



Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee

Periode 1995 tot en met 2023

S.T. Glorius, A. Meijboom en C. Sonneveld

| WOT-technical report 277
C010/25



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, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) 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 277 is het resultaat van onderzoek dat gefinancierd is door het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN).

Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee

Periode 1995 tot en met 2023

S.T. Glorius, A. Meijboom en C. Sonneveld

Wageningen Marine Research

BAPS-projectnummer WOT-04-009-035.01

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, maart 2025

WOT-technical report 277

WMR-rapport C010/25

ISSN 2352-2739

DOI 10.18174/687232

Referaat

Glorius, S.T., A. Meijboom en C. Sonneveld (2025). *Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; periode 1995 tot en met 2023*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 277.

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 18 jaar aanwezig zijn, blijken zich goed te kunnen handhaven, terwijl de meeste jongere banken (<5 jaar oud, veelal in het jaar 2018 ontstaan) de afgelopen jaren allemaal zijn verdwenen. Er is een nieuwe bank, ontstaan uit zaadval in 2023, toegevoegd aan het onderzoek. In het algemeen blijkt dat de mosselbanken in de eerste jaren na het ontstaan langzaam in oppervlakte, bedekkingspercentage en populatiedichtheid achteruitgaan en dat het aandeel lege schelpen toeneemt. Door jaarlijkse mosselzaadval in bestaande banken stopt deze achteruitgang na verloop van tijd en ontstaat er een mosselbank met meerdere jaarklassen. Ook de soortensamenstelling verandert bij het ouder worden, sommige soorten verdwijnen grotendeels (kokkels, darmwier bijvoorbeeld) en andere komen juist op (Japanse oesters, blaaswier en garnalen bijvoorbeeld). 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, wat resulteert in een toename van de schelpdierbedekking en een afname in de mosselbiomassa en gemiddelde mossellengte.

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

Abstract

Development of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea: Period 1995–2023

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 in the programme (continuously present for at least the last 18 years) are vital structures capable of maintaining themselves. Younger beds are more prone to disappear. This is illustrated by the disappearance between 2022 and 2023 of most young beds in the programme that were formed in or after 2018. A new mussel bed formed from mussel spat that settled in 2023 has been included in the programme. After formation, new mussel beds gradually decline in area, coverage and population density, while the proportion of empty shells increases. Annual mussel spatfalls in existing banks stop this decline over time and a mussel population consisting of multiple year classes is formed. The species composition also changes with bed age; some species largely disappear (cockles, sea lettuce, for example) and others emerge (Pacific oyster, bladderwrack and shrimp, for example). If the loss of mussels is not compensated by the accretion of new mussel spat, the bank disappears after several years. Establishment of Pacific oysters in existing mussel beds appears to be a common phenomenon, resulting in an increase in shellfish cover and a decrease in mussel biomass and average mussel length.

Foto omslag: S.T. Glorius

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/687232> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. WOT Natuur & Milieu verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2025 **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 2023. Het project 'Ontwikkeling mosselbanken' wordt uitgevoerd in het kader van de wettelijke onderzoekstaken binnen het thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN). 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 LVVN.

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 Vestiging van de Japanse oester	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	22
3.1 Ontwikkeling contouren en oppervlakte	22
3.2 Ontwikkeling mosselen en Japanse oesters	30
3.3 Overige (a)biotische ontwikkelingen	34
4 Discussie en conclusie	39
5 Aanbevelingen	42
6 Kwaliteitsborging	43
Literatuur	44
Verantwoording	47
Bijlage 1 Bankcontouren per jaar	48
Bijlage 2 Kaarten bedekking	55
Bijlage 3 Ontwikkeling mosselpopulatie	59
Bijlage 4 Ontwikkeling Japanse oesterpopulatie	61

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 habitattype 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 het bijna 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 elk 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 andere schelpdieren, 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, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN).

In het voorjaar van 2023 werden de mosselbanken 502 (Ameland - Molengatplaat), 503 (Ameland - Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog - Brakzand), 607 (Schiermonnikoog Zuidoost Lauwers Zuid) bemonsterd. In het najaar werden de banken 710 (Rottum - Rottumerplaat), 727 (Rottum - Rottumeroog Horsbornzand) en 736 (Rottum - Rottumeroog Oost) bezocht. De locaties van de banken 606 (Schiermonnikoog - Zuidoost Lauwers Noord) en 640 (Schiermonnikoog - Zuidoost Lauwers) zijn ook bezocht, maar daar bleken geen nieuwe banken gevormd te zijn. 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 2023.

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 onder andere periodiek terugkomende mosselbroedvallen, sinds de start van het onderzoek in 1995 kunnen handhaven en zijn reeds tussen de 18 en 29 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 laatste 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 nieuw gevormde banken (de banknummers 640 en 727) verdwenen te zijn. Deze banken zijn hiermee vier 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 101, 606, 703, 726, 734 en 735). Ook nieuwe banken worden gevormd, op de locatie van bank 727 is een nieuwe bank ontstaan uit mosselzaadval uit 2023.

Zoals ook in de eerdere tussenrapportages (in o.a. Glorius et al., 2022) is geconcludeerd, gaan mosselbanken die wel blijven liggen in het algemeen in de jaren na ontstaan langzaam in oppervlak, bedekkingspercentage en mosseldichtheid achteruit. Door jaarlijks terugkerende zaadval in bestaande banken ontstaat al snel een mosselpopulatie van meerdere leeftijdsklasse van verschillende lengte en stopt de achteruitgang in oppervlak en bedekkingspercentage.

Vestiging van Japanse oesters (*Magallana gigas*) is een algemeen verschijnsel; in alle banken ouder dan vijf jaar die zijn opgenomen in dit onderzoek hebben zich op enig moment Japanse oesters gevestigd en daarna ontwikkeld. Uit de mossellengte-gegevens is gebleken dat het aandeel kleine mosselen hierdoor groter is geworden en de gemiddelde lengte met 5 mm afgenomen is. Ook nam de biomassa mosselen af van $>10 \text{ kg/m}^2$ tot ongeveer 5 kg/m^2 . De soortensamenstelling verandert ook op andere vlakken bij het ouder worden van de bank. Kokkels (*Cerastoderma edule*) komen vooral in jonge banken voor, omdat ze een geschikt hechtingssubstraat voor mosselzaad vormen. Ook verschillende krabbensoorten (*Carcinus maenas* en *Hemigrapsus spec.*) worden veel in jonge banken gevonden waar ze zich voeden met kleine jonge mosselen. Hiernaast is ook darmwier (*Ulva spec.*), een soort die veel voorkomt in jonge banken, mogelijk, omdat deze al aanwezig is in de bodem of verstrikt raakt tussen de mosselen. Door verhoging van het slibgehalte en ophoping van doodschelpenmateriaal verandert de directe omgeving van mosselbanken na verloop van tijd waardoor ze op den duur geen geschikt habitat meer vormen voor kokkels en darmwier. Hiermee worden de juiste condities geschapen die voor andere soorten belangrijk zijn. Zo worden in oudere banken veel garnalen (*Crangon crangon*), alikruiken (*Littorinidae*), anemonen (*Actinaria*), eerder genoemde krabbensoorten en Japanse oesters en blaaswier (*Fucus vesiculosus f. mytilli*) aangetroffen. Deze soorten vinden hechting-, vestiging- en schuilplaatsen en voedsel in oudere banken. Uit een studentenopdracht is gebleken dat de mosseldichtheid en -conditie wat lager is onder het blaaswier (Neelissen, 2023).

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 het blaaswier en 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 de aanwezigheid van blaaswier en de Japanse oester op andere flora en fauna en abiotische kenmerken in en rond de banken niet goed bekend. Dit samen met de manier waarop de mosselbedekking, mosselbulten (reliëf) en afvoerkanalen 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 need to restore the area of littoral mussel beds in order to improve the quality of habitat type H1140 'Mudflats and sandflats not covered by seawater at low tide'. After the disappearance of most littoral mussel beds in the 1990s, it was questioned whether mussel beds could survive for long periods. 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 collect data on the characteristics of the mussel beds, including 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, Fisheries, Food Security and Nature (LNVN).

During the spring of 2023, the following mussel bed were sampled: 502 (Ameland – Molengatplaat), 503 (Ameland – Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog – Brakzand), 607 (Schiermonnikoog Zuidoost Lauwers Zuid). In the autumn, banks 710 (Rottum – Rottumerplaat), 727 (Rottum – Rottumeroog Horsbornzand) and 736 (Rottum – Rottumeroog Oost) were sampled. The locations of beds 606 (Schiermonnikoog – Zuidoost Lauwers Noord) and 640 (Schiermonnikoog – Zuidoost Lauwers) were also visited, but no new beds were found to have formed there. Based on the changes in individual mussel beds, a general picture of the development of mussel beds over the years to 2023 is presented.

Many of the examined beds (bed numbers 502, 503, 603, 710 and 736) appear to be very stable. These beds are periodically replenished by mussel spatfall and have been present for 18 to 29 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 are oriented towards the main gully, while dynamic parts are located on the opposite site.

Long-term bank survival is not a given. In 2022, both of the beds formed in 2018 (bed numbers 640 and 727) were found to have disappeared, meaning they survived for four years. A number of other beds included in this study also completely or nearly completely disappeared in recent years after being present for 5 to 10 years (bank numbers 101, 606, 703, 726, 734 and 735). New beds are also formed. At the location of bank 727, a new mussel bed was formed from spatfall in 2023.

As concluded in previous interim reports (Glorius en Meijboom, 2024), mussel beds that do exist for several years generally decline in area, cover percentage and mussel density in the years after emergence. Due to annual reoccurring spatfall in mussel beds, the mussel population develops within a few years into a population consisting of multiple age classes of different lengths. In time, the initial decline in area and cover percentage stops.

Establishment of Pacific oysters (*Magallana gigas*) is a common phenomenon; Pacific oysters developed at some point in all mussel beds older than five years included in this study. As a result, the proportion of small mussels increased and the average mussel length decreased by 5 mm, and mussel biomass decreased from >10 kg/m² to about 5 kg/m².

The species composition of mussel beds changes as the bank ages in other ways as well. Cockles (*Cerastoderma edule*) are commonly found in young beds because they provide a suitable attachment substrate for mussel spat. Several crab species (*Carcinus maenas* and *Hemigrapsus* spp.) are also commonly found in young beds, where they feed on small young mussels. In addition, sea lettuce (*Ulva*) are also common in young beds, possibly because they are already present in the bottom or become entangled

between the mussels. Increasing silt content and accumulation of dead shell material changes the immediate environment of a mussel bed over time so that it eventually no longer provides a suitable habitat for certain species, such as cockles and *Ulva* spp. Other species find a suitable habitat in older mussel beds, such as the common shrimp (*Crangon crangon*), periwinkles (Littorinidae), sea anemones (Actiniaria), previously mentioned crab species, Pacific oysters and bladder wrack (*Fucus vesiculosus* f. *mytilli*) that are commonly found in older beds. Older beds provide attachment substrates and refuge as well as food. A student assignment showed that mussel density and condition is somewhat lower under bladderwrack.

Despite similarities in overall development, there can be significant differences in development from year to year and from bed to bed. These differences may arise, for example, from location (and thus exposure to storms and predation) or from characteristics of the mussel bed (its resistance to storms and predation).

Although the effect of bladderwrack and Pacific oysters on mussel biomass has become clearer, it is not known whether or not the two species are in equilibrium with each other on mussel banks. It is also still unclear what determines the final biomass of mussels and oysters found on banks, which can vary considerably between banks. In addition, the effects of the presence of bladderwrack and the Pacific oyster on other flora and fauna and on abiotic features in and around the banks are not well known. Together with how mussel cover, mussel hills (relief) and runoff channels develop in the first few years after a new bank is created, these are research questions for the future.

1 Inleiding

1.1 Droogvallende mosselbanken

1.1.1 Ecologisch belang mosselbanken

Droogvallende mosselbanken, gevormd door de mossel *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758), 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 prieltjes (kleine geulen) 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 wegspoelen, 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 van de organische en de anorganische fractie wordt uitgescheiden als pseudofaeces voordat het door het spijsverteringskanaal gaat. Ook zorgt de aanwezigheid van mosselbanken 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 Vestiging van de Japanse oester

'Japanse oesters' (*Magallana gigas*) (Thunberg, 1793) 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 in deze nieuwe omgeving niet in staat was zich voort te planten vanwege de lagere watertemperaturen (Troost, 2009). Dit bleek onjuist, en 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*) (Linnaeus, 1758). 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., 2024 en eerdere rapportages). Hoewel gevreesd werd dat mosselbanken mogelijk in zijn geheel verdwijnen door vestiging en daarmee concurrentie van de Japanse oester, is dit tot op heden niet gebeken.

1.1.3 Aanwezigheid en ontwikkeling mosselbanken in het verleden

Droogvallende mosselbanken kenmerken zich door een grote mate van plaatsvastheid, waardoor duidelijke 'mosselgebieden' aan te wijzen zijn (Dankers et al., 2003, 2006; Dankers & Fey, 2015). De eerste kwantitatieve schatting van 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 mosselbank-areaal 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). Naar alle waarschijnlijkheid kwamen de mosselbanken hiervoor ook algemeen voor in de Waddenzee.

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, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN), 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., 2024). Uit deze inventarisatie is gebleken dat er in het voorjaar van 2023 een areaal van 608 ha aan pure mosselbanken, 1.095 ha aan gemengde mossel-/oesterbanken en 269 ha aan (pure) oesterbanken aanwezig was (Troost et al., 2024; p.26). Het areaal aan mosselbanken (puur en gemengd met Japanse oesters) komt hiermee op 1704 ha. Het mosselbank-areaal is nagenoeg gelijk met het voorjaar van 2022 toen er 1741 ha lag. Zie ook de schelpdiermonitor <https://www.wur.nl/nl/artikel/Schelpdiermonitor.htm>

1.1.5 Bescherming en regelgeving voor mosselbanken

Mosselbanken vormen een belangrijk onderdeel voor een goede structuur en functie van habitattypen 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 habitattypen H1140 'droogvallende zandplaten'. Om dit doel te bereiken voor mosselbanken, zijn bepaalde gebieden, zoals het Referentiegebied Rottum, gesloten voor mosselzaadvisserij en op de overige wadplaten wordt mosselzaadvisserij 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). Sinds 1994 is er alleen nog in 2001 op enkele mosselbanken op het droogvallende wad gevisd, maar alleen 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 Directie Wetenschap en Kennisoverdracht (DWK) van LNV. Vanaf 2006 wordt het uitgevoerd in het kader van de wettelijke onderzoekstaken, thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door LNVN. 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 elk van de onderzochte mosselbanken ook informatie verzameld over de samenstelling van de bank. Zo wordt onder andere 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.

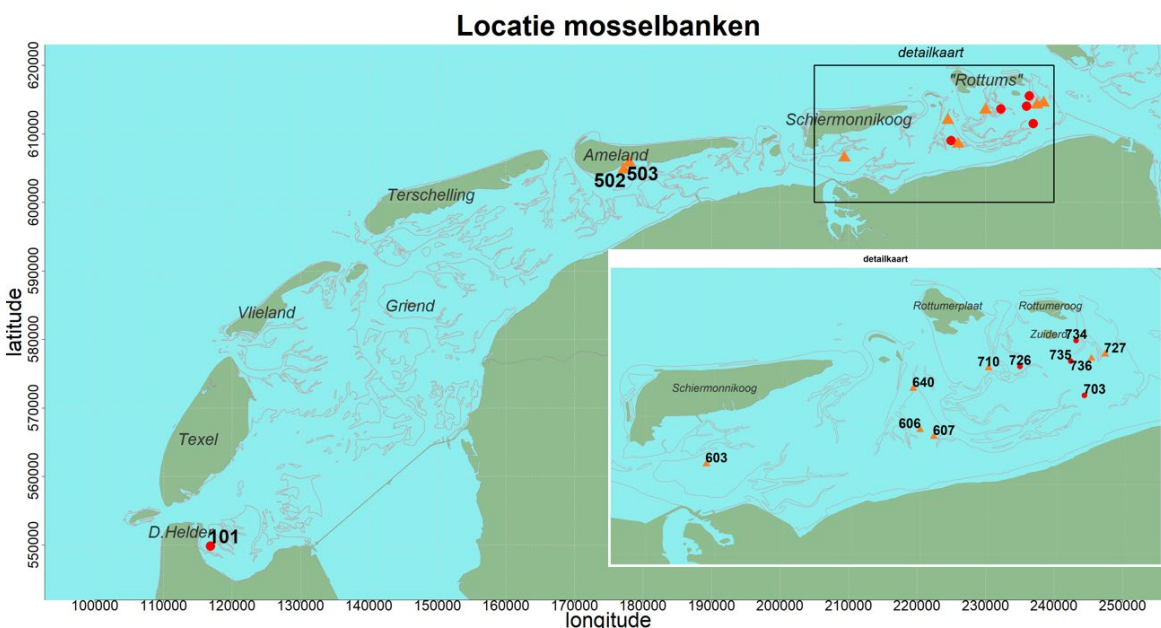
Met de biomassa wordt hier het natgewicht (ook wel aangeduid als versgewicht) bedoeld. Het gaat om het gewicht zonder water, maar waarbij aanhangend vocht meegewogen is.

Binnen dit project wordt een aantal mosselbanken, voornamelijk gelegen in de oostelijke Waddenzee, gevolgd. In 2023 zijn negen banklocaties bezocht en wanneer aanwezig bemonsterd. In het voorjaar zijn zes 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. 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 banklocaties weergegeven die op enig moment in het kader van dit onderzoek onderzocht zijn. Tussen april en juni van het jaar 2023 werden de mosselbanklocaties met de nummers 502, 503, 603, 607 bezocht en bemonsterd. Ook de banklocaties 606 en 640 en waar in eerdere jaren een mosselbank lag zijn bezocht, maar hier bleken geen mosselen aanwezig. In oktober 2023 werden de mosselbanklocaties 710, 727 en 736 bezocht en bemonsterd. Voor mosselbank 727 is de bemonstering beperkt tot opname van de bankcontour en het nemen en uitwerken van een monster. 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 2023 (oranje driehoeken) of in de jaren ervoor (rode stippen) bezocht werden.

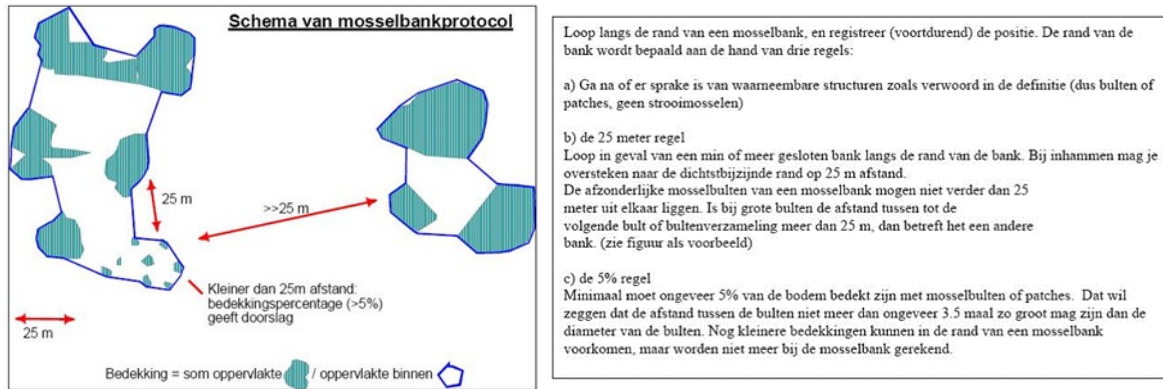
2.2 Contour en het bankoppervlak

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 gebruik gemaakt van een Garmin-gps, type map76cx of 78s. 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. Hiernaast 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).

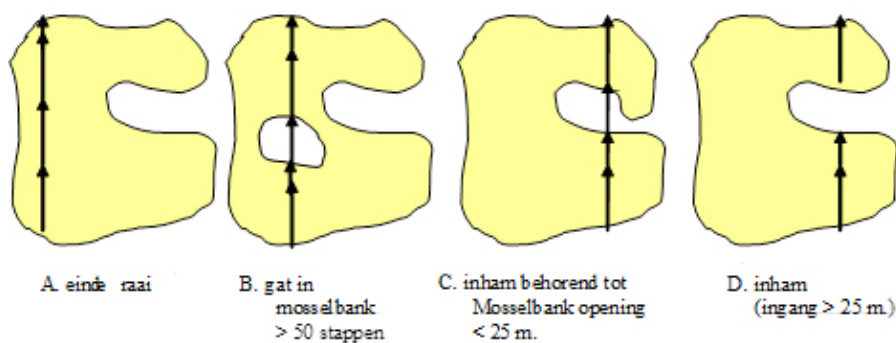
2.3 Schelpdierbedekking

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

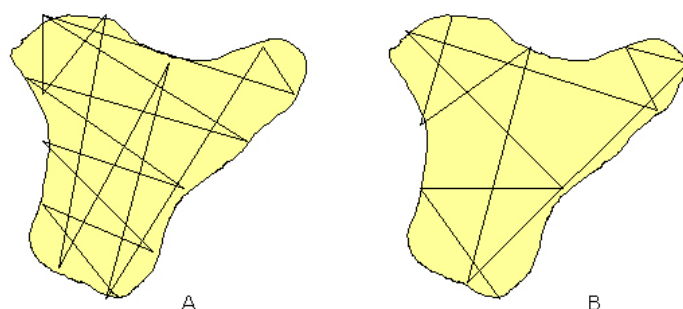
Een bedekkingsraai loopt van de rand van de mosselbank in een rechte lijn tot de tegenoverliggende rand van de mosselbank. Voor de identificatie van de rand van de bank wordt (wanneer aanwezig) bij voorkeur gebruikgemaakt van de volgens het TMAP-protocol ingelopen contour van de bank van het voorgaande 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 een groot open stuk (gat groter dan 50 stappen) zich 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) 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 visueel ingeschatte mossel- en oesterbedekking van het oppervlak bedekt met mosselen en oesters, behorend bij de oesterscores 0 t/m 4. Overigens kunnen, ook bij een oesterbedekking van >80% (score 4), mosselen numeriek in de meerderheid zijn.

Score	Omschrijving	Japanse oester	Mossel
0	geen	0%	100%
1	weinig	>0 en ≤20%	>80 en ≤100%
2	matig	>20 en ≤50%	>50 en ≤80%
3	veel	>50 en ≤80%	>20 en ≤50%
4	alles	>80 en ≤100%	>0 en ≤20%

2.4 Lengte-frequentieverdeling en samenstelling

Op elke mosselbank worden een aantal 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. De monsters worden jaarlijks op nagenoeg dezelfde locatie genomen, dat wil zeggen zo mogelijk binnen dezelfde mosselpatch. 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 verwerking ervan. Dit gebeurt meestal dezelfde dag of de dag erna. Als het langer duurt wordt het monster ingevroren ter conservatie.

In tabel 2.2 wordt het aantal monsters dat per bank en per jaar genomen is, weergegeven. In 2023 zijn er op de banken 503, 603 en 607 additionele monsters genomen en uitgewerkt in het kader van de studentopdracht van Finet Neelissen. Deze monsters zijn in tabel 2.2 tussen haakjes weergegeven. Finet heeft gekeken naar de invloed van blaaswier (*Fucus vesiculosus* f. *mytilli*) op de dichtheid en conditie van de mosselen (Neelissen, 2023).

Tabel 2.2 Aantal monsters per mosselbank per jaar. Tussen haakjes het aantal additionele monsters genomen in het kader van een studentenopdracht.

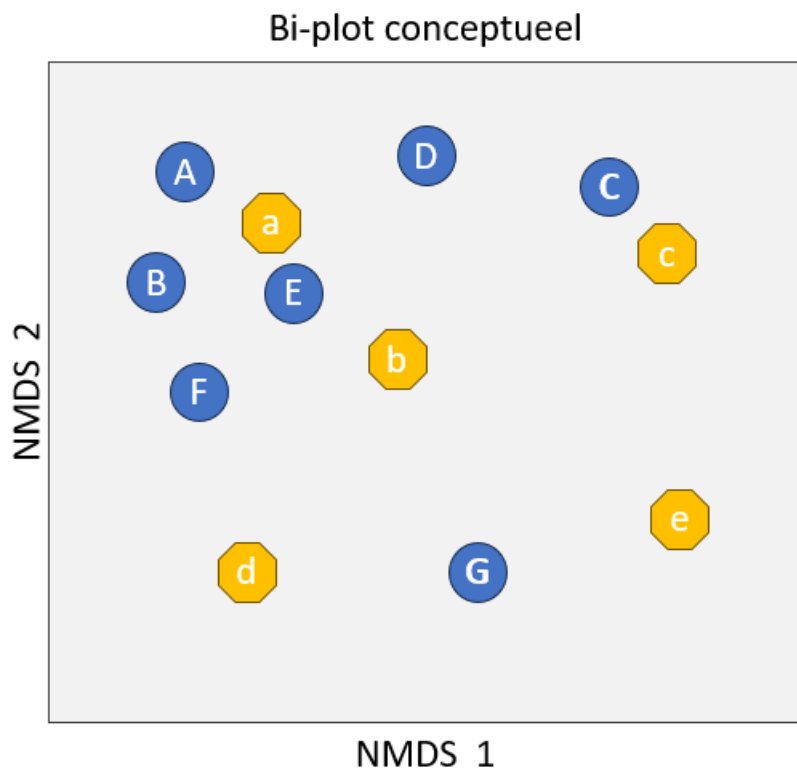
	101	502	503	603	606	607	640	703	710	726	727	734	735	736
1995	1	1												
1996	4	2												
1997	3	3		3										
1998	5	3	5	5										
1999	5	5	5	5										
2000	5	5	5	5										
2001	5	5	5	5										
2002		6		5										
2003		5	5	5	5	5		5						
2004		5	5	7	6	5		5						
2005		5	5	6	5	5		5						
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

	101	502	503	603	606	607	640	703	710	726	727	734	735	736
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
2023		5	5 (8)	5 (8)		5 (2)			5		1			5

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 (>5 mm) en fijne fractie (1-5 mm). Beide delen worden gewogen (afgerond tot hele grammen). Hierna worden uit beide deelmonsters alle levende schelpdieren (incl. alikruiken), levende algen, krabben en lege hele mossel-schelpen (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.

De ontwikkeling van de mossel- en oesterpopulatie is weergegeven in verschillende staafdiagrammen waarbij de biomassa of de aantallen weergegeven worden per bank en bemonsteringsjaar. Mosselaantallen zijn onderverdeeld in de lengteklassen (>0 en ≤20 mm, >20 en ≤40 mm, >40 mm) en oesteraantallen in (>0 en ≤50 mm, >50 en ≤150 mm, >150 mm). Lengte-frequentiediagrammen van mosselen zijn gemaakt met functies beschikbaar in het R-pakket 'Tropfish' (Mildenberger et al., 2017).

De ontwikkeling van wiersoorten (waarvan alleen informatie beschikbaar is over de biomassa) is inzichtelijk gemaakt met diagrammen waarin het gewicht uitgezet is tegen de bankleeftijd. De ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap waarvan het aantal individuen bekend is, is inzichtelijk gemaakt door gebruik te maken van de ordinatietechniek 'Nonmetric MultiDimensional Scaling' (NMDS). In een multivariate-dataset zijn er even veel dimensies als taxa. In ordinatietechnieken worden deze dimensies op zo'n manier gereduceerd dat deze zo veel mogelijk variatie laten zien zoals aanwezig is in de monster-soortenmatrix. NMDS maximaliseert hiervoor de rangordecorrelatie tussen afstandsmaten en afstand in de ordinatie-ruimte (tweedimensionaal vlak in het rapport). Hiermee wordt de variatie in de monstertaxa-matrix inzichtelijk gemaakt en kan deze gemakkelijker geïnterpreteerd worden. Resultaten worden weergegeven in 'bi-plot' waarbij de posities van monsters en soorten op het vlak geprojecteerd worden waarin de variatie is geminimaliseerd. Monsters die dicht op elkaar geplaatst zijn in het tweedimensionale vlak lijken in soort-samenstelling meer op elkaar dan monsters die ver uit elkaar staan. Tevens is het zo dat wanneer de afstand tussen een monster en een soort klein is, de aanwezigheid ervan belangrijk is in het onderscheid van dat monster met de overige monsters. In het fictieve voorbeeld dat weergegeven is in figuur 2.5 lijkt monster 'A' in soort-samenstelling bijvoorbeeld meer op monster 'B' dan op monster 'C'. Verder is in dit voorbeeld soort 'a' aanwezig of meer talrijk in monster 'E' dan in monster 'C' waar soort 'c' juist aanwezig of meer talrijk is.



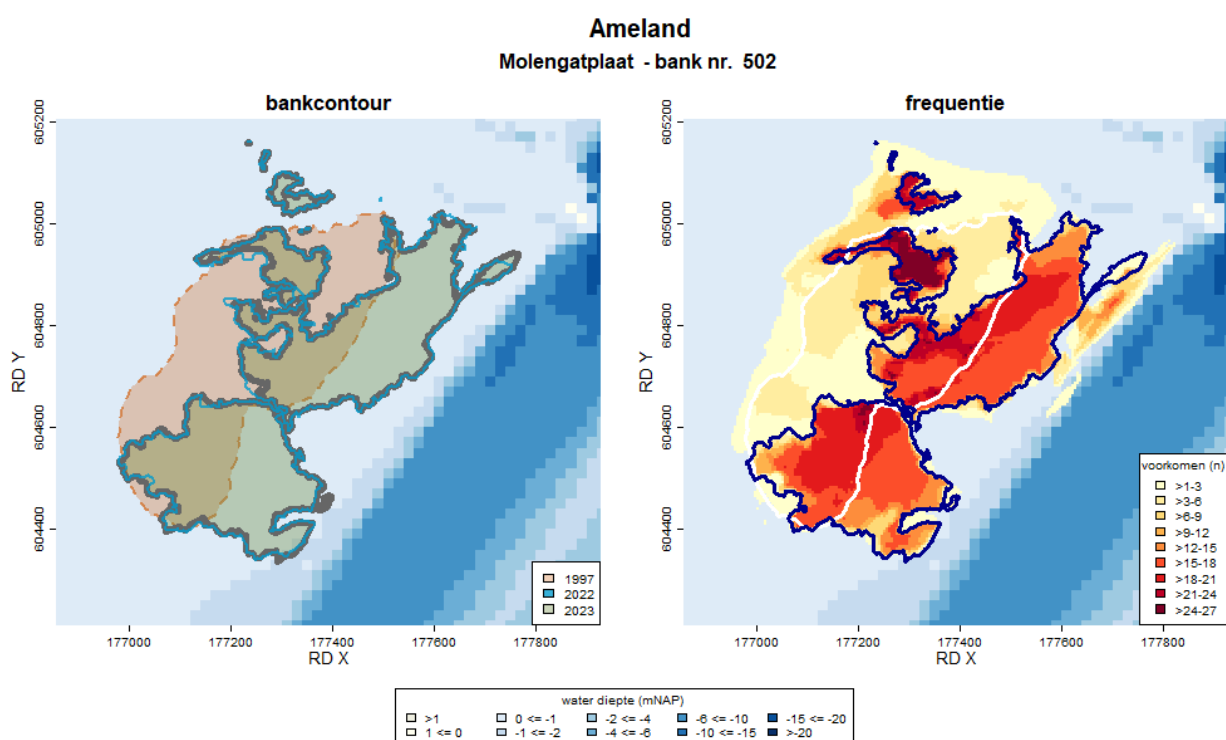
Figuur 2.5 Conceptueel NMDS bi-plot met daarin de posities van monsterpunten (blauwe stippen) en soorten (gele achthoeken) weergegeven in een tweedimensionaal vlak.

In dit rapport worden de monsters in de NMDS-bi plots met een '+' weergegeven waarbij de bankleeftijd aangeduid wordt met verschillende kleuren. De invloed van bankleeftijd op de soortensamenstelling is berekend met de functie 'envfit' van het 'vegan' pakket en weergegeven met een pijl. Alle onderzoekjaren vanaf het jaar 2014 zijn voor de analyse gebruikt (voor 2014 werden nog niet alle geïdentificeerde soorten in de database ingevoerd). Soorten die in minder dan 4% van de data voorkomen, zijn buiten beschouwing gelaten. Berekeningen zijn uitgevoerd in R (R Core Team, 2021) waarbij gebruikgemaakt is van functies die beschikbaar zijn in het 'vegan'-pakket (Oksanen et al., 2017).

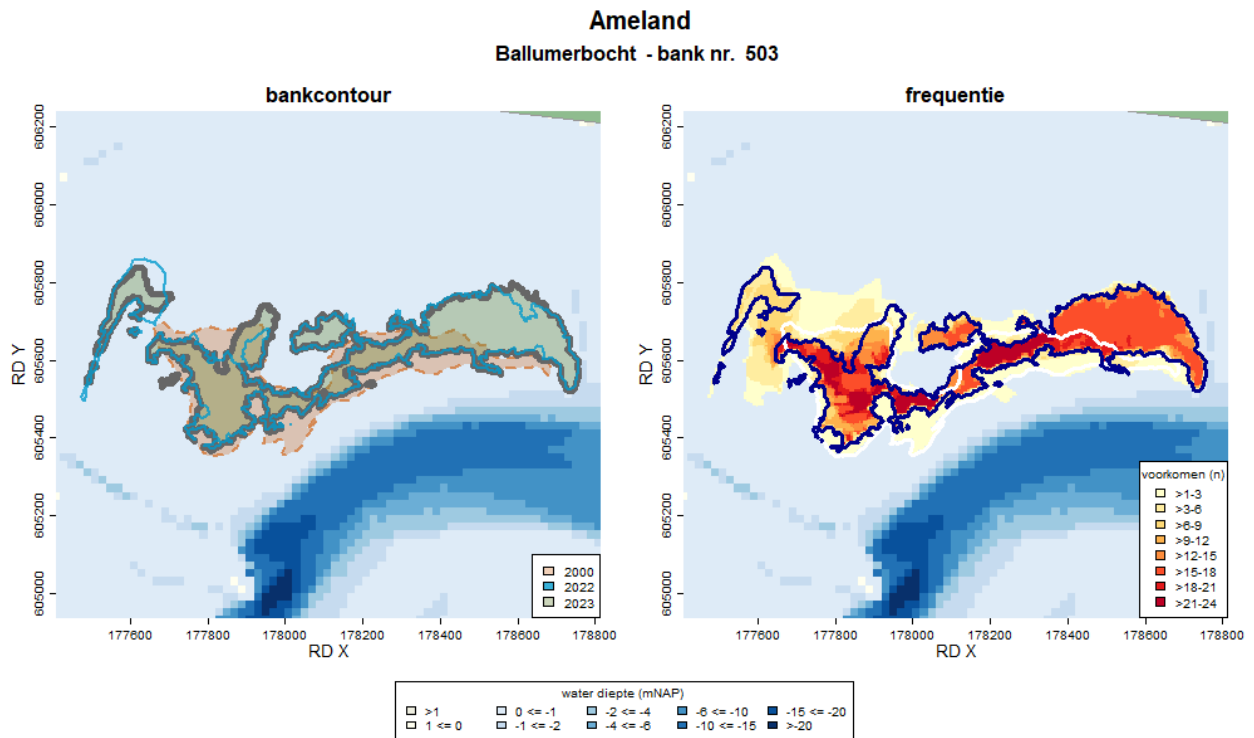
3 Resultaten

3.1 Ontwikkeling contouren en oppervlakte

In figuur 3.1 t/m 3.7 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 2023 zijn, wanneer aanwezig, ook de contouren van het voorgaande bemonsteringsjaar (2022) 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 3.8.

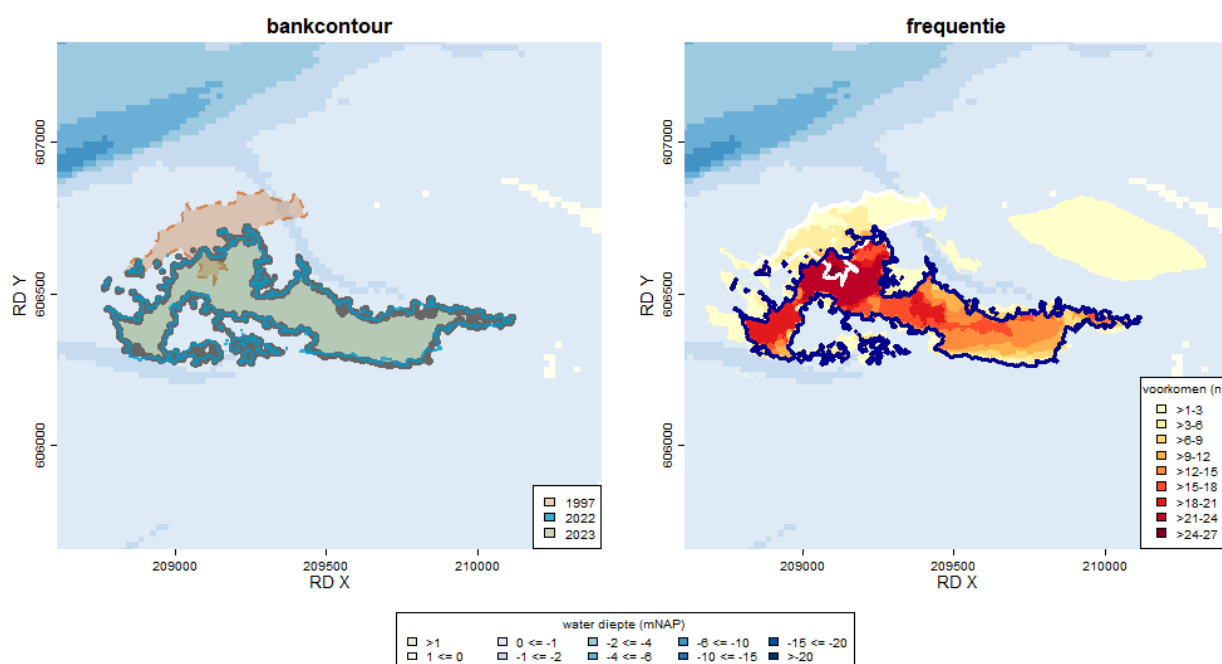


Figuur 3.1 Contouren van de mosselbank 502 (onder Ameland) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkzijde worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 1997 (lichtbruin), voor 2022 (lichtblauw), en voor 2023 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 m weergegeven 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 2023. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.



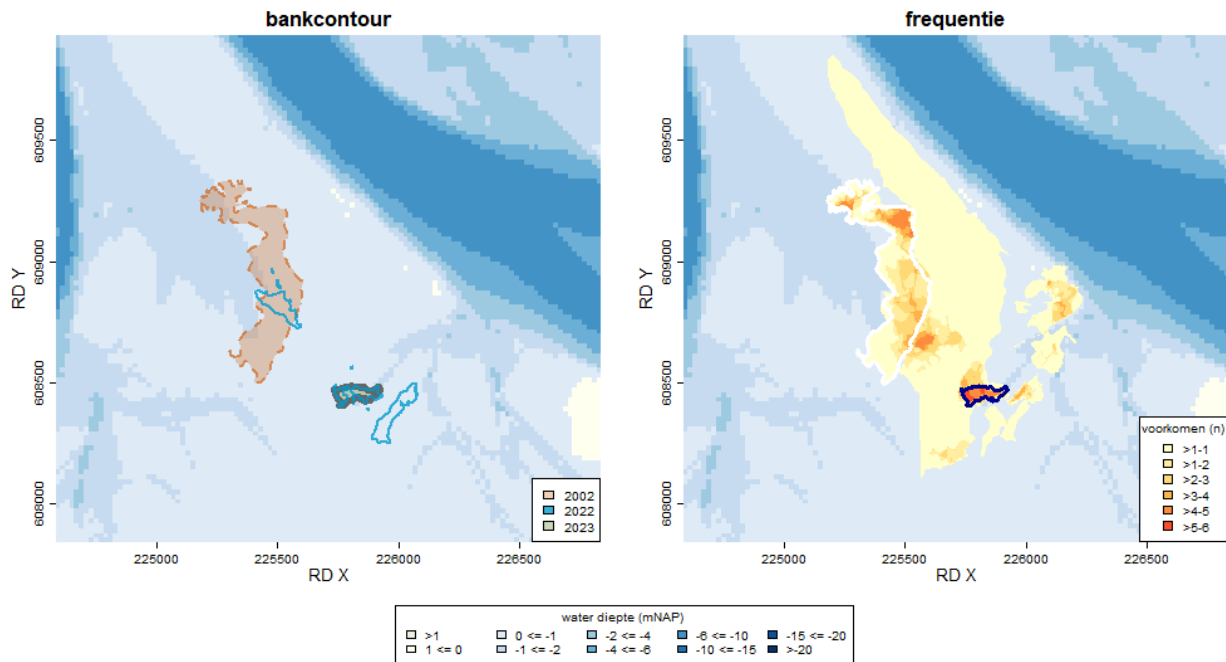
Figuur 3.2 Contouren van de mosselbank 503 (onder Ameland) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkzijde worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 2000 (lichtbruin), voor 2022 (lichtblauw), en voor 2023 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 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 2023. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Schiermonnikoog Brakzand - bank nr. 603C

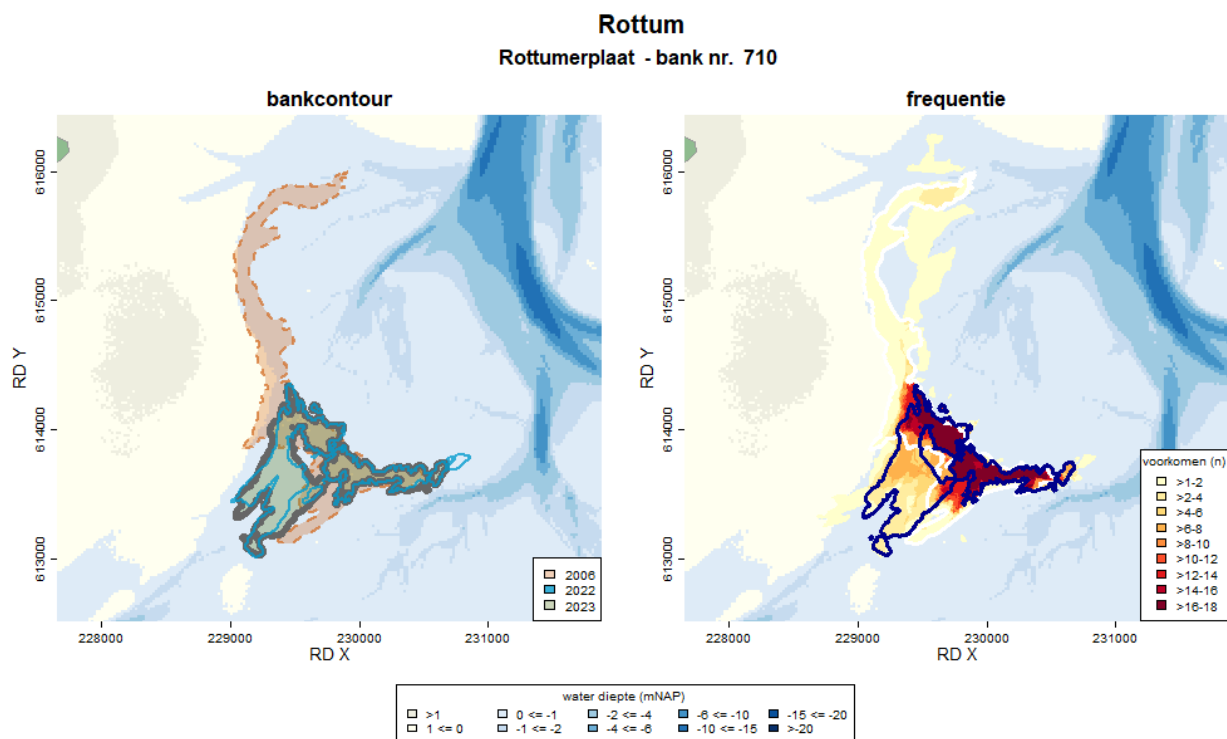


Figuur 3.3 Contouren van de mosselbank 603C (onder Schiermonnikoog) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkant worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 1997 (lichtbruin), voor 2022 (lichtblauw), en voor 2023 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 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 2023. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

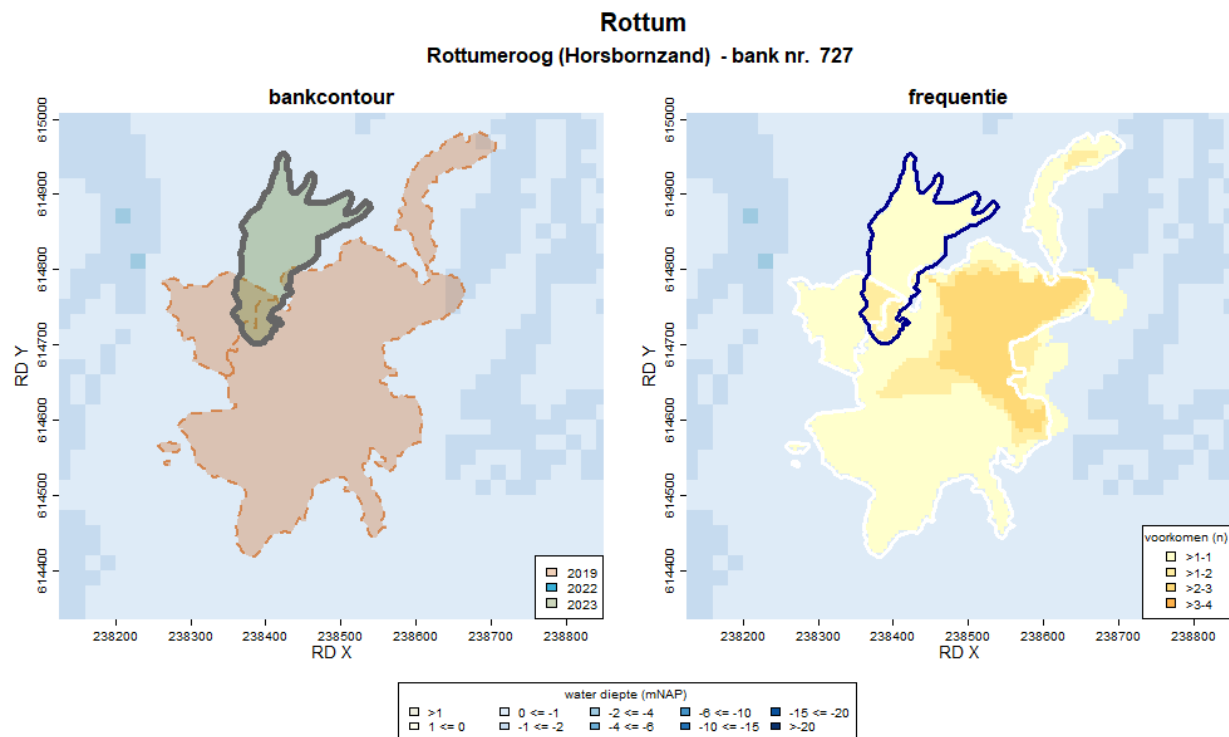
Schiermonnikoog
Zuidoost Lauwers (Zuid) - bank nr. 607



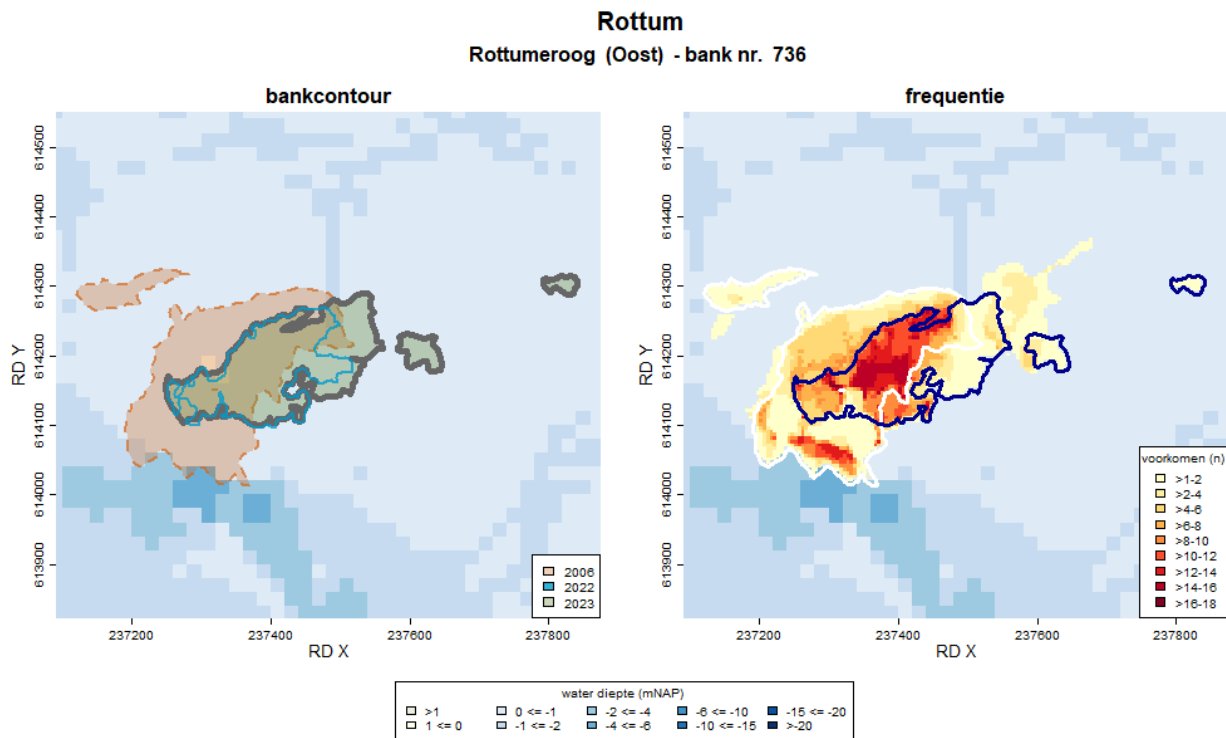
Figuur 3.4 Contouren van de mosselbank 607 (onder Rottumerplaat) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkant worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 2002 (lichtbruin), voor 2022 (lichtblauw), en voor 2023 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 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 2023. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.



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 2022 (lichtblauw), en voor 2023 (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 2023. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

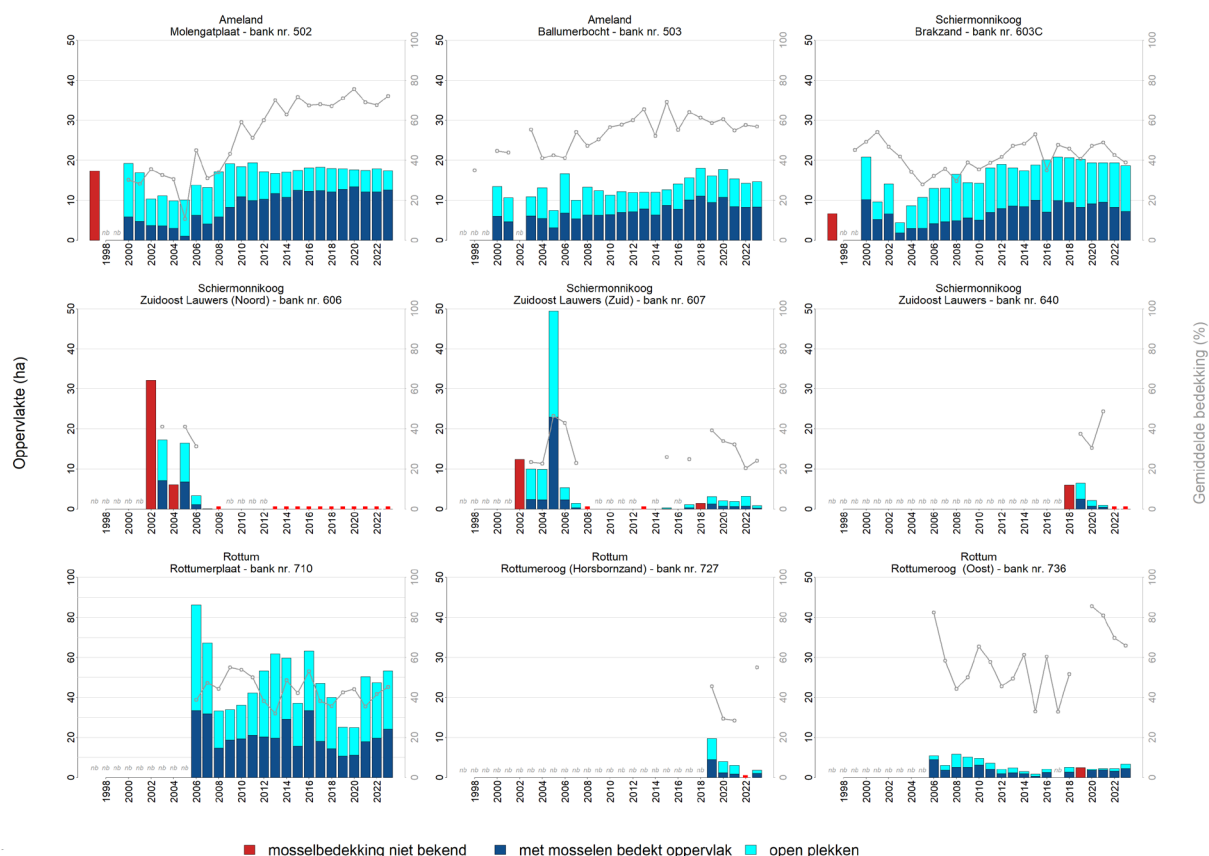


Figuur 3.6 Contouren van de mosselbank 727 voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerzijde worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 2019 (lichtbruin), voor 2022 (lichtblauw), en voor 2023 (lichtgroen). In de rechterfiguur wordt op een raster van 5 bij 5 m weergegeven hoe 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 (2019) weer en de donkerblauwe lijn de contour van de bank in 2023. De waterdiepte is weergegeven in beide figuren en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.



Figuur 3.7 Contouren van de mosselbank 736 (onder Rottumeroog) voor verschillende jaren. In de figuur aan de linkerkzijde worden de bankcontouren weergegeven voor de eerste meting in 2006 (lichtbruin), voor 2022 (lichtblauw), en voor 2023 (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 2023. 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 3.8 Ontwikkeling van de mosselbankoppervlakte (in hectaren over jaren heen en weergegeven met staven, uitgezet ten opzichte van de linker y-as) en de gemiddelde mosselbedekking (uitgedrukt in procenten over jaren heen en weergegeven in een 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 2023. De hoogte van de balk geeft het totale bankoppervlak weer, het donkerblauwe deel is het met mosselen bedekte oppervlak en het lichtblauwe deel het areaal open plekken. De rode balken geven situaties weer 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.

De ligging, de contour, het bankoppervlak en het met schelpdieren bedekte oppervlak van de banken 502, 503 en 603 zijn in 2023 nagenoeg onveranderd gebleven ten opzichte van de jaren ervoor (zie de figuren 3.1, 3.2, 3.3 en de figuren in bijlage 1). De subtiele veranderingen die ten opzichte van het jaar 2022 zijn opgetreden hebben zich voornamelijk op locaties voorgedaan waar de schelpdierbedekking relatief laag was en op plekken waar minder frequent een mosselbank aangetroffen is. In bank 503 hebben de veranderingen zich aan de noordzijde voorgedaan. Op twee locaties (gelegen in het midden en oosten) is de bank gegroeid, terwijl in het oosten bankdelen verdwenen zijn. Door een balans tussen groei en krimp is het totale bankoppervlak nagenoeg onveranderd gebleven. Aan de zuidelijke en noordoostelijke randen van bank 603 zijn enkele bankdelen verdwenen waardoor het bankoppervlak iets is afgenomen. De veranderingen in bank 502 zijn dermate klein dat deze niet noemenswaardig zijn.

Er zijn in 2023 geen mosselbanken aangetroffen in de bankgebieden van 606 en 640. Voor mosselbank 606 is dit al vanaf het jaar 2007 het geval en voor mosselbank 640 vanaf het jaar 2022.

Het bankoppervlak van mosselbank 607 is in het jaar 2023 sterk afgenomen ten opzichte van de meting in 2022, zie figuur 3.8. De afname in bankoppervlak wordt voornamelijk veroorzaakt door het verdwijnen van bankdelen die in het jaar 2022 nieuw gevormd waren, zie bijlage 1 en Glorius en Meijboom, 2024. Het overgebleven bankdeel, gevormd in het jaar 2018, bevindt zich sinds het jaar 2019 min of meer op dezelfde plek en is gelegen aan een geuluitloper, zie bijlage 1. Sindsdien is zowel het bankoppervlak als het percentage met mosselen bedekte oppervlak sterk achteruit gegaan. In 2023 bedroeg het bankoppervlak

0,8 ha waarvan 0,2 ha bedekt is met schelpdieren. De bank is hiermee in oppervlak en bedekking klein. Er zijn wel veel jonge (kleine) mosselen aangetroffen in de monsters, zie paragraaf 3.2. Het voortbestaan van deze bank is hiermee onzeker en mede afhankelijk van overleving van de jonge aanwas.

Het in 2021 nieuw gevormde bankdeel van bank 710 heeft zich weten te handhaven en de ligging is in 2023 ten opzichte van 2022 niet sterk veranderd, zie figuur 3.5 en bijlage 1. In het zuidelijk deel zijn mosselen over een groter gebied verspreid komen te liggen, waardoor het bankoppervlak daar wat toegenomen is. In dit deel van de bank worden nagenoeg geen oesters aangetroffen, zie bijlage 3. De ligging van de oude bankdelen, die uit mosselen en Japanse oesters bestaan, zijn in 2023 nagenoeg niet veranderd ten opzichte van een jaar eerder. Dit bankdeel blijkt erg stabiel te zijn; het bevindt zich al vele jaren min of meer op dezelfde plek, zie rode vlakken in figuur 3.5.

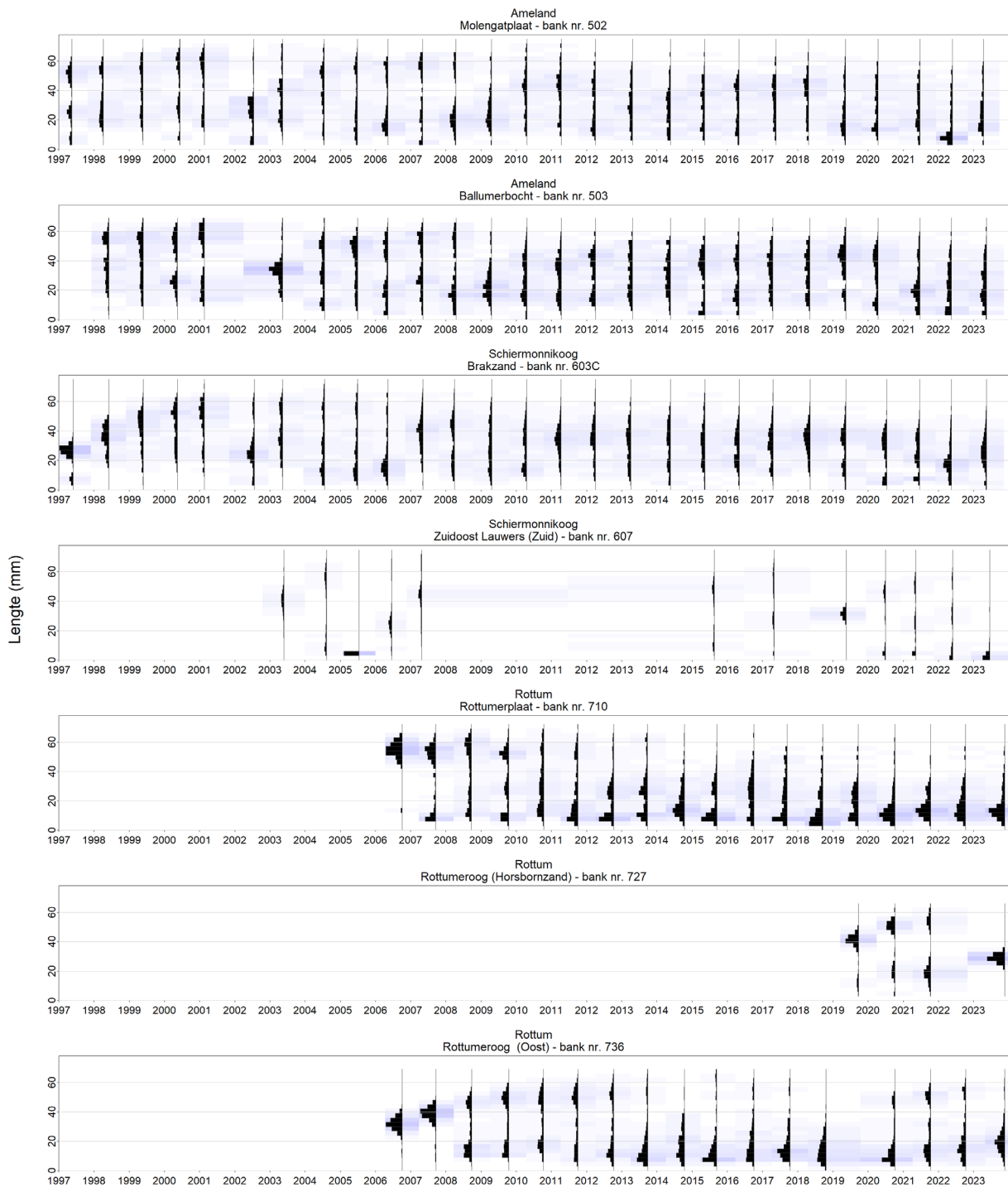
In het mosselbankgebied van 727 is in het voorjaar van 2023 mosselzaad gevallen, waarna er zich een mossel(zaad)bank heeft gevormd van bescheiden omvang. Na het verdwijnen van de bank in het jaar 2022 (die ontstond uit zaadval van 2018), heeft er zich in 2023 dus opnieuw een mosselbank gevormd in het gebied, zie bijlage 1 en Glorius en Meijboom, 2024. De mosselzaadbank heeft een omvang van 1,8 ha waarvan ongeveer 1 ha bedekt is met mosselen. Er zijn geen Japanse oesters aanwezig in de bank.

Het bankoppervlak van bank 736 is in 2023 met iets meer dan 1 ha toegenomen ten opzichte van het jaar 2022, zie figuur 3.8. Deze toename wordt veroorzaakt door enerzijds verspreiding van de hoofdbank over een groter gebied in noordoostelijk richting en anderzijds door de vorming van twee nieuwe bankdelen, zie figuur 3.7 en bijlage 1. De nieuwe bankdelen bestaan uit jonge mosselen. In het middendeel van de oude bank komen geen Japanse oesters voor. Dit deel is nagenoeg volledig bedekt met mosselen, zie ook bijlage 3. De hoge mosselbedekking in dit middendeel draagt bij aan het hoge bedekkingspercentage van de bank als geheel (65% in 2023). Na zaadval in 2018 was het bedekkingspercentage echter nog hoger. Sinds 2019, toen het bankoppervlak voor 85% uit schelpdieren bestond, neemt het bedekkingspercentage jaarlijks gestaag af.

3.2 Ontwikkeling mosselen en Japanse oesters

In figuur 3.9 worden de lengte-frequentiediagrammen van mosselen weergegeven voor de mosselbanken 502, 503, 603, 607, 710, 727 en 736 voor de jaren dat deze bemonsterd werden. De biomassa van mosselen en Japanse oesters en het aandeel oesters dat in de monsters werd gevonden op de onderzochte banken, zijn weergegeven in figuur 3.10. De mossellengte-frequentiediagrammen voor en na vestiging van Japanse oesters in de banken is weergegeven in figuur 3.11. 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 3.9 Ontwikkeling van de lengtefrequentie (aantallen gestandaardiseerd naar 1000) van de mosselpopulatie voor de mosselbanken die in 2023 onderzocht zijn (502, 503, 603, 607, 710, 727 en 736). Met de blauwe schaduw worden de pieken in elk lengtefrequentie-diagram naar het eerstvolgende meetmoment weergegeven.

Aan de lengte-frequentiediagrammen in figuur 3.9 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. Verder blijkt uit de lengte-frequentiediagrammen van banken die al eerder ontstaan zijn en langer gevolgd worden, 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 en Meijboom, 2024).

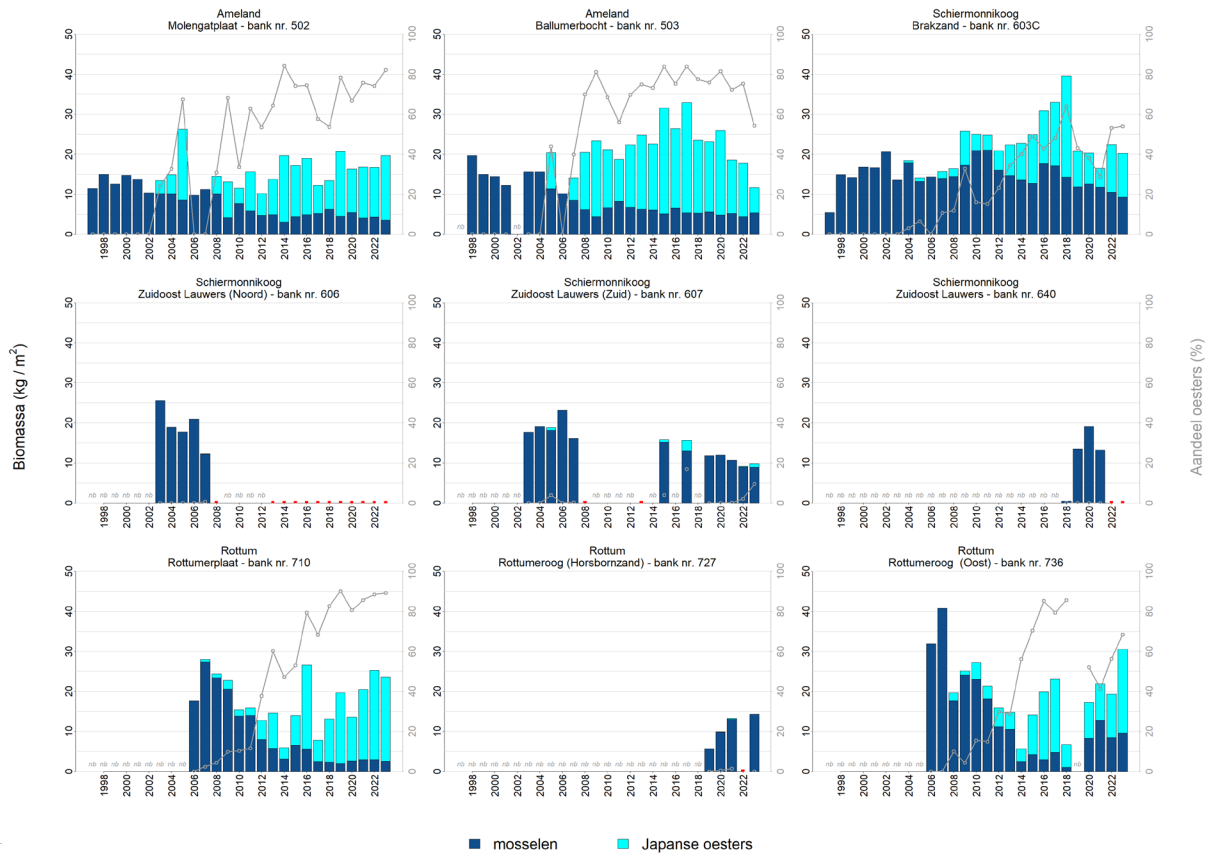
Op al de onderzochte banken komen nagenoeg elk jaar kleine mosselen (<20 mm schelp lengte) voor. Dit betekent dat er jaarlijks verjonging optreedt, zie figuur 3.9 en bijlage 3. Ook dit is eerder waargenomen en beschreven, zie Glorius en Meijboom, 2024. Hierdoor bestaat de mosselpopulatie op de banken 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, waardoor ze niet meer goed te onderscheiden zijn. Deze waarneming is ook in eerdere rapportages gedaan en zodanig beschreven (zie bijvoorbeeld Glorius et al., 2022 en Glorius en Meijboom, 2024).

Ook in 2023 zijn in bijna al de onderzochte banken veel mosselen met schelp lengte <20 mm aangetroffen. De nieuw gevormde bank 727 vormt de enige uitzondering, waar nagenoeg alle mosselen groter dan 20 mm zijn. De meeste mosselen in deze bank zijn ongeveer 30 mm groot, zie figuur 3.9. Het kan zijn dat ofwel het mosselzaad in het voorjaar gevallen is en erg hard gegroeid is (de bank ligt nabij het zeegat tussen Rottumeroog en Borkum waar voedselcondities over het algemeen goed zijn en wordt pas in het najaar bemonsterd) of het mosselzaad is niet in het voorjaar van 2023, maar reeds in het najaar van 2022 gevallen.

In figuur 3.9 en bijlage 3 is te zien dat het overgrote deel van de mosselpopulatie in bank 607 in 2023 uit kleine (jonge) mosselen bestaat. Uit de lengte-frequentiediagram is geen duidelijke groei te zien voor de mosselen die in 2022 in de bank gevallen zijn. Het is daarom de verwachting dat de kleine mosselen in 2023 als mosselzaad in de bank gevallen zijn. Zoals in paragraaf 3.1 beschreven is, is het bankoppervlak van deze bank klein, evenals het aandeel dat bedekt is met schelpdieren. De overlevingskans van deze bank kan hierdoor als laag ingeschat worden. Als de aanwezige jonge mosselen het komend jaar weten te overleven en te groeien, dan zal dit de overlevingskansen op de langere termijn doen toenemen. Het is de verwachting dat in dat geval, door verspreiding van de mosselen, het bankoppervlak en de bedekking met schelpdieren toe zal nemen. Als dit cohort niet weet te overleven, dan is de bankoverleving geheel afhankelijk van nieuwe mosselzaadval in het jaar 2024.

In figuur 3.9 is verder te zien dat de schelp lengte van de jongste cohorten in de banken 502, 503, 603 en 736 wat toegenomen is tussen de meetpunten in 2022 en 2023. Het grotere aandeel kleine mosselen in de mosselpopulaties van de banken 710 en 736 en in vergelijking tot die in de banken 502, 503 en 603, kan waarschijnlijk verklaard worden doordat de banken 710 en 736 niet in het voorjaar maar in het najaar bemonsterd worden. In het voorjaar is de kans groot dat jong mosselzaad ofwel nog niet gevallen is, of nog te klein is om opgemerkt te worden.

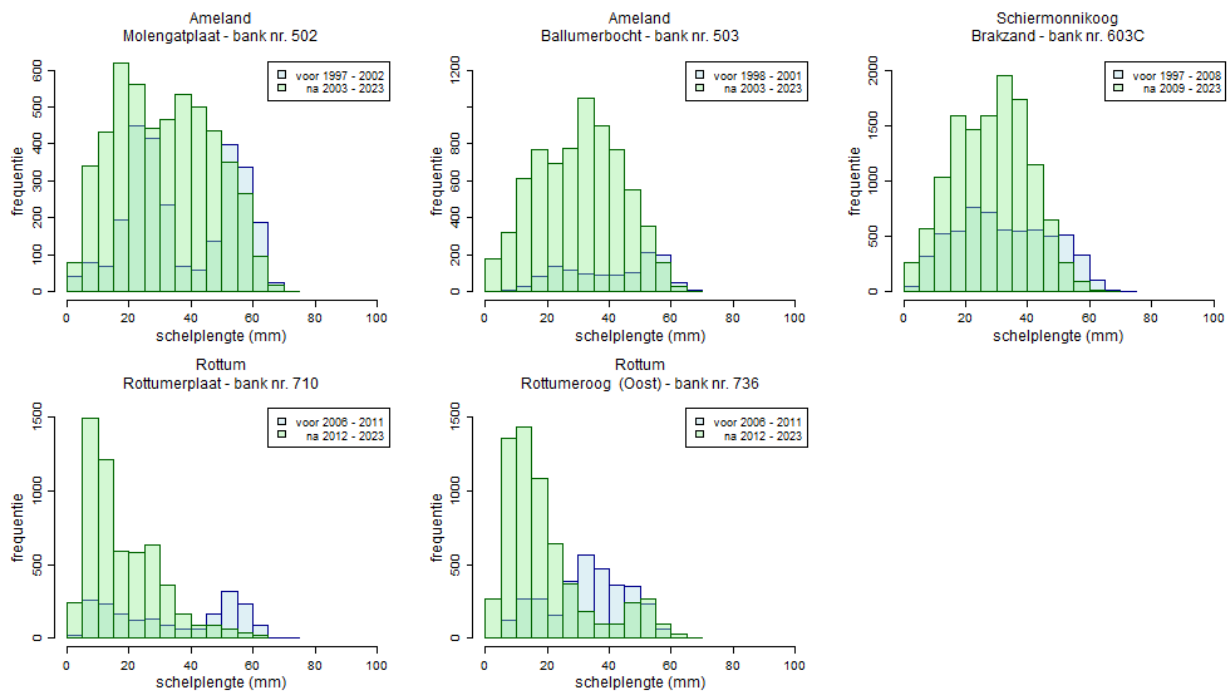
Biomassa ontwikkeling mosselen en oesters



Figuur 3.10 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 een lijndiagram ten opzichte van de rechter y-as) in de mossel-/oester-biomassa zoals aangetroffen in de monsters voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2023 (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.

Zoals eerder geobserveerd en beschreven is, is in figuur 3.10 de invloed van vestiging van de Japanse oester op de mosselpopulatie goed te zien. Na vestiging van Japanse oesters in een mosselbank neemt, in de jaren erna, de biomassa oesters toe tot >10 kg/m² en de biomassa mosselen af van 10-20 kg/m² voor vestiging naar ongeveer 5 kg/m² erna. Op alle banken die in dit onderzoek gevolgd worden en al meer dan 10 jaar oud zijn, worden Japanse oesters aangetroffen (zie de banken 502, 503, 603, 710 en 736 in figuur 3.10). Voor de jongere mosselbanken geldt dit niet. De jonge banken die in dit onderzoek opgenomen zijn en 1 tot 3 jaar zijn blijven liggen (de banken 640 en 727), zijn oestervrij gebleven. De mosselbiomassa van deze banken ligt rond de 10 kg/m² en is daarmee vergelijkbaar met de oudere banken in hun oestervrije periodes. Omdat mosselen een geschikt substraat vormen voor oesterbroed, is het de verwachting dat na verloop van tijd, mits de banken weten te overleven, zich ook in deze banken Japanse oesters zullen vestigen.

Lengteverdeling mosselen voor en na vestiging van Japanse oesters

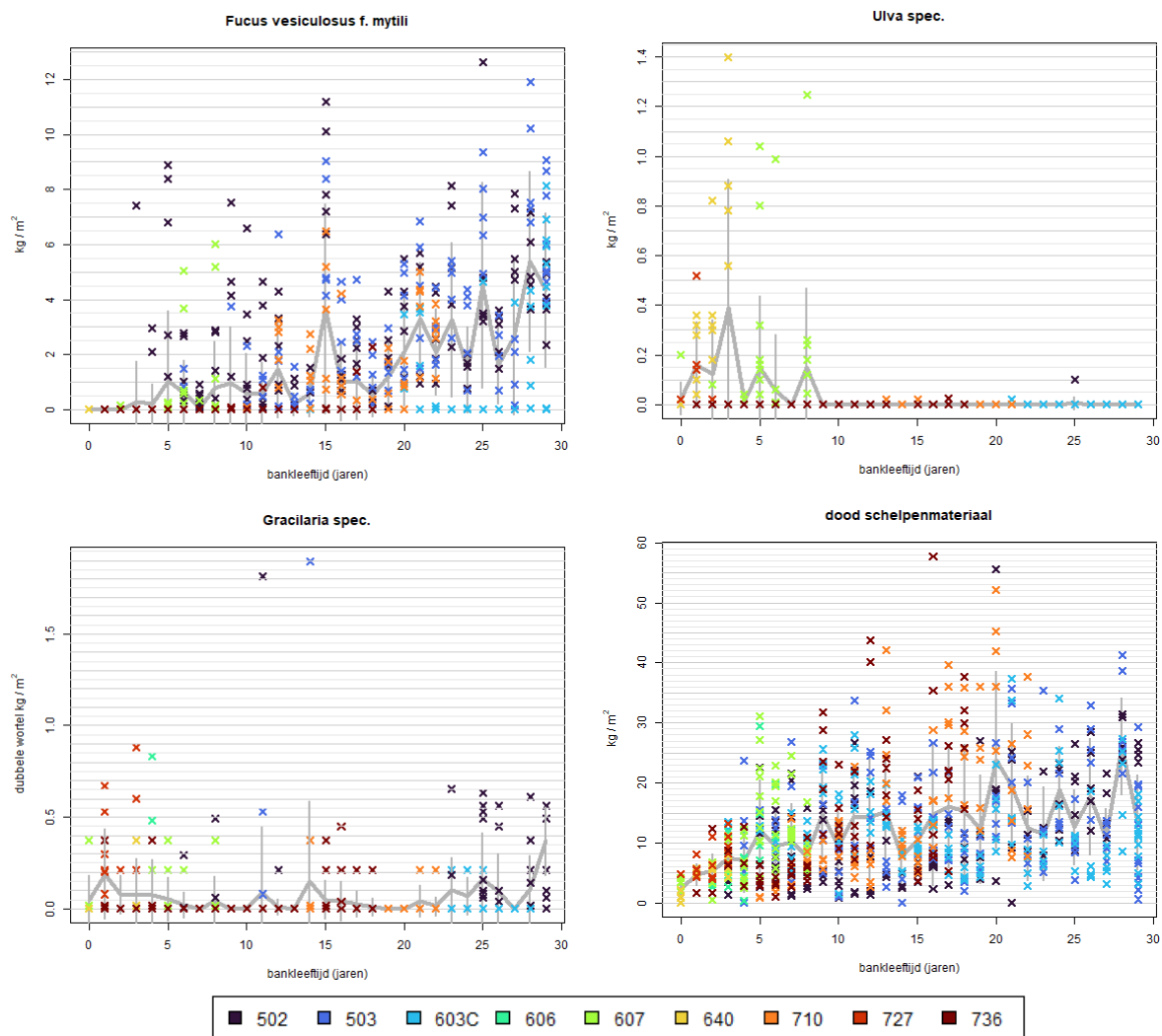


Figuur 3.11 De lengteverdeling van de mosselen voor- en na vestiging van Japanse oesters voor de banken 502, 503, 603, 710 en 736. De periode na vestiging begint vanaf het eerste jaar waarbij de oesterbiomassa >20% van de gezamenlijke mossel- en oesterbiomassa bedraagt en verschilt per bank. Voor bank 502 en 503 was dit in het jaar 2003, voor bank 603 was dit het jaar 2019 en voor de banken 710 en 736 was dit het jaar 2012.

Naast de afname in mosselbiomassa is ook de verdeling van de mossellengtes in de mosselpopulatie, evenals de gemiddelde mossellengte, veranderd na vestiging van Japanse oesters. Dit is te zien in figuren 3.11 en in figuur B3.2 van bijlage 3. In figuur 3.11 is de lengteverdeling van de mosselen voor en na vestiging van de Japanse oesters weergegeven. In deze lengte-frequentiediagrammen zijn voor vestiging van Japanse oesters meestal twee pieken te onderscheiden, zie de blauwe balken in het figuur. De mosselpopulatie bestaat uit zowel kleinere (jongere) mosselen als grotere (oudere) mosselen die beide min of meer even talrijk zijn. Voor de banken die in het voorjaar bemonsterd worden (502, 503 en 603) liggen deze pieken bij een mossellengte van ongeveer 20-25mm en bij 55-60mm. Waar voor vestiging van Japanse oesters beide groepen min of meer even talrijk zijn, is dit na vestiging niet zo. Na vestiging van Japanse oesters is het jongere cohort (de kleinere mosselen) domineranter aanwezig dan het oudere cohort (grotere mosselen) en komen er minder grotere mosselen voor. Hierdoor is de piek van het oudere cohort minder duidelijk aanwezig in de lengte-frequentiediagrammen, zie de groene balken in figuur 3.11. In figuur B3.2 is deze verandering ook te zien. Het aandeel mosselen met een lengte >40 mm neemt af na vestiging van Japanse oesters. Voor vestiging bestond de populatie mosselen vaak voor 40-60% uit mosselen >40mm, erna gaat het om 5-30%. Een lineair model waarin de mossellengte van de populatie gemodelleerd wordt voor zowel voor als na vestiging van Japanse oesters (met random effect op jaar genest in banknummer) blijkt dat de gemiddelde mossellengte van de populatie 5,2 mm kleiner is na vestiging van de Japanse oesters ($P=0.0024$). Voor vestiging hadden de mosselen gemiddeld een lengte van 34,7 mm, erna 29,5 mm.

3.3 Overige (a)biotische ontwikkelingen

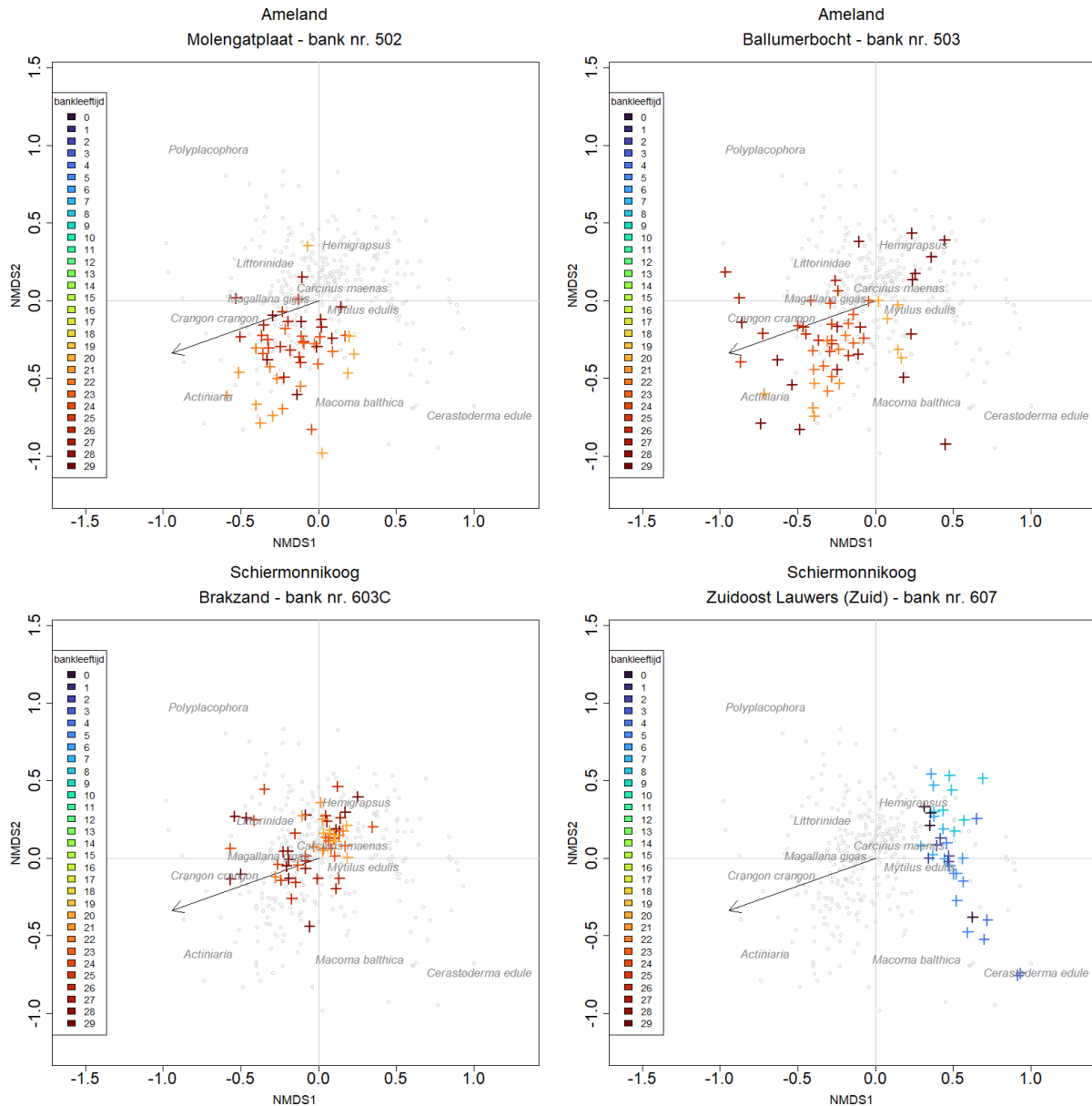
In figuur 3.12 is de biomassa van wiersoorten en het gewicht doodschelpenmateriaal uitgezet tegen over de bankleeftijd voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736. In figuur 3.13 en 3.14 wordt het ordinatiediagram weergegeven voor de periode vanaf 2014 tot en met 2023, in figuur 3.13 zijn de banken 502, 503, 603 en 607 uitgelicht en in figuur 3.14 de banken 640, 710, 727 en 736. In de diagrammen is de bankleeftijd van de monsters weergegeven met verschillende kleuren en de richting van verandering in bodemdiersamenstelling als gevolg van het ouder worden van de bank met een pijl.



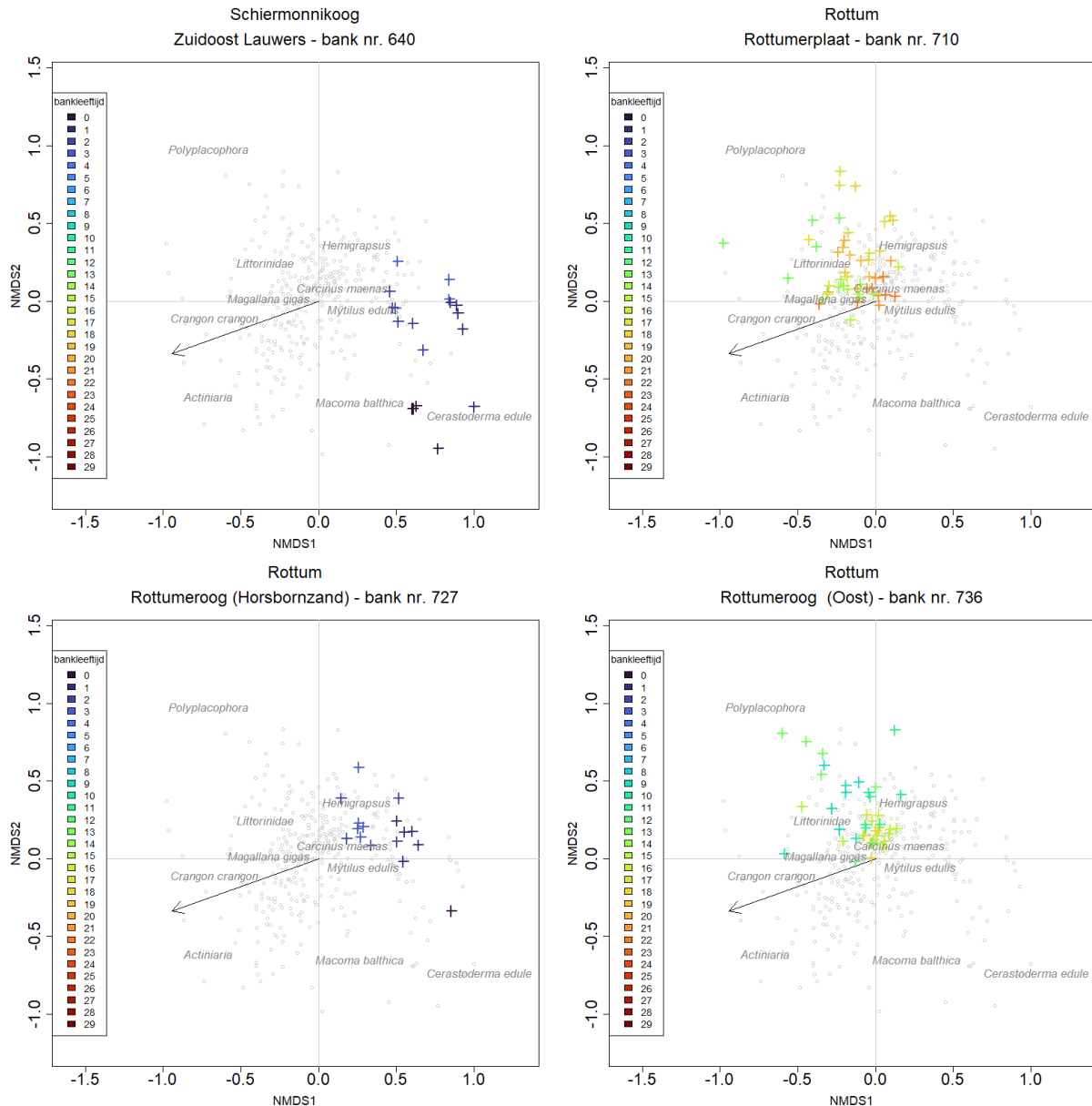
Figuur 3.12 De biomassa van de wiersoorten blaaswier (*Fucus vesiculosus f. mytili*), darmwier (*Ulva spec.*), knoopwier (*Gracillaria spec.*) en het (nat)gewicht doodschelpmateriaal in de monsters en uitgezet tegen de bankleeftijd in jaren. De gemiddelde gewichten (± 1 standaarddeviatie) is weergegeven met een grijze lijn.

De ontwikkeling van wier in een mosselbank is afhankelijk van de soort. In figuur 3.12 is te zien dat de eerste vijf jaar van een mosselbank weinig tot geen blaaswier aangetroffen wordt in de monsters en dat in de periode erna het wiergewicht toeneemt. Ook op hogere bankleeftijd wordt lang niet altijd blaaswier aangetroffen in de monsters, wat te zien is aan de kruisjes op de 0-waarde voor de y-as. Een mosselbank is ook nagenoeg nooit voor 100% bedekt met wier. In het veld is soms duidelijk een bovengrens in hoogte-ligging waarneembaar, waarboven geen wier meer voorkomt. Op dijken is een dergelijke grens ook vaak te zien. Het wier kent dus een duidelijke bovengrens in droogvaltijd; bij overschrijding kan het wier zich niet handhaven. Of in een mosselbank sprake is van een duidelijke bovengrens met wervrije mosselbulten, is afhankelijk van de hoogteligging van de bank enerzijds en het voorkomen van mosselbulten die hoog genoeg zijn anderzijds. Darmwier (*Ulva spec.*) komt juist nagenoeg niet voor in banken ouder dan tien jaar en wordt juist vooral in jonge banken aangetroffen, zie paneel rechtsboven van figuur 3.12. Voor knoopwier (*Gracillaria spec.*) is geen duidelijk patroon te herkennen. Blaaswier wordt van deze wiersoorten met de hoogste biomassa aangetroffen in de monsters, tot enkele kilogrammen natgewicht per vierkante meter tot soms meer dan 10 kg natgewicht per m².

Door eerst sterfte van vooral mosselen en later van Japanse oesters, evenals andere schelpdieren die in de bank voorkomen (zie onder) neemt het gewicht aan schelpengruis in de monsters naar verloop van tijd toe. Na vijf jaar kan dit toegenomen zijn tot meer dan 10 kg/m², zie paneel rechtsonder in figuur 3.12.



Figuur 3.13 Ordinatiediagram die het resultaat van de Nonmetric multidimensional scaling weergeeft voor de soortendichtheden aangetroffen in de monsters genomen in de mosselbanken 502, 503, 603 en 607, in de periode 2014 tot en met 2023. Met de grijze stippen wordt de positie van alle monsters genomen in de banken 502, 503, 603, 607, 640, 710, 727 en 736 weergegeven. Met het '+'-symbool worden de monsters van de betreffende bank weergegeven, waarbij de kleur correspondeert met de bankleeftijd in jaren. Met de pijl wordt de richting van verandering in soortsaanpak als gevolg van de bankleeftijd weergegeven. Ten behoeve van interpretatie van de gegevens is het diagram onderverdeeld in vier rechthoeken door lijnen op de 0-waarde van NMDS1 en -2 as. Het diagram is gebaseerd op een Bray-Curtis ongelijkheidsmatrix van wortelgetransformeerde dichtheden, waarbij alleen taxa die in minimaal 4% van de monsters voorkwamen, meegenomen zijn. Het diagram kent een stresswaarde van 0,21.



Figuur 3.14 Ordinatiediagram die het resultaat van de Nonmetric multidimensional scaling weergeeft voor de soortendichtheden aangetroffen in de monsters genomen in de mosselbanken 640, 710, 727 en 736, in de periode 2014 tot en met 2023. Met de grijze stippen wordt de positie van de monsters weergegeven genomen in de banken 502, 503, 603, 607, 640, 710, 727 en 736 voor dezelfde periode. Met het '+'-symbool worden de monsters van de betreffende bank weergegeven waarbij de kleur correspondeert met de bankleeftijd in jaren. Met de pijl wordt de richting van verandering in soortensamenstelling als gevolg van de bankleeftijd weergegeven. Ten behoeve van interpretatie van de gegevens is het diagram onderverdeeld in vier rechthoeken door lijnen op de 0-waarde van NMDS1 en -2 as. Het diagram is gebaseerd op een Bray-Curtis ongelijkheidsmatrix van wortelgetransformeerde dichtheden, waarbij alleen taxa die in minimaal 4% van de monsters voorkwamen, meegenomen zijn. Het diagram kent een stresswaarde van 0,21.

Uit de diagrammen in de figuren 3.13 en 3.14 blijkt dat de soortensamenstelling verandert naarmate de bankleeftijd toeneemt. Dit is zowel te zien aan de pijl, die het effect van bankouderdom op de soortensamenstelling aangeeft en van rechts naar links wijst in het diagram, als aan de kleur van de monsterpunten en hun positie in het diagram. De banken 607, 640 en 727 zijn in de periode 2014-2023 niet ouder dan vijf jaar geworden. De monsterpunten van deze jonge banken, weergegeven in verschillende tinten blauw, bevinden zich allemaal in de rechthoeken aan de rechterkant van het diagram (NMDS1 > 0). De meeste monsterpunten van oudere banken (5-20 jaar) bevinden zich in het bovendeel van het diagram (NMDS2 > 0), waarbij de meeste punten zich in de rechthoek linksboven bevinden (zie de groen- en geelgetinte monsterpunten van bank 736 en 710). De meeste monsterpunten van banken van >20 jaar bevinden zich in de rechthoek linksonder in het diagram, waarbij ook een flink deel van de monsterpunten zich in de

rechthoek rechtsboven in het diagram bevindt en rondom het centrum, coördinaat 0,0 in het diagram (zie de roodgetinte monsterpunten van de banken 503, 503, 603 en 710).

In de rechthoek linksonder, met daarin de meeste monsterpunten van jonge banken, bevinden zich de volgende soorten: kokkels (*Cerastoderma edule*), nonnetje (*Macoma balthica*), strandkrab (*Carcinus maenas*), mossel (*Mytilus edulis*) en blaasjeskrabben (*Hemigrapsus spec.*). Deze soorten zijn daarmee dominant aanwezig in jonge mosselbanken. Kokkels vormen een goed substraat voor mosselzaad, wat de dominantie van deze soort in jonge banken verklaart. Mosselen zetten zich met byssusdraden aan de kokkels vast, waarbij ze deze soms ook uit de grond trekken. Door voedselgebrek en de onmogelijkheid tot bewegen, overleven veel kokkels de vestiging van mosselzaad niet. Kokkels komen daardoor veel minder voor in oudere mosselbanken. De dominante aanwezigheid van de mossel zelf wordt verklaart door het feit dat de mosseldichtheid in jonge banken erg hoog is. Voor de bankoverleving en de vorming van mosselbulten, is een hoge dichtheid belangrijk. Door groei van een deel van de mosselen neemt de totale biomassa mosselen na verloop van tijd toe en de dichtheid af. Het deel dat niet weet te overleven wordt begraven, sterft aan voedselgebrek, spoelt al dan niet weg of wordt opgegeten. Voor krabben zijn jonge mosselen een geschikte voedselbron, wat de hoge abundantie van *Carcinus maenas* en *Hemigrapsus spec.* verklaart.

In de rechthoek linksboven, waar veel monsterpunten van banken tussen de 5 en 20 jaar oud te vinden zijn, bevinden zich de soorten alikruiken (*Littorinidae*) en keverslak (*Polyplacophora*). Ook ligt de Japanse oester (*Magallana gigas*), die zich nabij het coördinaat 0,0 in het diagram bevindt, dicht bij deze monsterpunten. De wat oudere mosselbank vormt voor deze soorten dus een geschikt habitat. Zo voeden alikruiken zich met de benthische algen die zich na verloop van tijd tussen de mosselbulten ontwikkelen, terwijl ze een schuilplaats vinden in de mosselbulten zelf. De mosselen in de mosselbulten vormen verder een geschikt substraat voor vestiging en ontwikkeling van Japanse oesters, zoals eerder in dit rapport is beschreven. Deze monsterpunten bevinden zich dus ver van waar de kokkel in het diagram gepositioneerd is, wat laat zien dat kokkels bij het ouder worden van een bank juist minder voorkomen. Zoals ook boven beschreven is.

De meeste monsters van de oudere banken (>20 jaar oud) bevinden zich in de rechthoek linksonder in het diagram, maar een groot deel is ook te vinden in de rechthoek rechtsboven. Tevens is een deel van de monsterpunten te vinden in het centrale deel van het diagram (rondom het coördinaat 0,0). Hieruit blijkt dat veel van de eerder besproken soorten voorkomen in oudere mosselbanken. Oudere banken onderscheiden zich met betrekking tot soortsaamenstelling het meeste van de jongere banken door monsterpunten die zich in de rechthoek linksonder bevinden. Daar zijn de taxa garnaal (*Crangon crangon*) en anemonen (*Actinaria*) te vinden die dus pas bij hogere bankleeftijd belangrijk worden. Garnalen kunnen laagwaterperiodes overleven in de waterpoeltjes en geultjes die zich vaak pas na flink wat jaren vormen in een mosselbank. Ze vinden voedsel in de poeltjes zelf en in de mosselbulten. Verder is dus ook voor de oudere banken Japanse oester een belangrijk soort. Zoals reeds beschreven is, kunnen oesters zich goed handhaven en ontwikkelen in een mosselbank. Onder andere door terugkerend mosselzaadval in mosselbanken, vinden de krabbensoorten (*Carcinus maenas* en *Hemigrapsus spec.*) voedsel in oudere banken waardoor ook deze soorten voorkomen en een deel van de monsterpunten van deze banken zich ook nabij deze soorten bevinden in het diagram.

4 Discussie en conclusie

Wageningen Marine Research bestudeert in detail de langetermijntontwikkelingen van een aantal droogvallende mosselbanken in de Waddenzee. In het voorjaar van 2023 werden de mosselbanken 502 (Ameland-Molengatplaat), 503 (Ameland-Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog-Brakzand), 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid) bemonsterd. In het najaar werden de banken 710 (Rottum-Rottumerplaat), 727 (Rottum-Rottumeroog Horsbornzand) en 736 (Rottum-Rottumeroog Oost) bezocht. De locaties van de banken 606 (Schiermonnikoog-Zuidoost Lauwers Noord) en 640 (Schiermonnikoog-Zuidoost Lauwers Zuid) zijn ook bezocht, maar daar bleken geen nieuwe banken gevormd te zijn.

De resultaten van de jaarlijkse karteringen geven een algemeen beeld van de biotische en abiotische ontwikkeling van de onderzochte mosselbanken over een groot aantal jaren. Na het ontstaan van een mosselbank is een hoge dichtheid van mosselen gevonden evenals het oppervlak dat bedekt is met mosselen. In een periode van een aantal jaren erna neemt de biomassa mosselen toe en de dichtheid af door mosselsterfte enerzijds en individuele groei anderzijds. Mosselsterfte is het gevolg van voedsel- en ruimtegebrek, begraving, predatie door krabben en vogels, erosie door golven en wind (Donker, 2015; Waser, 2018). Hierdoor neemt, in de eerste jaren na het ontstaan van een bank, het bankoppervlak vaak af. Mosselbulten worden gevormd door het samenkruipen van mosselen, wat de geobserveerde afname in met mosselen bedekt oppervlakteaandeel verklaart. Overleving van jonge banken is erg onzeker. Twee banken die gedurende dit onderzoek ontstaan zijn, zijn inmiddels verdwenen na drie tot vier jaar aanwezig te zijn geweest. Mocht een bank wel overleven dan groeien de mosselbulten in de hoogte door sedimentatie van bodemdeeltjes en ophoping van doodschelpenmateriaal. Afvoergeultjes worden dieper en breder en poeltjes waarin water blijft staan gedurende perioden van laagwater worden gevormd.

In de meeste jaren en bij de meeste banken valt nieuw mosselzaad; bestaande mosselbanken vormen dus een geschikt hechtingssubstraat voor mosselzaad. De mosselpopulatie van nieuw gevormde mosselbanken bestaan hierdoor, net als oudere banken, al na enkele jaren uit meerdere cohorten (een cohort is een groep mosselen van eenzelfde leeftijd). De verjonging die hierdoor optreedt zorgt ervoor dat mosselbanken vele malen ouder kunnen worden dan de individuele mosselen. Enkele van de mosselbanken die in deze studie gevolgd worden, zijn gedurende de gehele onderzoeksperiode (>20 jaar) aanwezig en blijken daardoor erg stabiel te kunnen zijn. De buitencontour en het bedekkingspercentage, die in de jaren na het ontstaan van een bank afnemen, stabiliseren zich en veranderen minder van jaar op jaar, blijkt uit de verzamelde gegevens.

De in deze studie gevonden stabiliteit van oudere en instabiliteit van jonge banken is in lijn met de bevindingen van een studie waarin naar een veel groter aantal banken in de Nederlandse Waddenzee is gekeken. In deze studie, door Van der Meer et al. (2018) uitgevoerd, is de bankoverleving (een mosselbank als een individu) geanalyseerd 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 (zogenaamde '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.

Uit de gegevens die in deze studie zijn verzameld blijkt verder dat de oppervlakte van de oudere en stabiele banken kan toenemen door mosselzaadval direct naast en tegen de bestaande bankdelen aan. Deze nieuw gevormde bankdelen hebben, net als geheel nieuw gevormde banken, een hoge mosseldichtheid en bedekking en een lage mate van reliëf. Deze bankdelen verdwijnen veelal enkele jaren na hun ontstaan. Hierdoor bestaan de meeste van de oudere banken die in deze studie opgenomen zijn momenteel uit zowel stabiele als instabiele bankdelen, inclusief de biotische en abiotische kenmerken ervan. In twee banken die in dit onderzoek opgenomen zijn, zijn enkele van deze nieuwe bankdelen inmiddels drie tot vijf jaar oud. De vorming van bulten en afvoergeultjes is hier begonnen en het is de verwachting dat de overlevingskansen

van deze bankdelen hierdoor toegenomen is. De komende jaren moet uitwijzen of ze uitgroeien tot stabiele bankdelen of alsnog verdwijnen.

Naast veranderingen in de mosselpopulatie, veranderen ook andere biotische en abiotische eigenschappen van de bank na verloop van tijd. Doordat in de afgelopen jaren de aanwezigheid (aantal en/of biomassa) van meer soorten opgeslagen worden in de database en ook historische data ingevoerd zijn (tot en met het jaar 2014) kan de biotische verandering nu beter inzichtelijk gemaakt worden. Veranderingen in soorten-samenstelling bij het ouder worden van een bank kunnen verklaard worden doordat sommige soorten een geschikt hechtingssubstraat vormen voor bepaalde andere soorten en ook omdat de habitatgeschiktheid van een mosselbank soortafhankelijk is en verandert bij het ouder worden van een bank. Kokkels (*Cerastoderma edule*) vormen, door onder andere hun dikke schelp en beperkte ingraafdiepte, een geschikt substraat voor mosselzaad (Kangeri et al., 2014; Callaway, 2003; Dankers & Fey, 2015; Pulfrich, 1996) wat de hoge dichtheid in de monsters genomen in jonge banken verklaard. De jonge mosselen zetten zich vast aan kokkelschelpen met hun byssusdraden. De mosselen beschermen zichzelf hierdoor tegen predatie en wegspoeling. De kokkels zelf overleven dit vaak niet. Oude mosselbanken vormen geen geschikt habitat voor kokkels. Ze kunnen zich in de mosselbulten niet ingraven, de open plekken zijn te slibrijk en er is competitie voor voedsel met de aanwezige mosselen. Hierdoor worden er minder kokkels gevonden in de monsters genomen in de oudere bank(del)en. Ook verschillende krabbensoorten (*Carcinus maenas* en *Hemigrapsus spec.*) zijn in jonge banken veel gevonden. Ze worden aangetrokken door het mosselzaad waarmee ze zich kunnen voeden (Waser, 2018; Van der Veer et al., 1998; Dankers & Fey, 2015). Hiernaast wordt darmwier (*Ulva spec.*) gevonden in jonge en veel minder in oudere banken. Het wier kan met de stroming meegevoerd worden en zich hechten aan de jonge mosselen. Het wier sterft in de winter grotendeels af, maar kan de winter overleven door begraving van thallus (Kamermans et al., 1998). Het is dus ook mogelijk dat darmwier reeds in de bodem aanwezig is en na mosselzaadval opkomt uit de bodem. Welk proces dominant is, is niet bekend. Uit de gegevens die hier gepresenteerd zijn is te zien dat in oudere banken darmwier niet veel voorkomt. Het wier kan zich minder goed hechten, en/of verliest de competitie om voedingsstoffen met andere wiersoorten zoals blaaswier, dat zich wel goed weet te ontwikkelen in oudere banken. Het is ook goed denkbaar dat de bodemsamenstelling van oudere mosselbanken niet geschikt is voor begraving van thallus waardoor darmwier dat aanwezig is in een bank, zich niet kan handhaven over meerdere jaren. Zo kan de toename van organisch materiaal in en rond een mosselbank het zuurstofgehalte in de bodem doen dalen en de overleving van thallus negatief beïnvloeden. Anders dan kokkels en darmwier vormt een oudere mosselbank wel een geschikt habitat voor krabben, die ook in de monsters genomen in oudere banken veel aangetroffen zijn. Oudere (grotere) mosselen zijn voor krabben te groot om op te eten. Ze voeden zich in oudere banken daarentegen waarschijnlijk met mosselzaad dat ook in oudere banken aanwezig is, evenals met andere soorten die na verloop van tijd in een mosselbank gevonden worden, zoals garnalen (*Crangon crangon*) en blaaswier (*Fucus vesiculosus* f. *mytili*). De hier gevonden toename in biomassa blaaswier bij het ouder worden van de bank laat de habitatgeschiktheid van mosselbanken voor deze soort zien. Blaaswier wordt met de byssusdraden van de mosselen vastgehouden en sterft niet grotendeels af in de winter zoals darmwier. Het wier kan zich vegetatief voortplanten (Nienburg, 1925). Bedekking van mosselpatches met blaaswier kan predatie door vogels en krabben verminderen waardoor aanwezigheid voor beide soorten positief kan zijn. Er is echter ook gevonden dat de dichtheid mosselen (Neelissen, 2023 en Albrecht et al., 1994) en hun conditie (Neelissen, 2023) lager was op plekken met wier dan op plekken zonder wier.

In al de hier gevolgde mosselbanken van meer dan vijf jaar oud hebben zich op enig moment Japanse oesters gevestigd, wat de habitatgeschiktheid van oudere mosselbanken voor deze soort laat zien. De invloed van een ontwikkelde Japanse-oesterpopulatie in bank(delen) wordt met de gegevens die in dit onderzoek verzameld zijn duidelijker. Zo neemt de biomassa mosselen af van $>10 \text{ kg/m}^2$ naar rond de 5 kg/m^2 . Het aandeel kleine mosselen in de populatie wordt groter en de gemiddelde mossellengte neemt met ongeveer 5 mm af. Competitie om ruimte en voedsel zijn hiervoor de meest logische verklaring. Waser heeft naar verschillen in mosselconditie (hoeveelheid vlees in de schelp) gekeken en vond een afname van de conditie bij toename van de Japanse-oesterbiomassa (Waser et al., 2015). Mosselen kunnen zich diep in de Japanse oesters vestigen, waardoor ze onbereikbaar worden voor vogels met lagere verliezen door predatie als gevolg (Waser et al., 2015; Scheiffarth et al., 2007; Markert et al., 2013). Mosselen verdwijnen echter niet volledig en een levensvatbare mosselpopulatie blijft aanwezig. Door aanwezigheid van nieuw gevormde bankdelen in oudere banken, zie boven, bestaan een aantal banken die opgenomen zijn in deze

studie momenteel tevens uit bankdelen die vrij zijn van Japanse oesters. De kans is groot dat ook in deze delen Japanse oesters zich gaan vestigen in de komende jaren, tenzij de bankdelen eerder verdwenen zijn.

De toename in doodschelpenmateriaal in de monsters in de eerste vijf jaar na het ontstaan van de bank kan verklaard worden door de sterfte van mosselen en andere schelpdieren, en de vastlegging ervan in de bodem. Doodschelpmateriaal kan in de levende bovenlaag vastgehouden worden met de byssusdraden van levende mosselen. Japanse oesterschelpen, die onderling vergroeien, blijven ook na sterfte als structuur aanwezig. Door sedimentatie en het consolideren van slib worden de schelpen ook in diepere bodemlagen vastgelegd.

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. Tevens kan de invloed van blaaswier en Japanse oesters op de mosselbank- en mosselpopulatiedynamiek en veranderingen in de bodemdier-samenstelling bij het ouder worden van mosselbanken inzichtelijk gemaakt worden.

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 nieuw ontstane mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee op te nemen in het monitoringsprogramma en deze minimaal de eerste vijf jaar jaarlijks te volgen.

Hierbij wordt aanbevolen om technieken te ontwikkelen waarmee het percentage dat met schelpdieren bedekt is, de schelpdier- en wiersamenstelling van de mosselbulten en de hoogteligging en het (ontstaan van) reliëf bepaald kan worden. Verschillende verkenningen en studies hebben de toepasbaarheid van een 'Unmanned Aerial Vehicle' (UAV) oftewel een drone hiervoor al laten zien. Een voorbeeld van een studie waarbij deze techniek toegepast is, is het beoordelen van het effect van het aanleggen van een stroomkabel op een droogvallende 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 en hoe deze data zich verhouden tot de gegevens zoals ze tot op heden handmatig verkregen worden (lopen van de 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 UAV. Naar verwachting is het met deze techniek mogelijk om steeds gedetailleerdere informatie te verkrijgen die belangrijk is voor het begrijpen van de (vroeg)e bankoverleving en dynamiek. Deze aanbeveling is ook vorig jaar al gedaan (Glorius en Meijboom, 2024). Met de droneopname van een nieuw gevormde bank op het Roode Hoofd (een wadplaat onder Schiermonnikoog) in 2024 is de eerste stap reeds gezet. Het wordt aanbevolen deze bank ook de komende jaren te blijven opnemen en door te gaan met de ontwikkeling van classificatietechnieken om de mosselpatches in de beelden te identificeren en in kaart te brengen.

Daarnaast wordt aanbevolen om ook de oudere en stabiel gebleken banken te blijven volgen om met name de invloed van Japanse oesters en andere soorten zoals blaaswier, op een mosselbank verder te onderzoeken. Ook kan hierdoor vastgelegd worden of nieuw gevormde bankdelen stabiel zijn of niet en of hierdoor het oppervlak van oudere banken al dan niet blijvend kan toenemen.

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 kwaliteitsmanagement-systeem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Albrecht, A., K. Reise (1994). Effects of *Fucus vesiculosus* covering intertidal mussel beds in the Wadden Sea. *Helgoländer Meeresunters*, 48:243-256.
- 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: 115-132.
- Dame, R.F. (2011). Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach, 2nd edition. Boca Raton, FL, CRC Marine Sciences, pp 283.
- Dankers, N. & K. Koelemaij (1989). Variations in the mussel population of the Dutch Waddensea in relation to monitoring. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 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.
- Glorius, S.T., A. Meijboom, F. Daniels, E. O. Folmer (2022). Het effect van het aanleggen van een stroomkabel door een droogvallende mosselbank. WMR rapport C086.22, pp 45.
- 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.
- 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. *Marine Ecology*, 17(1-3):117-130.
- Kamermans, P., E.J. Malta, J.M. Verschuure (1998). Role of cold resistance and burial for winter survival and spring initiation of an *Ulva* spp. (Chlorophyta) bloom in a eutrophic lagoon (Veerse Meer lagoon, The Netherlands). *Marine Biology*, 131: 45-51.

- 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: 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 KM (2013) Habitat change by the formation of alien *Crassostrea*-reefs in the Wadden Sea and its role as feeding sites for waterbirds. *Estuar. Coastal Shelf Science*, 131: 41-51.
- Meer van der, J., 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.
- Mildenberger TK, Taylor MH, Wolff M (2017). TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods in Ecology and Evolution*, 8: 1520-1527.
- 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.
- Neelissen, F. (2023). Invloed van blaaswier (*Fucus vesiculosus*) op de populatie mosselen in droogvallende mosselbanken. Stagerapport, pp 27.
- Nehls, G., I. Hertzler, G. Scheiffarth (1997). Stable mussel *Mytilus edulis* beds in the Wadden Sea: they're just for the birds. *Helgoländer 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.
- Nienburg, W. (1925). Eine eigenartige Lebensgemeinschaft zwischen *Fucus* und *Mytilus*. - *Ber. dt. bot. Ges.* 43: 292-298.
- Oksanen, J., F. Guillaume Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlinn, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, L.G. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens, E. Szoecs and H. Wagner (2017). *Vegan: Community Ecology Package*.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Van der Ouderaa I.B.C, 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. *Journal of Sea Research*, 36: 239-250.
- Reise, K. (1998). Pacific oysters invade mussel beds in the European Wadden Sea, *Senckenbergiana Maritima*, 28: 167-175.
- Ruesink J.L., H.S. Lenihan, A.C. Trimble, K.W. Heiman, F. Micheli, J.E. Byers, M.C. Kay (2005). Introduction of non-native oysters: ecosystem effects and restoration implications. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 36: 643-689.
- Scheiffarth G., B.J. Ens, A. Schmidt (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. *Marine Ecology Progress Series*, 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. Breunese, E. Brummelhuis, S. Cornelisse, S. Glorius, D. van den Ende, Y. van Es, K.J. Perdon, J. van der Pool, W. Suykerbuyk, C. van Zweeden, en J. van Zwol (2024). Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2023. CVO rapport 24.008.
- 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: 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.

Verantwoording

WOT-technical report: 277/WMR C010/25
BAPS-projectnummer: WOT-04-009-035.01

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

Akkoord collega onderzoeker

functie: Onderzoeker
naam: Dr. P. de Vries
datum: 4 februari 2025

Akkoord lid managementteam

functie: Business Manager Projecten
naam: Dr. A.M. Mouissie
datum: 4 februari 2025

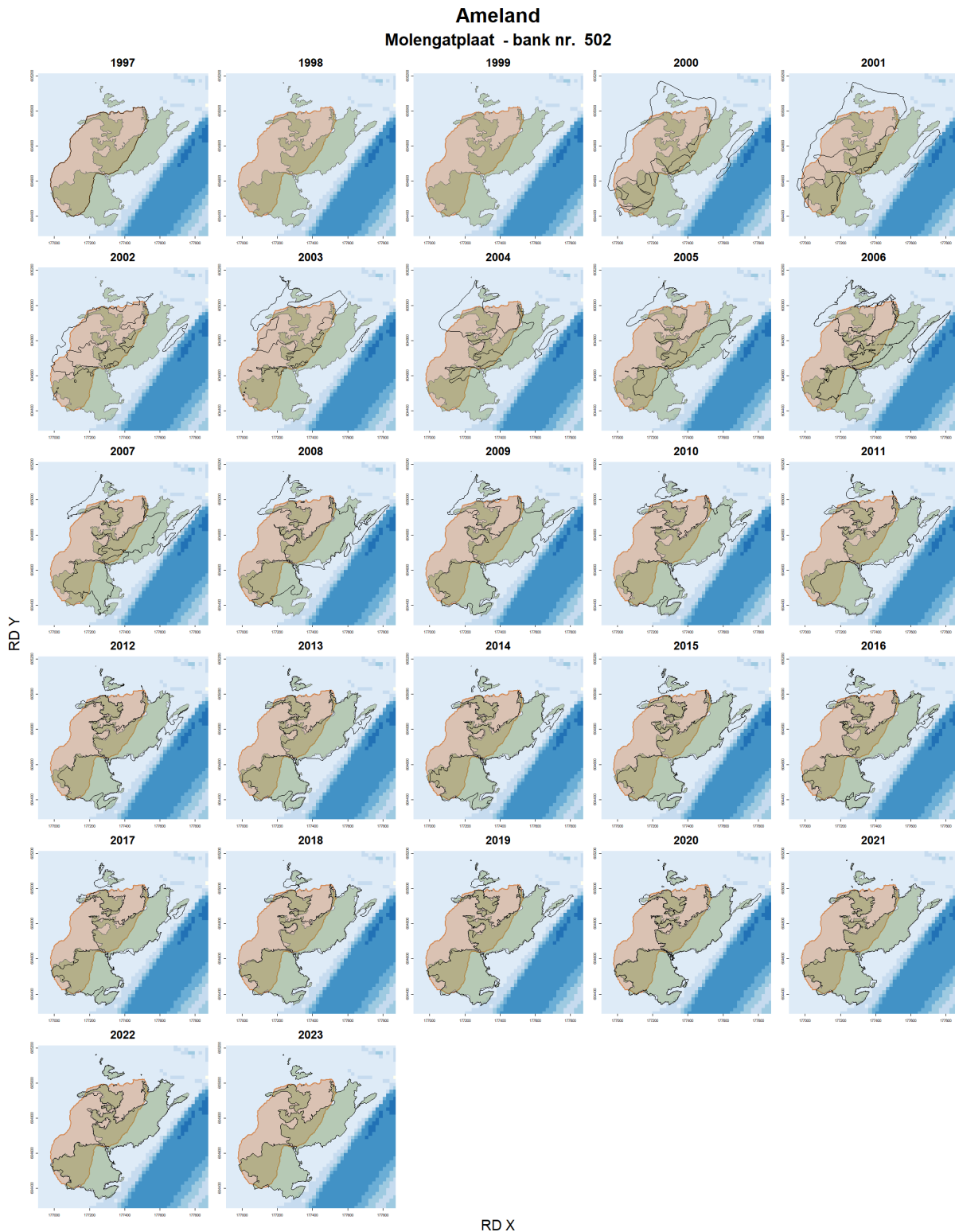
Akkoord Extern contactpersoon

functie: Beleidsmedewerker LVVN
naam: K. Jaarsma
datum: 7 februari 2025

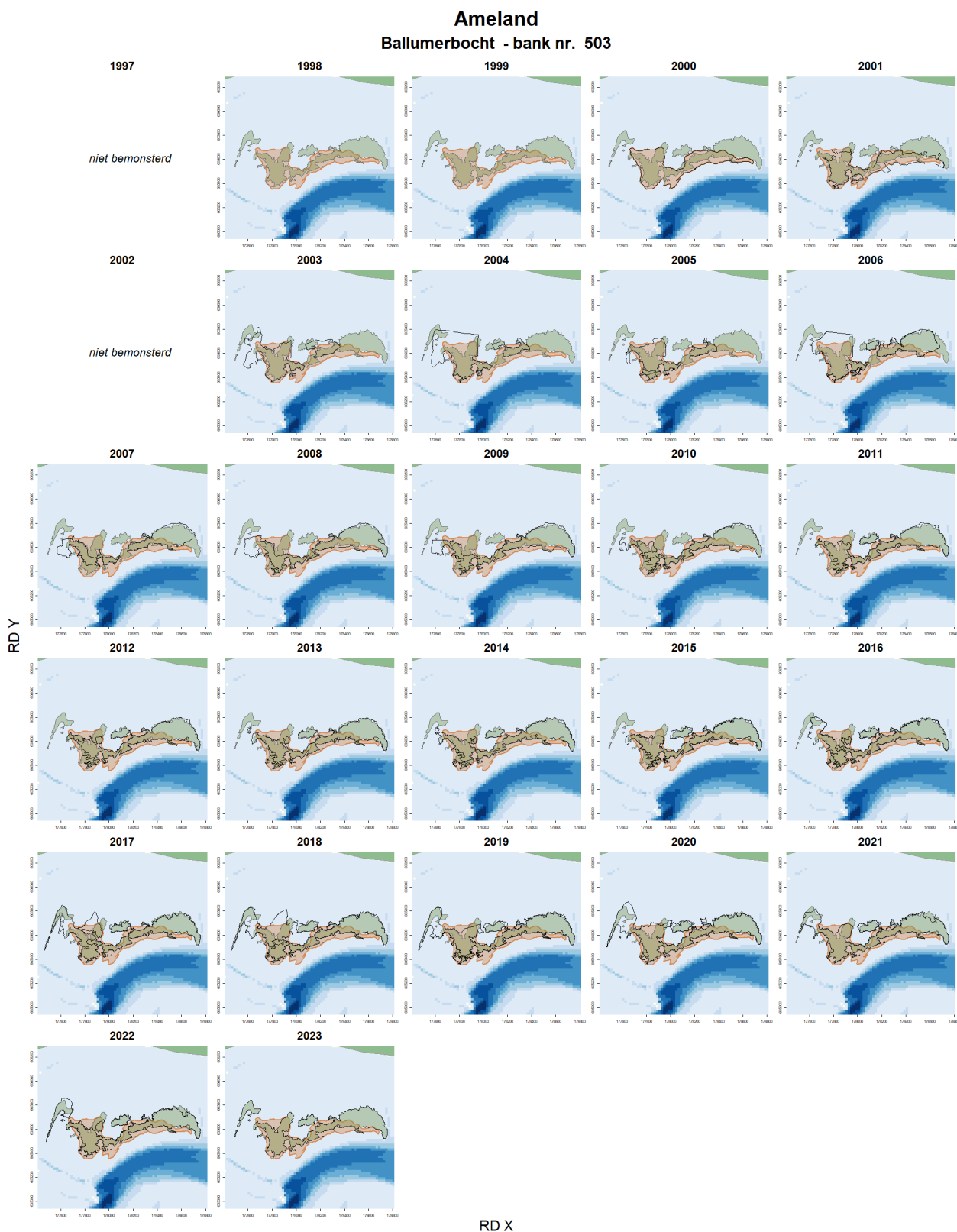
Akkoord Intern contactpersoon

naam: M.J. Baptist
datum: 13 februari 2025

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 2023 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald is in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.



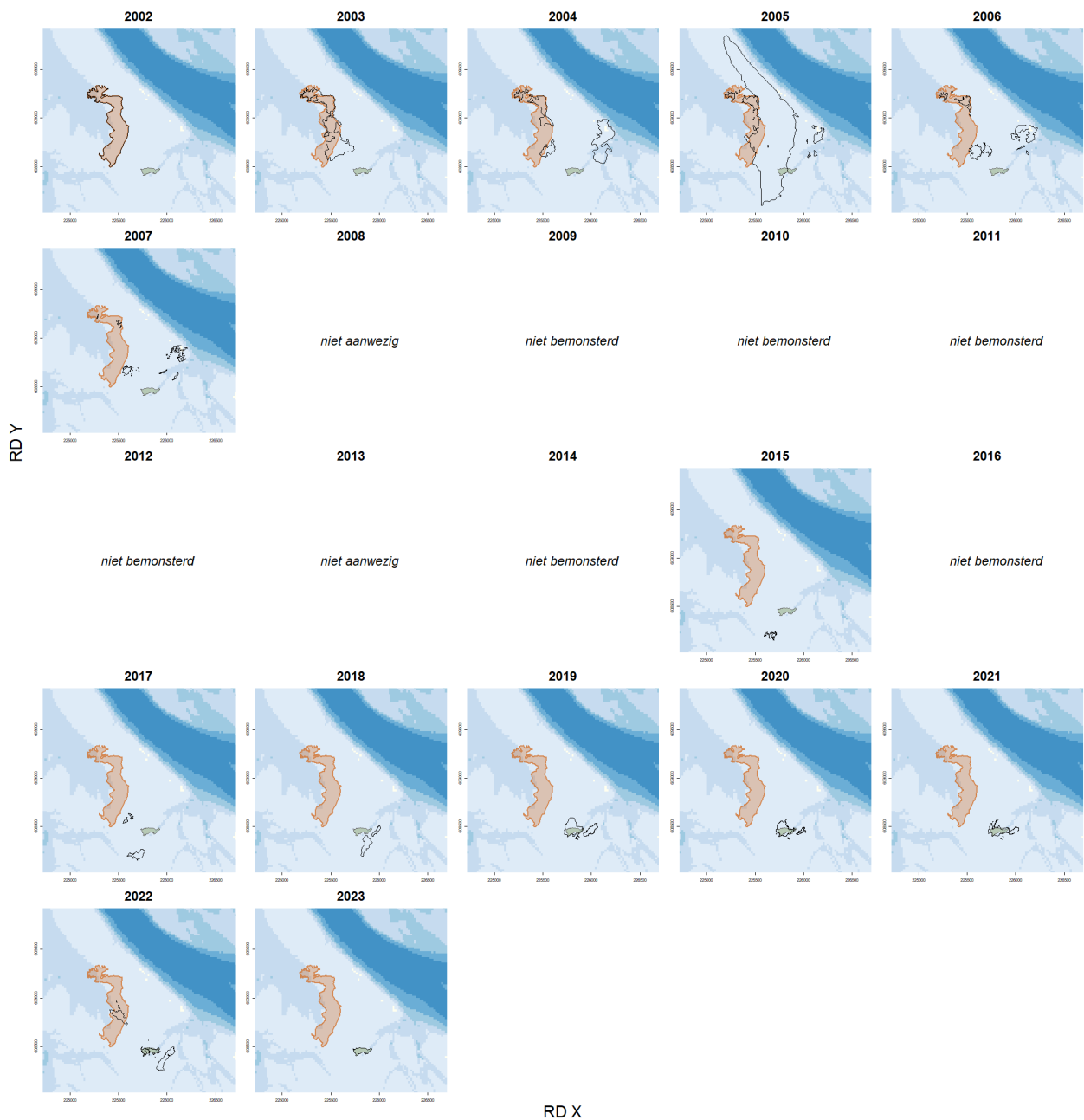
Figuur B1.2 De contouren voor mosselbank 503 (Ameland-Ballumerbocht) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2000) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald is in 2023 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald is in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Schiermonnikoog Brakzand - bank nr. 603C



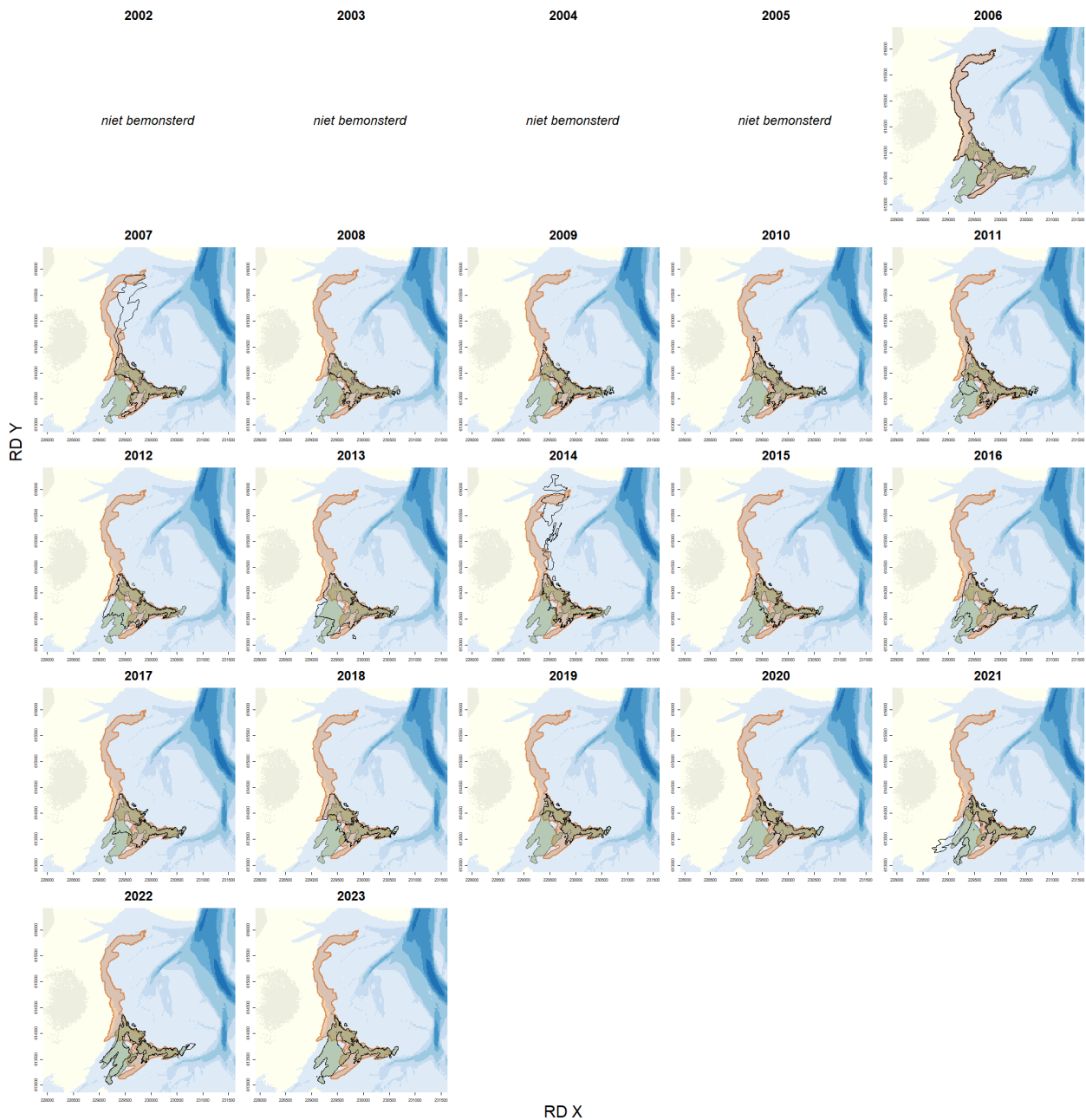
Figuur B1.3 De contouren voor mosselbank 603 (Schiermonnikoog-Brakzand) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (1997) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald is in 2023 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald is in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Schiermonnikoog Zuidoost Lauwers (Zuid) - bank nr. 607

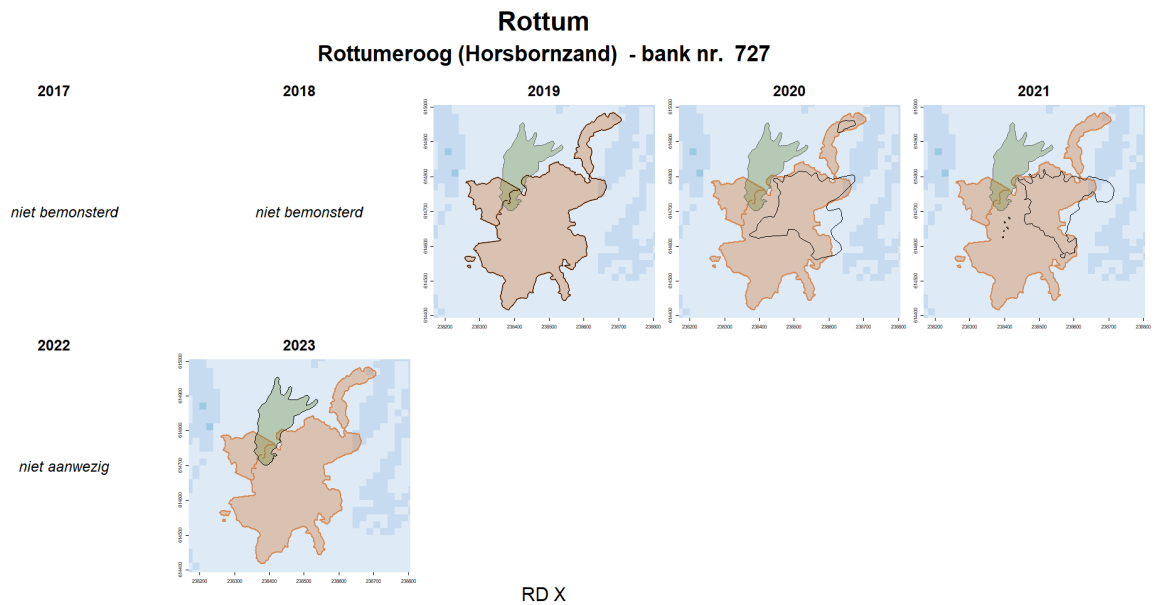


Figuur B1.4 De contouren voor mosselbank 607 (Zuid Oost Lauwers-Zuid) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2002) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2023 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Rottum Rottumerplaat - bank nr. 710

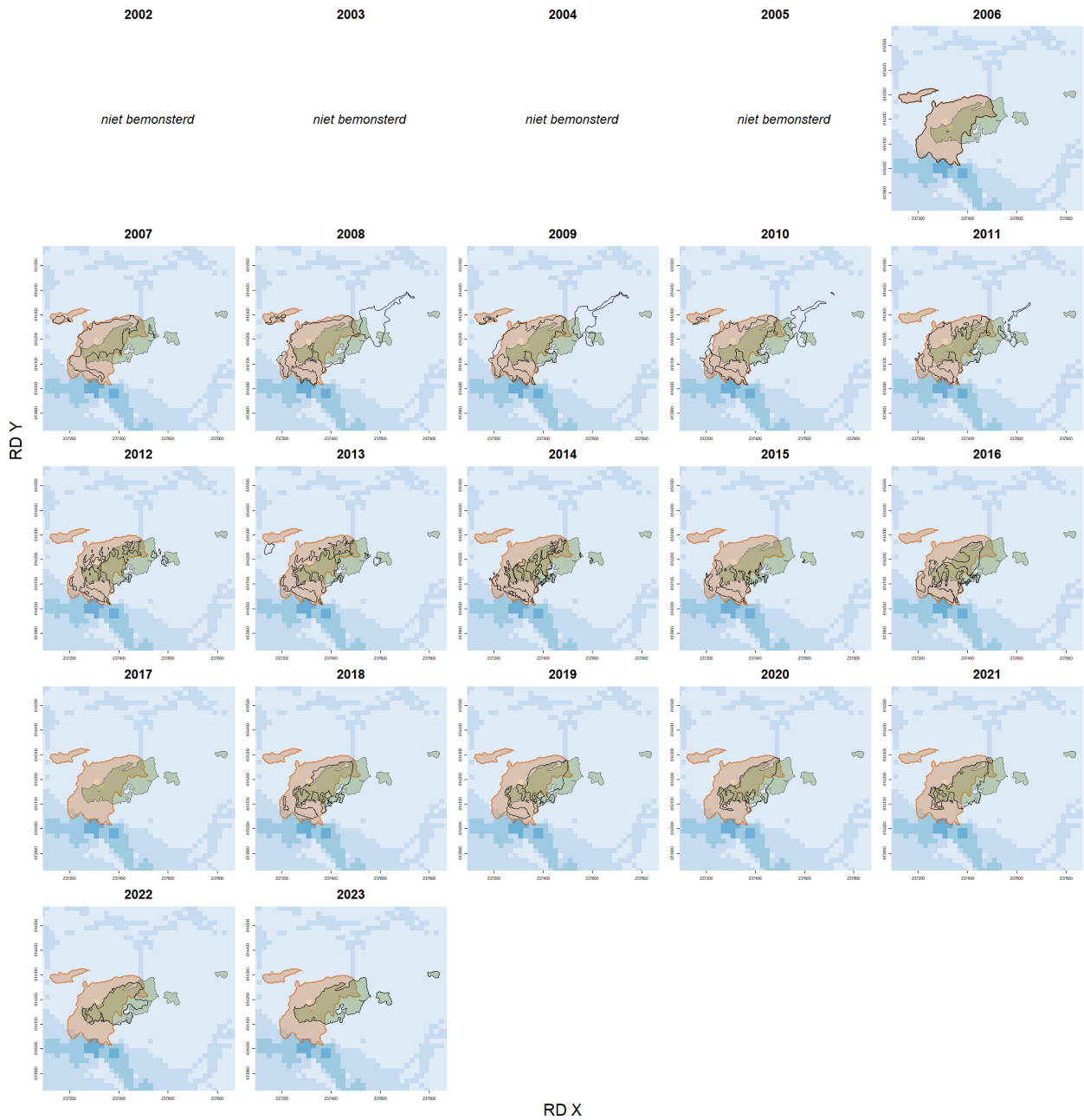


Figuur B1.5 De contouren voor mosselbank 710 (Rottumerplaat) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2006) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2023 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.



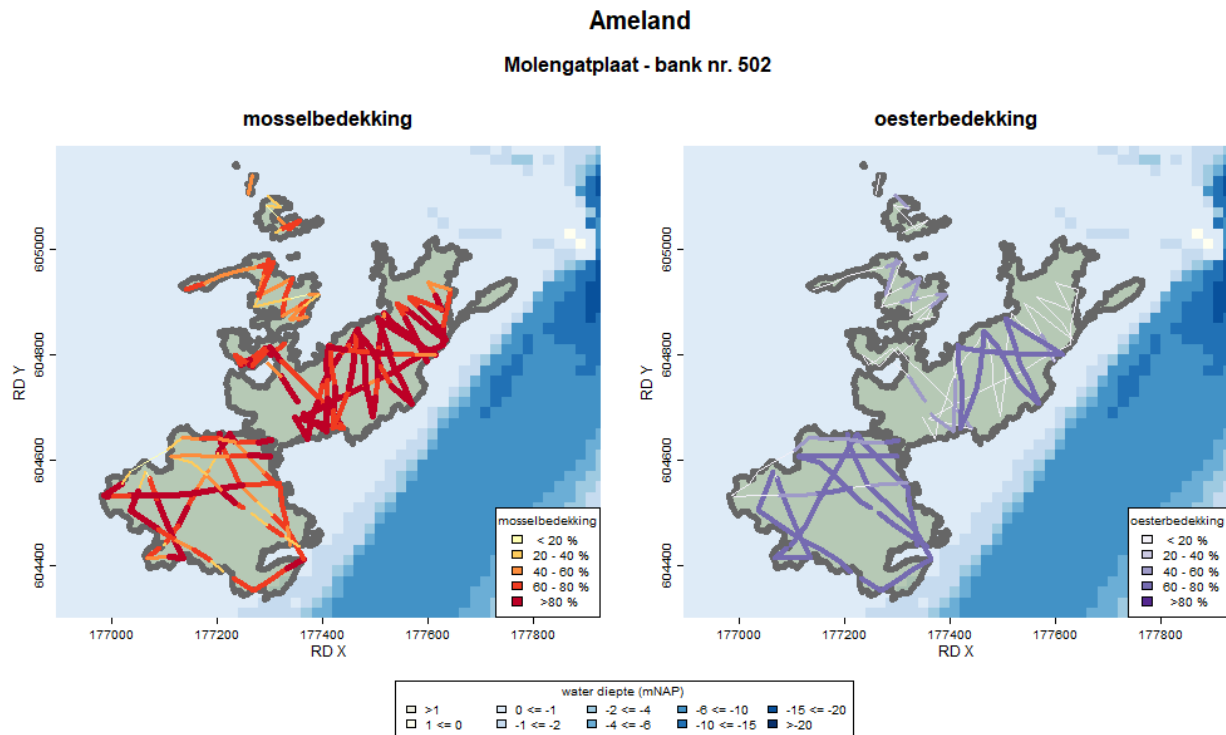
Figuur B1.6 De contouren voor mosselbank 727 (Rottumeroog-Horsbornzand) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2019) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2023 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Rottum Rottumeroog (Oost) - bank nr. 736

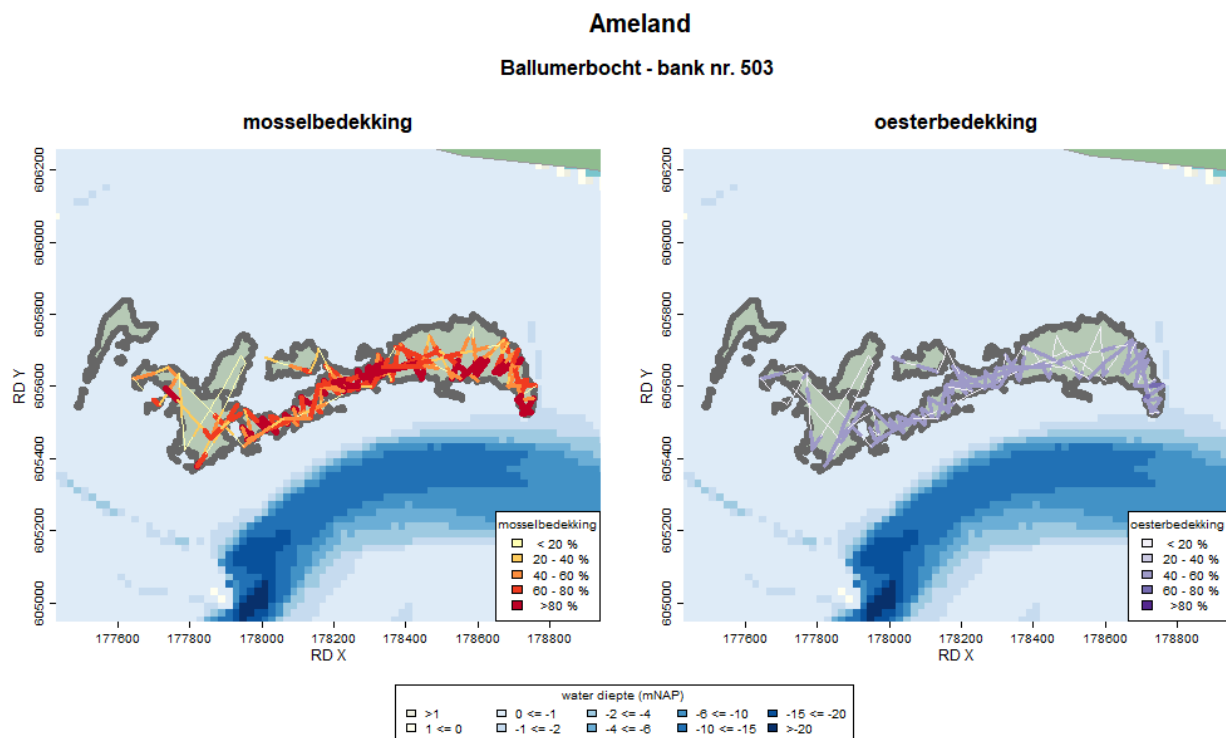


Figuur B1.7 De contouren voor mosselbank 736 (Rottumeroog-Oost) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2006) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2023 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

Bijlage 2 Kaarten bedekking

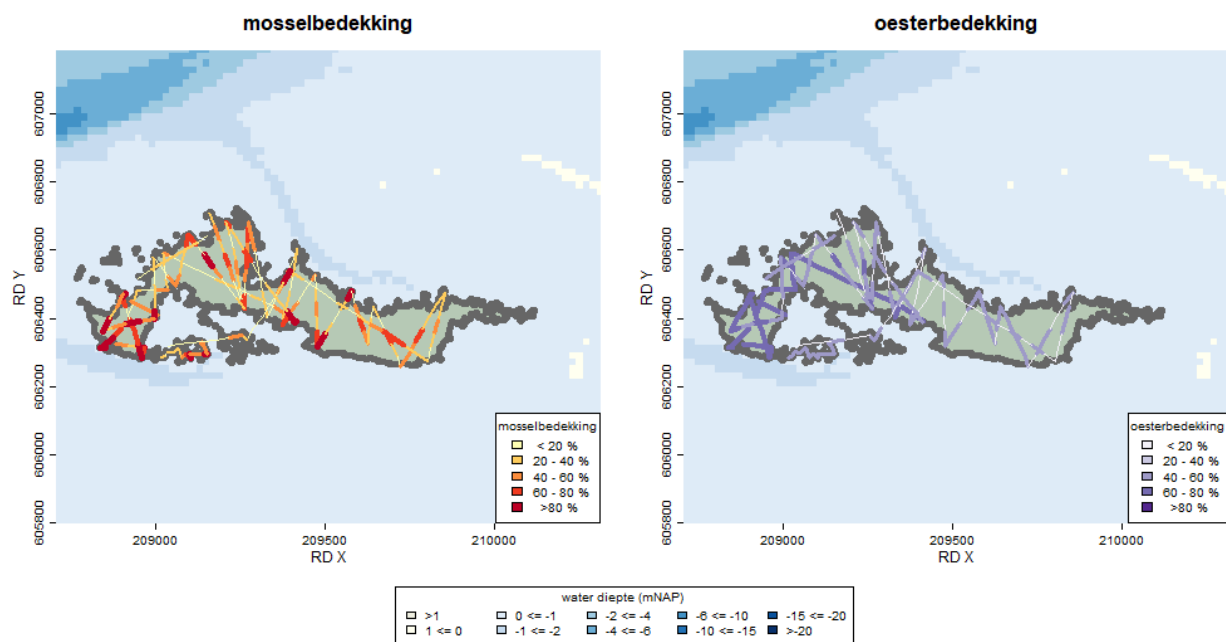


Figuur B2.1 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 502 in 2023.



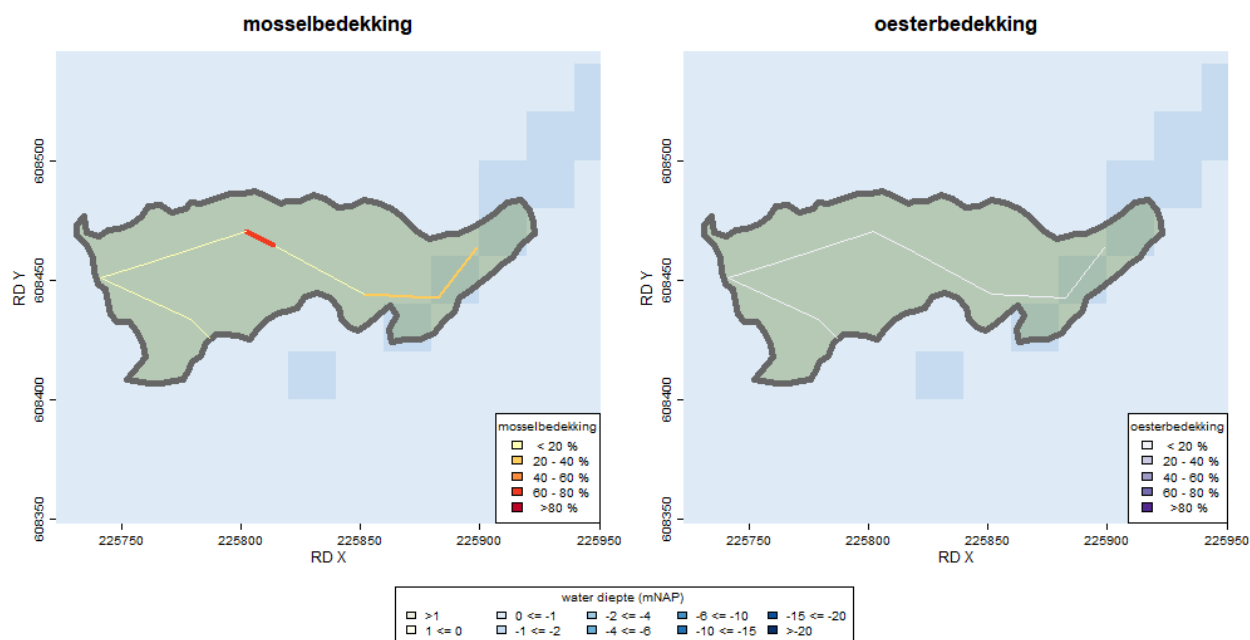
Figuur B2.2 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 503 in 2023.

Schiermonnikoog
Brakzand - bank nr. 603C

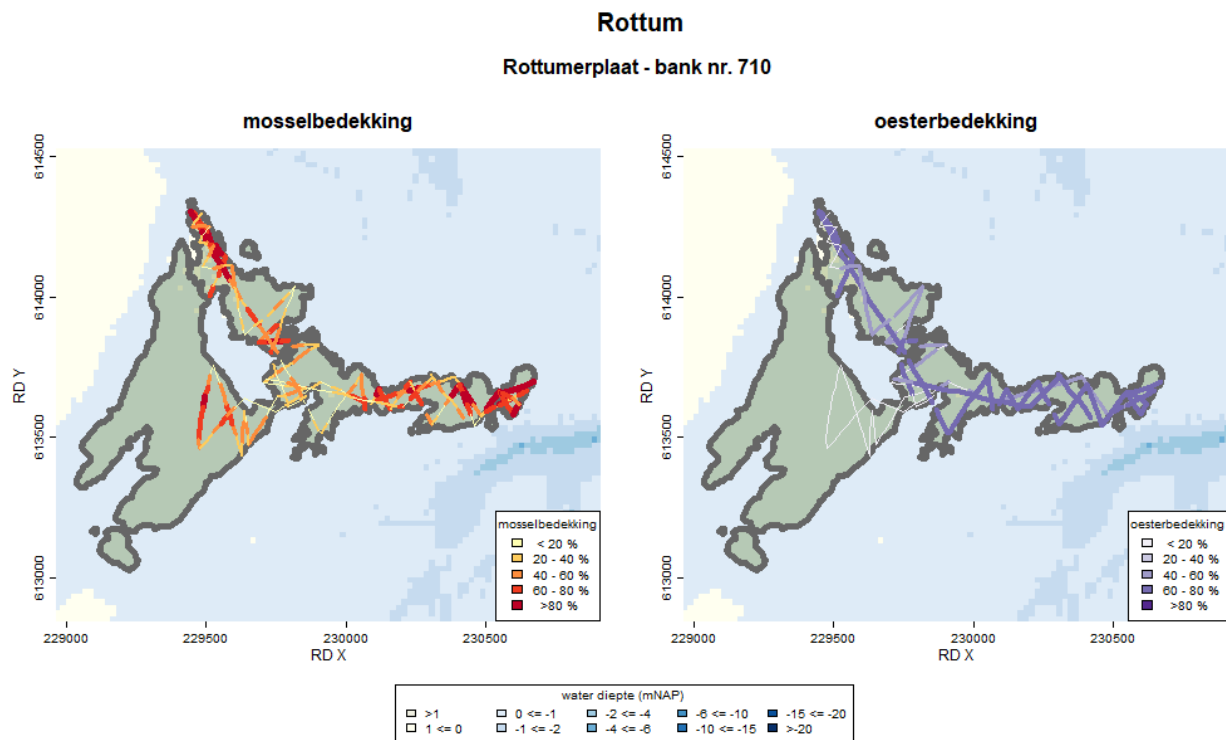


Figuur B2.3 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 603 in 2023.

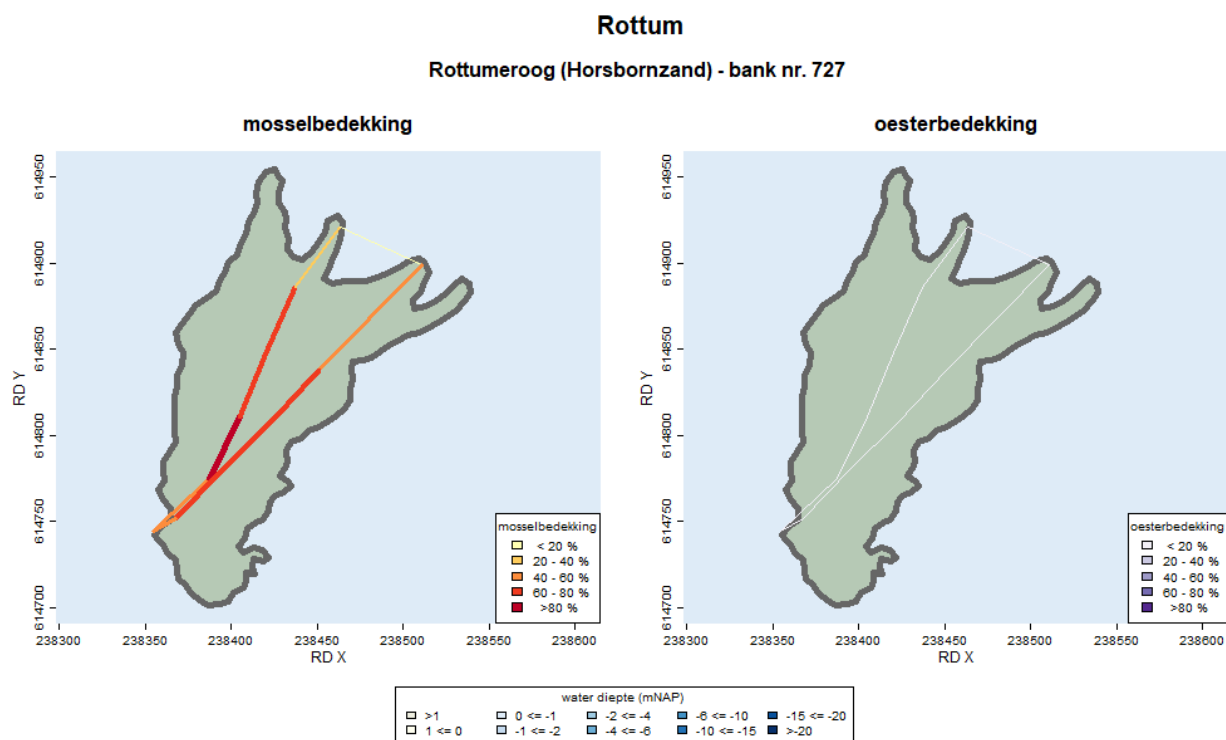
Schiermonnikoog
Zuidoost Lauwers (Zuid) - bank nr. 607



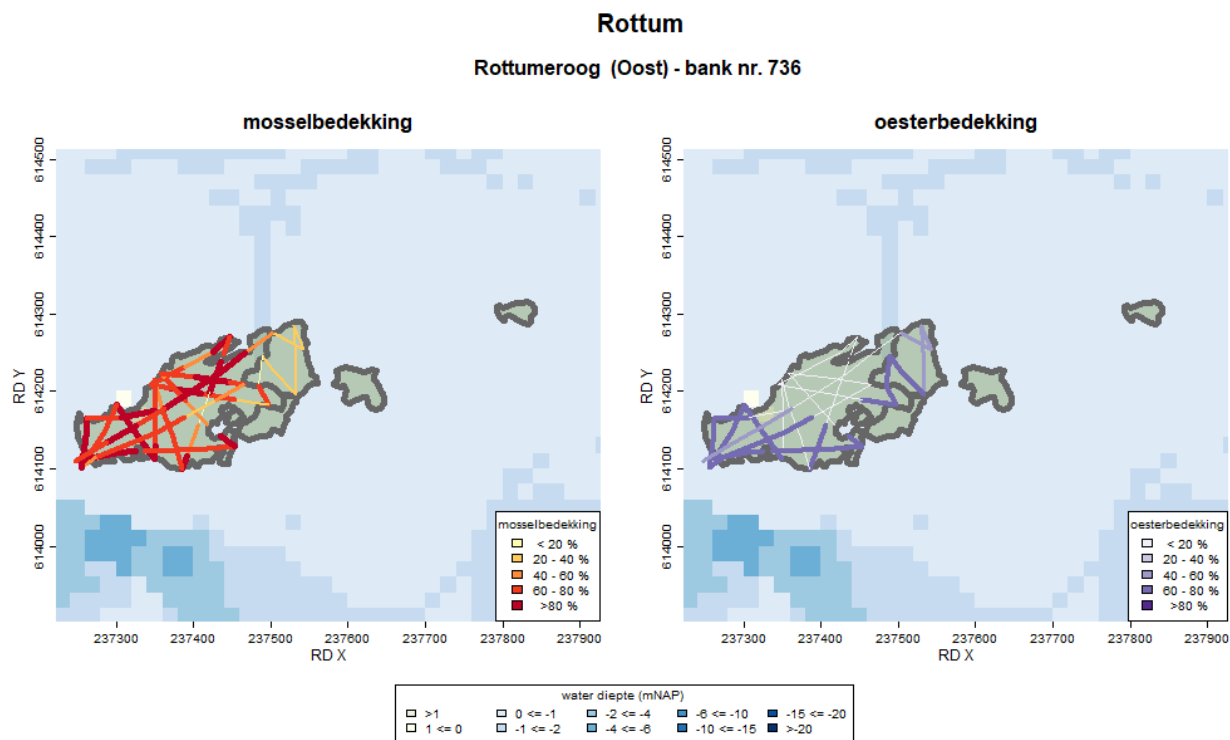
Figuur B2.4 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 607 in 2023.



Figuur B2.5 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 710 in 2023.

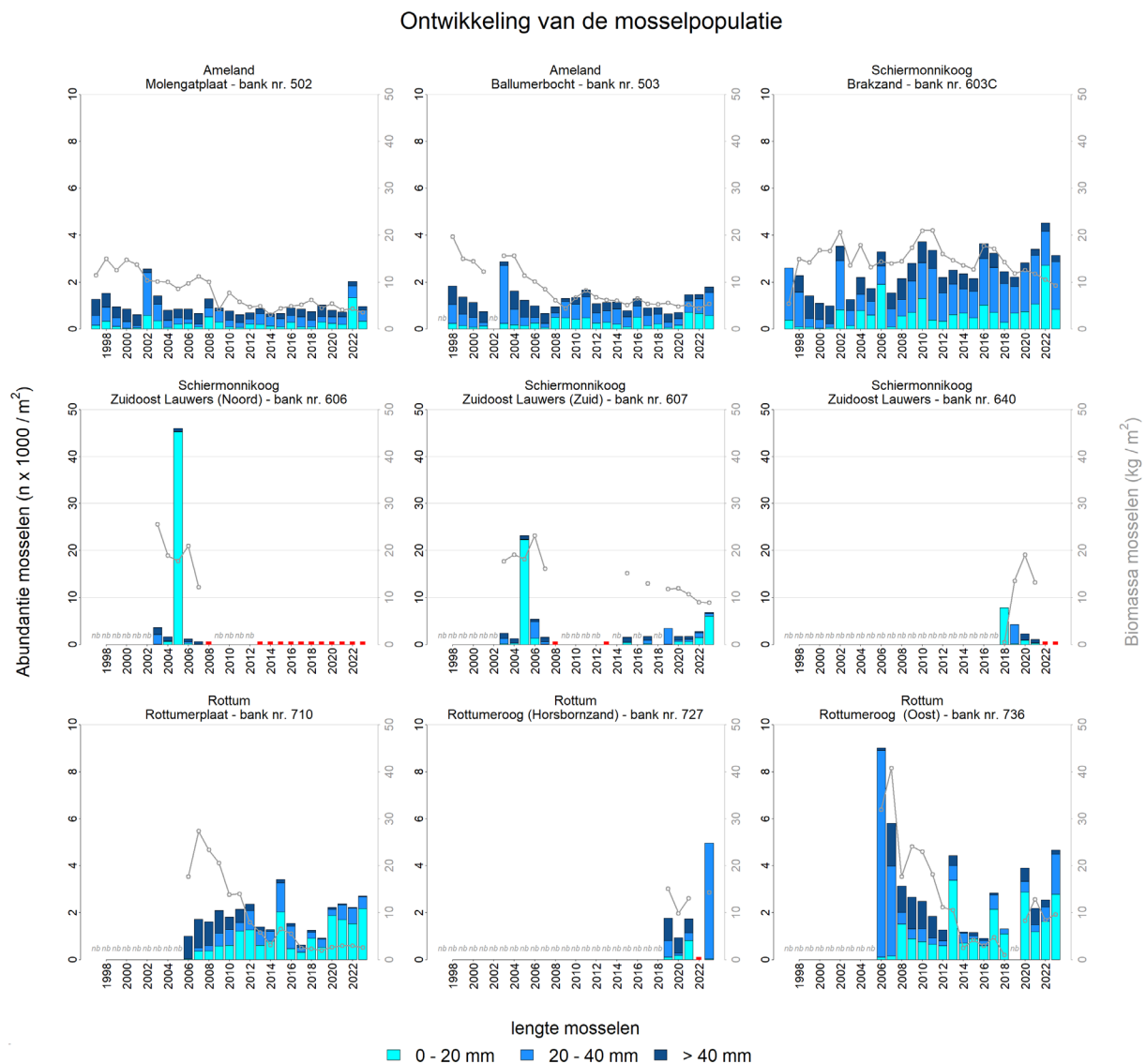


Figuur B2.6 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 727 in 2023.



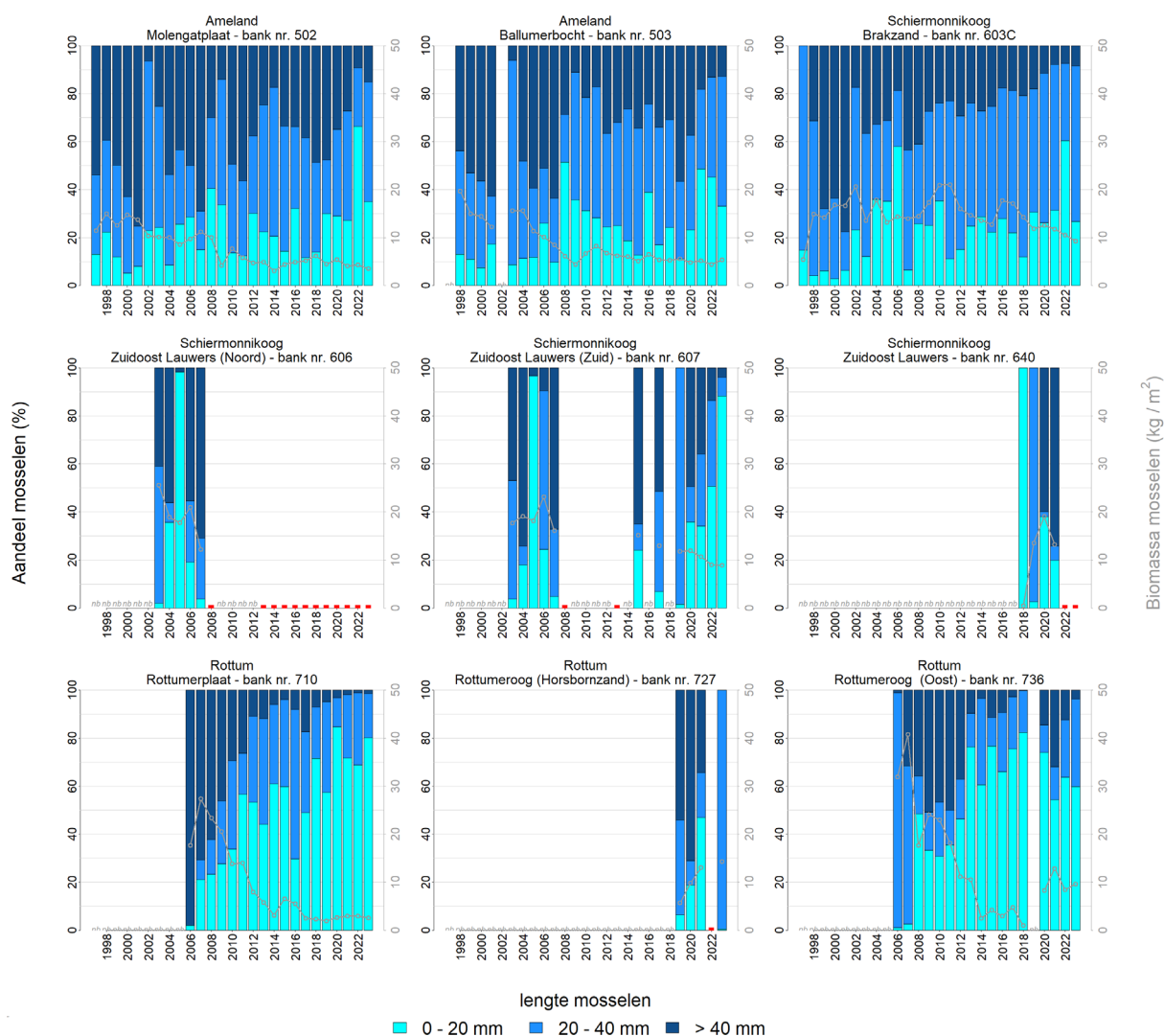
Figuur B2.7 Mossel- (links) en oesterbedekking (rechts) op de subraaien op mosselbank 736 in 2023.

Bijlage 3 Ontwikkeling mosselpopulatie



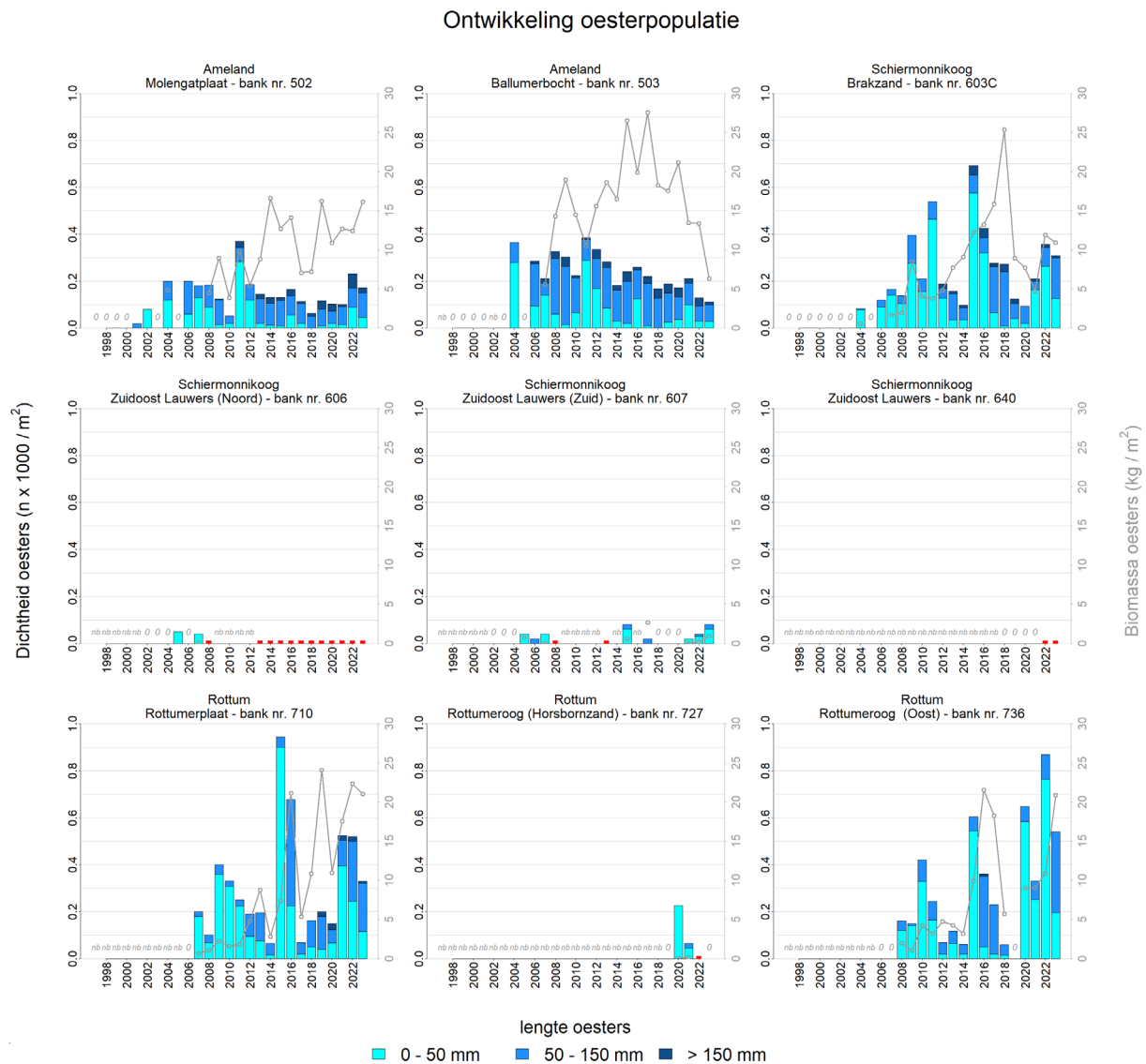
Figuur B3.1 Ontwikkeling van jaargemiddelde dichtheid ($n \times 1000/m^2$) en biomassa ($kg \text{ natgewicht}/m^2$) mosselen zoals aangetroffen in de monsters voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2023 (of tot wanneer ze bezocht zijn/aanwezig waren). De 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 B3.2 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 2023 (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 2023 (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 en wanneer geen oesters aangetroffen zijn in de monsters is dit met een '0' weergegeven.

Recent verschenen WOT-technical reports

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>
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>
262	Escaravage, V.L., M.J. Baptist, S. Wijnhoven (2024). <i>Indicatoren en maatlatten voor de beoordeling van structuur en functie van mariene habitattypen voor Natura 2000.</i>
263	Rooijen, N.M. van, S.M. Hennekens, M.E. Sanders, J. Holtland, G.W.W. Wamelink & W.A. Ozinga (2024). <i>Planten als indicatoren pH en GVG II; Een vergelijking van het ITERATIO- en Wamelink-indicatorsysteem voor pH en GVG vanuit ecologisch perspectief.</i>
264	Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, H.J.C. van Dooren, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, K. Oltmer, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, L. Schulte-Uebbing, G.L. Velthof en T.C. van der Zee (2024). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2022.</i>

265	Aalbers, C.B.E.M. (2024). <i>Verkenning historisch verstedelijkingsbeleid in Nederland en haar doorwerking op groen in lage-inkomenswijken.</i>
266	Glorius, S.T., A. Meijboom, C. Sonneveld en B van der Weide (2024). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 18 jaar na sluiting (situatie tot en met het jaar 2023).</i>
267	Cormont, A., J.M. Houtkamp, C. van Haren, P.J.F.M. Verweij en R. Pouwels (2024). <i>Methoden en technieken gebruikt bij de PBL-studie 'Verkenning van de lange termijn externe invloeden op landbouw en natuur in Nederland'; Inventarisatie van de omgevingsontwikkelingen.</i>
268	Sanders, M.E. en E. van Elburg (2024). <i>Voortgang natuurnetwerk en areaal beschermd natuurgebied; Technische achtergronden bij enkele indicatoren op het Compendium voor de Leefomgeving.</i>
269	Kuiters, A.T., R.J. Bijlsma, J.A.M. Janssen & A.M. Schmidt (2024). <i>Geactualiseerde gunstige referentiewaarden voor populatieomvang en verspreiding van soorten van Bijlage II van de Habitatrichtlijn.</i>
270	Bijlsma, R.J., E.J. Weeda, J.A.M. Janssen & L.B. Sparrius (2024). <i>Karakteristieke soorten flora en funga voor de beoordeling van structuur & functie van habitattypen Natura 2000.</i>
271	Nijssen, M.E., M. van Riel, R. van Grunsven, M. Wallis de Vries, R. Kleukers, R. Creemers & R.J. Bijlsma (2024). <i>Karakteristieke soorten kleine fauna voor de beoordeling van structuur & functie van habitattypen Natura 2000.</i>
272	Smits, M.J.W., A. Jellema, H. Chouchane, R. Michels, V.G.M. Linderhof (2024). <i>Verzilveren van circulaire strategieën ter halvering van voetafdrukken en verbetering van biodiversiteit; Kaderschetsend rapport.</i>
273	Assinck, F.B.T., F. Brouwer, W.J.M. de Groot en T.T.L. Harkema (2024). <i>Handboek voor veldbodembkundig onderzoek.</i>
274	Beltman, W.H.J., G.H. Aalderink (2024). <i>Fate of bromide, nicosulfuron and prosulfocarb in a system of watercourses; Field experiment near Brakel.</i>
275	Thouément, H., P.I. Adriaanse, W.H.J. Beltman (2025). <i>Sensitivity of water and sediment concentrations to pesticide parameters in a pond and a small stream simulated by the TOXSWA model.</i>

276	Vellekoop, S., L. Biersteker, L. Grabijn, B. de Knecht, H.D. Roelofsen, G.W.W. Wamelink (2025). <i>Model for Nature Policy 2024: Automatische validatie, modellering habitattypen, abiotische gebiedskwaliteit, abiotische knelpuntanalyse, nieuwe grenswaarden stikstof.</i>
277	Glorius, S.T., A. Meijboom en C. Sonneveld (2025). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; periode 1995 tot en met 2023.</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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 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.
