de donkerblauwe lijn de contour van de bank in 2022. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Rottumerplaat (710)



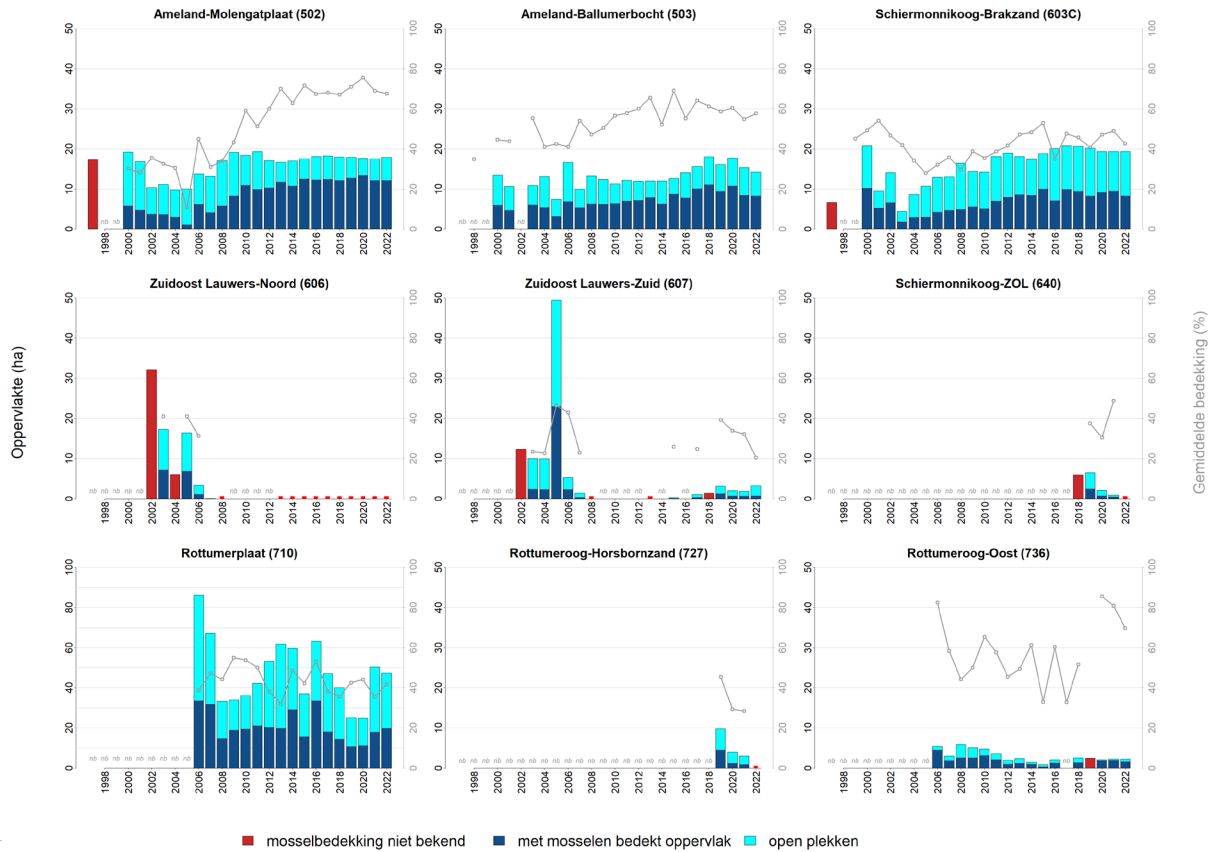
Figuur 3.5 Contouren van de mosselbank 710 (onder Rottumerplaat) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkant worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 2006 (lichtbruin), voor 2021 (lichtblauw), en voor 2022 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 m weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. De witte lijn geeft de contour van de eerste meting (2006) weer en de donkerblauwe lijn de contour van de bank in 2022. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Rottumeroog-Oost (736)



Figuur 3.6 Contouren van de mosselbank 736 (onder Rottumeroog) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkant worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 2006 (lichtbruin), voor 2021 (lichtblauw), en voor 2022 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 m weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. De witte lijn geeft de contour van de eerste meting (2006) weer en de donkerblauwe lijn de contour van de bank in 2022. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Ontwikkeling areaal mosselbanken



Figuur 3.7 Ontwikkeling van de mosselbankoppervlakte (in hectaren over de jaren heen en weergegeven met staven, uitgetzet ten opzichte van de linker y-as) en de gemiddelde mosselbedekking (uitgedrukt in procenten over jaren heen en weergegeven in lijndiagram ten opzichte van de rechter y-as) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2022. De hoogte van de balk geeft het totale bankoppervlak weer, het donkerblauwe deel het met mosselen bedekte oppervlak en het lichtblauwe deel het areaal open plekken. De rode balken de weergegeven situaties wanneer alleen het totale bankoppervlak bepaald is. Wanneer een bank wel bezocht is, maar niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven; wanneer een bank niet bezocht is, is dit met 'nb' aangegeven.

Mosselbank 606 (Zuidoost Lauwers-Noord), 640 (Schiermonnikoog-ZOL) en 727 (Rottumeroog – Horsbornzand) zijn in 2022 niet teruggevonden, zie Figuur 3.7. In het gebied van bank 606 is al jaren (in 2006 voor het laatst) geen bank meer aangetroffen. Mosselbanken 727 en 640, beide ontstaan na broedval in het voorjaar van 2018, waren in 2021 nog wel aanwezig.

Bank 640 had in 2018 een bescheiden omvang van 5,9 ha. In 2019 verdwenen bankdelen in het zuiden en verwaaide bankdelen in noordelijke richting over een groter oppervlak waardoor het areaal iets toenam. In 2020 verdwenen grote bankdelen aan voornamelijk de zuidelijke zijde van de bank waardoor het areaal sterk afnam van 6,4 ha 2019 naar 2,1 ha in 2020, zie Bijlage 1 en Figuur 3.7. Op dat moment was er geen bank meer aanwezig in het gebied waar in 2018 het mosselzaad viel, maar bevond de bank zich daar iets noordelijk van. In de jaren erna verdwenen er steeds wat zuidelijk gelegen bankdelen en in de bemonstering van 2022 kon in het gebied geen bank meer teruggevonden worden. Deze bank is hiermee vijf jaar oud geworden. Het percentage schelpdierbedekking schommelde rond de 40% gedurende deze periode (een percentage die vergelijkbaar is met die van de stabiele bank 710). Net als voor bank 640 het geval was, nam ook het areaal van bank 727 sterk af tussen 2019 en 2020 en nam in de jaren erna het areaal jaarlijks en gestaag af tot de bank uiteindelijk geheel verdwenen was in 2022. Ook hier verdwenen steeds zuidelijk gelegen bankdelen. In deze periode nam het percentage met schelpdieren bedekte oppervlak af van 45 procent in 2019 naar 28 procent in 2021.

De ligging, de contour, het bankoppervlak en het met schelpdieren bedekte oppervlak van de banken 502 (Ameland-Molengatplaat), 503 (Ameland-Ballumerbocht) en 603 (Schiermonnikoog-Brakzand) zijn in 2022 nagenoeg onveranderd gebleven ten opzichte van de jaren ervoor (zie de Figuren 3.1, 3.2, 3.3 en Figuren in Bijlage 1). Slechts subtiele veranderingen zijn opgetreden. Zo is bij bank 502 het oostelijke bankdeel dat zich tegen de geul bevindt wat naar het westen opgeschoven en zit dat nu nagenoeg vast aan de hoofdbank. Verder zijn er mosselen verdwenen in het middendeel. Deze veranderingen zijn klein en het bankareaal en het met schelpdieren bedekte oppervlak in 2022 is vergelijkbaar met 2021. Ook het areaal en het met schelpdieren bedekte oppervlak van bank 503 (Ameland-Ballumerbocht) is in 2022 nauwelijks veranderd ten opzichte van de situatie een jaar eerder, zie Figuur 3.7. De kleine veranderingen in bankcontour hebben plaatsgevonden op plekken met een lage mosselbedekking en waar tevens afgelopen decennia wat minder vaak mosselen aangetroffen zijn. Deze bankdelen bevinden zich aan de noordzijde. Hier zijn bankdelen verdwenen en deels verwaaid richting het noorden, zie Figuur 3.2 en de figuren in Bijlage 1. Mosselbank 603 (Schiermonnikoog-Brakzand) is nagenoeg niet veranderd net als ook in 2021 het geval was.

Bank 736 (Rottumeroog-Oost) bestaat uit een ouder zuidelijk deel, bestaande uit een mix van Japanse oesters en mossels, en een in 2018 nieuw gevormd noordelijk deel die volledig uit mosselen bestaat (zie kaart 2.6 in Bijlage 2). In het zuidelijke oudere deel zijn wederom wat bankdelen verdwenen zoals sinds 2016 jaarlijks geobserveerd is. In het in 2018 nieuw gevormde deel is een klein, noordelijk gelegen, deel verdwenen. Daarnaast zijn mosselpatches verplaatst vanuit de bank naar het oosten waar de bank groter is geworden. Het schelpdierbedekkingspercentage is wat afgenomen, van 81% in 2021 naar 69% in 2022. Desondanks blijft deze bank behoren tot de mosselbank met de hoogste schelpdierbedekking van de onderzochte locaties.

In het mosselbank gebied van 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid) is mosselzaad gevallen in het voorjaar van 2022 waardoor een nieuw bankdeel is ontstaan. Hiernaast is een zuidelijk gelegen deel sterk verwaaid waardoor mosselpatches over een groter oppervlak en naar het zuiden toe zijn verplaatst. Hierdoor is, ten opzichte van de situatie in 2021, de mosselbedekking wat afgenomen en het areaal wat toegenomen. Mosselzaad is in het noordelijk gelegen gebied gevallen, op een locatie waar zich in de periode 2002 tot en met 2007 een mosselbank bevond, zie Figuur 3.4. Het bedekkingspercentage is laag en er worden nagenoeg geen oesters aangetroffen in deze bank (zie kaart B2.4 in Bijlage 2, Figuur 3.7 en paragraaf 3.2).

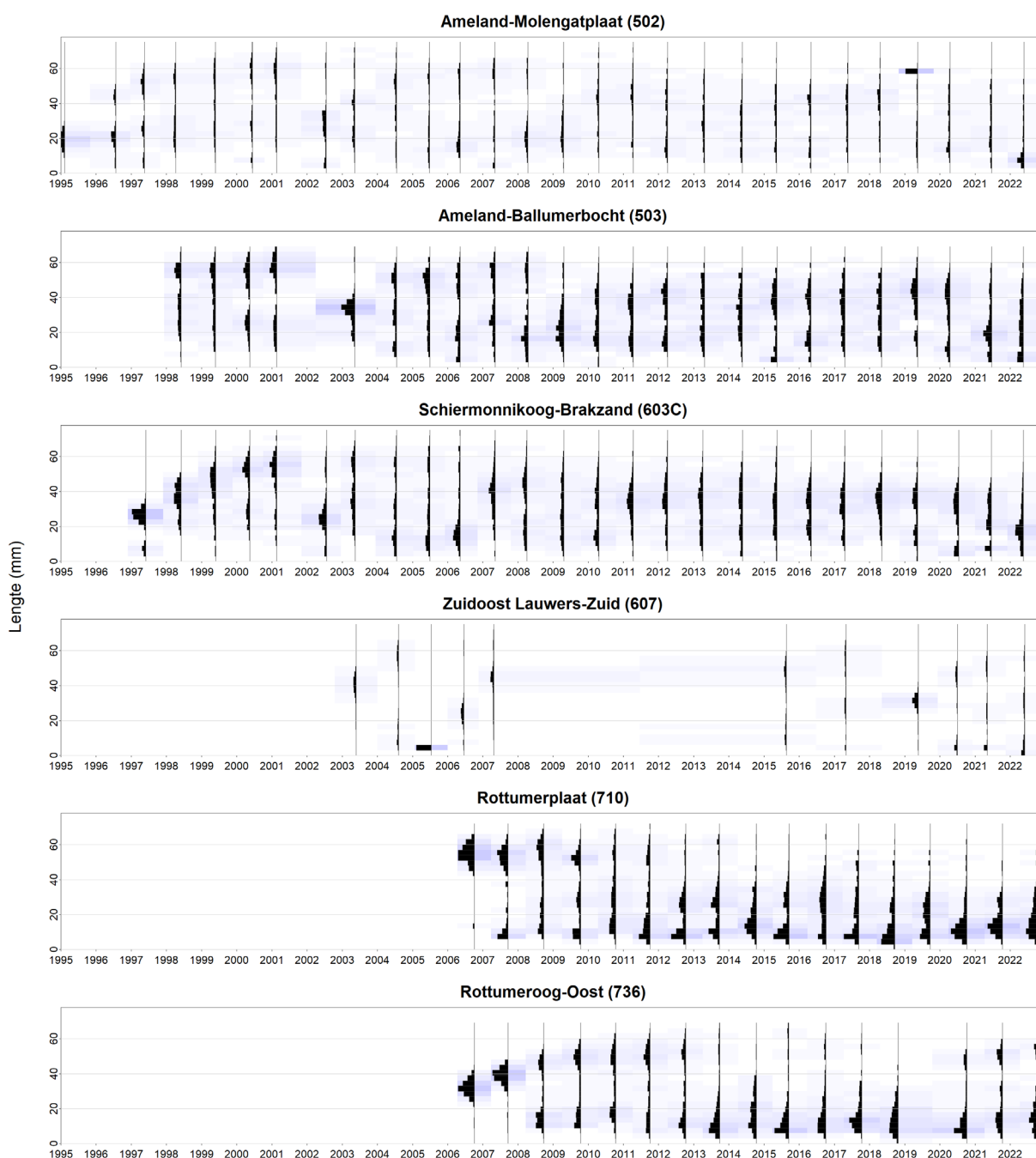
Het in 2021 nieuw gevormde bankdeel, die zich aan de westelijke zijde van bank 710 (Rottumerplaat) bevindt, heeft zich weten te handhaven, zie Figuur 3.5. De mosselpatches zijn wel naar het noordoosten verwaaid waardoor bankdelen in het westen verdwenen zijn en het open gebied zonder schelpdieren gelegen tussen het oude en nieuwe bankdeel, deels opgevuld is. De oude bankdelen van deze bank zijn in 2022 nagenoeg niet veranderd ten opzichte van een jaar eerder.

Ook binnen een mosselbank zijn er verschillen in mosseloverleving en bankstabiliteit. Er zijn stabiele bankdelen te onderscheiden waar zeer frequent mosselen aangetroffen worden (de rode gebieden in de Figuren 3.1 t/m 3.6) en instabiele bankdelen waar het ene jaar wel en het andere geen mosselen aanwezig zijn (de gele gebieden). De stabiele bankdelen (rode gebieden) bevinden zich meestal aan de kant van de bank die naar de geul toe gericht is. Instabiele bankdelen (gele gebieden) bevinden zich juist meestal aan de overzijde hiervan. De instabiele bankdelen bevinden zich op grotere afstand van de geulen en tussen deze gebieden en de geul bevinden zich vaak de stabiele bankdelen.

3.2 Ontwikkeling mosselen en Japanse oesters

In Figuur 3.8 worden de lengte-frequentiediagrammen van mosselen weergegeven voor de mosselbanken 502, 503, 603, 607, 710 en 736 en voor de jaren dat deze bemonsterd werden. De biomassa van mosselen en oesters en het aandeel Japanse oesters die in de monsters werden gevonden op de onderzochte banken, zijn weergegeven in Figuur 3.9. De oesterbedekking op de raaien is weergegeven in Bijlage 3. Het gemiddelde aantal en de biomassa van mosselen en Japanse oesters in de vierkantmonsters zijn weergegeven in respectievelijk Bijlage 3 en 4.

Lengte frequentieverdeling mosselpopulatie



Figuur 3.8 Ontwikkeling van de lengtefrequentie (aantallen gestandaardiseerd naar 1000) van de mosselpopulatie voor de mosselbanken die in 2022 onderzocht zijn (502, 503, 603, 710 en 736).

Aan de lengte-frequentiediagrammen in Figuur 3.8 is goed te zien dat de meeste van de in dit onderzoek opgenomen mosselbanken ontstaan zijn één tot enkele jaren voordat de eerste metingen uitgevoerd werden. In de histogrammen van deze banken voor het eerste meetjaar is te zien dat de meeste mosselen een schelpenlengte hebben van > 20 mm.

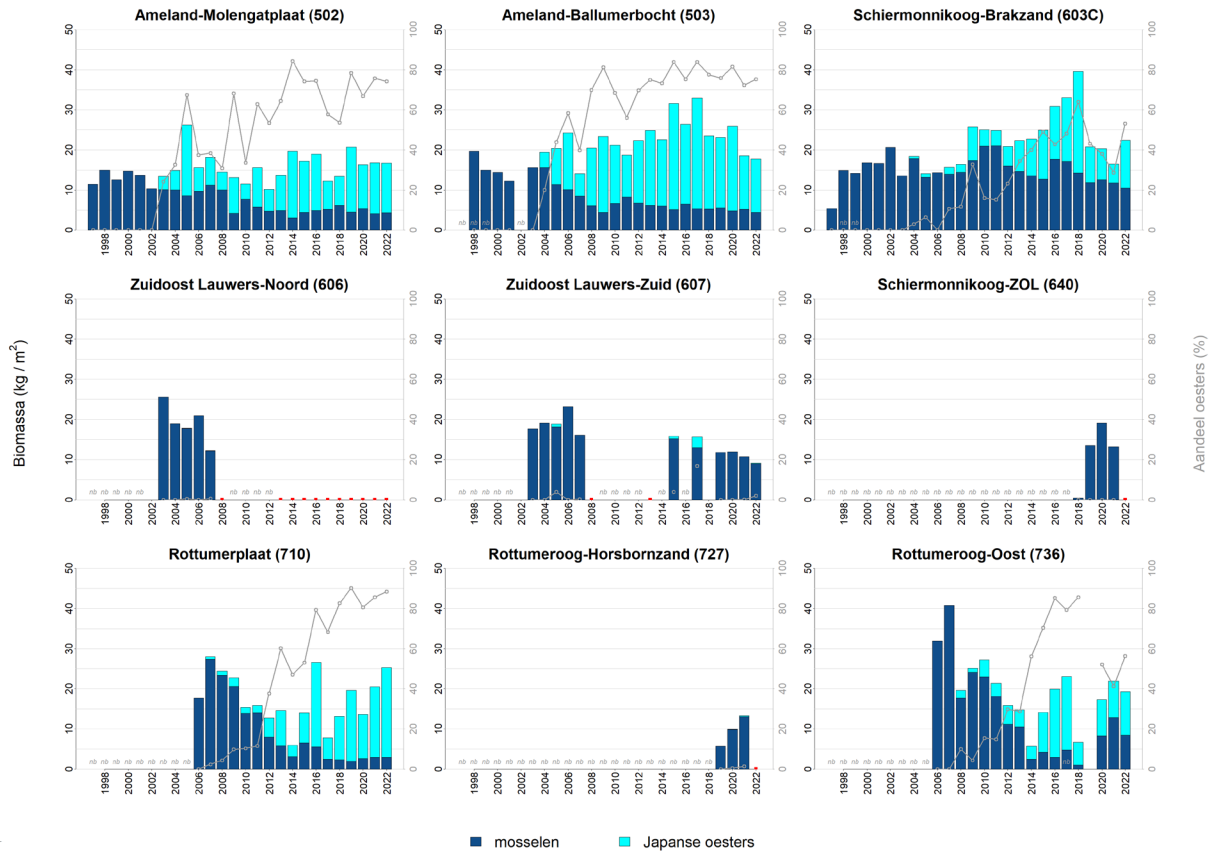
Uit de lengte-frequentiediagrammen van banken die al eerder ontstaan zijn en langer gevolgd worden, blijkt dat de mosselen in een tijdsbestek van ongeveer zes jaar uitgegroeid zijn en een lengte bereiken van 50 tot 60 mm. Deze observatie is ook in eerdere rapportages gedaan en zodanig beschreven (Glorius et al., 2021).

Op alle banken heeft verjonging opgetreden. Op de bank 502, 607, 710 en 736 is dit te zien aan de piek in de lengte-frequentiediagrammen voor deze banken in 2022 met schelpenlengtes tussen de 5-10 mm. Door nieuwe aanwas in 2022 en groei van mosselen uit waarschijnlijk 2020 zijn voor bank 503 de verschillende

cohorten moeilijk te onderscheiden in het lengte-frequentiediagram in 2022. In bank 603 is het aandeel mosselen met schelp lengtes rond de 20 mm erg groot. Waarschijnlijk betreft dit mosselen die in het voorjaar van 2022 in de bank gevallen is. Kijken we naar de lengteverdeling van de mosselen voor meerdere banken en jaren, dan blijkt dat zeer regelmatig, nagenoeg jaarlijks, wel enige mosselbroed valt in de banken. Hierdoor bestaat de mosselpopulatie op de banken al na enkele jaren uit verschillende jaarklassen. In de loop van de jaren zijn meestal twee, drie en soms vier jaarklassen te onderscheiden in de lengte-frequentiegrafieken. In sommige jaren zijn de individuele jaarklassen in elkaar vergroeid en zijn ze niet meer goed te onderscheiden. Deze observatie is ook in eerdere rapportages gedaan en zodanig beschreven (Glorius et al., 2021).

Uit de lengte-frequentiediagrammen van de mosselbank 607, die in 2018 ontstaan en nog steeds aanwezig is, is te zien dat de oorspronkelijke mosselen uit 2018 verder gegroeid zijn. In 2022 nam dit oudste cohort in lengte toe en is met een lengte van tussen de 50 en 60 mm inmiddels volgroeid. De overige banken bestaan al dermate lang dat de mosselen waarmee de bank gevormd is inmiddels niet meer aanwezig zijn. In deze banken zijn de oudste aanwezige cohorten volgroeid.

Biomassa ontwikkeling mosselen en oesters



Figuur 3.9 Ontwikkeling van de jaargemiddelde biomassa mosselen en Japanse oesters (uitgedrukt in kg natgewicht/m² en weergegeven in staven ten opzichte van de linker y-as) en het aandeel oesters (uitgedrukt in procenten en weergegeven in lijndiagram ten opzichte van de rechter y-as) in de mossel-/oesterbiomassa zoals aangetroffen in de monsters voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 703, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2022 (of tot wanneer ze bezocht zijn/aanwezig waren). Wanneer een bank wel bezocht is, maar niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven; wanneer een bank niet bezocht is, is dit met 'nb' aangegeven.

Op de in 2021 nieuw gevormde bankdelen van 710 (Rottumerplaat), zie paragraaf 3.1, liggen geen monsterpunten. Figuur 3.9 geeft hierdoor uitsluitend de situatie weer van de oudere bankdelen.

Door het verdwijnen van de banken 640 (Schiermonnikoog – ZOL) en 727 (Rottumeroog-Horsbornezand) bestaan alle in 2022 onderzochte banken uit zowel mosselen als Japanse oesters. Alleen in bank 607 blijft de aanwezigheid van de oesterbiomassa in de gezamenlijke mossel- en oesterbiomassa beperkt tot enkele procenten en is een oesterbiomassa van 0,17 kg/m² gevonden. Voor de overige banken bestaat de biomassa van mosselen en oesters voornamelijk uit oesters (ruim meer dan 50%). In bank 710 worden de meeste oesters gevonden (22,4 kg/m²) en bestaat de mossel-oesterbiomassa voor 88% uit oesters. Voor de overige banken varieert de oesterbiomassa tussen de 10,9 en 12,4 kg/m².

Door vestiging van juveniele oesters in de banken 502, 603, 710 en 736 in 2022 is de dichtheid oesters flink toegenomen in deze banken, zie de figuren in Bijlage 3. In bank 603 en 710 zijn de oesters die zich al eerder (2021) gevestigd hadden, gegroeid met een toename van de oesterbiomassa in de afgelopen jaren als gevolg. Voor de overige banken is dit (nog) niet het geval.

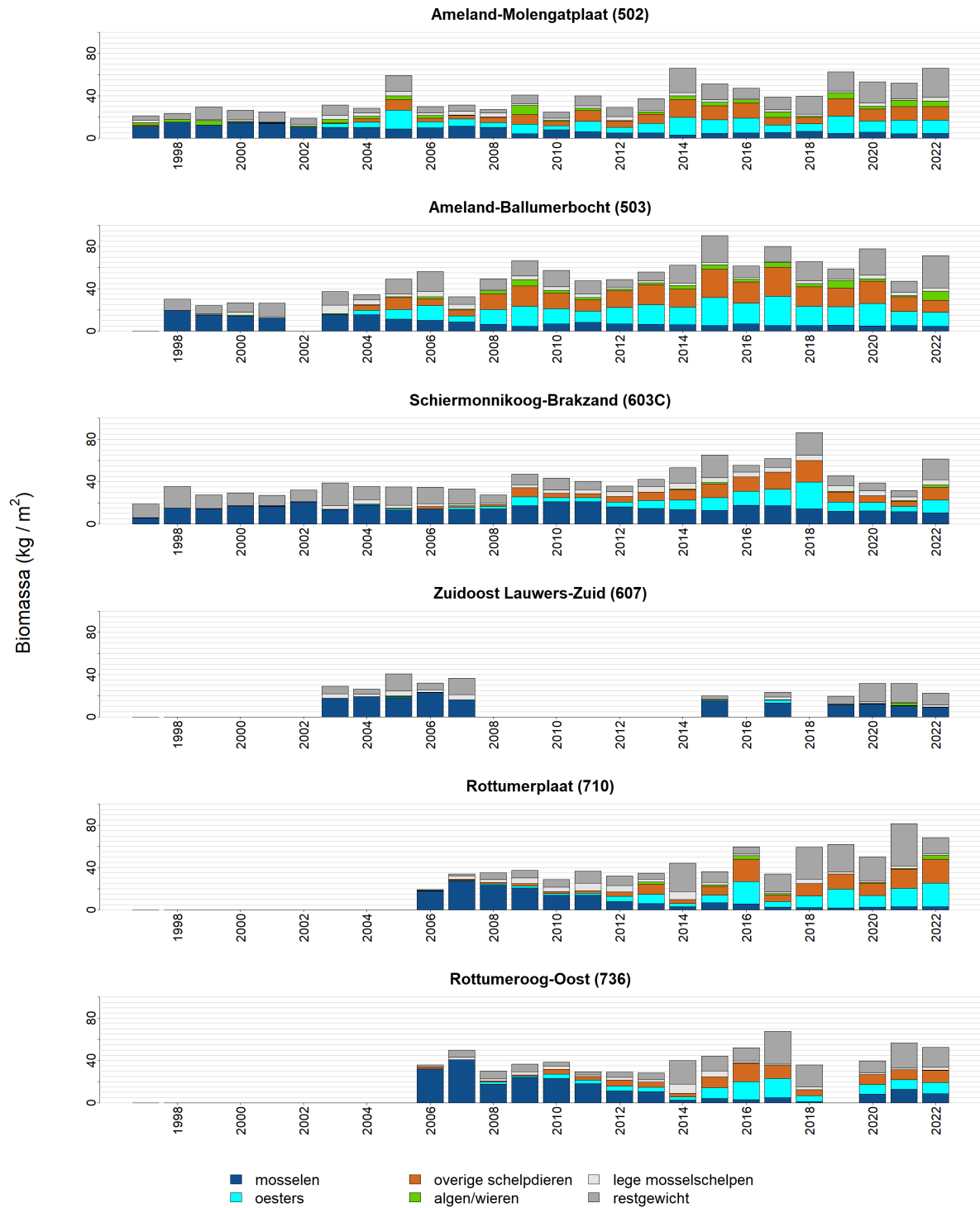
Waar voor de vestiging van oesters een mosselbiomassa boven de 10 kg/m² nog gangbaar was is dit erna niet meer zo. In 2022 lag de biomassa mosselen tussen de 2,9 kg/m² (bank 710) en 10,5 kg/m² (bank 603). De mosselbiomassa van de banken 603, 607 en 736 ligt rond de 10 kg/m² en is daarmee hoog ten opzichte

van de andere hier onderzochte banken met een mosselbiomassa van ongeveer de helft daarvan. Gemiddeld wordt een mosselbiomassa van 6,6 kg/m² aangetroffen. Op bank 503 (Ameland-Ballumerbocht) ligt de dichtheid mosselen al twee jaar wat hoger dan in de periode 2017 tot en met 2020, zie de figuren van Bijlage 3. Op de banken 502 (Ameland-Molengatplaat), 603 (Schiermonnikoog-Brakzand), 607 (Zuidoost-Lauwers-Zuid) en 736 (Rottumeroog-Oost) is de hoeveelheid mosselen toegenomen als gevolg van aanwas van jonge mosselen, zie Figuur 3.8 en de figuren in Bijlage 3. Omdat deze kleine mosselen weinig wegen is de mosselbiomassa niet noemenswaardig toegenomen, zie Figuur 3.9. Voor de banken 603, 607 en 736 nam de biomassa zelfs iets af als gevolg van sterfte.

3.3 Ontwikkeling dood materiaal en overige fauna

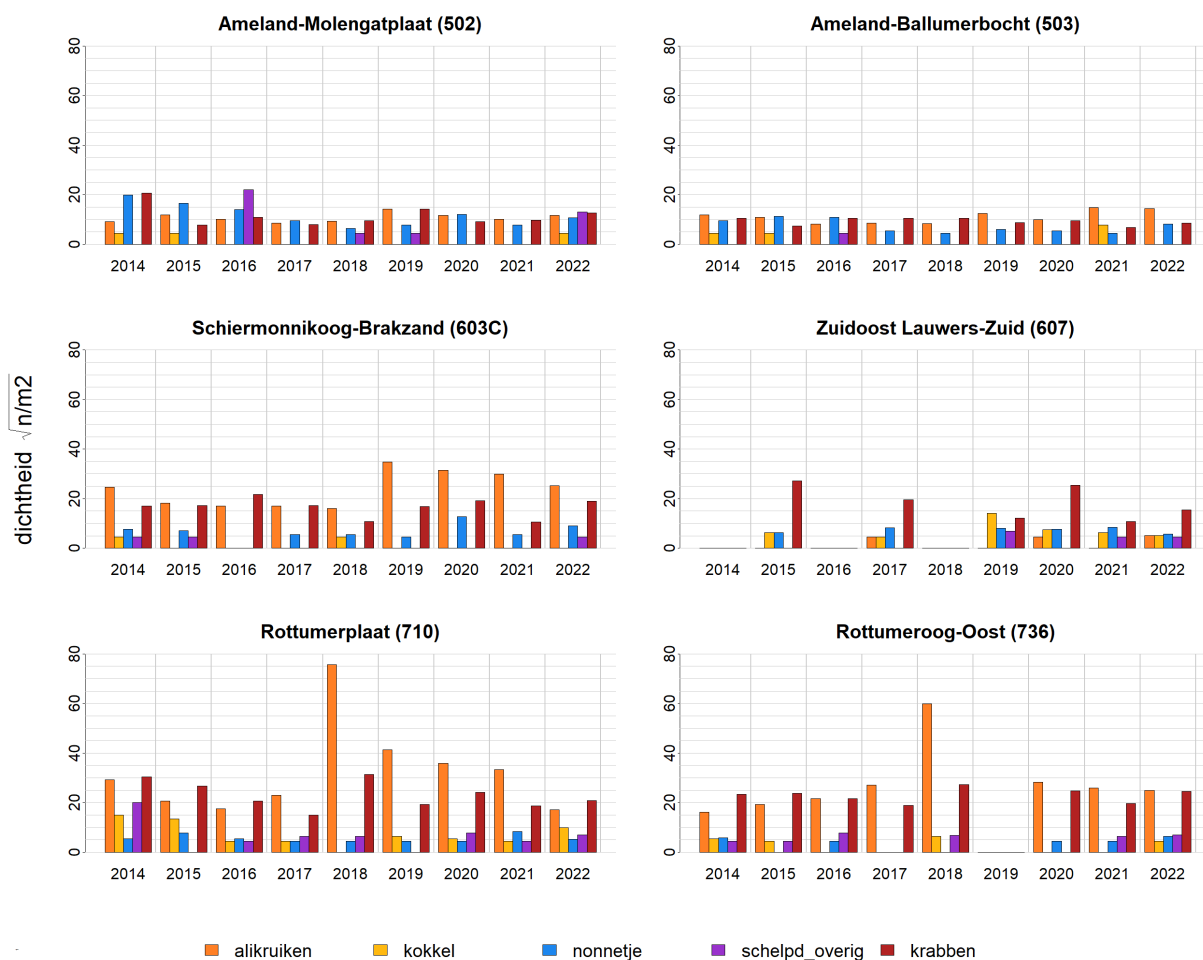
Zoals eerder waargenomen in voorgaande jaren, wordt het gewicht aan algen en wieren opnieuw gedomineerd door blaaswier (*Fucus vesiculosus* forma *mytili*). Dit is vooral het geval voor de monsters die zijn genomen op de banken Ameland-Molengatplaat (502) en -Ballumerbocht (503), zie Figuur 3.10. Het dode materiaal in de monsters bestaat voornamelijk uit lege mossel- en Japanse oesterschelpen. De variaties in het dode materiaal in de monsters vertonen aanzienlijke jaarlijkse schommelingen. Vooral gedurende de eerste tien jaar na het ontstaan van een mosselbank neemt het gewicht aan dood schelpenmateriaal toe, waarna de toename vervolgens afvlakt.

Samenstelling bodemdiermonsters



Figuur 3.10 Ontwikkeling van het natgewicht aan mosselen, Japanse oesters, overige schelpdieren, algen/wieren, lege mosselschelpen en restgewicht zoals aangetroffen in de monsters genomen op de banken 502, 503, 603, 607, 710 en 736 in de periode 1997 t/m 2022.

Samenstelling schelpdieren en krabben



Figuur 3.11 Ontwikkeling van krabben en schelpdieren – anders dan mosselen en Japanse oesters – met de hoogste jaargemiddelde dichtheden (aliquiken, kokkel, nonnetje) zoals aangetroffen in de monsters genomen op de banken 502, 503, 603, 607, 710 en 736 in de periode 2014 t/m 2022. De overige schelpdieren die maar enkele keren voorkomen in de monsters zijn in de figuur samengevoegd en worden als aparte groep weergegeven (schelpd_overig).

Zoals eerder geobserveerd en beschreven is, blijft de samenstelling van krabben en schelpdieren (exclusief mosselen en Japanse oesters) in de oudere mosselbanken (502, 503, 603, 710 en 736) gedurende de periode 2014 tot en met 2022 grotendeels bestaan uit alikruiken en krabben (zie Figuur 3.11). Hoewel minder numeriek dominant, worden er in deze banken ook nonnetjes aangetroffen en in mosselbanken 503, 607 en 710 ook kokkels. Het bemonsteringsjaar 2022 vormt geen uitzondering wat betreft de samenstelling van schelpdieren en krabben. Verder valt op dat vooral de dichtheid van alikruiken en krabben in de banken onder Ameland (bemonsterd in het voorjaar) relatief laag is. In tegenstelling hiermee is de dichtheid hoger bij de banken nabij de eilandgroep de 'Rottums' (bemonsterd in het najaar). Het is niet duidelijk of dit wordt veroorzaakt door de locatie van de bank, het tijdstip van bemonstering, of een andere oorzaak heeft.

4 Discussie en conclusie

Wageningen Marine Research bestudeert in detail de langetermijnontwikkelingen van een aantal droogvallende mosselbanken in de Waddenzee. In het voorjaar van 2022 werden de mosselbanken 502 (Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland-Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog-Brakzand), 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid) bemonsterd. In het najaar werden de banken 710 (Rottumerplaat) en 736 (Rottumeroog-Oost) bezocht. De locaties van de banken 606 (Zuidoost Lauwers-Noord), 640 (Schiermonnikoog-ZOL) en 727 (Rottumeroog-Horsbornzand) zijn ook bezocht, maar deze bleken niet langer aanwezig te zijn.

De resultaten van de jaarlijkse karteringen geven een beeld van de ontwikkeling van de onderzochte mosselbanken over een groot aantal jaar. De algemene conclusie, die ook al in voorgaande tussenrapportages wordt beschreven (o.a. Glorius et al., 2021), blijft ook dit jaar onveranderd. De mosselbanken die de eerste jaren goed doorkomen, gaan in het algemeen na het jaar van ontstaan langzaam achteruit in oppervlakte, bedekkingspercentage en populatiedichtheid. Het aantal lege schelpen, macroalgen en zeepokken neemt toe over de jaren. Op de oudere banken die hier zijn onderzocht, worden naast mosselen ook Japanse oesters, macroalgen, alikruiken en krabben veelvuldig aangetroffen. Kokkels worden daarentegen vooral in de jongere banken aangetroffen. De afname in oppervlakte en bedekking van een bestaande mosselbank na het ontstaansjaar wordt incidenteel gecompenseerd door een goede mosselbroedval, waarna het proces opnieuw begint. Over de jaren ontstaat op deze manier een mosselbank met meerdere jaarklassen en met een gevarieerde gemeenschap. Hiernaast kun oude mosselbanken bestaan uit stabiele bankdelen met hoge mosseloverleving, en instabiele delen met lage. De stabiele delen bevinden zich vaak aan de kant die naar de geul toe gericht is, terwijl de instabiele delen zich vaak aan de overzijde hiervan bevinden. Vestiging van Japanse oesters in bestaande mosselbanken blijkt een algemeen verschijnsel in de Waddenzee. Dit resulteert in een hoger bedekkingspercentage aan schelpdieren en een afnemende biomassa van mosselen. Banken van meerdere jaren oud zijn vaak stabiel en langdurig (decennia lang) aanwezig op een bepaalde locatie. Individuele mosselen, bankdelen en complete banken kunnen echter verdwijnen, wat betekent dat mosselbanken ook aanzienlijk korter aanwezig kunnen zijn.

Ondanks de overeenkomsten in algemene ontwikkeling zoals hierboven beschreven, zijn er jaarlijks grote verschillen te zien in de ontwikkeling van individuele mosselbanken die gedurende deze studie gevolgd zijn. Sommige banken nemen in oppervlak en bedekking af, terwijl andere banken juist toenemen of nagenoeg niet veranderen. Hetzelfde jaar kan bijvoorbeeld in de ene bank wel uitgebreide mossel- of oesterbroedval plaatsvinden, terwijl dit op andere banken niet zo is. In de studie door Folmer et al. (2014) is de dynamiek in bankgrootte van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse en Duitse Waddenzee bestudeerd voor de periode 1999-2010. Uit deze studie bleek dat de groei van banken in nabij gelegen stroomgebieden gelijktijdig verliep, terwijl dit voor verder van elkaar verwijderde gebieden dit vaak niet zo was. De auteurs stellen dat de migratie van mossellarven in de waterkolom tussen stroomgebieden verhinderd kan worden door tussenliggende stroomgebieden met ongunstige (hoge) hydrodynamische condities maar ook door uitstroomwater van grote rivieren. De studie door Beukema et al. (2015) vond daarentegen wel gelijktijdige groei van mosselbanken over grote gebieden (> 100 km) in de Waddenzee na koude winters. De studie stelt dat de bestudeerde periode in Folmer et al. (2015) te kort was en geen strenge winters bevatte om deze relatie vast te stellen.

Onderzoek wijst uit dat veel verschillende factoren bepalend zijn voor de overleving en ontwikkeling van droogvallende mosselbanken en dat deze ook samenhangen met eigenschappen en de levensfase van de mosselbank zelf (Dankers & Fey, 2015). Zo wordt mosselbroedval op een bank bepaald door aanvoer van mossellarven met waterstromen die bovendien voldoende groot (en zwaar) moeten zijn om te kunnen bezinken op momenten met weinig stroming (Dankers & Fey, 2015). Het moment waarop de larven groot genoeg gegroeid zijn om zich op de bodem te kunnen vestigen, wordt mede bepaald door het tijdstip wanneer de mosselen hun zaad- en eiercellen uitscheiden (afhankelijk van de watertemperatuur) en door de groeisnelheid van de larven (afhankelijk van onder andere voedselcondities) (Gosling, 1992). Succesvolle vestiging van mossellarven wordt bijvoorbeeld bepaald door het aanwezige substraat, waarbij mosselen zelf, kokkels, Japanse oesters, dode schelpen en de kokers van kokerwormen geschikt vestigingsmateriaal blijken

te zijn (Kangeri et al., 2014; Callaway, 2003; Dankers & Fey, 2015; Pulfrich, 1996). Direct na de vestiging zijn de dan nog kleine mosselen gevoelig voor predatie door krabben en garnalen (Waser, 2018; Van der Veer et al., 1998; Dankers & Fey, 2015). Daarnaast speelt de predatiedruk uitgeoefend door vogels ook een grote rol op de ontwikkeling van mosselbanken (Waser, 2018).

In alle levensfasen van mosselbanken kan erosie van bankdelen door golven, stromingen en ijsvorming belangrijk zijn (Donker, 2015). Bankeigenschappen zijn medebepalend of mosselen al dan niet eroderen onder invloed van golven en stroming. Hoe hoger de mosseldichtheid en het aantal aangemaakt byssusdraden, hoe beter mosselen over het algemeen bestand zijn tegen erosie (Kangeri et al., 2014). Aanwezigheid van reliëf stimuleert verticale wateruitwisseling, waardoor de voedselbeschikbaarheid toeneemt (Donker, 2015). De voedselbeschikbaarheid wordt verder bepaald door de ligging van de bank ten opzichte van geulen die voor aanvoer van algen (voedselbron) zorgen, en de hoogteligging die bepaalt hoe lang de bank onder water staat en dus hoe lang mosselen de tijd hebben om het water te filteren (Dankers & Fey, 2015). Japanse oesters kunnen mosselen onbereikbaar maken en verliezen door predatie verminderen (Waser et al., 2015; Scheiffarth et al., 2007; Markert et al., 2013). Tegelijk nam in de meeste banken de mosselconditie af bij toename van de Japanse oester-biomassa (Waser et al., 2015). Dit ontstaat waarschijnlijk door concurrentie voor dezelfde voedselbron door zowel Japanse oesters als mosselen.

In de studie door Van der Meer et al. (2018) is de bankoverleving (een mosselbank als een individu) geanalyseerd voor een groot aantal banken voor de jaren 2000 tot en met 2013. Deze analyse laat zien dat de bankoverleving in de eerste vijf jaar na het ontstaan van een mosselbank gering is. Veel nieuwgevormde banken verdwijnen binnen de eerste vijf jaar. De overlevingskansen voor een bank na de eerste vijf jaar namen sterk toe en zijn daarnaast groter dan gemiddeld voor mosselbanken waarin ook Japanse oesters (zgn. 'gemixte' banken) aanwezig zijn. Hieruit volgt dat met name de ontwikkeling gedurende de eerste vijf jaar na het ontstaan van de bank bepaalt of de bank zich voor een lange periode kan handhaven. Een deel van de banken die in dit onderzoek opgenomen zijn, zijn ontstaan na mosselbroedval in het voorjaar van 2018. Het verdwijnen van deze banken in 2023 (of eerder) enerzijds en het blijven bestaan van de hier opgenomen banken van tientallen jaren oud illustreert dat vooral overleving van jonge banken (< 5 jaar) onzeker is zoals door Van der Meer et al. (2018) aangetoond is.

De hier gepresenteerde meerjarige gegevens met betrekking tot de ontwikkeling van mosselbanken kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling van kennis over de invloed van bankeigenschappen en omgevingsfactoren die van belang zijn voor het overleven van mosselbanken, evenals de invloed van Japanse oesters op de mosselbank- en mosselpopulatie-dynamiek.

5 Aanbevelingen

Om meer inzicht te krijgen in factoren die bepalen of een mosselbank zich wel of niet kan ontwikkelen tot een stabiele structuur die decennia kan standhouden, wordt aanbevolen de nieuw ontstane mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee op te nemen in het monitoringsprogramma en deze minimaal de eerste vijf jaar intensief te volgen. Daarnaast wordt aanbevolen om ook de oudere en stabiel gebleken banken te blijven volgen om met name de invloed van Japanse oesters op een mosselbank verder te onderzoeken.

De in 2018 nieuwgevormde banken Schiermonnikoog (640), Zuidoost Lauwer-Zuid (607) en Rottumeroog-Horsbornzand (727) zijn tot hun vierde levensjaar gevolgd, waarna ze vervolgens zijn verdwenen. Dit toont de urgentie aan om nieuwgevormde banken aan het monitoringsprogramma toe te voegen om de bankdynamiek beter te begrijpen. Omdat de veranderingen in oudere banken minder groot zijn dan in de nieuwe banken, wordt aanbevolen de jonge banken wel en de oudere banken niet in de jaarlijkse monitoring mee te nemen.

In het huidige monitoringsprogramma worden metingen voor bijvoorbeeld de bankligging en mosselbedekking handmatig uitgevoerd, waarbij de ruimtelijke dekking en het detailniveau van de verkregen data beperkt zijn. De snelle ontwikkeling op het gebied van remote sensing-technieken, zoals UAV (Unmanned Aerial Vehicle oftewel drones), en de ontwikkeling in computer vision, stellen ons in staat om relevante gegevens zoals de ligging en grootte van mosselpatches betrouwbaar en op een hoog detailniveau te verkrijgen. Daarnaast is het ook mogelijk om hiermee nieuwe parameters op te nemen in de monitoring die voorheen nog niet gemeten konden worden, zoals de hoogteligging en het reliëf van de bank.

Verschillende verkenningen en studies hebben de toepasbaarheid van dit soort technieken al laten zien. Meest recent is het monitoren van de effecten van het aanleggen van stroomkabels door een mosselbank (Glorius et al., 2023). Het wordt daarom aanbevolen om remote sensing-technieken verder te ontwikkelen in het kader van dit onderzoek. Getoetst moet worden hoe goed de techniek werkt voor de mosselbanken die in dit programma opgenomen zijn, met onder andere een andere gemixte mossel-Japanse oestersamenstelling en hoe deze data zich verhouden tot de gegevens zoals ze tot op heden handmatig verkregen worden (lopen van contour en bedekkingsraaien met hand-gps). Op termijn is het dan in potentie mogelijk om de methode tijdens de jaarlijkse monitoring aan te passen, en bijvoorbeeld het lopen van de contour en bedekkingsraaien achterwege te laten door over te stappen op het gebruik van een drone. Naar verwachting is het met deze techniek mogelijk om steeds gedetailleerdere informatie te verkrijgen die belangrijk is voor het begrijpen van de(vroege) bankoverleving en dynamiek.

Verder is het interessant om de ontwikkeling van de mosselbanken te koppelen aan morfologische ontwikkelingen in de directe omgeving van de bank. Hiertoe zouden mosselbankcontouren geprojecteerd kunnen worden op historische bathymetrische kaarten, waarmee onderzocht kan worden wat de invloed is van mosselbanken op sedimentatie- en erosieprocessen en op de verschuivingen in het geulenpatroon.

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

- Beukema, J.J., R. Dekker, M.R. van Stralen, J. de Vlas (2015) Large-scale synchronization of annual recruitment success and stock size in Wadden Sea populations of the mussel *Mytilus edulis* L. *Helgol Mar Res* (69), pp 327 – 333.
- Brinkman, A.G., T. Bult, N. Dankers, A. Meijboom, D. den Os, M.R. van Stralen, J. de Vlas (2003) Mosselbanken kenmerken, oppervlaktebepaling en beoordeling van stabiliteit. Alterra rapport 707. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Bruins, R.W.B., 1983. *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) op Texel. Correspondentieblad van de Nederlandse Malacologische Vereniging 215, 1436–1438.
- Buschbaum, C.S., Dittmann, J.S Hong, I.S Hwang, M. Strasser, M. Thiel, N. Valdivia, S.P. Yoon, K. Reise (2009) Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgoland Marine Resources* 63:47-58.
- Callaway, R. (2003) Long-term effects of imitation polychaete tubes on benthic fauna: they anchor *Mytilus edulis* (L.) banks. *Journal Experimental Marine Biology Ecology* (283), pp 115-132.
- Dame, R.F. (2011) Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach, 2nd edition. Boca Raton, FL, CRC Marine Sciences. 283 pp.
- Dankers, N. & K. Koelemaij (1989) Variations in the mussel population of the Dutch Waddensea in relation to monitoring. *Helgwiss. Meeresunters.* 43: 529–535.
- Dankers, N., A. Meijboom, J.S.M. Cremer, E.M. Dijkman, Y. Hermes, L. te Marvelde (2003) Historische ontwikkeling van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 876. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Dankers, N, A. Meijboom, M. de Jong, E. Dijkman, J. Cremer & S. van der Sluis (2004) Het ontstaan en verdwijnen van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 921. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Dankers, N., J. Cremer, E. Dijkman, S. Brasseur, K. Dijkema, F. Fey-Hofstede, M. de Jong, C. Smit (2006) Ecologische Atlas Waddenzee. IMARES Wageningen UR, Texel.
- Dankers, N. & F. Fey-Hofstede (2015) Een zee van Mosselen. Handboek ecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee. Lisse, pp. 108.
- Diederich, S. (2005) Invasion of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the Wadden Sea: competitive advantage over native mussels. PhD thesis, University of Kiel, Germany, 154 pp.
- Dijkema, K.S., G. van Tienen & J.J. van Beek (1989) Habitats of the Netherlands, German and Danish Wadden Sea 1:100 000. Research Institute for Nature Management, Texel/Veth Foundation, Leiden: 24 maps.
- Drinkwaard, A.C., (1999) Introductions and developments of oysters in the North Sea area: a review. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 301–308.
- Donker, J.J.A. (2015) Hydrodynamic processes and the stability of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. Thesis University Utrecht, pp 134.
- Ens, B.J. & D. Alting (1996) The effect of an experimentally created mussel bed on bird densities and food intake of the Oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Ardea*, 84A, 493-507.
- Folmer, E.O., J. Drent, K. Troost, H. Buttger, N. Dankers, J. Jansen, M. van Stralen, G. Millat, M. Herlyn, C.J.M. Philippart, C.J.M. (2014) Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytilus edulis* L.) bed coverage in the Gemena and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* (17), pp 550-566.
- Glorius, S.T., A. Meijboom, F. Daniels, E. O. Folmer, (2023). Het effect van het aanleggen van een stroomkabel door een droogvallende mosselbank.
- Glorius, S.T., A. Meijboom, (2021) Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2020. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 212.
- Gosling, E.G. (1992) Reproduction, settlement and recruitment. In: *The Mussel Mytilus: ecology, physiology, genetics and culture*. Developments in aquaculture and fisheries science. Amsterdam: Elsevier. Pp 131-168.
- Gutiérrez, J.L., C.G. Jones, D.L. Strayer, O.O. Iribarne (2003) Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. *Oikos* 101: 79-90.

-
- Günther, C.P. (1996) Development of small *Mytilus* beds and its effects on resident intertidal macrofauna. *Mar. Ecol.* 17(1-3):117-130.
- Kangeri, A.K., J.M. Jansen, D.J. Joppe, N.M.J.A. Dankers (2014) In situ investigation of the effects of current velocity on sedimentary mussel bed stability. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (485), pp 65-72.
- Kochmann, J., C. Buschbaum, N. Volkenborn, & K. Reise (2008) Shift from native mussels to alien oysters: Differential effects of ecosystem engineers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364(1):1-10.
- Markert, A. A. Wehrmann, I. Kröncke (2010) Recently established *Crassostrea*-reefs versus native *Mytilus*-beds: differences in ecosystem engineering affects the macrofaunal communities (Wadden Sea of Lower Saxony, southern German Bight). *Biological Invasions*, 12:15-32.
- Markert A., Esser W., Frank D., Wehrmann A., Exo K.M. (2013) Habitat change by the formation of alien *Crassostrea*-reefs in the Wadden Sea and its role as feeding sites for waterbirds. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 131:41-51.
- Meer, J. van der, N. Dankers, B. Ens, M. van Stralen, K. Troost & A. Waser (2018) 'The Birth, Growth and Death of Intertidal Soft-Sediment Bivalve Beds: No Need for Large-Scale Restoration Programs in the Dutch Wadden Sea', *Ecosystems* (22), 1024-1034.
- Ministerie van LNV (2004) Ruimte voor zilte oogst. Naar een omslag in de Nederlandse schelpdiercultuur. Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 2005-2020.in N. e. V. Ministerie van Landbouw, editor., Den Haag.
- Nehls, G., I. Hertzler, G. Scheiffarth (1997) Stable mussel *Mytilus edulis* beds in the Wadden Sea: they're just for the birds. *Helgolander Meeresuntersuchungen* 51:361-72.
- Nehls, G., Diederich, S., Thieltges, D.W., Strasser, M., (2006). Wadden Sea mussel beds invaded by oysters and slipper limpets: competition or climate control? *Helgoland Marine Research* 60, 135-143.
- Ouderaa, I.B.C. van der, J. R. Claassen, J. van der Koppel, M.J. Bishop, B.K. Eriksson (2021) Bioengineering promotes habitat heterogeneity and biodiversity on mussel reefs. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* (540).
- Prins, T.C., A.C. Smaal and R.F. Dame (1998) A review of the feedbacks between bivalve grazing and ecosystem processes. *Aquatic Ecology* 31: 349-359.
- Prins, T.C. & V. Escaravage (2005) Can bivalve suspension feeders affect pelagic food web structure? In: *The Comparative Roles of Suspension Feeders in Ecosystems*. R.F. Dame and S. Olenin. Dordrecht Springer: 31-51.
- Pulfrich, A. (1996) Attachment and settlement of post-larval mussels (*Mytilus edulis* L.) in the Schleswig-Holstein Wadden Sea. *J. Sea Res.* 36, pp 239-250.
- Reise, K. 1998. Pacific oysters invade mussel beds in the European Wadden Sea, *Senckenbergiana Maritima*, (28) 167-175.
- Ruesink J.L., Lenihan H.S., Trimble A.C., Heiman K.W., Micheli F., Byers J.E., Kay M.C. (2005) Introduction of non-native oysters: ecosystem effects and restoration implications. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36:643-689.
- Scheiffarth G., Ens B.J., Schmidt A. (2007) What will happen to birds when Pacific Oysters take over the mussel beds in the Wadden Sea? *Wadden Sea Newsletter* 33:10-14.
- Sea, M.A., J.R. Hillman, S.F. Thrush (2022) Enhancing multiple scales of seafloor biodiversity with mussel restoration. *Scientific Reports* (12), 5027.
- Staatscourant (2022) Verlengingsbesluit Natura 2000-Beheerplannen Waddenzee en Noordzeekustzone, Rijkswaterstaat. Nr 32331, 30 november 2022, pp 3.
- Tsuchiya, M., M. Nishihira (1985) Islands of *Mytilus* as a habitat for small intertidal animals: effect of island size on community structure. *Mar Ecol Prog Ser* 25:71-81.
- Tsuchiya, M., M. Nishihira (1986) Islands of *Mytilus edulis* as a habitat for small intertidal animals: effect of *Mytilus* age structure on the species composition of the associated fauna and community organization. *Mar Ecol Prog Ser* 31:171-187.
- Troost K. (2009) Pacific oysters in Dutch Estuaries: Causes of success and consequences for native bivalves PhD Thesis, University of Groningen, Groningen, The Netherlands.
- Troost, K. (2010) Causes and effects of a highly successful marine invasion: Case-study of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental NW European estuaries. *J. Sea Res.* 64, pp 145-165.
- Troost, K., M. van Asch, S. Cornelisse, S. Glorius, D. van den Ende, Y. van Es, M. Keur, K.J. Perdon, J. van de Pool, W. Suykerbuyk, C. van Zweeden en J. van Zwol (2023) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltaxwateren in 2022. CVO rapport 23.009.

-
- Tydeman, P. (1996) Ecologisch profiel van de wilde litorale mosselbank (*Mytilus edulis* L.). Rapport RIKZ 96.026. RIKZ, Den Haag.
- Veer, H.W. van der, R.J. Feller, A. Weber, J. Witte, (1998) Importance of predation by crustaceans upon bivalve spat in the intertidal zone of the Dutch Wadden Sea as revealed by immunological assays of gut contents. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* (231), pp 139-157.
- Waser, A.M. (2018) Predation on intertidal mussels: Influence of biotic factors on the survival of epibenthic bivalve beds. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands.
- Waser, A.M., W. Splinter & J. van der Meer (2015) Indirect effects of invasive species affecting the population structure of an ecosystem engineer. *Ecosphere* 6(7):109. <http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00437.1>
- Zwarts, L. (1991) Mosselbanken: wadvogels op een kluitje. *Vogels* 66: 8-12. imo-Secundo, A., B. Tertio, C. Quarto (2012). Moving forward with forest governance, ETFRN news; issue no. 53. Wageningen: Tropenbos International.

Verantwoording

WOT-technical report: 261

BAPS-projectnummer: WOT-04-009-047.06

WMR-rapport: C031/24

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.

Naast Verna de Groes (ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit) en Mardik Leopold (Wageningen Marine Research) heeft Martin Baptist, themaleider Informatievoorziening Natuur bij de WOT Natuur & Milieu deze rapportage beoordeeld.

De auteurs bedanken alle betrokkenen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze rapportage.

Akkoord Extern contactpersoon

functie: Beleidsmedewerker LNV

naam: Karst Jaarsma

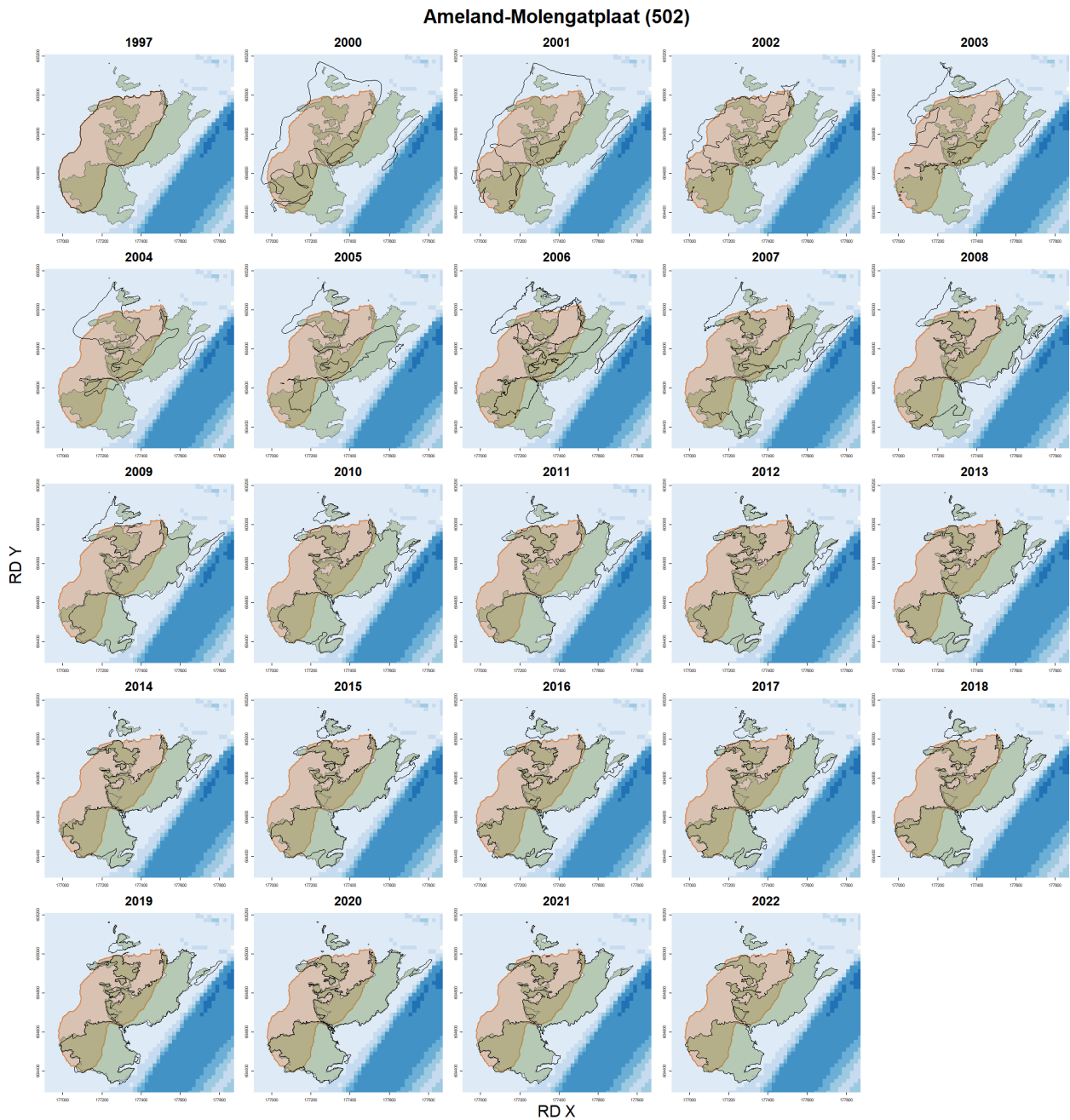
datum: 19 maart 2024

Akkoord Intern contactpersoon

naam: Martin Baptist

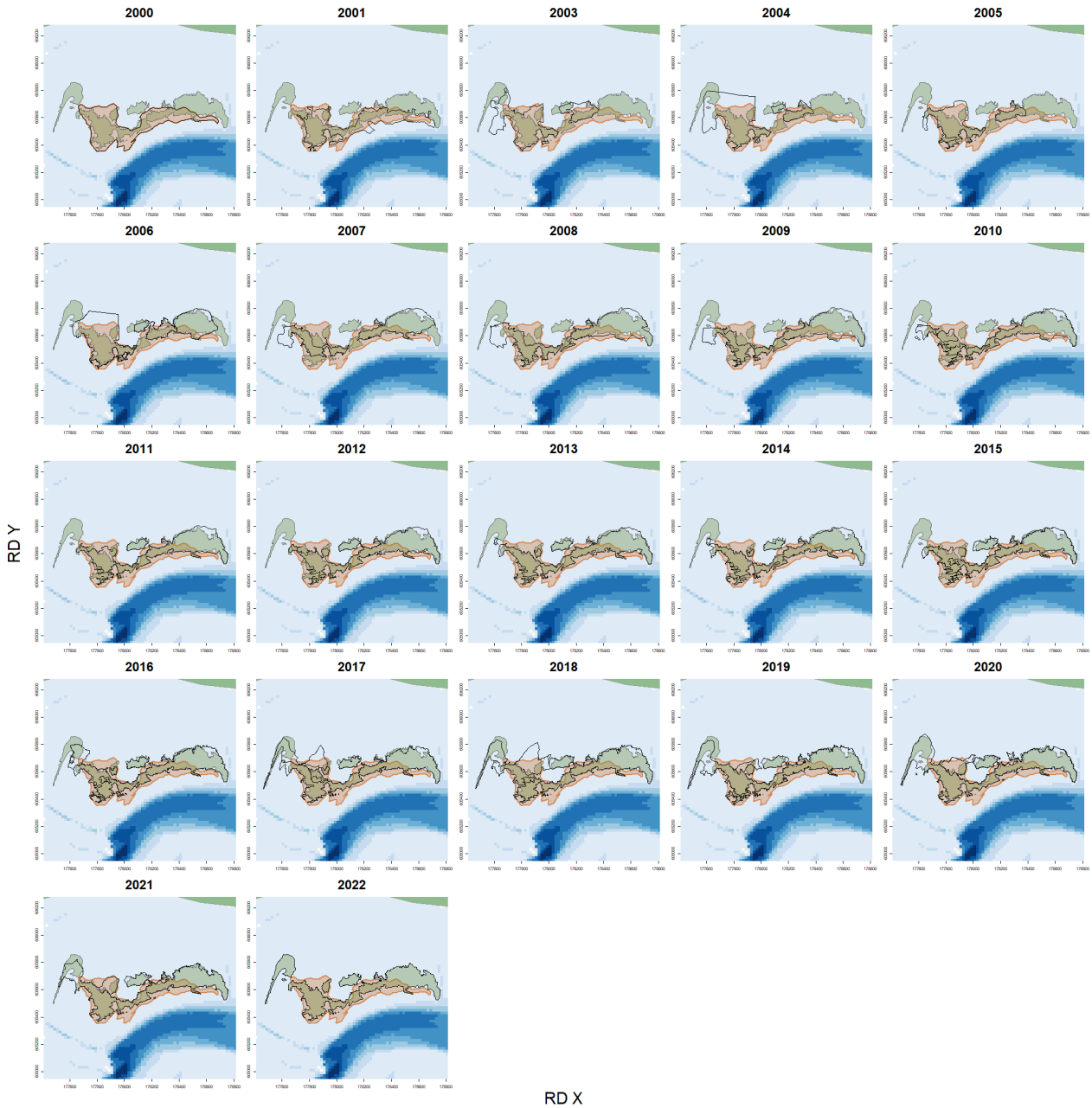
datum: 9 februari 2024

Bijlage 1 Bankcontouren per jaar



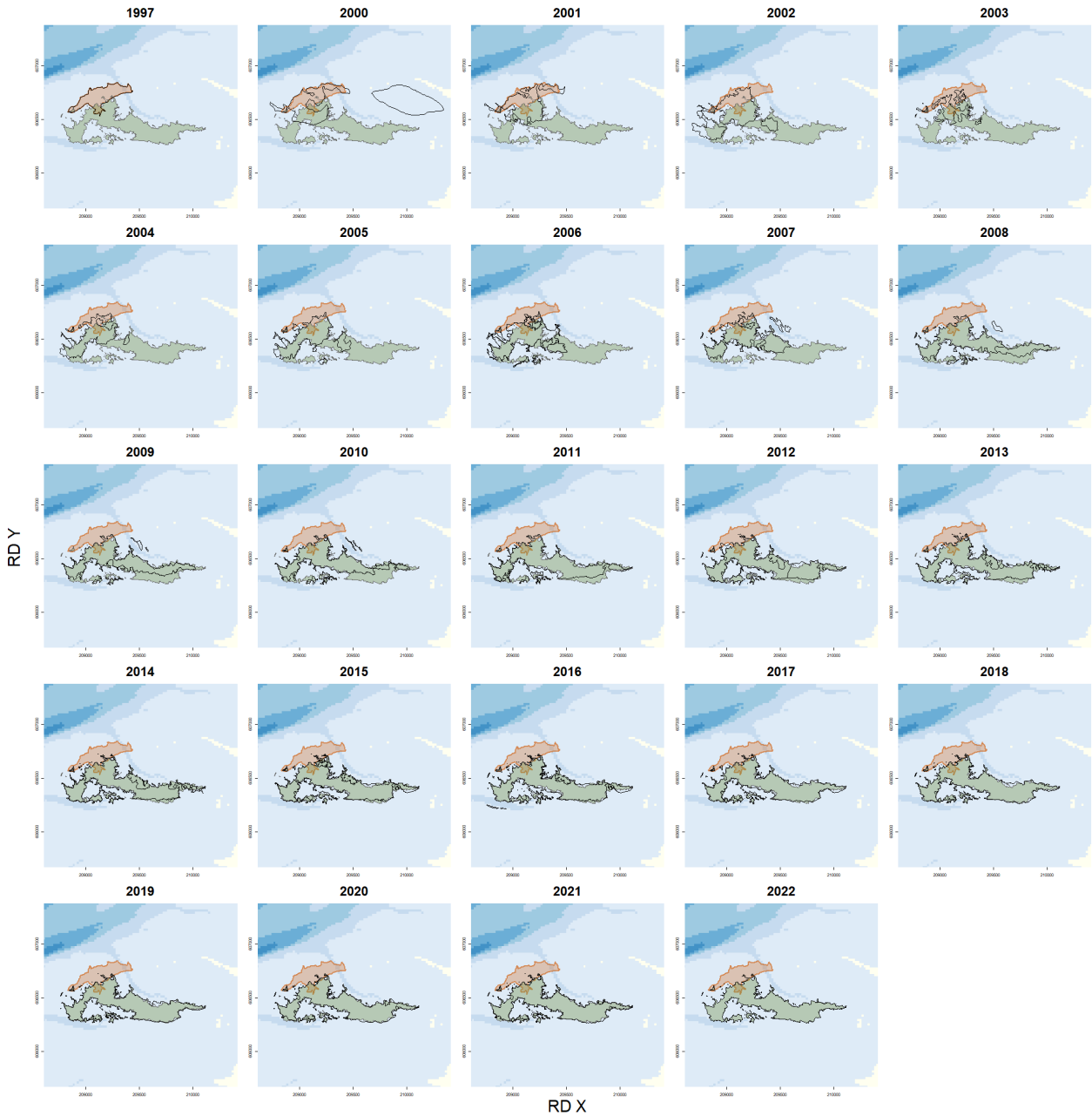
Figuur B1.1 De contouren voor mosselbank 502 (Ameland-Molengatplaat) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald is in de eerste meting van dit programma (1997) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald is in 2022 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald is in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Ameland-Ballumerbocht (503)



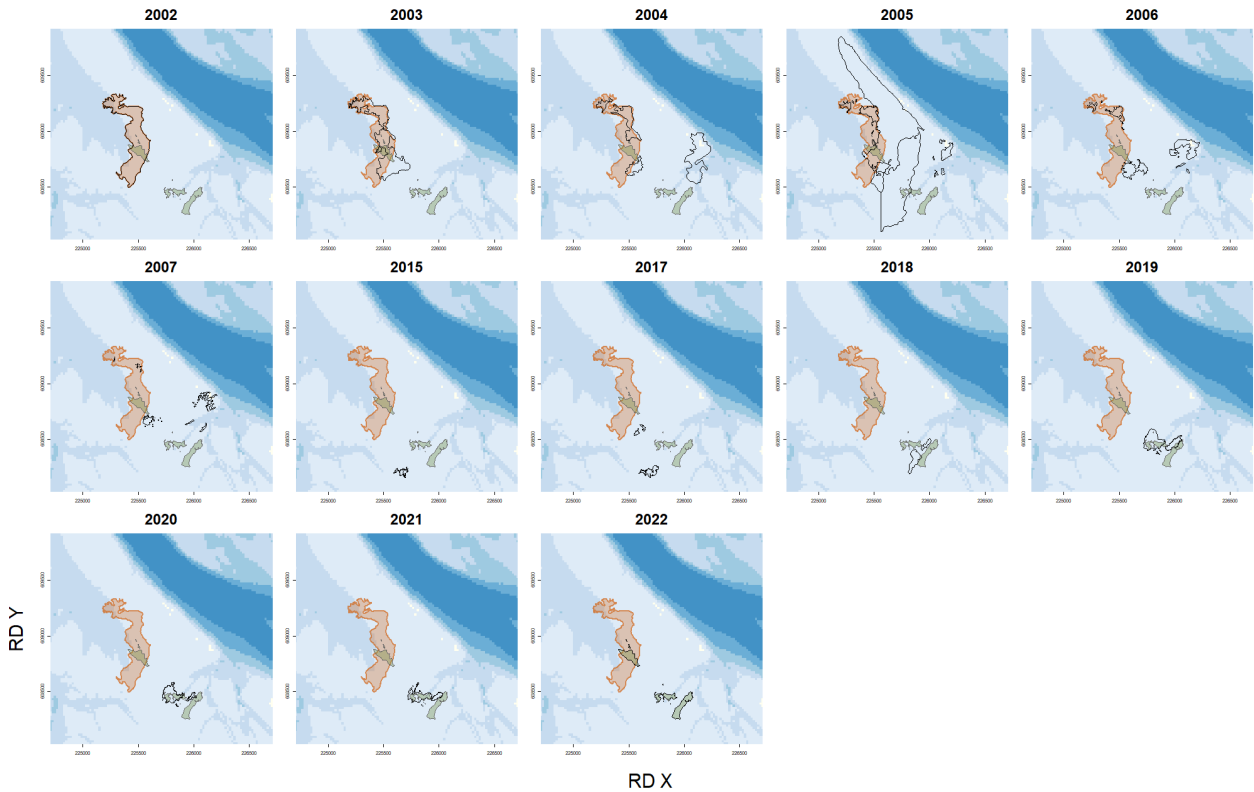
Figuur B1.2 De contouren voor mosselbank 503 (Ameland-Ballumerbocht) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2000) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald is in 2022 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald is in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Schiermonnikoog-Brakzand (603C)



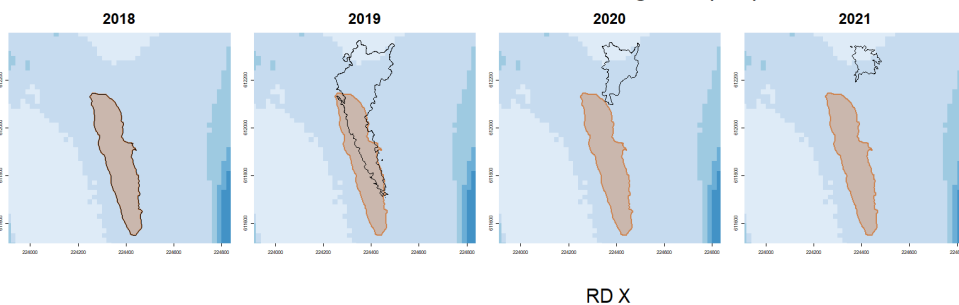
Figuur B1.3 De contouren voor mosselbank 603 (Schiermonnikoog-Brakzand) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (1997) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald is in 2022 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald is in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omljnd.

Zuidoost Lauwers-Zuid (607)



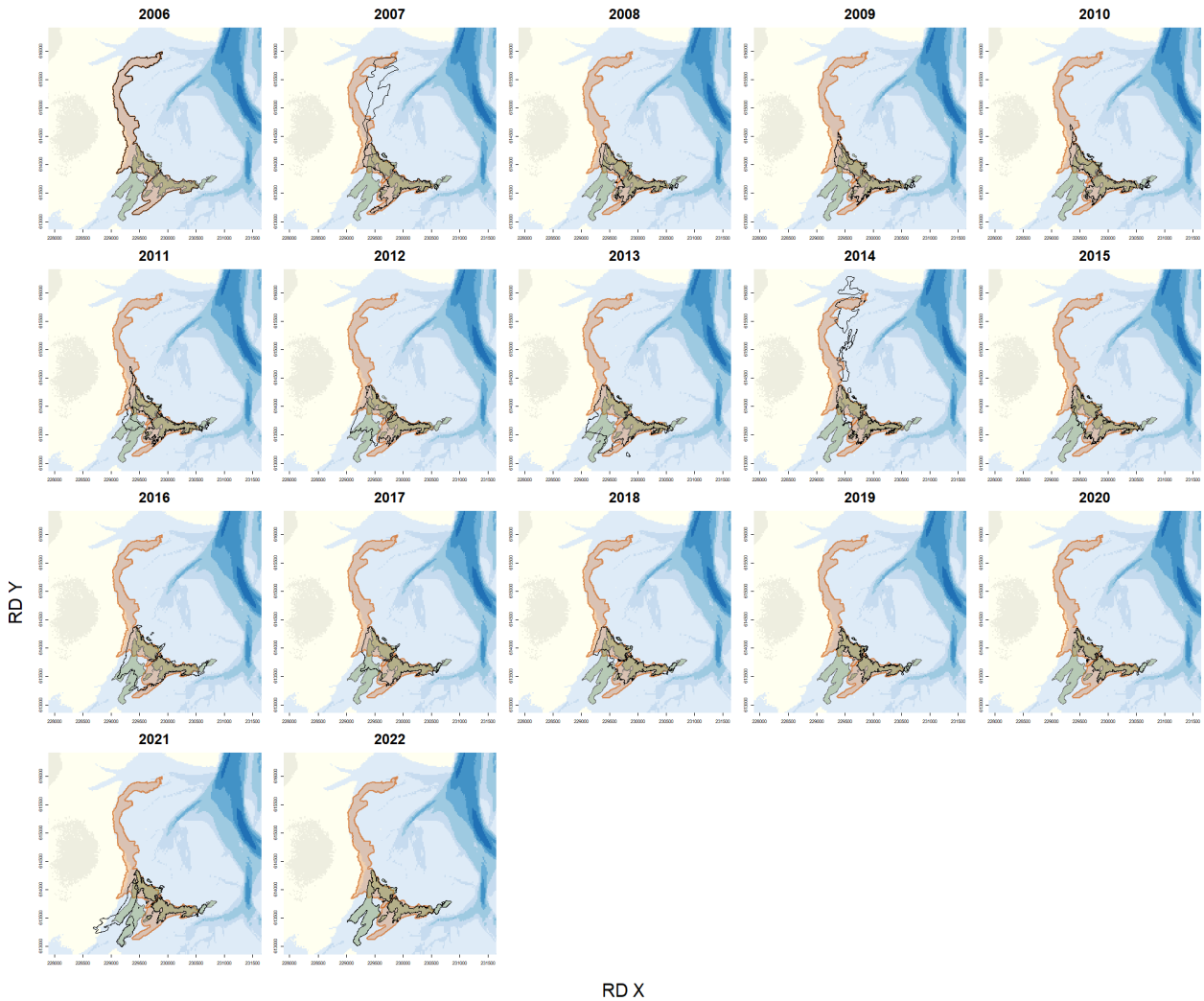
Figuur B1.4 De contouren voor mosselbank 607 (Zuid Oost Lauwers-Zuid) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2002) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2022 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Schiermonnikoog-ZOL (640)



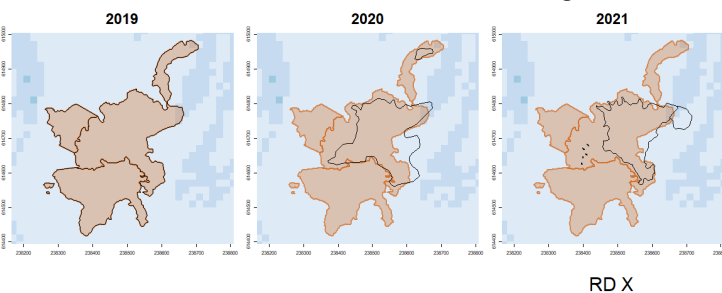
Figuur B1.5 De contouren voor mosselbank 640 (Schiermonnikoog-Zuidoost-Lauwers) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2018) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2022 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Rottumerplaat (710)



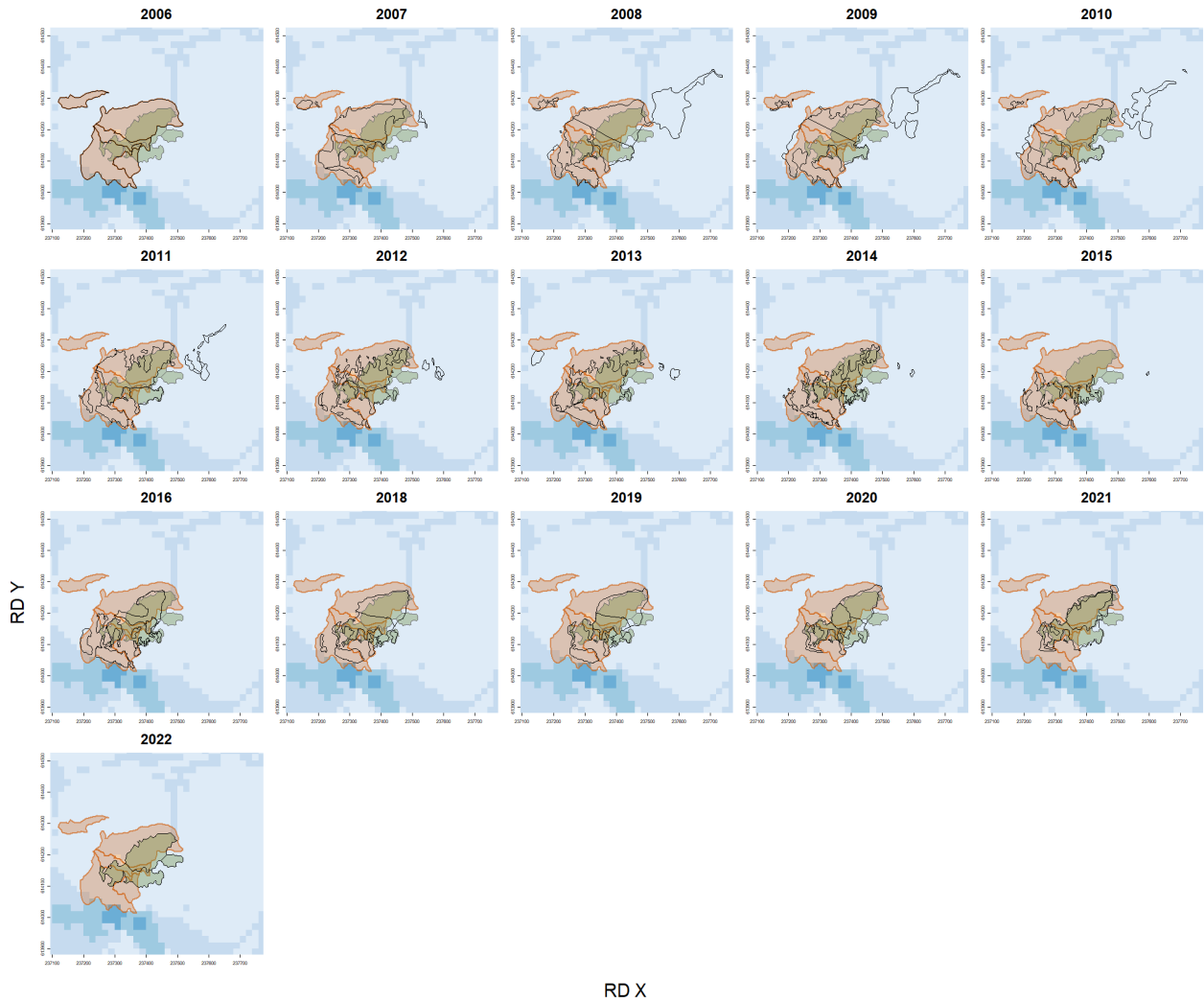
Figuur B1.6 De contouren voor mosselbank 710 (Rottumerplaat) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2006) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2022 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Rottumeroog-Horsbornzand (727)



Figuur B1.7 De contouren voor mosselbank 727 (Rottumeroog-Horsbornzand) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2019) is lichtbruin ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

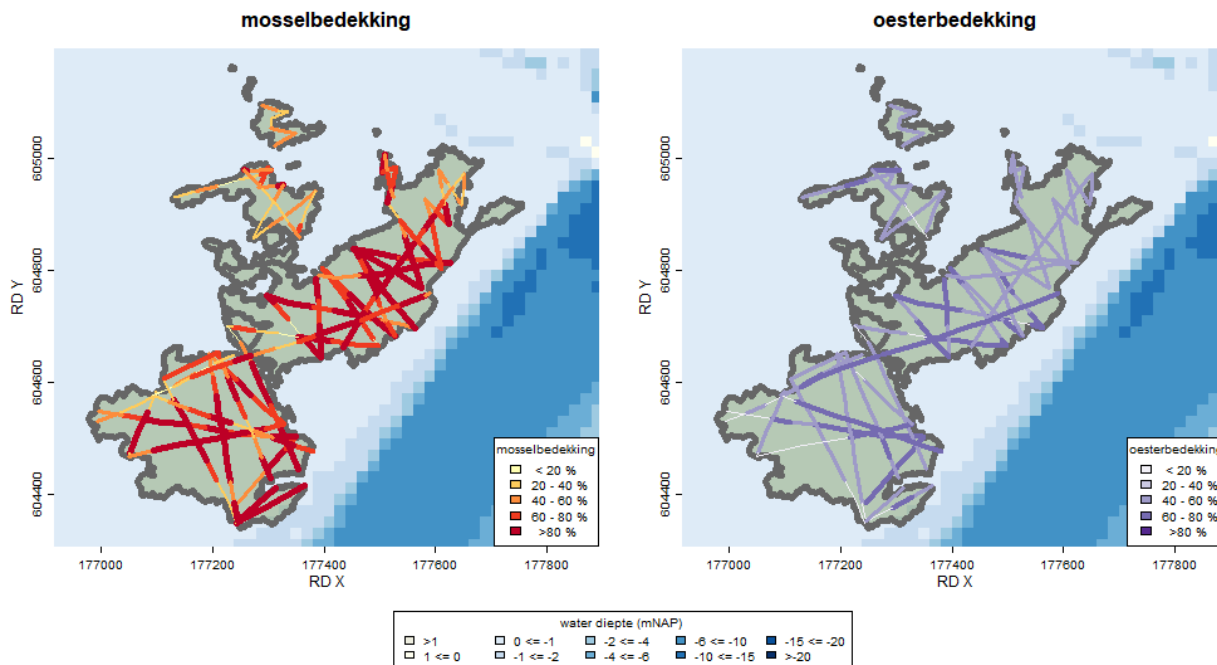
Rottumeroog-Oost (736)



Figuur B1.8 De contouren voor mosselbank 736 (Rottumeroog-Oost) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2006) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2022 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

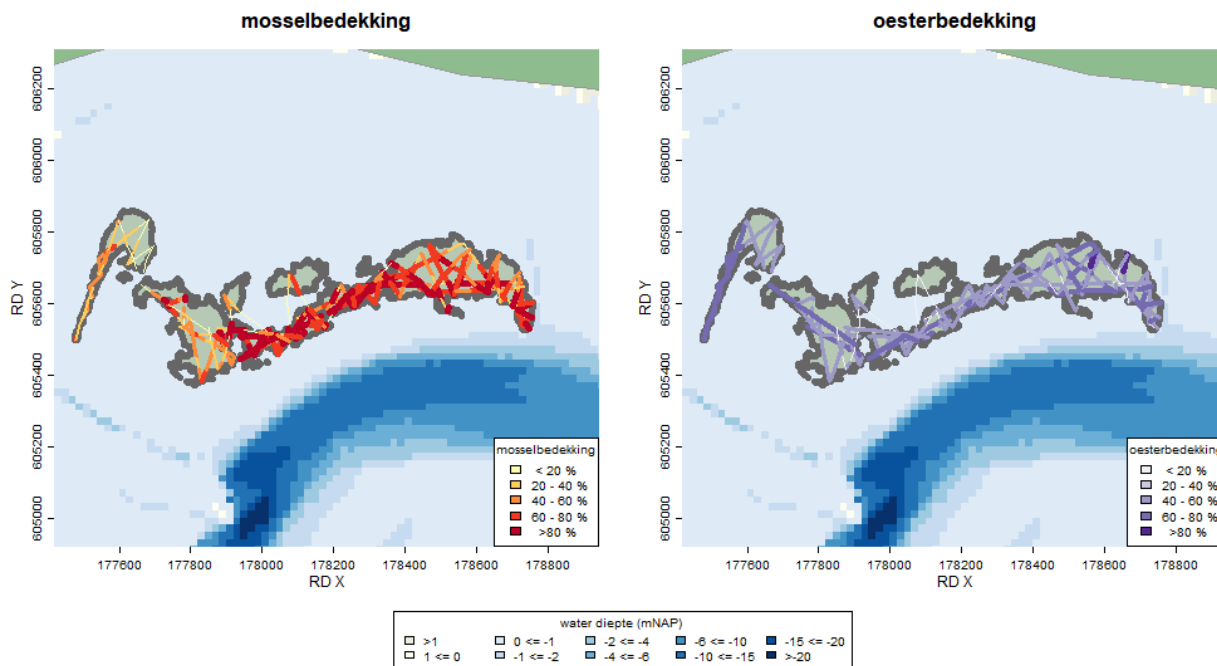
Bijlage 2 Kaarten bedekking

Ameland-Molengatplaat (502)



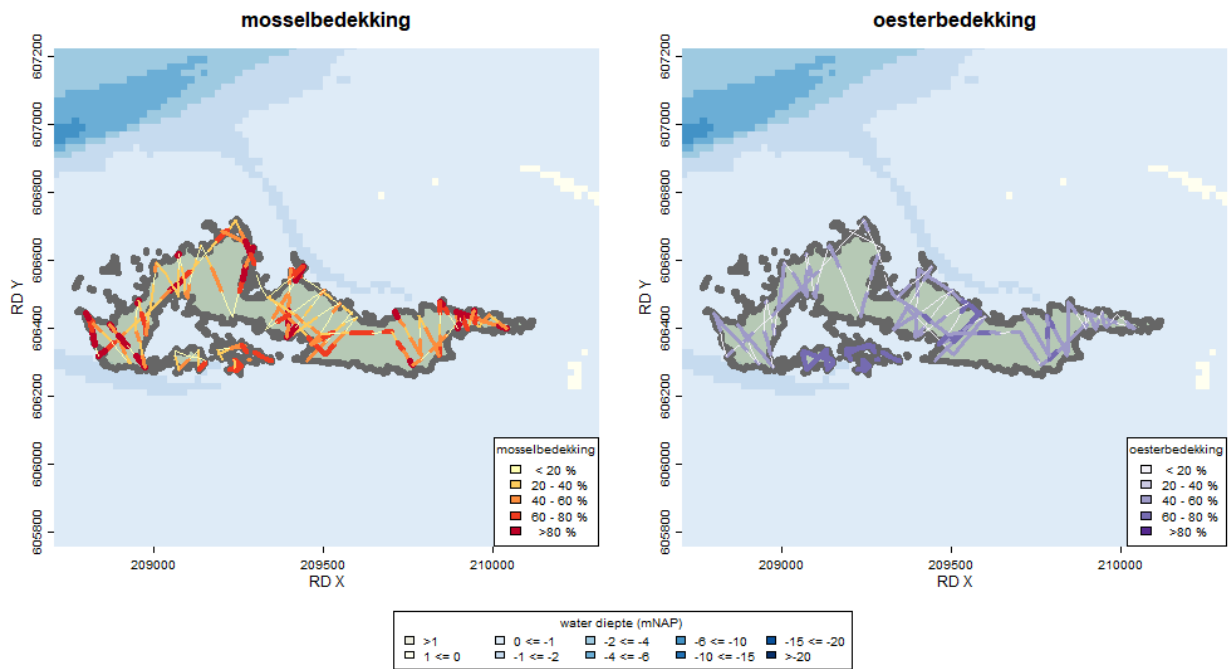
Figuur B2.1 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 502 in 2022.

Ameland-Ballumerbocht (503)



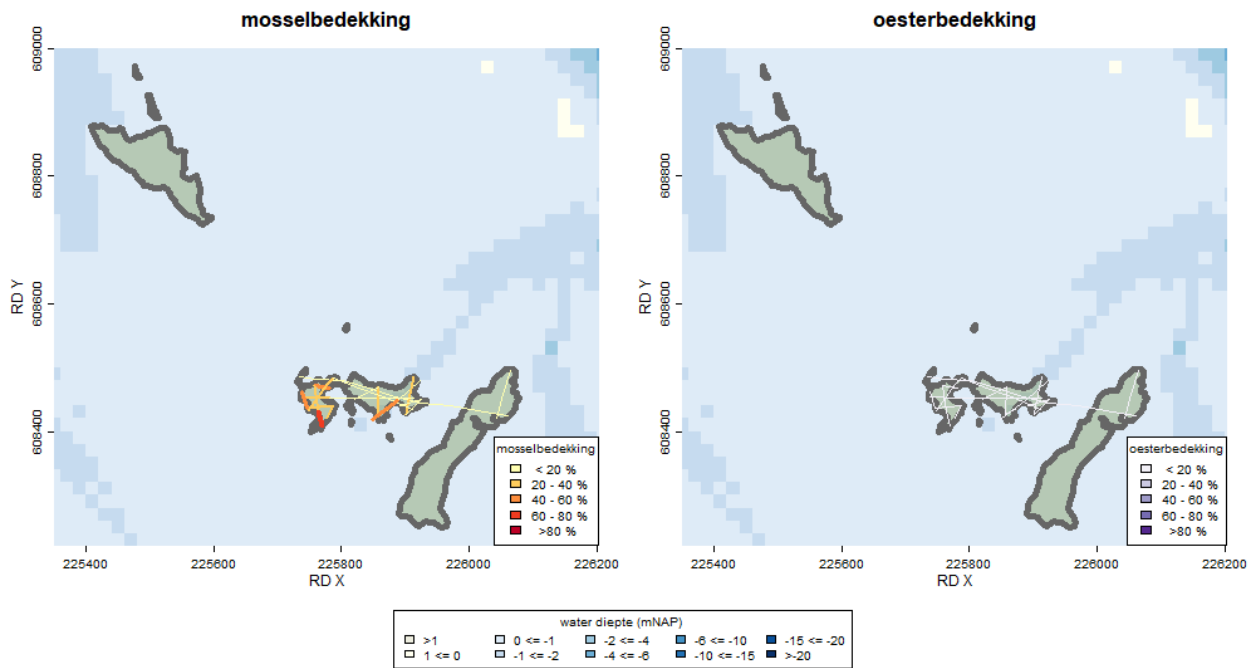
Figuur B2.2 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 503 in 2022

Schiermonnikoog-Brakzand (603C)



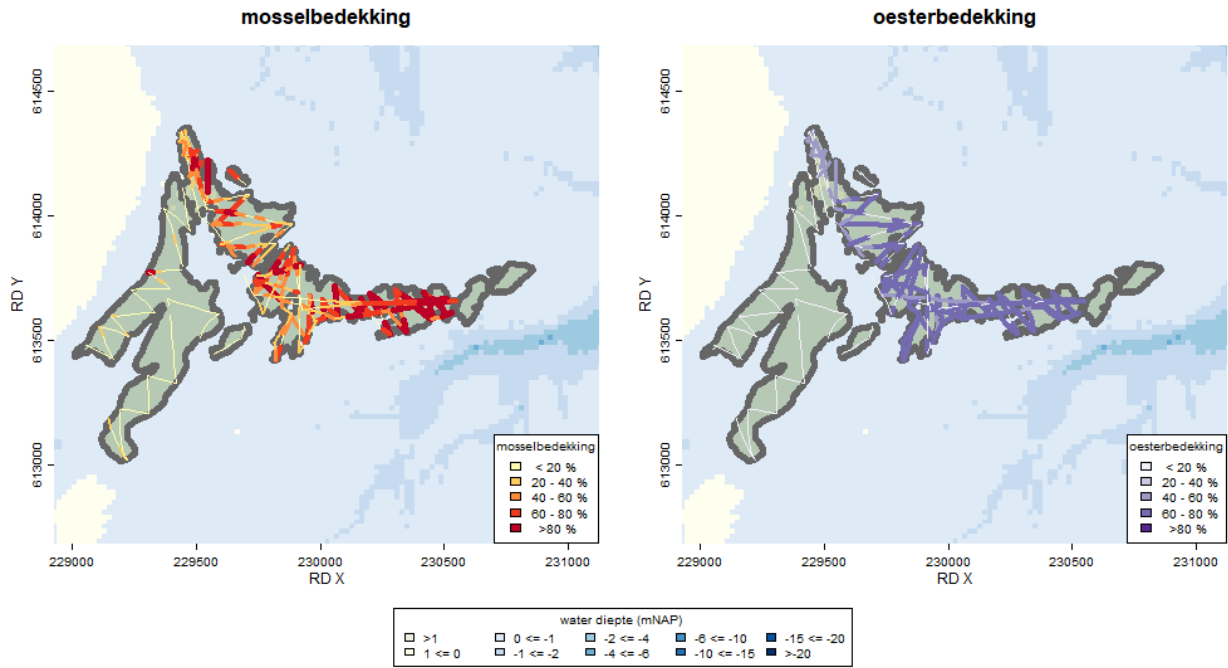
Figuur B2.3 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraai op mosselbank 603 in 2022.

Zuidoost Lauwers-Zuid (607)



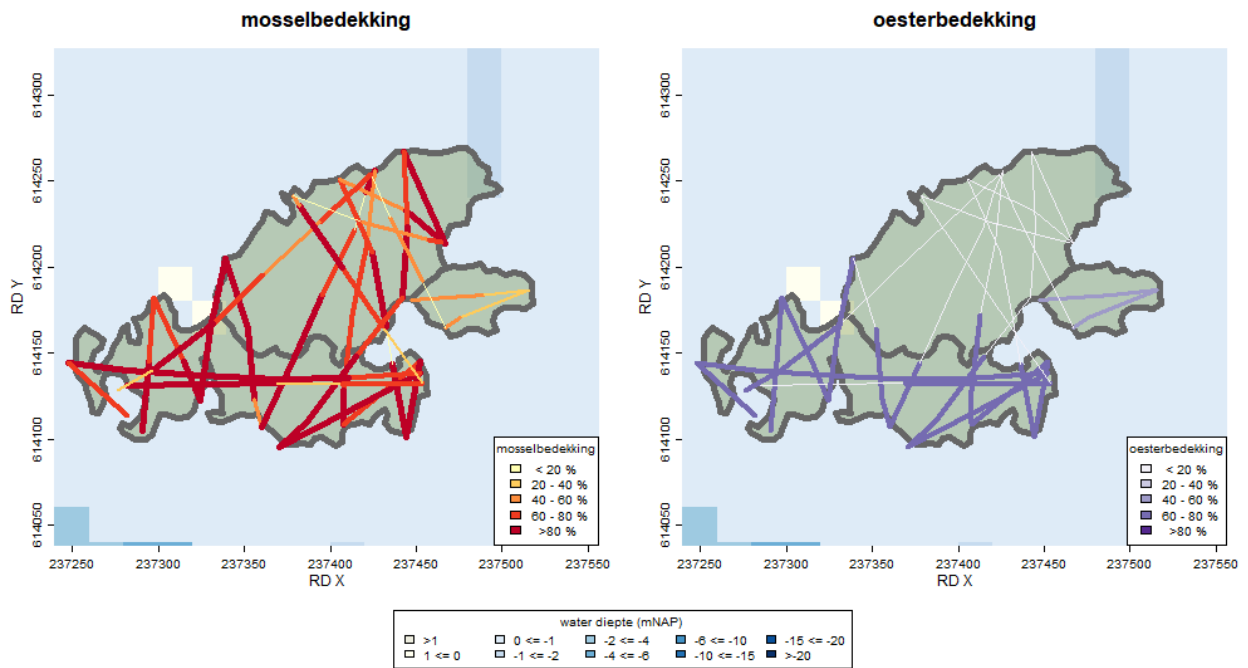
Figuur B2.4 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraai op mosselbank 607 in 2022.

Rottumerplaat (710)



Figuur B2.5 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 710 in 2022.

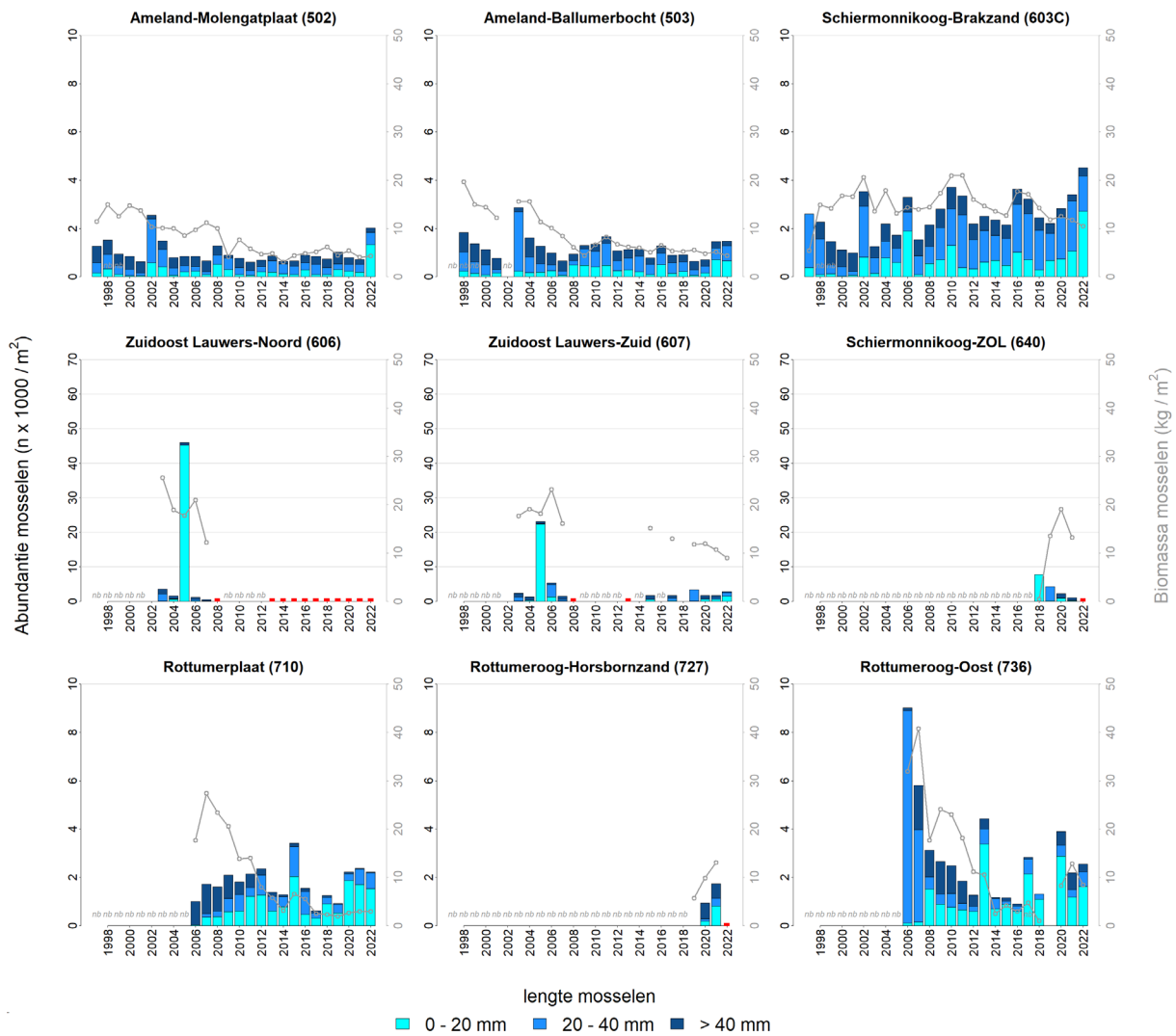
Rottumeroog-Oost (736)



Figuur B2.6 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 736 in 2022.

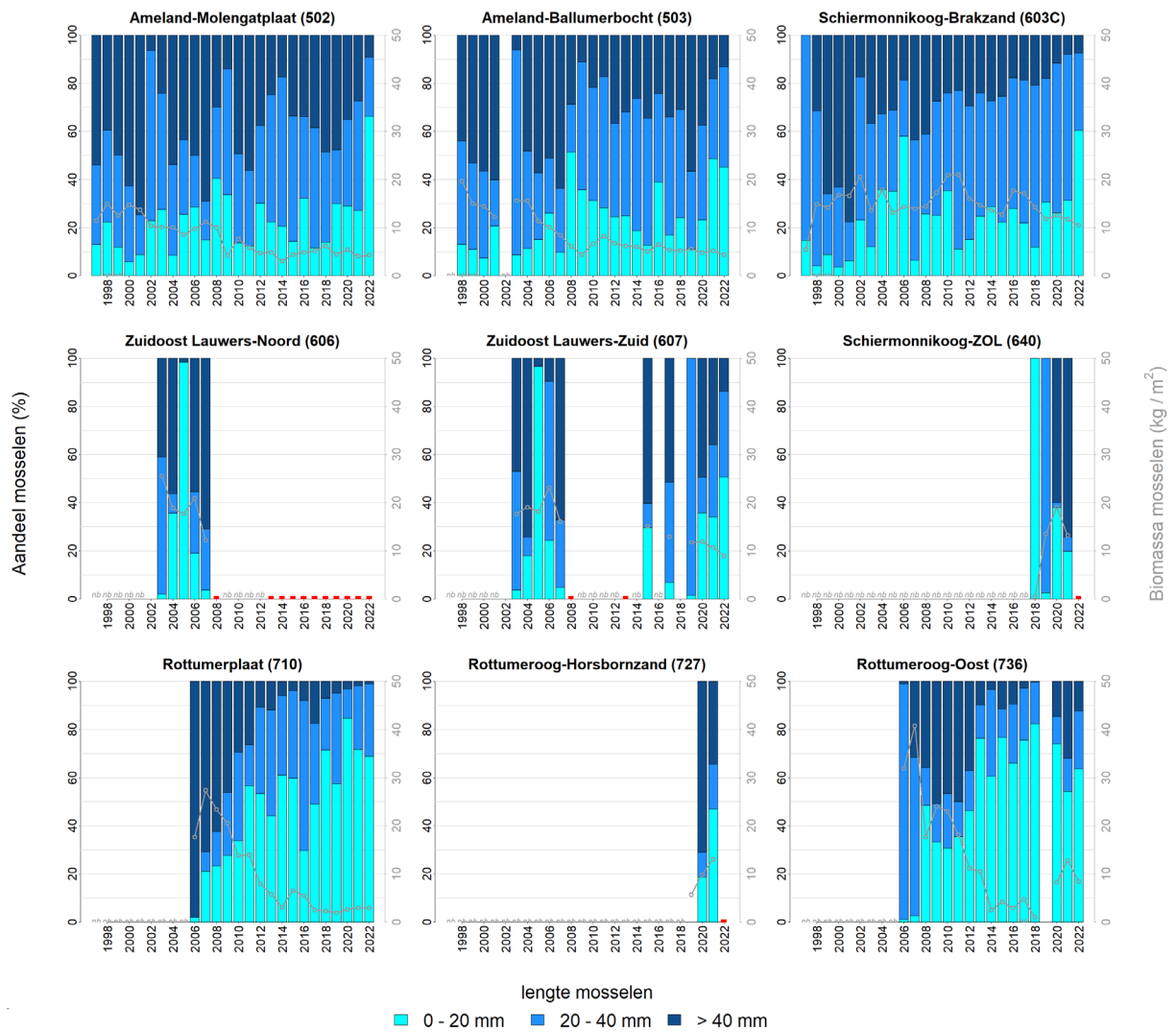
Bijlage 3 Ontwikkeling mosselpopulatie

Ontwikkeling van de mosselpopulatie



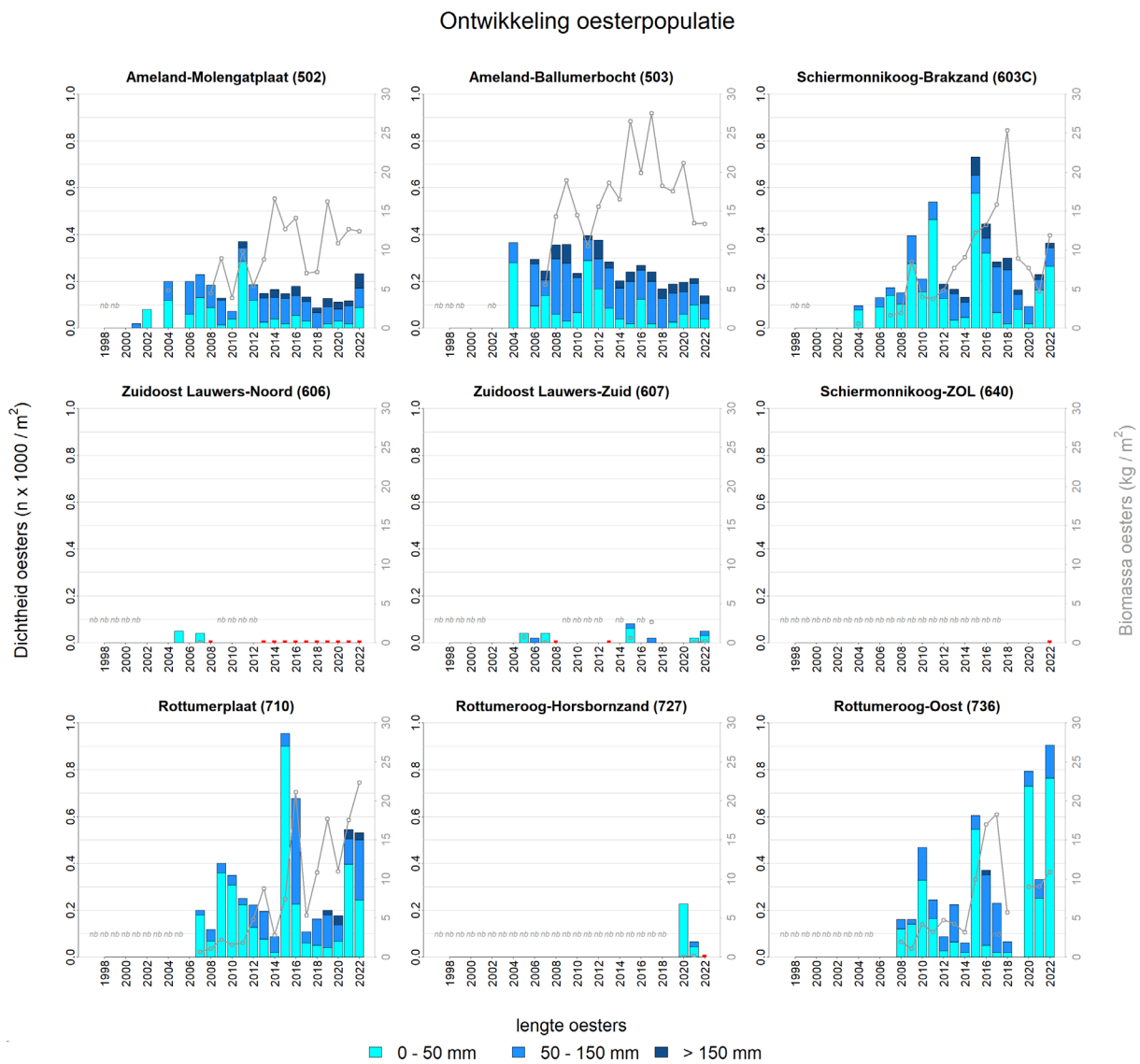
Figuur B4.1 Ontwikkeling van jaargemiddelde dichtheid ($n \times 1000/m^2$) en biomassa (kg natgewicht/ m^2) mosselen zoals aangetroffen in de monsters voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2022 (of tot wanneer ze bezocht zijn/aanwezig waren). De dichtheden (onderverdeeld in drie lengteklassen) zijn weergegeven met balken en uitgezet op de linker y-as. De mosselbiomassa's zijn met grijze lijnen weergegeven en uitgezet op de rechter y-as. Wanneer een bank wel bezocht werd maar niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven.

Ontwikkeling mosselpopulatie



Figuur B4.2 Ontwikkeling van de jaargemiddelde mosselsamenstelling (procentueel aandeel van het aantal individuen per lengteklassen) en biomassa (kg natgewicht/m²) mosselen zoals aangetroffen in de monsters voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2022 (of tot wanneer ze bezocht zijn/aanwezig waren). De dichtheden (onderverdeeld in drie lengteklassen) zijn weergegeven met balken en uitgezet op de linker y-as. De mosselbiomassa's zijn met grijze lijnen weergegeven en uitgezet op de rechter y-as. Wanneer een bank wel bezocht werd maar niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven.

Bijlage 4 Ontwikkeling Japanse oesterpopulatie



Figuur B4.1 Ontwikkeling van jaargemiddelde dichtheid ($n \times 1000/m^2$) en biomassa ($kg \text{ natgewicht}/m^2$) Japanse oesters zoals aangetroffen in de monsters voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2022 (of tot wanneer ze bezocht zijn/aanwezig waren). De dichtheden (onderverdeeld in drie lengteklassen) zijn weergegeven met balken en uitgezet op de linker y-as. De oesterbiomassa's zijn met grijze lijnen weergegeven en uitgezet op de rechter y-as. Wanneer een bank wel bezocht werd maar niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven.

Recent verschenen WOT-technical reports

| | | | |
|------------|--|------------|---|
| 237 | Houtkamp, J.M. (2023). <i>Visualisatietechnieken voor kennisintegratie; Het gebruik van verschillende soorten kennis in de context van beleidsvraagstukken.</i> | 247 | Bouwma, I.M. & J. Frissel. (2023). <i>Analyse eerste tranche provinciale programma's Uitvoeringsprogramma Natuur.</i> |
| 238 | Arets, E.J.M.M., S.A. van Baren, C.M.J. Hendriks, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas (2023). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2023.</i> | 248 | Delft, S.P.J. van, G.J. Maas (2023). <i>Landschappelijke Bodemkartering (LBK); Achtergronden, toepassingen en technische documentatie.</i> |
| 239 | Schalkwijk, L. van, E.T. Schotanus, M.J.L. Kik, A. Gröne & L.L. IJsseldijk (2023). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2022; Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i> | 249 | Grashof-Bokdam, C.J., J.M. Houtkamp, B. de Knegt (2023). <i>Concept-denkmodel Basiskwaliteit Natuur; Discussiestuk Wageningen Environmental Research & Planbureau voor de Leefomgeving.</i> |
| 240 | Langers, F. (2023). <i>Recreatie in groenblauwe gebieden; Actualisatie van CLO-indicator 1258 op basis van data van het Continu Vrijetijdsonderzoek uit 2018.</i> | 250 | Houtkamp, J.M., J. Sitters, J.B. Visser, A.M. Schmidt, N.A.C. Smits, R. Pouwels, S.W.M. Poppeliers (2023). <i>Toelichting op de monitoring- en beoordelingssystematiek van de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn; Ten behoeve van de evaluatie van het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering.</i> |
| 241 | Schmidt, A.M., P.J.H. Mathijssen, R.H. Jongbloed, J.E. Tamis, A.B. Goutbeek, R. Reinartz, R. Vogel, M.E. Sanders, J.T. van der Wal en I. Woltjer (2023). <i>Advies over de Nederlandse pledges voor de Europese Biodiversiteitsstrategie 2030; Toelichting op het advies van Wageningen Research en Sovon Vogelonderzoek aan het ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit.</i> | 251 | Los, S., C. van Haren, A. Cormont (2023). <i>Rapportage Modelinventarisatie voor klimaat-effecten en adaptatie.</i> |
| 242 | Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, H.J.C. van Dooren, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, L.A. Lagerwerf, K. Oltmer, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, L. Schulte-Uebbing, G.L. Velthof en T.C. van der Zee (2023). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2021.</i> | 252 | Roebeling, P.C., R. Michels, N.B.P. Polman, H. Chouchane (2023). <i>Derde lerende evaluatie natuurpact: Reflectie en projectie voortgang ontwikkelingsopgaven natuur; Lessen voor de Derde Lerende Evaluatie Natuurpact (LEN3).</i> |
| 243 | Lerink, B.J.W., M.J. Schelhaas, F. Dolstra, J. Oldenburger, S. Teeuwen & A.P.P.M. Clerkx (2023). <i>Veldinstructie Achtste Nederlandse Bosinventarisatie (2022-2026); Versie 1.0.</i> | 253 | Pouwels R., I. Woltjer, B. de Knegt, H.D. Roelofsens & L. Biersteker (2023). <i>Achtergrondrapportage modelanalyses biodiversiteit en ecosysteemdiensten ten behoeve van de Ruimtelijke Verkenning.</i> |
| 244 | Kruijne, R. en D.W.G. van Kraalingen (2023). <i>Overdracht van meetresultaten van provincies naar de Grondwateratlas voor bestrijdingsmiddelen, versie 2022.</i> | 254 | Groot, G.A. de, W. van 't Westende, D.R. Lammertsma, F. Warmer, H.A.H. Jansman & M. Laar (2023). <i>Status van de Nederlandse otterpopulatie in 2022: nieuwe inzichten in genetische uitwisseling, mortaliteit en verkeerssterfte.</i> |
| 245 | Riel, M.C. van, R.C.M. Verdonshot, P.F.M. Verdonshot (2023). <i>Natuurherstel en klimaatbuffers in beekdalen; Een verkenning van de mogelijkheden tot integratie van wateropgaven in beekdalen.</i> | 255 | Baren, S.A. van, E.J.M.M. Arets, C.M.J. Hendriks, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas (2024). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands; Methodological background, update 2024.</i> |
| 246 | Sanders, M.E., H.J. Agricola, J.H. Faber, D.A. Kamphorst, F.H. Kistenkas, F. Langers, T. Selnes, M.J.M. Smits, G.B. Woltjer (2023). <i>De bijdrage en potentiële bijdrage van verschillende partijen aan de veranderingen in het natuur-, landbouw- en voedselsysteem; Achtergrondinformatie voor de Balans van de Leefomgeving 2023.</i> | 256 | Mathijssen P.J.H. en R.H. Jongbloed (2024). <i>Standaardlijsten drukfactoren en maatregelen; Voorstel voor een Nederlandse standaardlijst van drukfactoren en herstelmaatregelen en vertalingen naar de Europese codelijsten.</i> |
| | | 257 | Geelhoed, S.C.V., M.J. van den Heuvel-Greve, C.J.A.F. Kwadijk & M.J.J. Kotterman (2024). <i>Contaminantenonderzoek en vliegtuigtellingen van bruinvissen (Phocoena phocoena) in Nederland, 2023.</i> |
| | | 258 | Roo, N. de, S. Kristiaan, S.E.H. van Liere, B.C. Breman (2024). <i>Transitie of optimaliseren van het bestaande? Beleidsanalyse NPLG en WBS vanuit transitieperspectieven.</i> |

| | |
|------------|--|
| 259 | Schalkwijk, L. van, A. Gröne & L.L. IJsseldijk (2024). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2023; Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i> |
| 260 | Henkens, R.J.H.G., Cormont, A., Van Swaay, C.A.M., Wamelink, G.W.W. en F.G.W.A. Ottburg (2024). <i>Risico's en kansen van klimaatverandering voor de Nederlandse natuur; Invloed van temperatuurstijging, extreme droogte of natheid, zeespiegelstijging en verzilting op de doelen voor VHR, KRW, ecosysteemdiensten en algemene biodiversiteit.</i> |
| 261 | Glorius, S.T. & A. Meijboom (2024). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; Periode 1995 tot en met 2022.</i> |



Thema Informatievoorziening Natuur
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 54 71
E info.wnm@wur.nl
wur.nl/wotnatuurenmilieu

ISSN 2352-2739

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

