



Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee

Periode 1995 tot en met 2020

S.T. Glorius en A. Meijboom

WOT-technical report 212
WMR-rapport C102/21



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

**Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse
Waddenzee**

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

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. We zorgen voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werken 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 de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOt-technical report 212 is het resultaat van onderzoek gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee

Periode 1995 tot en met 2020

S.T. Glorius en A. Meijboom

1 Wageningen Marine Research

BAPS-projectnummer WOT-04-009-035.01

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2021

WOT-technical report 212

Wageningen Marine Research rapport C102/21

ISSN 2352-2739

DOI 10.18174/559518

Referaat

Glorius, S.T. & A. Meijboom (2021). *Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; Periode 1995 tot en met 2020*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 212/Wageningen Marine Research rapport C102/21. 72 blz.; 45 fig.; 2 tab.; 51 ref; 5 Bijlagen.

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 het al dan niet overleven van mosselbanken bepalen. Het onderzoek wordt uitgevoerd binnen het WOT-thema Informatievoorziening Natuur. Een groot deel van de hier bestudeerde banken blijkt zich te kunnen handhaven sinds de start van het onderzoek (1995). In zijn algemeenheid blijkt dat de mosselbanken na het jaar van ontstaan langzaam in oppervlakte, bedekkingspercentage en populatiedichtheid achteruitgaan en dat het aandeel lege schelpen, macroalgen en zeepokken toeneemt. De afname in oppervlakte en bedekking wordt af en toe tenietgedaan door een goede mosselbroedval, waarna het proces opnieuw begint. Zo ontstaat er een mosselbank met meerdere jaarklassen. 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.

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

Abstract

Glorius, S.T. & A. Meijboom (2021). Development of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea: Period 1995 to 2020. Wageningen, The Statutory Research Task Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOT-technical report 212/Wageningen Marine Research report C102/21. 72 p.; 45 Figs; 2 Tabs; 51 Refs; 5 Annexes.

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 such beds. The study is being carried out as part of the WOT theme Nature Information Infrastructure. A large proportion of the mussel beds have been able to maintain themselves since the beginning of the study (1995). After formation, new mussel beds gradually decline in area, coverage and population density, and the proportion of empty shells, macroalgae and barnacles increases. The decline in size and coverage is occasionally reversed by a good mussel spatfall, after which the process starts again. Japanese oysters have settled in all beds, leading to higher shellfish coverage and a decline in mussel biomass.

Keywords: intertidal mussel bed, littoral mussel bed, mussels, Japanese oysters, Wadden Sea

Foto omslag: S.T. Glorius

© 2021 **Marine Research**

Postbus 57, 1780 AB Den Helder

Tel: (0317) 487 620; 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.

WOT Natuur & Milieu is onderdeel van Wageningen University & Research.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/559518> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. De WOT Natuur & Milieu verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wettelijke Onderzoekstaken 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. Dit rapport beschrijft de situatie tot en met 2020. Aan de hand van de ontwikkelingen van de mosselbanken samen wordt een algemeen beeld geschetst van de ontwikkeling van mosselbanken over de jaren. Het project 'Ontwikkeling mosselbanken' wordt uitgevoerd in het kader van de wettelijke onderzoekstaken binnen het thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). De inventarisaties worden ingebracht in het Trilaterale Monitoring Programma, zoals dat internationaal is overeengekomen voor de Waddenzee (TMAP) en onder andere gebruikt wordt in rapportages over de toestand van de natuur in het Natura 2000-gebied Waddenzee. Dit onderzoek zou niet mogelijk zijn zonder de hulp en inzet van de bemanning van de schepen van de Waddenunit van het ministerie van LNV.

Sander Glorius

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
1.1 Droogvallende mosselbanken	13
1.1.1 Ecologisch belang mosselbanken	13
1.1.2 Introductie van de Japanse oesters	13
1.1.3 Aanwezigheid en ontwikkeling mosselbanken in het verleden	14
1.1.4 Huidige ontwikkeling mosselbanken	14
1.1.5 Bescherming en regelgeving voor mosselbanken	14
1.2 Het onderzoek	15
1.2.1 Doel	15
1.2.2 Aanpak	15
2 Methode	17
2.1 Locatie mosselbanken	17
2.2 Contour en het bankoppervlak	17
2.3 Schelpdierbedekking	18
2.3.1 Bedekkingsraaien	18
2.3.2 Score van de mosselbedekking langs de raaien	19
2.4 Lengte-frequentieverdeling en samenstelling	20
3 Resultaten	23
3.1 Ontwikkeling contouren en oppervlakte	23
3.2 Ontwikkeling mosselen en Japanse oesters	32
3.3 Ontwikkeling dood materiaal en overige fauna	36
4 Discussie en conclusie	41
5 Aanbevelingen	43
6 Kwaliteitsborging	45
Literatuur	47
Verantwoording	51
Bijlage 1 Bankcontouren per jaar	53
Bijlage 2 Kaart – mosselbedekking	59
Bijlage 3 Kaart – Japanse oesterbedekking	63
Bijlage 4 Ontwikkeling mosselpopulatie	67
Bijlage 5 Ontwikkeling Japanse oesterpopulatie	69

Samenvatting

Mosselbanken worden algemeen gezien als een belangrijk ecotoop binnen de Waddenzee. In het beheerplan van de Waddenzee voor de periode 2016-2022 (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) is opgenomen dat herstel van droogvallende mosselbanken en zeegrasvelden noodzakelijk is voor verbetering van de kwaliteit van habitattypen H1140 'droogvallende zandplaten'. In de loop van de jaren tachtig van de vorige eeuw nam het oppervlak van droogvallende mosselbank sterk af door strenge winters en visserij op mosselzaad (Dankers et al., 2004). Na het nagenoeg verdwijnen van de droogvallende mosselbanken eind jaren tachtig, werd begin jaren negentig van de vorige eeuw betwijfeld of mosselbanken wel meerdere jaren konden blijven bestaan. Daarom wordt binnen dit project sinds 1995 elk jaar een aantal mosselbanken op de droogvallende platen gekarteerd om zodoende de jaarlijkse veranderingen in locatie en bankomvang te kunnen documenteren. Om veranderingen beter te kunnen verklaren, wordt naast het karteren van ieder van de onderzochte mosselbanken ook informatie verzameld over de samenstelling van de bank. Zo worden onder andere bepaald het met mosselen en Japanse oesters bedekte oppervlak, de biomassa- en lengteverdeling van zowel mosselen als Japanse oesters en de aanwezigheid van andere organismen op de mosselbank. Hierdoor levert het project ook inzicht in de vestiging en verspreiding van de Japanse oester in de Waddenzee sinds 2000 en de consequentie(s) hiervan voor de mosselpopulaties.

In het voorjaar van 2020 werden de mosselbanken met de nummers 502 (gelegen bij Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland - Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog - Brakzand), 607 (Zuidoost Lauwers - Zuid) en 640 (Schiermonnikoog - ZOL) bemonsterd. In het najaar werden de mosselbanken met de nummers 710 (Rottumerplaat), 727 (Rottumeroog - Horsbornzand) en 736 (Rottumeroog-Oost) bemonsterd. Mosselbank 727 werd in 2018 voor het eerst waargenomen en in 2019 voor het eerst bemonsterd. 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 2020.

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van wettelijke onderzoekstaken thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Een groot deel van de hier onderzochte banken (de banknummers 502, 503, 603, 710 en 736) blijkt erg stabiel te zijn. Ze hebben zich, door o.a. periodiek terugkomende mosselbroedvallen, sinds de start van het onderzoek in 1995 kunnen handhaven en zijn reeds tussen de 15 en 26 jaar aanwezig op min of meer dezelfde plek. Ook de randen van de mosselbanken blijken voor een groot deel opvallend stabiel te zijn. Er blijken echter ook meer dynamische bankdelen te zijn die zich uitbreiden door verschuivingen van bankdelen na storm(en) en/of na een goede zaadval en weer uiteenvallen na sterfte of wegspoeling.

Langjarige bankoverleving is niet vanzelfsprekend. Zo is de afgelopen periode een aantal banken opgenomen in dit onderzoek (de banknummers 101, 606, 703, 726, 734 en 735) geheel of nagenoeg verdwenen nadat deze 5 tot 10 jaar aanwezig zijn geweest. Uit de metingen die in 2020 zijn verricht, blijkt dat de in 2018 nieuwgevormde mosselbanken 607, 640 en 727 de eerste twee jaar zijn doorgekomen. Wel nam het bankareaal (vooral voor de banken 640 en 727) af en nam de abundantie af en de biomassa toe door groei van individuele mosselen. Omdat vooral de overleving in de eerste vijf jaar onzeker is, is het van belang voor de onderzoeksvraag om de ontwikkeling van deze recentelijk gevormde banken de komende jaren te blijven volgen. Japanse oesters worden inmiddels op veel van de hier onderzochte mosselbanken aangetroffen. De vestiging van de Japanse oester heeft grote invloed gehad op de mosselpopulatie. Qua aantallen zijn mosselen nog altijd in de meerderheid, maar qua biomassa is dit voor bijvoorbeeld 502 en 503 al jaren niet meer zo. Hoewel het effect van Japanse oesters op de mosselbiomassa duidelijker is geworden, is niet bekend of er zich een evenwicht heeft ingesteld tussen beide soorten op banken en wat bepalend is voor de uiteindelijke biomassa van mosselen en oesters die op banken aangetroffen wordt en die behoorlijk kan verschillen.

tussen banken. Hiernaast zijn effecten van Japanse oester op andere flora en fauna en abiotische kenmerken in en rond de banken niet goed bekend.

Zoals ook in de eerdere tussenrapportages (in o.a. Glorius et al., 2020) is geconcludeerd, gaan de mosselbanken in het algemeen (wanneer ze hun eerste jaren goed doorkomen) na het jaar van ontstaan langzaam in oppervlak, bedekkingspercentage, mosseldichtheid en -biomassa achteruit. Op de mosselbanken neemt dan het percentage lege schelpen, macroalgen, zeepokken en restgewicht toe in verhouding tot de levende mosselen. De afname in oppervlakte en bedekking wordt af en toe onderbroken door een goede broedval, waarna het proces opnieuw begint. Over de jaren ontstaat dus geleidelijk een mosselbank met meerdere jaarklassen en met een gevarieerde levensgemeenschap.

Ondanks de overeenkomsten in algemene ontwikkeling, zijn er grote verschillen te zien in de ontwikkeling tussen individuele mosselbanken binnen een jaar. Deze verschillen kunnen 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).

Summary

Mussel beds are generally regarded as an important ecotope in the Wadden Sea. In the management plan for the Wadden Sea for the period 2016–2022, the Ministry of Infrastructure and Environment (2016) stresses the need for a recovery in the areal coverage of littoral mussel beds in order to improve the quality targets set for habitat type H1140. After the disappearance of the littoral mussel beds in the 1990s, it was doubted by some whether mussel beds can continue to exist for several years. The present project comprises the mapping of a number of individual mussel beds to document their current location and size and the changes in these parameters over the years. In addition to these basic assessments, we have also collected data on the characteristics of the mussel beds that were being surveyed, including the coverage of mussels and oysters within the bed, the size and weight of the mussels and oysters, and the presence of other organisms. This research is conducted within the framework of the statutory research tasks theme Nature Information Infrastructure and is coordinated by the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality.

In the spring of 2020, the following mussel beds were visited and mapped: 502 (Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog), 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid) and 640 (Schiermonnikoog – Zuidoost Lauwers). In autumn 2020, mussel beds 710 (Rottumerplaat), 727 (Rottumeroog – Horsbornzand) and 736 (Rottumeroog-Oost) were recorded. Mussel bed 727 was first found in 2018 and sampled for the first time in 2019. Based on changes in the individual mussel beds a general picture was formed of the development of mussel beds over the years to 2020.

The results show that most mussel beds included in this project are very stable structures (beds 502, 503, 603, 710 and 736). These beds are periodically replenished by mussel spatfall and have been present for 15 to 26 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. Long-term mussel bed survival is far from certain. Several mussel beds (101, 606, 703, 726, 734 and 735) have entirely or largely disappeared in recent years after being present for several years (5–10). The mussel beds that were newly formed in 2018 and that are being monitored in this project (beds 607, 640 and 727) were still present in 2020, although the area of the beds had decreased (particularly beds 640 and 727). Mussel abundance had also decreased in these beds, but the biomass of the mussels increased due to individual growth of the remaining mussels. Because mussel bed survival is low in the first five years, it is informative for the purposes of the research to see how these beds develop in the coming years.

Japanese oysters are now present in most of the investigated beds and have a big influence on the mussel population. Numerically, mussels are still the dominant shellfish species in all beds, but for several years oysters have not been the dominant shellfish biomass in beds 502 and 503. Although the effect of Japanese oysters on mussel biomass has become clearer, it is still not known if a balance has been reached between the two species in the beds and what determines the eventual biomass of mussels and oysters, which can differ substantially between beds. In addition, little is known about the effects of Japanese oyster settlement on other flora and fauna and on abiotic characteristics in and around the beds.

As described in previous reports (e.g. Glorius et al., 2020), in general, a year after a mussel bed arises, it starts to gradually decrease in size, coverage and mussel density and biomass. This means that the coverage of empty shells, macroalgae, barnacles and other biomass increases relative to that of the living mussels. This decline in size and coverage is occasionally interrupted by new mussel spat deposition, after which the process starts again. Over the years, the mussel bed gradually develops into a diverse community with multiple year classes. Despite the similarities in this general pattern of development, individual mussel beds can show major differences in development in any one year.

These differences may result from the characteristics of the location (e.g. exposure to gales and predators) or of the mussel bed itself (e.g. resistance to gales and predation).

1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op het ecologische belang van droogvallende mosselbanken en de aanwezige bankarealen in de Nederlandse Waddenzee. Hiernaast worden het doel en de aanpak van het onderzoek beschreven.

1.1 Droogvallende mosselbanken

1.1.1 Ecologisch belang mosselbanken

Mosselbanken, gevormd door de mossel *Mytilus edulis*, vormen een belangrijk landschappelijk element in de Waddenzee. De mosselbulten van een droogvallende mosselbank kunnen meer dan een meter hoog worden en zijn in het verder vlakke landschap al van verre te zien. Tussen de mosselbulten ontstaan plassen en prieltjes, 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 storm van een mosselbank zijn verdwenen, blijven de ontstane structuren als kleibulten en schelpplagen 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 het water en leggen dat vast (Prins et al., 1998). Hiermee verhogen zij de lokale productie (Asmus & Asmus, 1991; Dame et al., 1991; Petersen et al., 2012). 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). 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 '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 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 Zwartz (1991) 25% van alle wadvogels op de mosselbanken, die toen 3% van het droogvallende wad innamen. Ook Ens & Alting (1996) vonden een positieve correlatie tussen vogeldichtheden en mosselbanken.

1.1.2 Introductie van de Japanse oesters

Japanse oesters (*Magallana gigas*) zijn in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw op diverse locaties langs de Europese kust uitgezet voor aquacultuurdoeleinden (Troost, 2009). Er werd geloofd dat de oester niet in staat waren zich voort te planten als gevolg van de koude watertemperaturen (Troost, 2009). Dit bleek niet juist en al snel bleek dat Japanse oesters wel 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 Platte oester (*Ostrea edulis*). In 1975 werd oesterzaad gevonden op mosselen en droogvallende mosselbanken (Drinkwaard, 1999). In de Nederlandse Waddenzee zijn Japanse oesters voor het eerst aangetroffen in 1983 (Troost, 2009; Bruins, 1983). In de jaren hierna zijn ze ook in de rest van de Nederlandse, maar ook in de Duitse en Deense Waddenzee aangetroffen (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).

Na enkele weken in de waterkolom aanwezig te zijn als larven, vestigen Japanse oesters zich op hard substraat. De mosselen aanwezig in banken in de Waddenzee vormen hiermee een goede habitat voor oesters. 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., 2021 en eerdere rapportages). Hoewel gevreesd werd dat mosselbanken mogelijk in hun geheel verdwijnen door vestiging van de Japanse oester, is hier geen sprake van.

1.1.3 Aanwezigheid en ontwikkeling mosselbanken in het verleden

Droogvallende mosselbanken kwamen in het verleden naar alle waarschijnlijkheid veel in de Waddenzee voor. De banken kenmerken zich door een grote mate van plaatsvastheid, waardoor duidelijke 'mosselgebieden' aan te wijzen zijn (Dankers et al., 2003, 2006; Dankers & Fey, 2015). De eerste kwantitatieve schatting – gebaseerd op luchtfoto-interpretatie – van de volledige Waddenzee werd gemaakt door Dijkema et al. (1989). Zijn kaart, gebaseerd op de situatie eind jaren zeventig, geeft een 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).

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

1.1.4 Huidige ontwikkeling mosselbanken

Jaarlijks wordt in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), binnen de wettelijke onderzoekstaken op het gebied van visserij, door Wageningen Marine Research het totale areaal aan droogvallende mossel- en oesterbanken geschat alsmede de totale biomassa in deze banken (Troost et al., 2021). Uit deze inventarisatie is gebleken dat er in het voorjaar van 2020 een areaal van 1322 ha aan mosselbanken, 1057 ha aan gemengde mossel-/oesterbanken en 212 ha aan (pure) oesterbanken aanwezig was (Troost et al., 2021; p.31). Het areaal aan mosselbanken (puur en gemengd met Japanse oesters) komt hiermee op 2379 ha. Het mosselbankareaal is hiermee met ongeveer 14% afgenomen t.o.v. het jaar 2019, maar ligt nog wel hoger dan in de periode 2008 tot en met 2017, toen arealen schommelden rond de 2000 ha. Anders dan in 2019, toen er veel mosselzaadbanken zijn aangetroffen, zijn er in 2020 geen mosselzaadbanken aangetroffen.

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 waarvoor schelpdieren een belangrijke voedselbron vormen, zoals scholeksters. Mosselen en mosselbanken zijn hiermee wettelijk beschermd als belangrijke componenten in het ecosysteem.

In het beheerplan van de Waddenzee voor de periode 2016-2022 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) 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 voor mosselbanken te bereiken, zijn gebieden gesloten voor mosselzaadvissers, zoals het referentiegebied Rottum bijvoorbeeld, en wordt mosselzaadvissers op de overige wadplaten slechts toegestaan op jonge en instabiele mosselbanken onder zeer strikte

voorwaarden, waaronder de aanwezigheid van minimaal 2000 ha meerjarige litorale mosselbanken (LNV, 2004). Na 1994 is er alleen in 2001 nog op enkele mosselbanken op het droogvallende wad gevist en dat betrof onderzoek.

1.2 Het onderzoek

1.2.1 Doel

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

De volgende onderzoeksvraag wordt gesteld:

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

Het project 'Ontwikkeling mosselbanken' werd de eerste jaren (1995 tot en met 2006) uitgevoerd in opdracht van de LNV Directie Wetenschap en Kennisoverdracht (DWK), maar vanaf 2006 wordt het uitgevoerd in het kader van wettelijke onderzoekstaken thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door LNV (voorheen Ministerie van Economische zaken). 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 locatie en omvang op dat moment vast te stellen alsmede jaarlijkse veranderingen hierin te kunnen documenteren. Om geobserveerde veranderingen beter te kunnen verklaren, wordt naast het karteren van ieder van de onderzochte mosselbanken ook informatie verzameld over de samenstelling van de bank. Zo wordt o.a. bepaald:

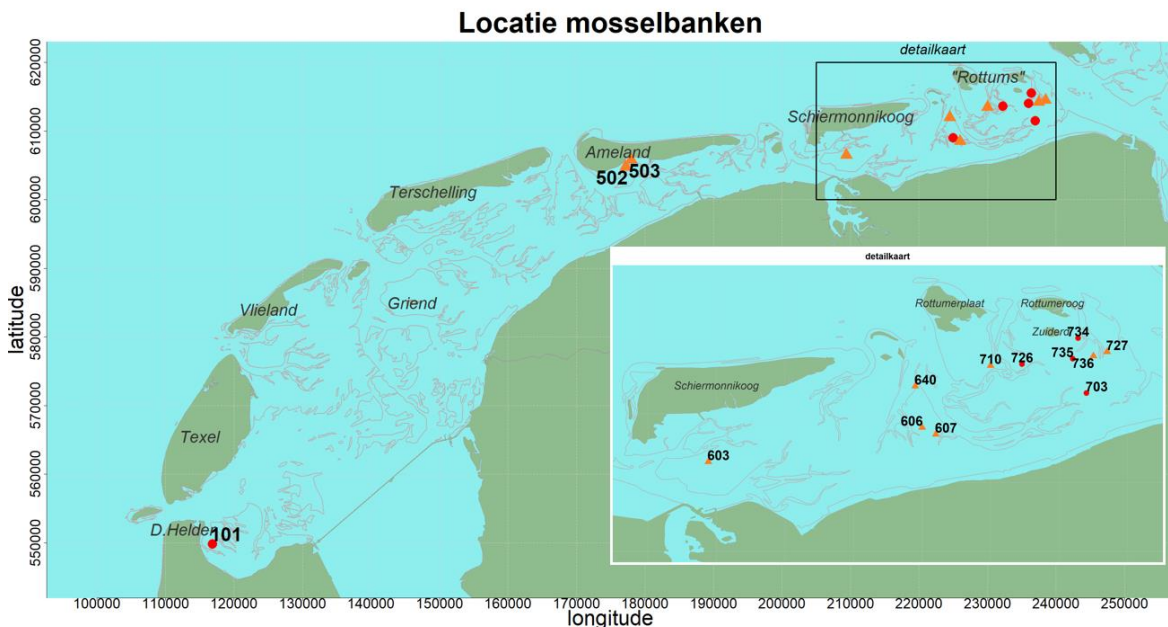
- het met mosselen en Japanse oesters bedekte oppervlak;
- biomassa- en lengteverdeling van mosselen en Japanse oesters;
- de aanwezigheid van overige bodemfauna, zoals wieren, krabben en overige schelpdieren.

Binnen dit project wordt een aantal mosselbanken, gelegen in de oostelijke Waddenzee, gevolgd. In 2020 zijn acht banken bezocht. In het voorjaar zijn vijf banken bezocht waarvan er drie sinds de jaren negentig gevolgd worden, een sinds het jaar 2002 en een die voor het eerst bezocht is in 2018. In het najaar zijn drie banken bezocht die zich op wadplaten bevinden, gelegen onder de 'Rottums' (de eilandengroep Rottumerplaat, Rottumeroog en Zuiderduintjes). Twee van deze banken worden sinds 2006 gevolgd en een bank is in 2018 nieuw ontstaan en in 2019 voor het eerst opgenomen in het monitoringsprogramma. De bemonstering van deze banken wordt gecombineerd met het veldwerk dat uitgevoerd wordt in de geulen van het referentiegebied Rottum, dat in het najaar plaatsvindt. Deze banken kunnen daarom al te maken gehad hebben met broedval uit hetzelfde jaar.

2 Methode

2.1 Locatie mosselbanken

In Figuur 2.1 worden de mosselbanken weergegeven die in het kader van dit onderzoek (in het jaar 2020 en daarvoor) onderzocht werden. In april/mei 2020 werden de mosselbanken 502, 503, 603, 606, 607 en 640 (ontstaan in 2018) onderzocht. In oktober 2019 werden de mosselbanken 710, 727 en 736 onderzocht in het kader van het project TMAP-Rottum. 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 waren verdwenen.

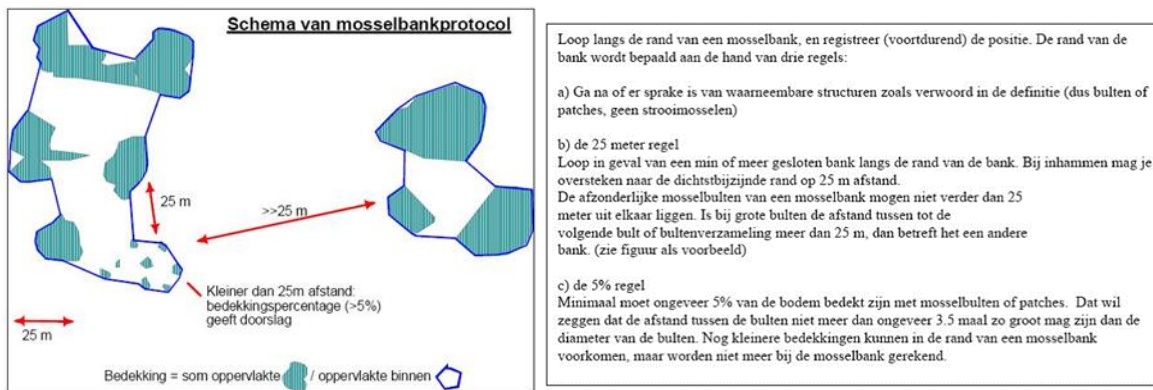


Figuur 2.1 Locatie en nummeraanduiding van de mosselbanken die in het kader van dit project in het jaar 2020 (oranje driehoekjes) of in de jaren ervoor (rode stippen) bezocht werden.

2.2 Contour en het bankoppervlak

De buitenste contouren van de mosselbank worden volgens het TMAP-protocol (Brinkman et al., 2003), zie Figuur 2.2, in kaart gebracht. Hiervoor wordt met een gps in de hand langs de rand van de bank om de bank heen gelopen, waarbij de gelopen track wordt opgeslagen in gps-files. Er is gebruikgemaakt van Garmin-gps; 76, map76cx of 78. Alleen wanneer de bodem voor > 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 verschillende 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 wordt bekeken door de contouren van verschillende jaren van dezelfde bank in één figuur weer te geven.



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

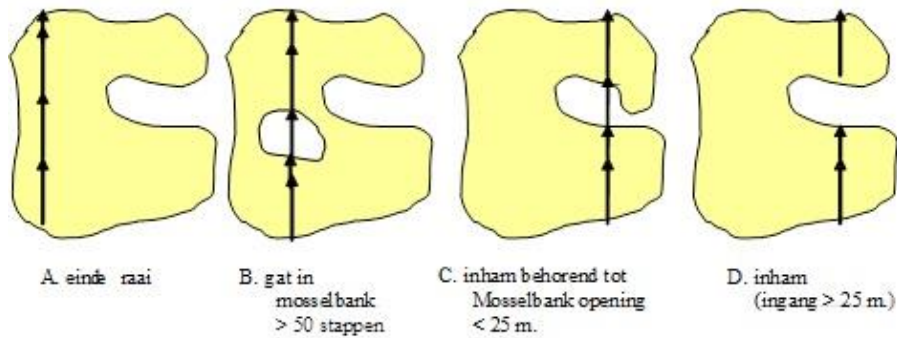
2.3 Schelpdierbedekking

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

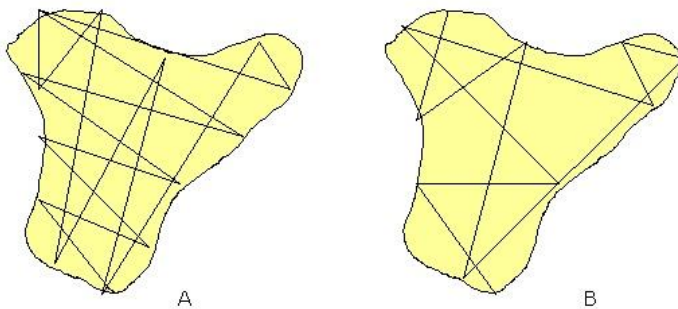
Een bedekkingsraai loopt van de rand van de mosselbank in een rechte lijn tot de tegenoverliggende rand van de mosselbank. Voor de identificatie van de rand van de bank wordt (wanneer aanwezig) bij voorkeur gebruikgemaakt van de volgens het TMAP-protocol ingelopen contour van de bank van voorgaand jaar. 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 (lokatiemarkering) 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 het formulier wordt duidelijk aangegeven wat de waypoints van de start en het einde van de totale raai zijn.

Wanneer zich een groot open stuk (gat groter dan 50 stappen) in de mosselbank bevindt waar de raai doorheen loopt, dient de subraai te stoppen op de rand van het gat, zie Figuur 2.3b. Hier wordt weer een waypoint gemaakt. In het gat wordt een nieuwe subraai gestart. Deze subraai loopt helemaal door tot het eind van het gat (ook wanneer dit meer is dan 50 stappen), waarna weer een waypoint wordt gemaakt. Op het formulier wordt duidelijk aangegeven dat het hier om een gat in de mosselbank gaat. 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 een aantekening gemaakt op het formulier betreffende dit gat. Er hoeft geen nieuwe subraai gestart te worden. Inhammen die volgens het TMAP-protocol onderdeel 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 > 25m), 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, na 50 stappen of aan einde bank, begin of einde gat dan wel inham. Figuur A geeft de situatie weer voor een raai zonder inham of gat, Figuur B geeft de situatie weer voor een gat > 50 stappen, Figuur C een raai met een inham die bij de bank hoort (< 25) en Figuur D 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 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 wat 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 1 mossel is of 10 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 en de zgn. 'oesterscore' (0 t/m 4) te noteren op het formulier. Hierbij worden vijf categorieën onderscheiden, zie (Tabel 2.1). Aan het eind van elke raai wordt een beschrijving gegeven (o.a. flora en fauna (zoals zeesla of kokkels)) van de gelopen raai.

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

Score	Omschrijving	Japane oester	Mossel
0	Geen	0%	100%
1	Weinig	>0-20%	>80-100%
2	Matig	>20-50%	>50 -80%
3	Veel	>50-80%	>20-50%
4	Alles	>80-100%	>0-20%

2.4 Lengte-frequentieverdeling en samenstelling

Op elke mosselbank worden tussen de twee en zes monsters genomen om informatie te verkrijgen over de lengte-frequentieverdeling van de levende mosselen en lege mosselschelpen en over de aanwezigheid van andere schelpdieren en algen. In Tabel 2.2 wordt het aantal monsters dat per bank en per jaar genomen is, weergegeven.

Tabel 2.2 Aantal monsters per mosselbank per jaar.

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

De monsters worden jaarlijks op nagenoeg dezelfde locatie genomen, dat wil zeggen zo mogelijk binnen dezelfde mosselpatch. Op de locatie wordt een representatief deel van de mosselbank uitgekozen waar het monster wordt genomen. Het monster wordt genomen met behulp van een frame met een dimensie (cm) van 16 (b) x 32 (l) x 10 (d) die in de mosselbank gedrukt wordt, totdat de bovenkant gelijk ligt met het mosseloppervlak. De toplaag van 10 cm wordt uit het vierkant geschraapt en in een zeef met een maaswijdte van 1 mm voorzichtig uitgespoeld. De exacte monsterlocatie wordt gemarkeerd met een waypoint. Het monster wordt verzameld in een plastic zak, gelabeld en naar het laboratorium vervoerd voor analyse.

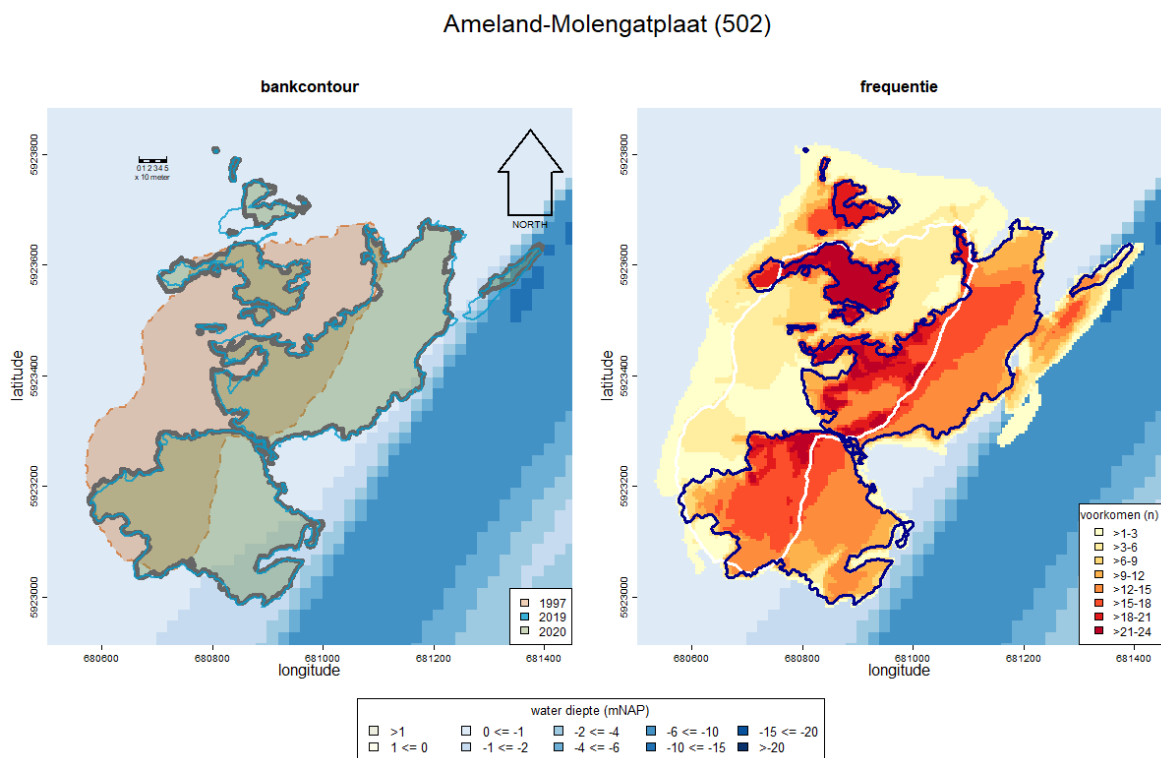
In het laboratorium worden de monsters nogmaals goed gespoeld en gezeefd (over een zeef met maaswijdte van 5 en 1 mm). Het monster wordt hierdoor onderverdeeld in twee delen: een grove en fijne fractie. Beide delen worden gewogen (afgerond tot hele grammen). Hierna worden uit beide deelmonsters alle levende schelpdieren (incl. alikruiken), levende algen, krabben en lege hele mosselschelpen (zowel de nog aan elkaar vastzittende kleppen, zgn. 'doubletten' alsmede 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 het formulier vermeld.

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

3 Resultaten

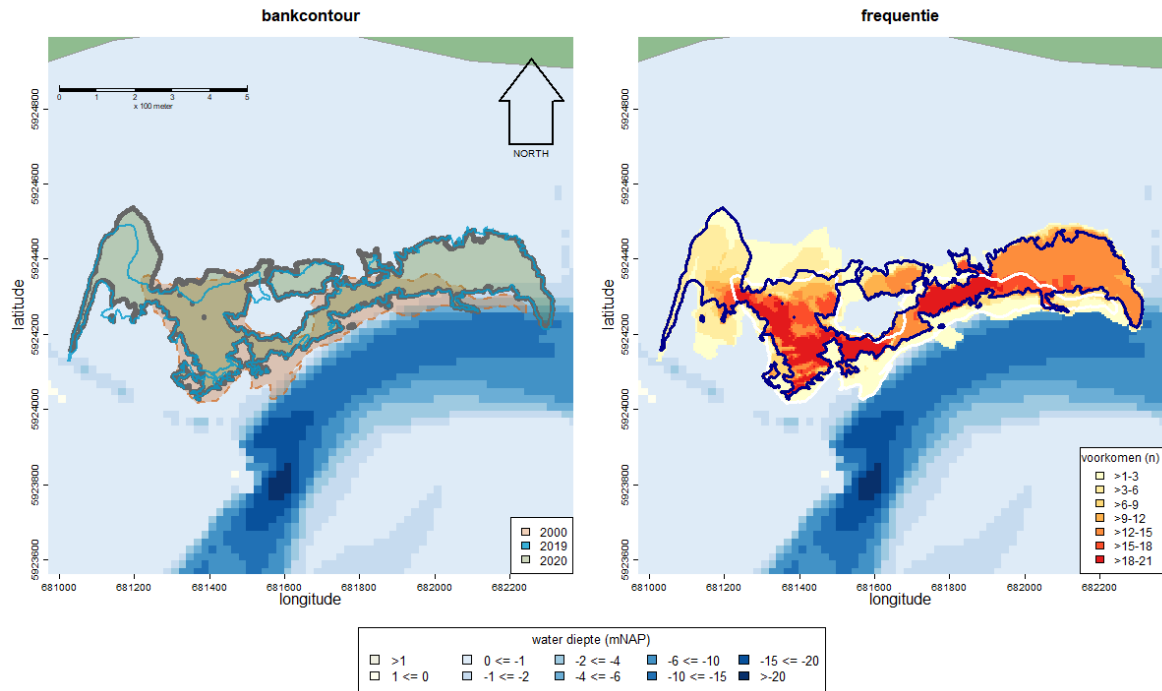
3.1 Ontwikkeling contouren en oppervlakte

Elk jaar zijn de contouren (= buitengrenzen) van de individuele mosselbanken nauwkeurig ingemeten. In Figuur 3.1 t/m 3.8 worden voor de onderzochte banken de bankcontouren 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 2020 zijn, wanneer aanwezig, ook de contouren van het voorgaande bemonsteringsjaar (2019) 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 jaar weergegeven. Het bankoppervlak is berekend aan de hand van deze contouren en wordt weergegeven in Figuur 3.9. Door gebruik te maken van informatie uit de bedekkingsraaien is het mogelijk de gemiddelde schelpdierbedekking te berekenen en daarmee het mosselbankoppervlak op te splitsen in een met mosselen (en oesters) bedekt deel en een open deel dat niet met mosselen of oesters bedekt is (= het totaaloppervlak aan open plekken tussen de mossel- en oesterpatches).



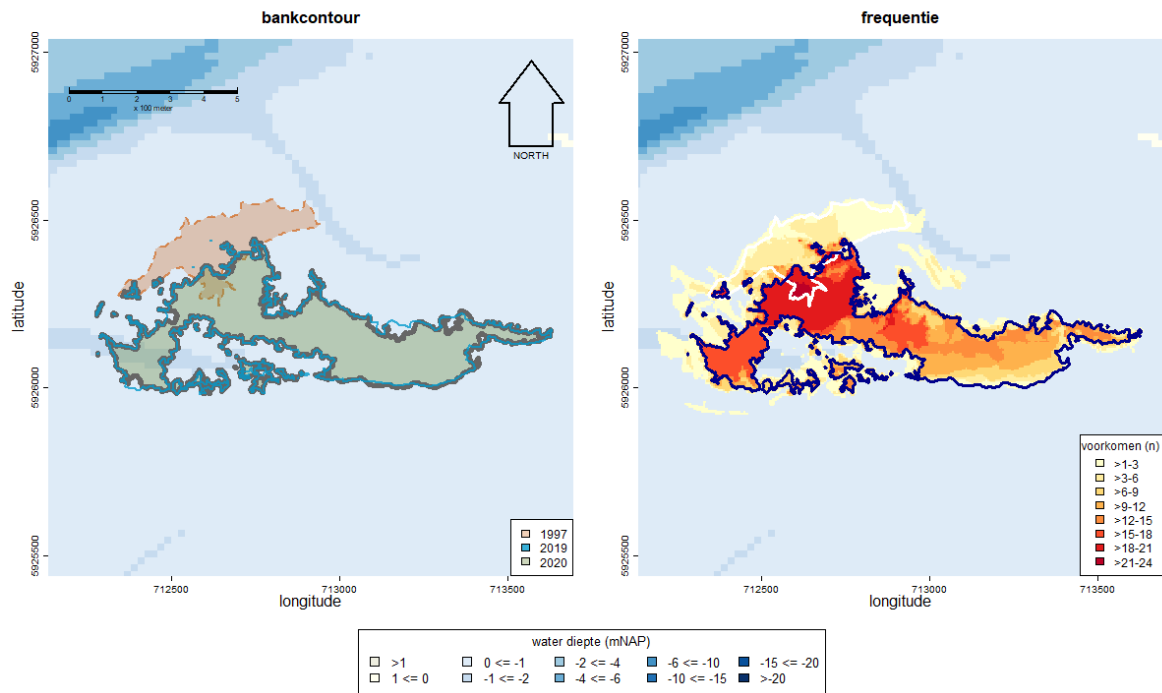
Figuur 3.1 Contouren van de mosselbank 502 (onder Ameland) voor verschillende jaren. In de linkerfiguur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in 1997 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in 2020 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2019 (lichtblauw omlind). In 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. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doorgetrokken lijn de contour van de bank in 2020. De waterdiepte is weergegeven op een raster en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Ameland-Ballumerbocht (503)



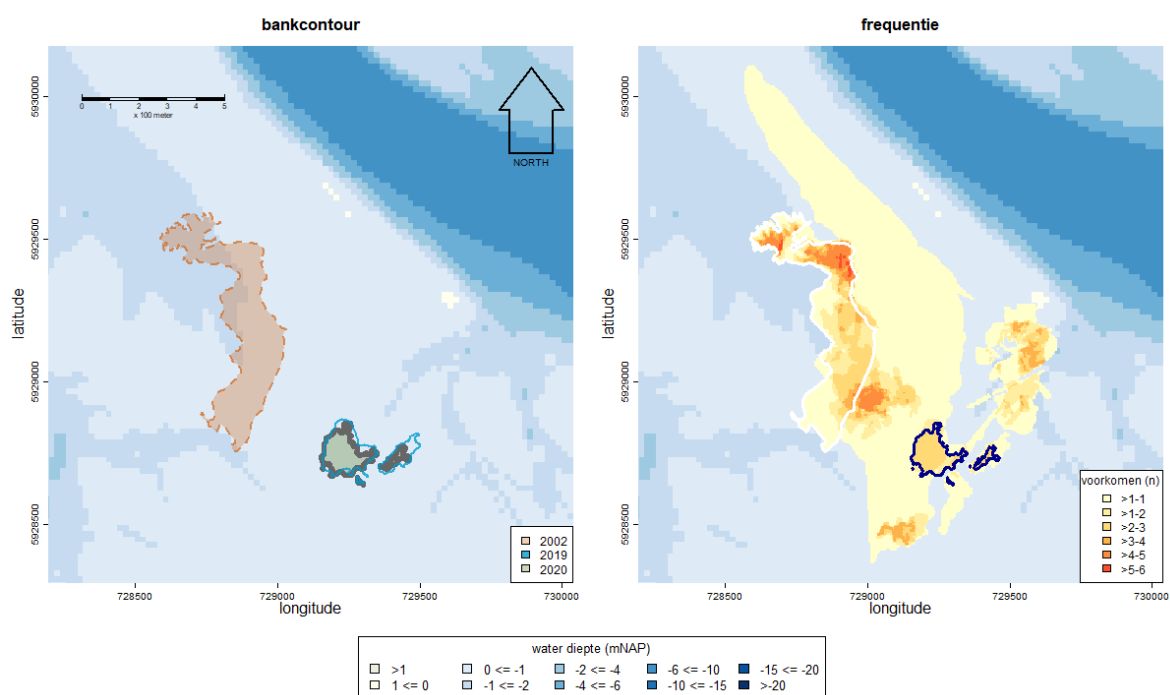
Figuur 3.2 Contouren van de mosselbank 503 (onder Ameland) voor verschillende jaren. In de linkerfiguur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in 2000 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in 2020 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2018 (lichtblauw omljnd). In 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. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doorgetrokken lijn de contour van de bank in 2020. De waterdiepte is weergegeven op een raster en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Schiermonnikoog-Brakzand (603)



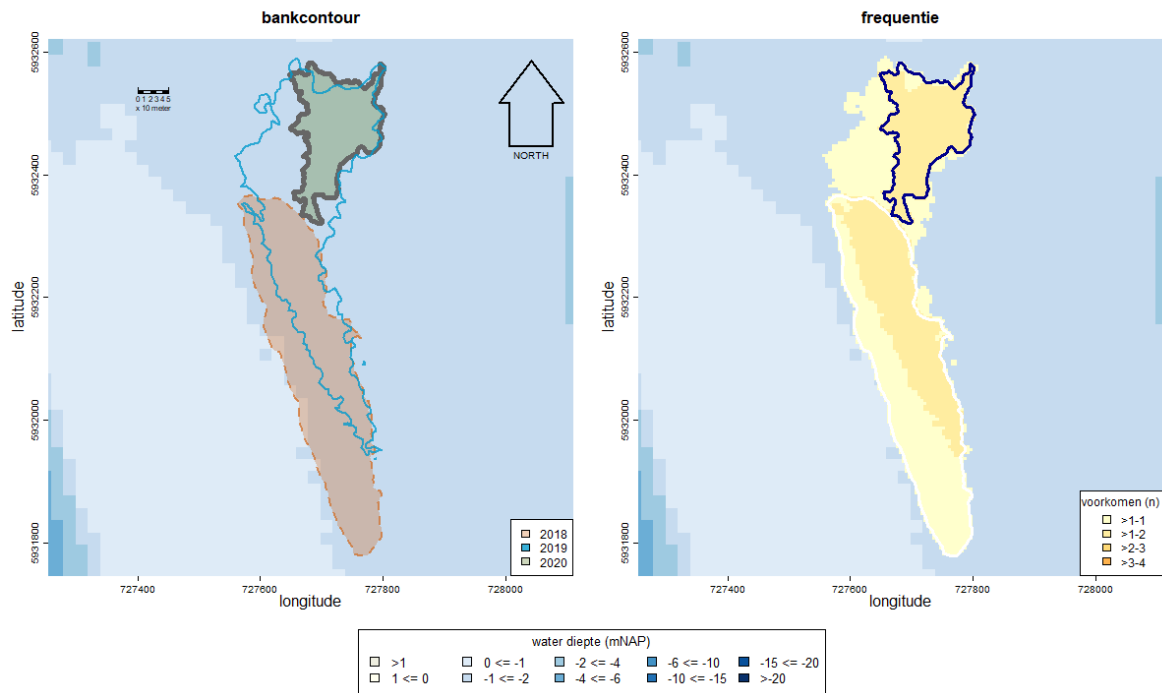
Figuur 3.3 Contouren van de mosselbank 603 (onder Schiermonnikoog) voor verschillende jaren. In de linkerfiguur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in 1997 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in 2020 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2019 (lichtblauw omlijnd). 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. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doorgetrokken lijn de contour van de bank in 2020. De waterdiepte is weergegeven op een raster en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Zuidoost Lauwers-Zuid (607)



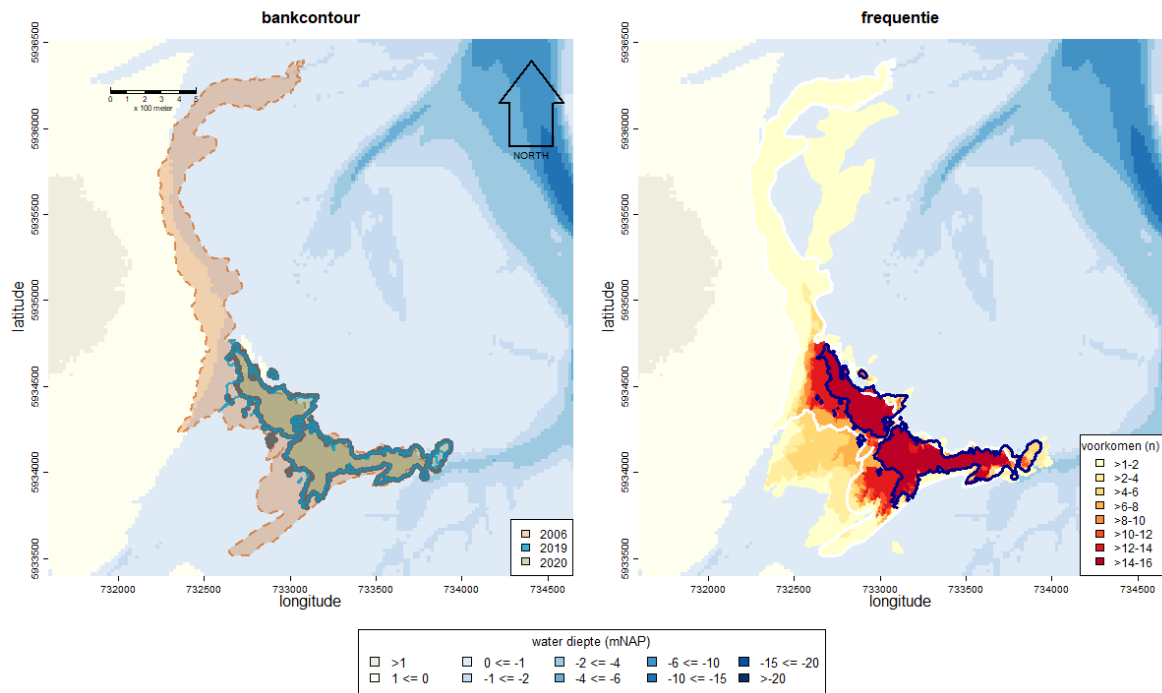
Figuur 3.4 Contouren van de mosselbank 607 (onder Rottumerplaat) voor verschillende jaren. In de linkerfiguur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in 2002 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in 2020 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2019 (lichtblauw omlind). 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. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doorgetrokken lijn de contour van de bank in 2020. De waterdiepte is weergegeven op een raster en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Schiermonnikoog - ZOL (640)



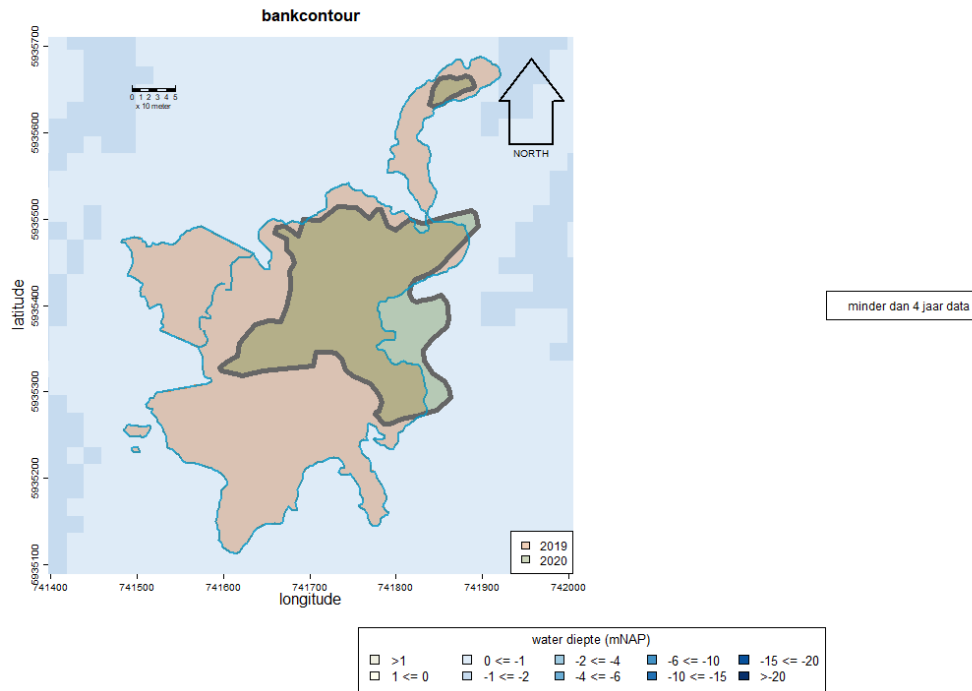
Figuur 3.5 Contouren van de mosselbank 640 (onder Rottumerplaat) voor verschillende jaren. In de linkerfiguur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in 2018 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in 2020 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2019 (lichtblauw omlijnd). 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. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doorgetrokken lijn de contour van de bank in 2020. De waterdiepte is weergegeven op een raster en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Rottumerplaat (710)



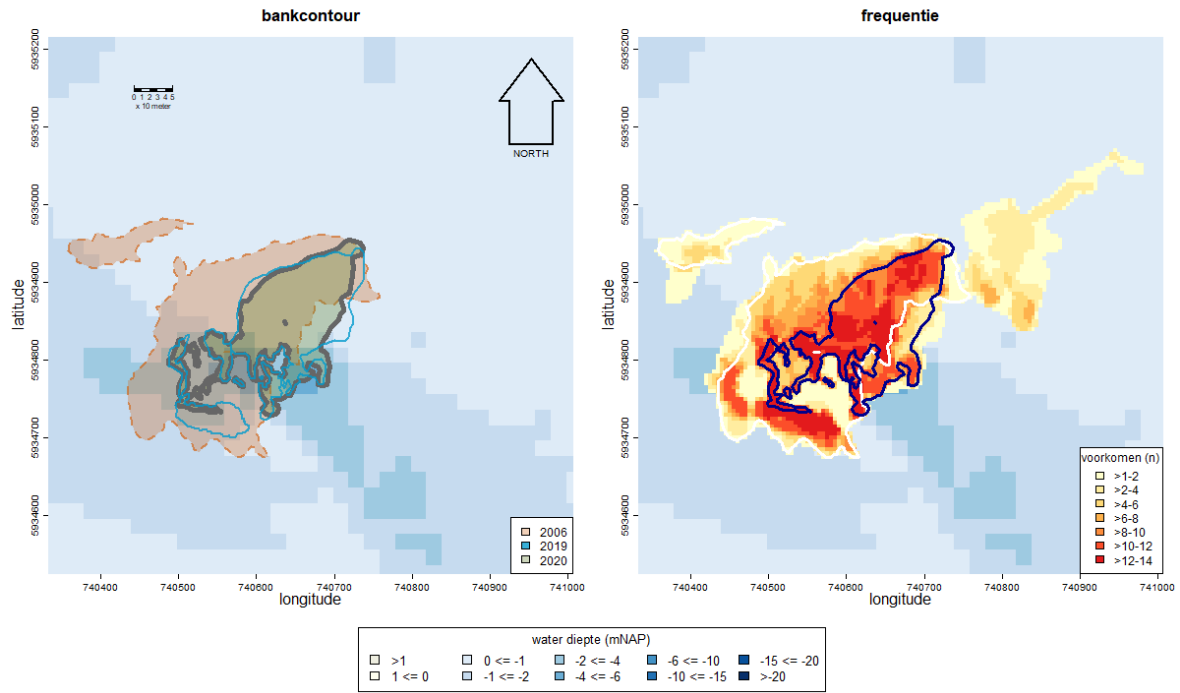
Figuur 3.6 Contouren van de mosselbank 710 (onder Rottumerplaat) voor verschillende jaren. In de linkerfiguur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in het jaar 2006 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in 2020 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2019 (lichtblauw omlijnd). 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. In deze figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doorgetrokken lijn de contour van de bank in 2019. De waterdiepte is weergegeven op een raster en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Rottumeroog-Horsbornzand (727)



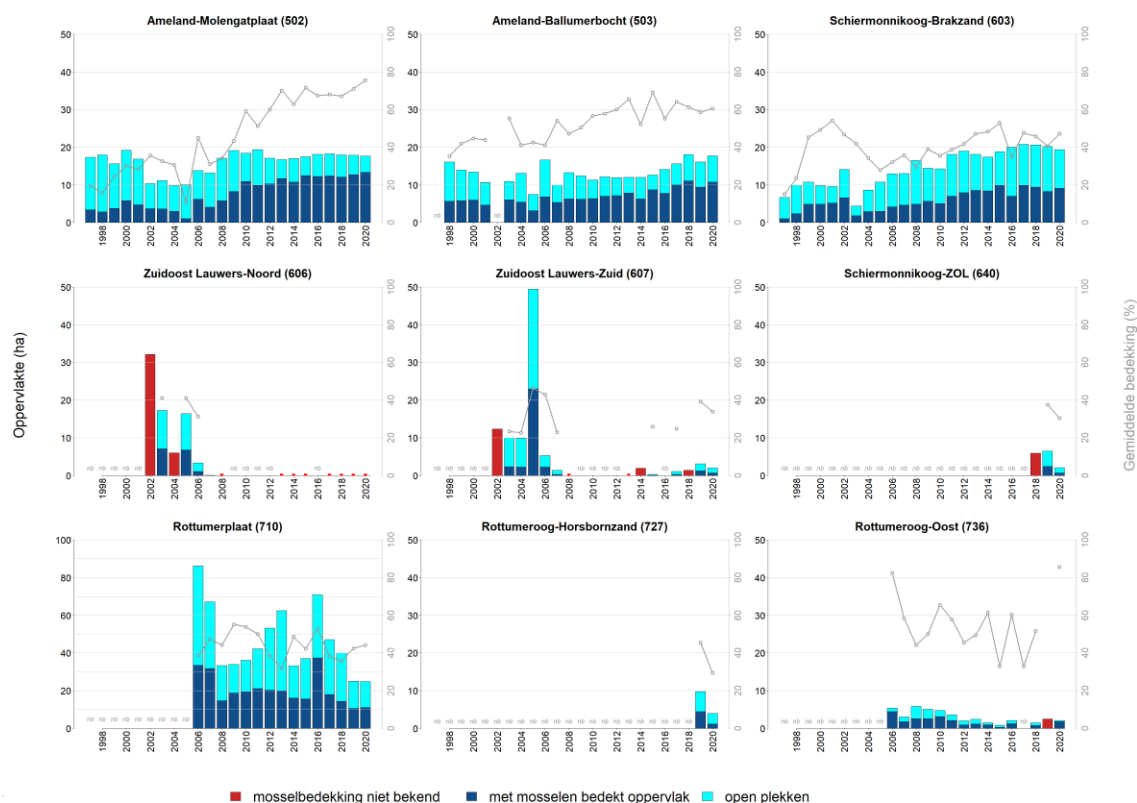
Figuur 3.7 Contouren van de mosselbank 727 (onder Rottumerplaat) voor 2019 en 2020 jaren. Deze bank is in 2018 ontstaan en voor het eerst ingemeten in 2019. In de linkerfiguur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in het jaar 2019 en lichtbruin ingekleurd) en zoals bepaald in 2020 (lichtgroen ingekleurd). De bank is nog dermate jong en er zijn nog onvoldoende jaren met gegevens beschikbaar voor een berekening van het voorkomen van mosselen op een raster van 5 bij 5 m zoals wel voor andere banken gedaan is. De waterdiepte is weergegeven op een raster en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Rottumeroog-Oost (736)



Figuur 3.8 Contouren van de mosselbank 736 (onder Rottumeroog) voor verschillende jaren. In de linkerfiguur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in 2006 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in 2020 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2019 (lichtblauw omlind). 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. In deze figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doorgetrokken lijn de contour van de bank in 2020. De waterdiepte is weergegeven op een raster en betreft gegevens die ingewonnen zijn in de periode 2013 tot en met 2019.

Ontwikkeling areaal mosselbanken



Figuur 3.9 Ontwikkeling van de bankoppervlakte (in hectaren en weergegeven met staven, uitgetzet ten opzichte van de linker y-as) en de gemiddelde mosselbedekking (in procenten en weergegeven met een grijze, gekleurde lijn, uitgetzet 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 2020. De hoogte van de balk (donker- en lichtblauwe deel) geeft de totale bankoppervlakte weer, het donkerblauwe deel het met mosselen bedekte oppervlak en het lichtblauwe deel het areaal open plekken. Met rode balken wordt het bankoppervlak weergegeven voor situaties waarin de bedekking niet bekend was. Wanneer een bank wel bezocht werd maar niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven; wanneer een bank niet bezocht werd, is dit met 'nb' aangegeven.

De ligging, de contour, het bankoppervlak en het met mosselen bedekte oppervlak van de banken 502 (Ameland-Molengatplaat), 503 (Ameland-Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog-Brakzand) en 710 (Rottumerplaat) zijn in het jaar 2020 nagenoeg onveranderd gebleven ten opzichte van de jaren ervoor (zie de Figuren 3.1, 3.2, 3.3, 3.8, 3.9 en Figuren in Bijlage 1). De subtiele veranderingen die opgetreden zijn, bestaan – wat betreft bank 502 – eruit dat een klein deel van de mosselpatches in gebieden op wat kleinere bankdelen gelegen aan de noordelijke en zuidoostelijke zijden van de bank verdwenen zijn, waardoor het bankoppervlak iets kleiner is dan in 2019. De veranderingen voor bank 503 (Ameland-Ballumerbocht) bestaan eruit dat in gebieden gelegen aan de noordwestelijke zijde van de bank mosselpatches wat verwaaid zijn en zich over een groter oppervlak hebben verspreid, waardoor het bankoppervlak iets groter is geworden dan in 2019. Door het verdwijnen van mosselen aan de randen van de bank zijn wat inhammen ontstaan in de buitencontour van bank 603, waardoor het bankoppervlak iets kleiner is dan in 2019. Bank 710 (Rottumerplaat) is vooral aan de westelijke zijde veranderd. Aan de noordwestelijke zijde van de bank zijn mosselpatches in een klein deelgebied verdwenen en aan de westelijke zijde van de bank zijn nieuwe bankdelen ontstaan door verwaaiing van mosselpatches uit centraal gelegen delen. Omdat de gebieden waar mosselen verdwenen zijn ongeveer even groot zijn als de gebieden waar mosselen verwaaid zijn, is het bankoppervlak nagenoeg gelijk met 2019. Het overgrote deel van het bankoppervlak van deze banken (502, 503, 603 en 710) bevindt zich momenteel in het gebied waar, gedurende dit onderzoek, frequent mosselbanken gevonden zijn, zie hiervoor de oranje- en roodgekleurde vlakken in Figuur 3.1, 3.2 en 3.3 en 3.6.

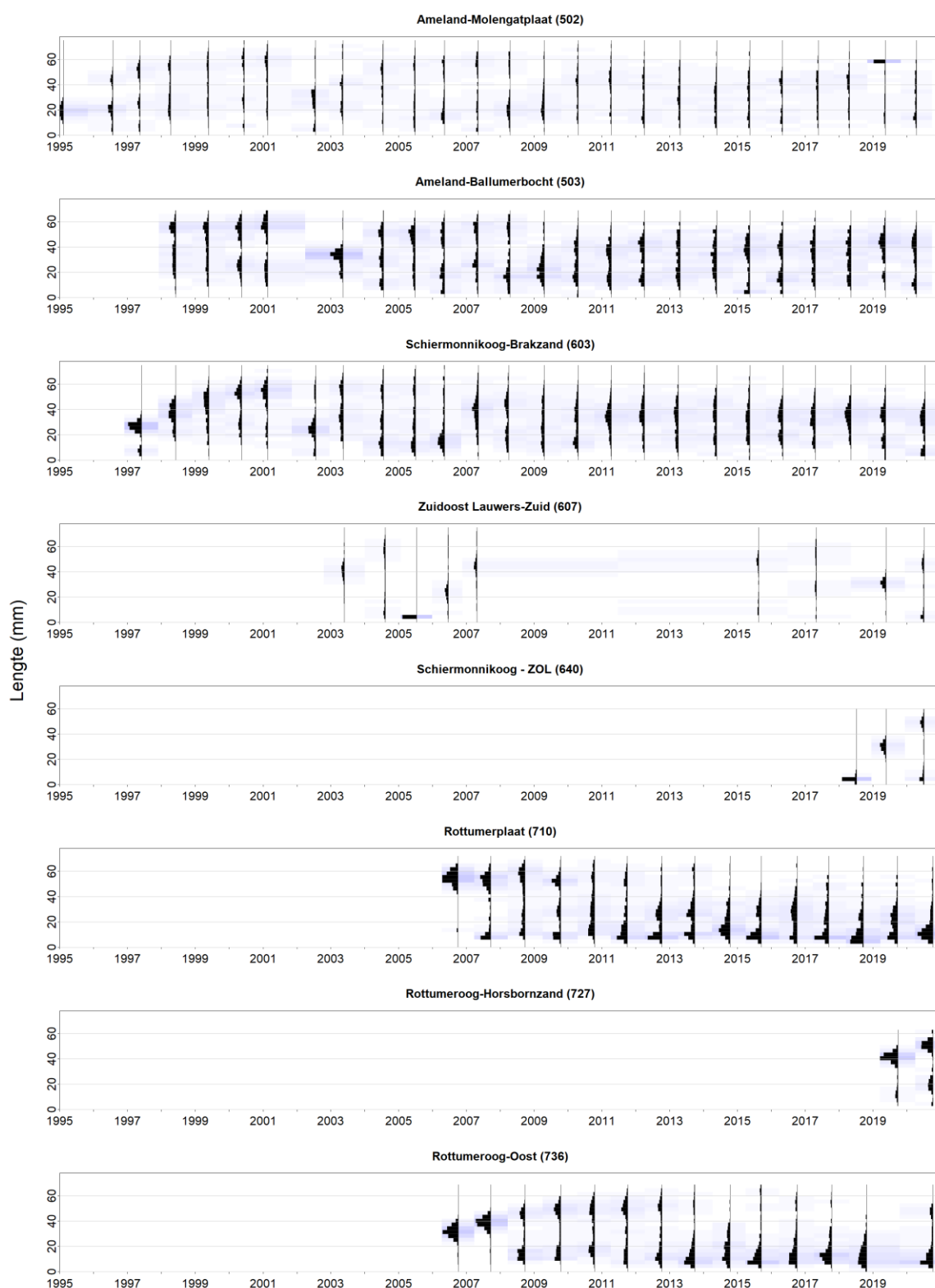
De veranderingen voor de mosselbanken 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid), 640 (Schiermonnikoog-ZOL), 727 (Rottumeroog-Horsbornzand) en 736 (Rottumeroog-Oost) zijn in 2020 ten opzichte van het jaar 2019 wat groter dan voor de banken 502, 503, 603 en 710. Alle in 2018 ontstane mosselbanken die in dit onderzoek opgenomen zijn (607, 640, 727 en een nieuwgevormd deel van 736), hebben de eerste twee winters overleefd en zijn in 2020 teruggevonden. De bankarealen en de bedekkingspercentages van de banken 640 en 727 waren wel wat kleiner dan in 2019, zie Figuur 3.9. De banken 640 en 727 zijn vooral mosselen kwijtgeraakt in gebieden die aan de zuid- en zuidoostelijke zijden van de bank liggen, zie Figuur 3.5 en 3.7. Na vestiging van mosselzaad in 2018 bestaat mosselbank 736 (Rottumeroog-Oost) uit twee delen van verschillende schelpdiersamenstelling. De noordkant van de bank bestaat uitsluitend uit mosselen die zich in 2018 gevestigd hebben, terwijl het zuidelijk gelegen deel bestaat uit oudere mosselen en Japanse oesters (zie Bijlage 1, 2 en 3). Dit deel is in 2006 ontstaan door vestiging van mosselzaad, waarbij zich in 2008 voor het eerst oesters hebben gevestigd. Beide bankdelen zitten aan elkaar vast en een duidelijke grens tussen beide delen is goed zichtbaar. Door de vestiging van mosselzaad aan de noordelijke zijde van deze bank is de mosselbedekking sterk toegenomen en ligt momenteel hoger dan voorgaande jaren (zie Figuur 3.9). In gebieden gelegen aan de uiterste zuidelijke kant van de bank waar in 2019 nog mosselen aangetroffen zijn, zijn de mosselen (maar ook de Japanse oesters) niet teruggevonden in 2020. In deze gebieden is veel dood schelpengruis aangetroffen. Hiernaast zijn aan de randen van het noordelijk gelegen bankdeel wat mosselen verdwenen in 2020. Door zowel het verdwijnen van gemengde mossel-Japanse oester bankdelen in het zuiden als het verdwijnen van mosselen in het noorden is het bankoppervlak in 2020 wat kleiner dan in 2019. Bank 607 is in zijn huidige vorm ontstaan na zaadval in 2018. De bank bestaat uit twee delen die gescheiden worden door een afvoergeultje. Op beide delen zijn mosselen aan de noordoostelijke zijdes (dus in de richting van de geul Zuidoost Lauwers) verdwenen, waardoor het totale bankareaal in 2020 ook wat kleiner is dan in 2019 (zie Figuur 3.4 en 3.9).

Mosselbank 606 (Zuidoost Lauwers-Noord) is, net als in 2018 en 2019, niet teruggevonden in 2020.

3.2 Ontwikkeling mosselen en Japanse oesters

In Figuur 3.11 worden de lengte-frequentiediagrammen weergegeven voor de mosselbanken 502, 503, 603, 607, 640, 710, 727 en 736 en voor de jaren dat deze bemonsterd werden. De biomassa van mosselen en oesters en het aandeel oesters die in de monsters werden gevonden op de onderzochte banken, zijn weergegeven in Figuur 3.12. De oesterbedekking op de subraaien is weergegeven in Bijlage 3. Het gemiddelde aantal en de biomassa van mosselen en oesters in de vierkantmonsters zijn weergegeven in respectievelijk Bijlage 4 en 5.

Lengte frequentieverdeling mosselpopulatie



Figuur 3.10 Ontwikkeling van de lengtefrequentie (aantallen gestandaardiseerd naar 1000 mosselen en stapgrootte van 3 mm) van de mosselpopulatie op de mosselbanken 502, 503, 603, 640, 710, 727, en 736 vanaf 1995 t/m 2020.

Aan de lengte-frequentiediagrammen in Figuur 3.10 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. Het prille begin is niet gevolgd binnen dit programma en de eerste histogrammen voor deze banken pieken bij een lengteklasse van > 20mm voor de eerste jaren. Mosselbank 640 (Schiermonnikoog-ZOL) vormt hierop een uitzondering: deze is wel vanaf het prille begin gevolgd. De

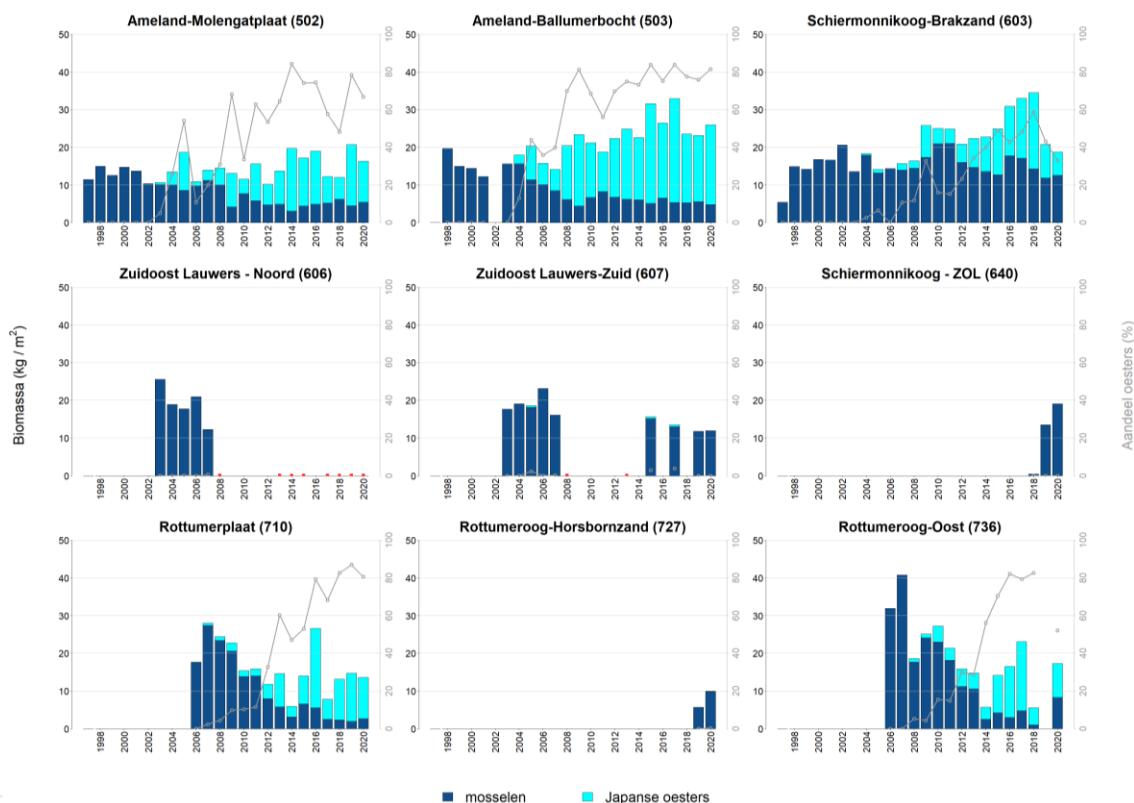
mosselschelpenlengte piekt in het eerste jaar van meten rond de 5 mm, wat erop duidt dat deze bank in datzelfde jaar (2018) ontstaan is (zie Figuur 3.10).

Uit de lengte-frequentiediagrammen van de mosselbanken die in 2018 zijn ontstaan (bank 607, 640 en 727), is te zien dat de mosselen in de periode 2018 tot en met 2020 ieder jaar gegroeid zijn. De grootste toenames in schelpenlengtes zijn in het eerste jaar na vestiging bereikt. De mosselen van bank 640 (Schiermonnikoog-ZOL) en 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid) bereikten hierbij een lengte van ongeveer 30 mm en die van bank 727 (Rottumeroog-Horsbornzand) een lengte van ongeveer 40 mm. Na twee jaar (situatie 2020) nam de schelpenlengte verder toe tot rond de 50 mm voor al deze banken (zie Figuur 3.11). In de lengte-frequentiediagrammen van deze banken is verder te zien dat een tot twee jaar na hun ontstaan in 2018 een tweede cohort aanwezig is met een duidelijk kleinere schelpenlengte (rond de 5-10 mm). Dit duidt op aanwas van nieuw mosselzaad in deze banken.

Uit de lengte-frequentiediagrammen van banken die al eerder ontstaan zijn en langer gevolgd worden, blijkt dat de mosselen in een tijdsbestek van ongeveer 6 jaar uitgegroeid zijn en een lengte bereiken van 50 tot 60 mm. Deze observatie is ook in eerdere rapportages gedaan en zodanig beschreven (Glorius et al., 2020).

Mosselbroedval op de mosselbanken 502, 503, 603, 607 en 640 is, als gevolg van het bemonsteringsmoment rond mei, soms pas zichtbaar in het jaar erop. Hierdoor zijn deze mosselen al wat groter en kan de broedval door optreden van wintersterfte wat minder duidelijk gezien worden in de lengte-frequentiegrafieken dan op de banken 710, 727 en 736 die later in het jaar bemonsterd worden. Zoals hierboven aangegeven, is in de lengte-frequentiediagrammen van 607 en 640 geen tweede cohort te onderscheiden dat duidt op aanwas van mosselzaad uit 2019; mogelijk wordt dit veroorzaakt door het bemonsteringsmoment. Kijken we naar de lengteverdeling van de mosselen voor meerdere banken en jaren, dan blijkt dat zeer regelmatig, nagenoeg jaarlijks, wel enige mosselbroed valt in de banken. Hierdoor bestaat de mosselpopulatie op de banken al na enkele jaren uit verschillende jaarklassen. In de loop van de jaren zijn meestal twee, drie en soms vier jaarklassen te onderscheiden in de lengte-frequentiegrafieken. In sommige jaren zijn de individuele jaarklassen in elkaar vergroeid en zijn ze niet meer goed te onderscheiden.

Biomassa ontwikkeling mosselen en oesters



Figuur 3.11 Ontwikking van de jaargemiddelde biomassa mosselen en Japanse oesters (uitgedrukt in kg natgewicht/m² en weergegeven in staven ten opzichte van de linker y-as) en het aandeel oesters (uitgedrukt in procenten en weergegeven in lijndiagram ten opzichte van de rechter y-as) in de mossel-/oesterbiomassa zoals aangetroffen in de vierkantmonsters (0,05 m²) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 703, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2020 (of tot wanneer ze bezocht zijn/aanwezig waren). Wanneer een bank wel bezocht werd maar niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven.

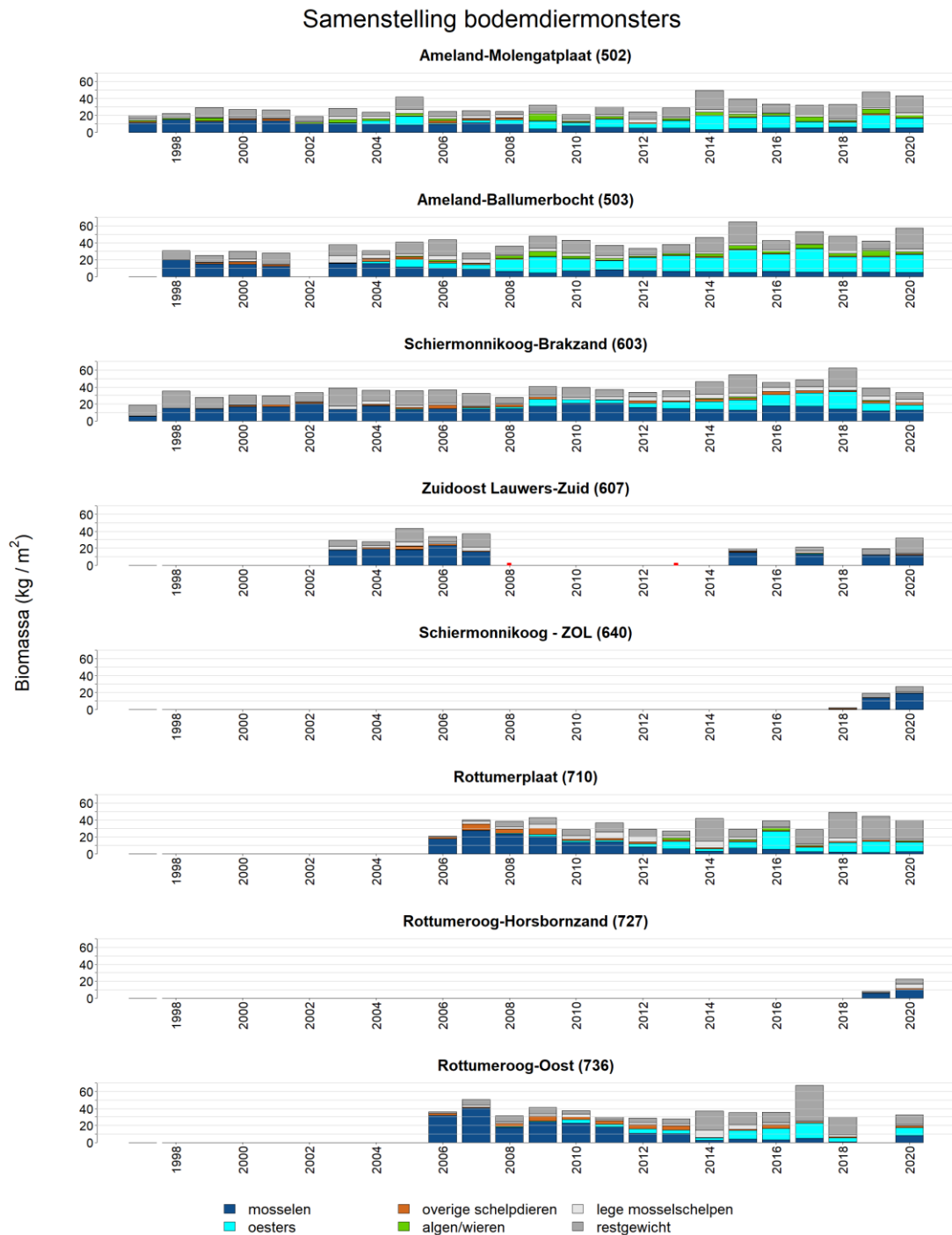
Van de hier opgenomen mosselbanken zijn de veranderingen in de mosselpopulaties van de banken die in 2018 ontstaan zijn (607, 640 en 727) of waar zich mosselzaad in heeft gevestigd (736) het grootst wanneer gegevens van 2020 vergeleken worden met die van 2019. Het aantal mosselen in de monsters is sterk afgenomen, evenals het aandeel kleine mosselen (zie Bijlage 4), terwijl de biomassa van mosselen juist toegenomen is in 2020, zie Figuur 3.11. Dit is een normaal verschijnsel voor een nieuwgevormde mosselbank. Door de geringe lengte van het mosselzaad, de afwezigheid van grotere soortgenoten maar ook afwezigheid van Japanse oesters is de kans op wegspoeling en predatie groter in vergelijking met oudere banken waar de mosselen al uitgegroeid zijn. Door de groei van de jonge mosselen die zich wel hebben weten te handhaven, neemt de totale mosselbiomassa, uitgedrukt als het totale versgewicht (mosselvlees inclusief schelp en aanhangend vocht) van mosselen per vierkante meter wel toe (zie Figuur 3.11).

Zoals ook in andere jaren werd gezien en als dusdanig is beschreven in eerdere rapportages, vindt er een ontwikkeling van Japanse oesters plaats in een groot deel van de in dit onderzoek opgenomen mosselbanken van enige jaren (> 5 jaar) oud. Uitzondering zijn de in 2018 nieuwgevormde mosselbanken nabij Zuidoost Lauwers (bank 640), Sparregat (bank 727) en Zuidoost Lauwers-Zuid (607) waar ook in 2020 (nog) geen oesters waargenomen zijn (zie Figuur 3.12). Uit veldobservaties in 2020 blijkt dat in het nieuwgevormde bankdeel van 736 (Rottumeroog-oost) nog nagenoeg geen Japanse oesters aanwezig zijn (omdat de monsters op het oude bankdeel genomen zijn, is dit niet terug te zien in Figuur 3.11). Op de overige hier onderzochte banken (502, 503, 603, 710 en 736) hebben zich op enig moment oesters gevestigd. In de eerste drie tot zes opvolgende jaren na de vestiging van oesters blijft de oesterbiomassa in de monsters nog beperkt. In de jaren daarna nam de oesterbiomassa wel sterk toe. Voor de meeste banken ging dit gepaard met een afname van de mosselbiomassa die voor de komst van de oesters tussen de 10 en 27 kg/m² lag en nu tussen de 1 en

6 kg/m² ligt, (zie Figuur 3.11). Mosselbank 603 vormt hierop een uitzondering en heeft nog een wat hogere biomassa mosselen. In de periode 1998 tot en met 2020 schommelt de mosselbiomassa rond de 15.7 kg/m² (± 2.7 kg/m² standaarddeviatie) in deze bank. De biomassa van Japanse oesters heeft zich in 2020, na een afname in 2019, niet hersteld in deze bank. Hierdoor ligt, net als in 2019 het geval was, het aandeel oesters in 2020 in de gecombineerde mossel-oesterbiomassa onder de 50%.

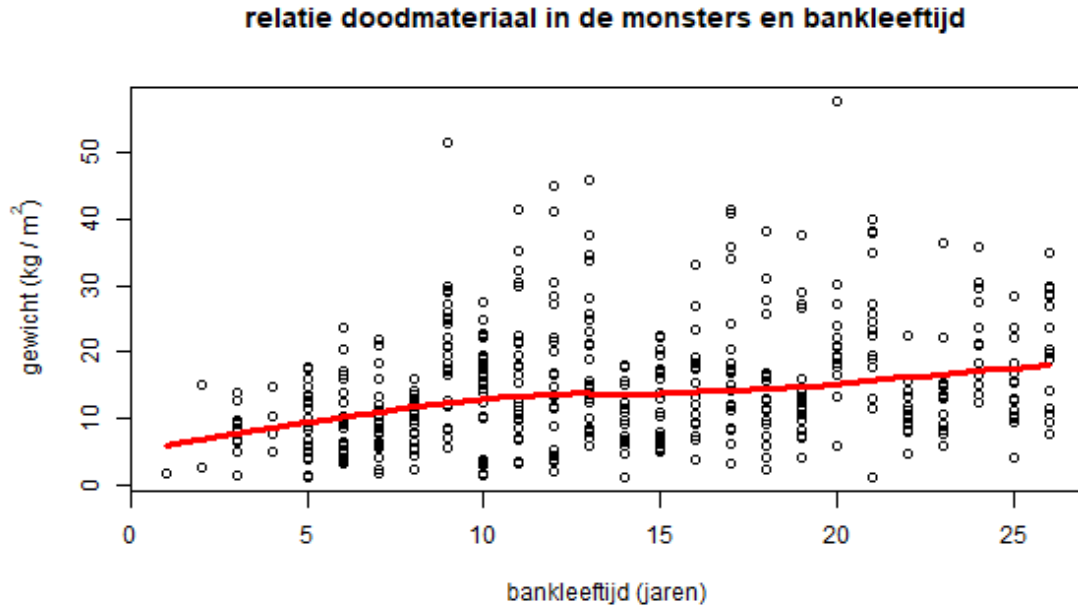
Bank 710 kent al sinds 2017 een relatief lage mosselbiomassa wanneer deze vergeleken wordt met de andere oudere mosselbanken waarin zich oesters gesetteld hebben (banken 502, 503, 603 en 736). Ook in 2020 is een relatief lage mosselbiomassa aangetroffen in de monsters (gemiddeld 2.7 kg/m²).

3.3 Ontwikkeling dood materiaal en overige fauna



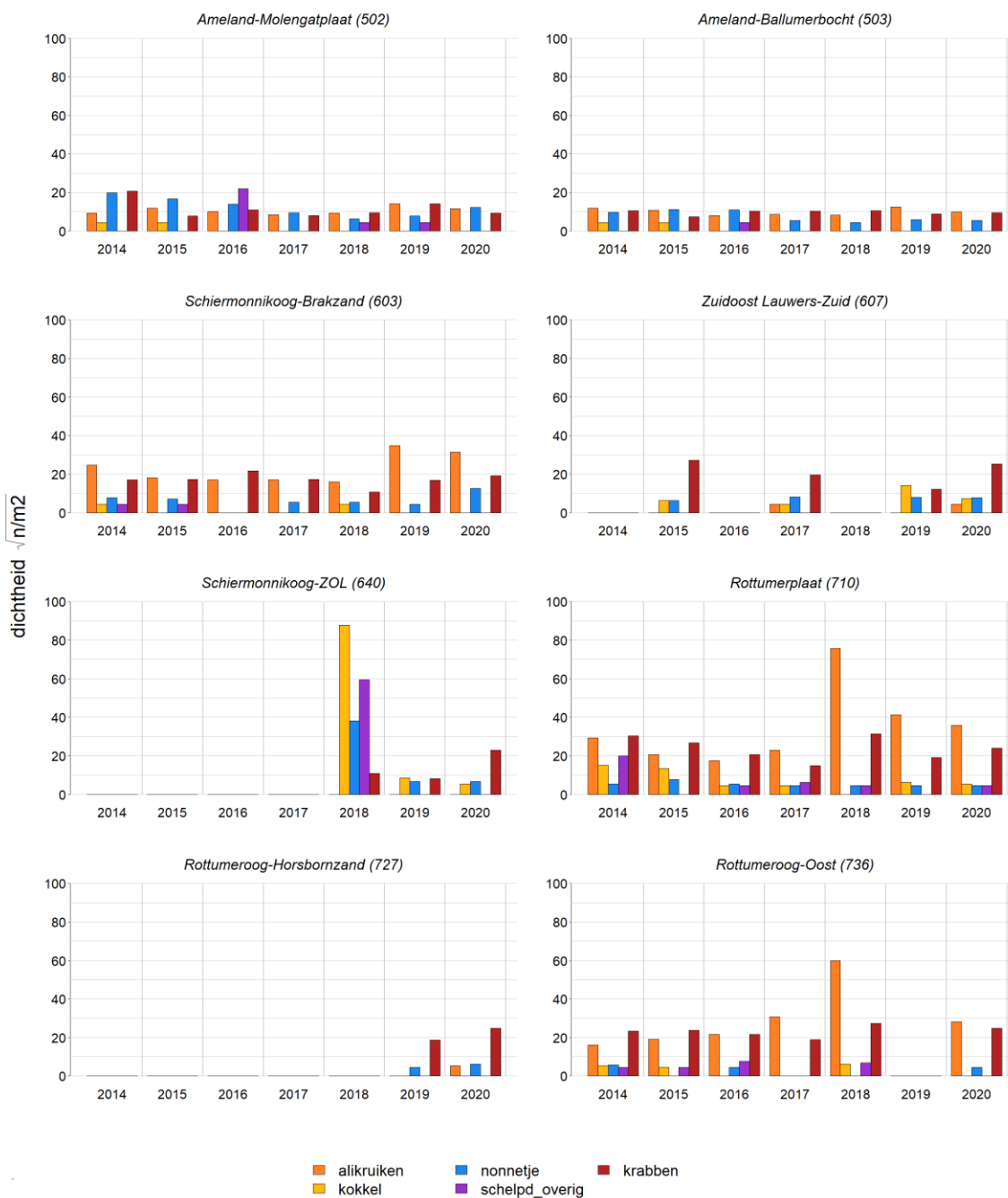
Figuur 3.12 Ontwikkeling van het gewicht aan mosselen, Japanse oesters, overige schelpdieren, algen/wieren, lege mosselschelpen en restgewicht zoals aangetroffen in de vierkantmonsters voor de banken 502, 503, 603, 640, 710 en 727 in de periode 1997 t/m 2020.

Net zoals in voorgaande jaren geobserveerd en beschreven is, wordt het gewicht aan algen en wieren gedomineerd door blaaswier (*Fucus vesiculosus* forma *mytili*), dat vooral in de monsters genomen op de banken 502 en 503 wordt aangetroffen (zie Figuur 3.12). Het dood materiaal in de monsters bestaat voornamelijk uit lege mossel- en Japanse oesterschelpen. De jaarlijkse fluctuaties in het dood materiaal in de monsters zijn groot (zie Figuur 3.12). Vooral gedurende de eerste tien jaar na het ontstaan van de bank neemt het gewicht aan dood schelpenmateriaal toe, waarna de toename afvlakt (zie Figuur 3.13).



Figuur 3.13 Ontwikkeling van het gewicht aan dood materiaal in de vierkantmonsters, uitgezet tegenover de mosselbankleeftijd (aantal jaar na het jaar van ontstaan van de bank). De rode lijn geeft het voortschrijdend gemiddelde aan dood materiaal weer.

Samenstelling schelpdieren en krabben



Figuur 3.14 Ontwikkeling van krabben en schelpdieren – anders dan mosselen en Japanse oesters – met de hoogste jaargemiddelde dichtheden (alijkruiken, kokkel, nonnetje) zoals aangetroffen in de vierkantmonsters genomen op de banken 502, 503, 603, 640, 710, 727 en 736 in de periode 2014 t/m 2020. De overige schelpdieren die maar enkele keren voorkomen in de monsters zijn in de figuur samengevoegd en worden als groep weergegeven.

In de monsters die genomen zijn in de oudere banken (mosselbanken 502, 503, 603, 710 en 736) bestaat de krab- en schelpdiersamenstelling (exclusief mosselen en Japanse oesters) in de periode 2014 tot en met 2020 voor een groot deel uit alijkruiken en krabben (zie Figuur 3.14). Hoewel minder numeriek dominant, worden er in deze banken ook nonnetjes aangetroffen en in mosselbank 710 ook kokkels. Het bemonsteringsjaar 2020 vormt geen uitzondering in de schelpdieren- en krabbensamenstelling. Deze banken waren in 2014 minimaal tien jaar onafgebroken aanwezig. Verder valt op dat vooral de alijkruik- en krabbendichtheid in de banken die onder Ameland liggen en in het voorjaar bemonsterd worden relatief laag is, terwijl deze op banken gelegen nabij de eilandgroep de

'Rottums' en die later in het seizoen bemonsterd worden, wat hoger is. Of dit veroorzaakt wordt door de bankligging, het bemonsteringsmoment of nog een andere oorzaak heeft, is niet goed bekend.

De mosselbanken die in 2018 ontstaan zijn (607, 640 en 727), laten een afwijkende schelpdieren- en krabbensamenstelling zien wanneer deze vergeleken worden met de oudere banken die hierboven beschreven zijn (zie Figuur 3.14). Merk op dat bank 607 al langer bestaat, maar inmiddels geheel bestaat uit bankdelen die in 2018 ontstaan zijn na zaadval (zie ook paragraaf 3.1). Alikruiken zijn niet of in veel mindere mate aangetroffen. Kokkels zijn in deze jonge banken juist vaker en in hogere dichtheden aangetroffen, met uitzondering van bank 727, waar geen kokkels aangetroffen zijn. In Figuur 3.14 is goed te zien dat mosselbank 640 op een bed van (jonge) kokkels ontstaan is en dit lijkt ook het geval te zijn voor mosselbank 607 (maar eerste jaar niet bemonsterd). In de jaren na het ontstaan van deze banken neemt de abundantie van kokkels af en die van krabben juist toe (zie Figuur 3.14).

4 Discussie en conclusie

Wageningen Marine Research bestudeert in detail de ontwikkelingen van een aantal droogvallende mosselbanken in de Waddenzee op de lange termijn. In het voorjaar van 2020 werden de mosselbanken 502 (Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland - Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog-Brakzand), 607 (Zuidoost Lauwers-Zuid) en 640 (Schiermonnikoog-ZOL) bemonsterd. In het najaar werden de banken 710 (Rottumerplaat) en 736 (Rottumeroog-Oost) en 727 (Rottumeroog-Horsbornzand) bezocht.

De resultaten van de jaarlijkse kartering van deze banken en de populatiemetingen geven een beeld van de ontwikkeling van mosselbanken over een groot aantal jaren. De algemene conclusie, die ook al in voorgaande tussenrapportages wordt beschreven (o.a. Glorius et al., 2020), verandert daarmee niet. De mosselbanken die hun eerste jaren goed doorkomen, gaan in het algemeen na het jaar van ontstaan langzaam achteruit in oppervlakte, bedekkingspercentage en populatiedichtheid. Op de mosselbanken neemt dan het percentage lege schelpen, macroalgen en zeepokken toe in verhouding tot de levende mosselen. Van de hier onderzochte banken worden, naast mosselen, Japanse oesters en macroalgen, alikruiken en krabben veelvuldig aangetroffen op de oudere banken. Kokkels worden vooral in de jongere banken aangetroffen. De afname in oppervlakte en bedekking van een bestaande mosselbank wordt af en toe tenietgedaan door een goede broedval, waarna het proces opnieuw begint. Over de jaren ontstaat dus geleidelijk een mosselbank met meerdere jaarklassen en met een gevarieerde gemeenschap. Vestiging van Japanse oesters in bestaande mosselbanken blijkt een algemeen verschijnsel in de Waddenzee, wat resulteert in een hoger bedekkingspercentage aan schelpdieren en een afnemende biomassa mosselen. De banken van meerdere jaren oud blijken een stabiel en langdurig (decennia) verschijnsel te zijn op een bepaalde locatie, al kunnen individuele mosselen, bankdelen en complete banken ook verdwijnen en veel korter aanwezig zijn.

Ondanks de overeenkomsten in algemene ontwikkeling zoals hierboven beschreven, zijn er jaarlijks grote verschillen te zien in de ontwikkeling van individuele mosselbanken die in deze studie gevolgd zijn. Sommige banken nemen in oppervlak en bedekking af, andere nemen juist toe of veranderen nagenoeg niet. Op sommige mosselbanken vindt er bijvoorbeeld een mossel- of oesterbroedval plaats, op andere niet. Folmer et al. hebben de dynamiek in bankgrootte van litorale mosselbanken aanwezig in de Nederlandse en Duitse Waddenzee bestudeerd voor de periode 1999-2010 en kwamen tot de conclusie dat groei van banken uit verschillende stroomgebieden niet synchroon verloopt (Folmer et al., 2014). De auteurs stellen dat lokale verschillen in de verspreiding van mossellarven en de barrière die de uitstroom van rivieren hierin vormt, mogelijk belangrijk zijn. Beukema et al. vonden wel gelijktijdige groei van mosselbanken over grote gebieden (> 100 km) na koude winters (Beukema et al., 2015). De auteurs stellen dat de bestudeerde periode in de studie van Folmer (e.a.) te kort was en geen strenge winters bevatte om deze relatie op te merken.

Onderzoek wijst uit dat veel verschillende factoren bepalend zijn voor de overleving en ontwikkeling van litorale mosselbanken en dat deze ook samenhangen met eigenschappen en de levensfase van de mosselbank zelf (Dankers & Fey, 2015). Zo wordt mosselbroedval op een bank bepaald door aanvoer van mossellarven met waterstromen die bovendien voldoende groot (en zwaar) moeten zijn om te kunnen bezinken op momenten met weinig stroming (Dankers & Fey, 2015). Het moment waarop de larven groot genoeg gegroeid zijn om zich op de bodem te vestigen, wordt mede bepaald door het daaraan voorafgaande moment waarop de mosselen hun zaad- en eicellen uitscheiden (afhankelijk van de watertemperatuur) en door de groeisnelheid van de larven, wat weer afhankelijk is van onder andere voedselcondities (Gosling, 1992). Succesvolle vestiging van mossellarven wordt mede bepaald door het substraat waarbij in ieder geval mosselen zelf (Kangeri et al., 2014), kokkels, Japanse oesters, dode schelpen en de kokers van kokerwormen (Callaway, 2003; Dankers & Fey, 2015; Pulfrich, 1996) geschikt blijken te zijn. Direct na vestiging is predatie door krabben en garnalen belangrijk (Waser, 2018; Van der Veer et al., 1998; Dankers & Fey, 2015). In alle levensfasen van mosselbanken kan erosie van bankdelen door golven, stromingen en ijsvorming belangrijk zijn

(Donker, 2015) en kunnen er grote verliezen optreden door predatiedruk uitgeoefend door vogels (Waser, 2018). Ook bankeigenschappen zelf zijn van belang. De ruimtelijke structuur van de mosselen (Liua et al., 2013), de ligging ten opzichte van overheersende stroomrichting, het reliëf en de aan- dan wel afwezigheid van mosselbulten (Donker, 2015) bepalen onder andere de gevoeligheid van mosselbanken voor erosie door golven en stromingen en de beschikbaarheid van voedsel. De voedselbeschikbaarheid wordt verder bepaald door de ligging van de bank ten opzichte van geulen die voor aanvoer van algen (voedsel) zorgen en de hoogteligging, die bepaalt hoe lang de bank onder water staat en dus hoe lang mosselen de tijd hebben het water te filteren (Dankers & Fey, 2015). Japanse oesters kunnen mosselen bescherming bieden en verliezen door predatie verminderen (Waser et al., 2015; Scheiffarth et al., 2007; Markert et al., 2013). Tegelijk nam in de meeste banken de mosselconditie af bij toename van de Japanse oester biomassa (Waser et al., 2015). Omdat zowel Japanse oesters als mosselen water filtreren en algen consumeren, treedt er competitie om voedsel op.

Van der Meer et al. (2018) hebben de bankoverleving (een bank als een individu) geanalyseerd voor een groot aantal banken voor de jaren 2000 tot en met 2013. Deze analyse laat zien dat de bankoverleving in de eerste vijf jaar na het ontstaan van een mosselbank gering is. Veel nieuwgevormde banken verdwijnen binnen de eerste vijf jaar. De overlevingskansen na de eerste vijf jaar nemen sterk toe. De overlevingskansen zijn daarnaast groter dan gemiddeld voor mosselbanken waarin ook Japanse oesters (zgn. 'gemixte' banken) aanwezig zijn. Hieruit volgt dat met name de ontwikkeling gedurende de eerste vijf jaar na het ontstaan van de bank bepaalt of de bank zich voor een lange periode kan handhaven.

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

5 Aanbevelingen

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

De in 2018 nieuwgevormde banken Schiermonnikoog (640), Zuidoost Lauwer-Zuid (607) en Rottumeroog-Horsbornzand (727) zijn inmiddels tot hun derde levensjaar gevolgd. Het wordt aanbevolen deze banken ook de komende jaren te blijven monitoren. Hiernaast zouden ook nieuwgevormde banken aan het programma toegevoegd kunnen worden. De bemonsteringsinspanning zal dan wel verdeeld moeten worden tussen de reeds opgenomen oude mosselbanken en de nieuw opgenomen banken, waarbij mogelijk niet elke bank elk jaar bezocht wordt. Omdat de veranderingen in oudere banken minder groot zijn dan in de nieuwe banken, wordt aanbevolen de jonge banken wel en de oudere banken niet in alle gevallen elk jaar mee te nemen.

In het huidige monitoringsprogramma worden metingen uitgevoerd om daarmee de bankligging, maar ook andere eigenschappen die van belang zijn voor hun vitaliteit en functie, te bepalen zoals de bedekking met mosselen. In de huidige situatie worden deze metingen handmatig verricht, waarbij de ruimtelijke dekking en het detailniveau dat verkregen kan worden op onderdelen beperkt is. De snelle ontwikkeling van remote sensing-technieken zoals UAV (Unmanned Aerial Vehicle oftewel drones) enerzijds en de ontwikkeling in computer vision anderzijds doet vermoeden dat het mogelijk is relevante gegevens, zoals de ligging en grootte van mosselpatches, betrouwbaar en op een hoog detailniveau te verkrijgen. In potentie is het ook mogelijk andere relevante informatie in te winnen die nu in zijn geheel niet gemeten (kan) wordt(en), zoals de hoogteligging en het reliëf van de bank. Een eerste verkenning met hoge detailbeelden opgenomen met een UAV wijst inderdaad uit dat het mogelijk is mosselpatches te identificeren op het hiermee verkregen beeldmateriaal. Het is echter belangrijk om de techniek verder te ontwikkelen, de verkregen resultaten te valideren en de potentie ervan verder te onderzoeken. Het wordt aanbevolen om deze techniek verder te ontwikkelen in het kader van dit onderzoek. Getoetst moet worden hoe goed de techniek werkt voor de banken die in dit programma opgenomen zijn, met onder andere een andere mossel-Japanse oestersamenstelling en hoe deze zich verhoudt tot de gegevens zoals ze tot nu toe verkregen worden (lopen van contour en bedekkingsraaien met hand-gps). Op termijn is het dan in potentie mogelijk het lopen van de contour en bedekkingsraaien achterwege te laten en over te stappen op het gebruik van een UAV, waarmee het de verwachting is dat met eenzelfde inspanning steeds gedetailleerdere informatie verkregen kan worden die belangrijk is voor de (vroeg) bankoverleving. Ook kan in potentie onderzocht worden wat het effect van de aanwezigheid van een mosselbank is op de hoogteligging en sedimentsamenstelling van zijn directe omgeving.

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

6 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

Literatuur

- Asmus, R.M. & H. Asmus (1991) Mussel beds: limiting or promoting phytoplankton? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 148:215-32.
- Beukema, J.J., R. Dekker, M.R. van Stralen, J. de Vlas (2015) Large-scale synchronization of annual recruitment success and stock size in Wadden Sea populations of the mussel *Mytilus edulis* L. *Helgol Mar Res* (69), pp 327 – 333.
- Brinkman, A.G., T. Bult, N. Dankers, A. Meijboom, D. den Os, M.R. van Stralen, J. de Vlas (2003) Mosselbanken kenmerken, oppervlaktebepaling en beoordeling van stabiliteit. Alterra rapport 707. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Bruins, R.W.B., 1983. *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) op Texel. Correspondentieblad van de Nederlandse Malacologische Vereniging 215, 1436–1438.
- Buschbaum, C.S., Dittmann, J.S Hong, I.S Hwang, M. Strasser, M. Thiel, N. Valdivia, S.P. Yoon, K. Reise (2009) Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgoland Marine Resources* 63:47-58.
- Callaway, R. (2003) Long-term effects of imitation polychaete tubes on benthic fauna: they anchor *Mytilus edulis* (L.) banks. *Journal Experimental Marine Biology Ecology* (283), pp 115-132.
- Dame, R.F., N. Dankers, T. Prins, H. Jongsma & A. Smaal (1991) The influence of mussel beds on nutrients in the western Wadden Sea and Eastern Scheldt estuaries. *Estuaries* 130-138-14.
- Dame, R.F. (2011) *Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach*, 2nd edition. Boca Raton, FL, CRC Marine Sciences. 283 pp.
- Dankers, N. & K. Koelemaij (1989) Variations in the mussel population of the Dutch Waddensea in relation to monitoring. *Helgwiss. Meeresunters.* 43: 529–535.
- Dankers, N., A. Meijboom, J.S.M. Cremer, E.M. Dijkman, Y. Hermes, L. te Marvelde (2003) Historische ontwikkeling van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 876. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Dankers, N, A. Meijboom, M. de Jong, E. Dijkman, J. Cremer & S. van der Sluis (2004) Het ontstaan en verdwijnen van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 921. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Dankers, N., J. Cremer, E. Dijkman, S. Brasseur, K. Dijkema, F. Fey-Hofstede, M. de Jong, C. Smit (2006) *Ecologische Atlas Waddenzee*. IMARES Wageningen UR, Texel.
- Dankers, N. & F. Fey-Hofstede (2015) *Een zee van Mosselen*. Handboek ecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee. Lisse, pp. 108.
- Diederich, S. (2005) Invasion of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the Wadden Sea: competitive advantage over native mussels. PhD thesis, University of Kiel, Germany, 154 pp.
- Dijkema, K.S., G. Van Tienen & J.J. Van Beek (1989) *Habitats of the Netherlands, German and Danish Wadden Sea 1:100 000*. Research Institute for Nature Management, Texel/Veth Foundation, Leiden: 24 maps.

-
- Drinkwaard, A.C., (1999) Introductions and developments of oysters in the North Sea area: a review. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 301–308.
- Donker, J.J.A. (2015) Hydrodynamic processes and the stability of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. Thesis University Utrecht, pp 134.
- Ens, B.J. & D. Alting (1996) The effect of an experimentally created mussel bed on bird densities and food intake of the Oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Ardea*, 84A, 493-507.
- Folmer, E.O., J. Drent, K. Troost, H. Buttger, N. Dankers, J. Jansen, M. van Stralen, G. Millat, M. Herlyn, C.J.M. Philippart, C.J.M. (2014) Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytilus edulis* L.) bed coverage in the Gemena and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* (17), pp 550-566.
- Glorius, S.T., A. Meijboom, (2020) Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2019. WOT-technical report 192.
- Gosling, E.G. (1992) Reproduction, settlement and recruitment. In: *The Mussel Mytilus: ecology, physiology, genetics and culture*. Developments in aquaculture and fisheries science. Amsterdam: Elsevier. Pp 131-168.
- Gutiérrez, J.L., C.G. Jones, D.L. Strayer, O.O. Iribarne (2003) Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. *Oikos* 101: 79-90.
- Günther, C.P. (1996) Development of small *Mytilus* beds and its effects on resident intertidal macrofauna. *Mar. Ecol.* 17(1-3):117-130.
- Kangeri, A.K., J.M. Jansen, D.J. Joppe, N.M.J.A. Dankers (2014) In situ investigation of the effects of current velocity on sedimentary mussel bed stability. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (485), pp 65-72.
- Kochmann, J., C. Buschbaum, N. Volkenborn, & K. Reise (2008) Shift from native mussels to alien oysters: Differential effects of ecosystem engineers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364(1):1-10.
- Liua, Q.X., A. Doelman, V. Rottschafer, M. de Jager, P.M.J. Herman, N. Rietkerk, J. van de Koppel (2013) Phase separation explains a new class of selforganized spatial patterns in ecological systems. *PNAS*.
- 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. Coast. Shelf Sci.* 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.
- 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.

-
- Ministerie van LNV (2008) Profieldocument H1140 december NB-wet Natura 2000.
http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitattypen_1140.pdf
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016) Natura 2000-beheerplan Waddenzee, periode 2016 – 2022. pp 331.
- Nehls, G., I. Hertzler, G. Scheiffarth (1997) Stable mussel *Mytilus edulis* beds in the Wadden Sea: they're just for the birds. *Helgolander Meeresuntersuchungen* 51:361-72.
- Nehls, G., Diederich, S., Thieltges, D.W., Strasser, M., (2006). Wadden Sea mussel beds invaded by oysters and slipper limpets: competition or climate control? *Helgoland Marine Research* 60, 135-143.
- 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).
- Petersen, J.K., M. Maar, F. Mohlenberg and J.E.N. Larsen (2012) Benthic grazing impact: Coupling and uncoupling in relation to physical forcing. *Marine Ecology Progress Series* 463: 127-139.
- Prins, T.C., A.C. Smaal and R.F. Dame (1998) A review of the feedbacks between bivalve grazing and ecosystem processes. *Aquatic Ecology* 31: 349-359.
- Prins, T.C. & V. Escaravage (2005) Can bivalve suspension feeders affect pelagic food web structure? In: *The Comparative Roles of Suspension Feeders in Ecosystems*. R.F. Dame and S. Olenin. Dordrecht Springer: 31-51.
- Pulfrich, A. (1996) Attachment and settlement of post-larval mussels (*Mytilus edulis* L.) in the Schleswig-Holstein Wadden Sea. *J. Sea Res.* 36, pp 239-250.
- Ruesink JL, Lenihan HS, Trimble AC, Heiman KW, Micheli F, Byers JE, Kay MC (2005) Introduction of non-native oysters: ecosystem effects and restoration implications. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36:643-689.
- Scheiffarth G, Ens BJ, Schmidt A (2007) What will happen to birds when Pacific Oysters take over the mussel beds in the Wadden Sea? *Wadden Sea Newsletter* 33:10-14.
- Tsuchiya, M., M. Nishihira (1985) Islands of *Mytilus* as a habitat for small intertidal animals: effect of island size on community structure. *Mar Ecol Prog Ser* 25:71-81.
- Tsuchiya, M., M. Nishihira (1986) Islands of *Mytilus edulis* as a habitat for small intertidal animals: effect of *Mytilus* age structure on the species composition of the associated fauna and community organization. *Mar Ecol Prog Ser* 31:171-187.
- Troost K (2009) Pacific oysters in Dutch Estuaries: Causes of success and consequences for native bivalves PhD Thesis, University of Groningen, Groningen, The Netherlands.
- Troost, K. (2010) Causes and effects of a highly successful marine invasion: Case-study of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental NW European estuaries. *J. Sea Res.* 64, pp 145-165.
- Troost, K., M. van Asch, E. Brummelhuis, D. van den Ende, Y. van Es, K.J. Perdon, J. van der Pool, C. van Zweeden & J. van Zwol (2021) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2020. CVO rapport 21.001.

Tydeman, P. (1996) Ecologisch profiel van de wilde litorale mosselbank (*Mytilus edulis* L.). Rapport RIKZ 96.026. RIKZ, Den Haag.

Veer, H.W. van der, R.J. Feller, A. Weber, J. Witte, (1998) Importance of predation by crustaceans upon bivalve spat in the intertidal zone of the Dutch Wadden Sea as revealed by immunological assays of gut contents. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* (231), pp 139 – 157.

Waser, A.M. (2018) Predation on intertidal mussels: Influence of biotic factors on the survival of epibenthic bivalve beds. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands.

Waser, A.M., W. Splinter & J. van der Meer (2015) Indirect effects of invasive species affecting the population structure of an ecosystem engineer. *Ecosphere* 6(7):109.
<http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00437.1>

Zwarts, L. (1991) Mosselbanken: wadvogels op een kluitje. *Vogels* 66: 8–12.


Verantwoording

WOT-technical report: 212
BAPS-projectnummer: WOT-04-009-035.01
Rapport C102/21
Projectnummer: 431.81002.46

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: Isabella van der Ouderaa
collega onderzoeker

Handtekening:



Datum: 15 december 2021

Akkoord: Jakob Asjes
MT lid integratie

Handtekening:



Datum: 15 december 2021

Akkoord Extern contactpersoon

functie: Beleidsmedewerker Trilaterale Samenwerking in de Waddenzee

naam: Karst Jaarsma

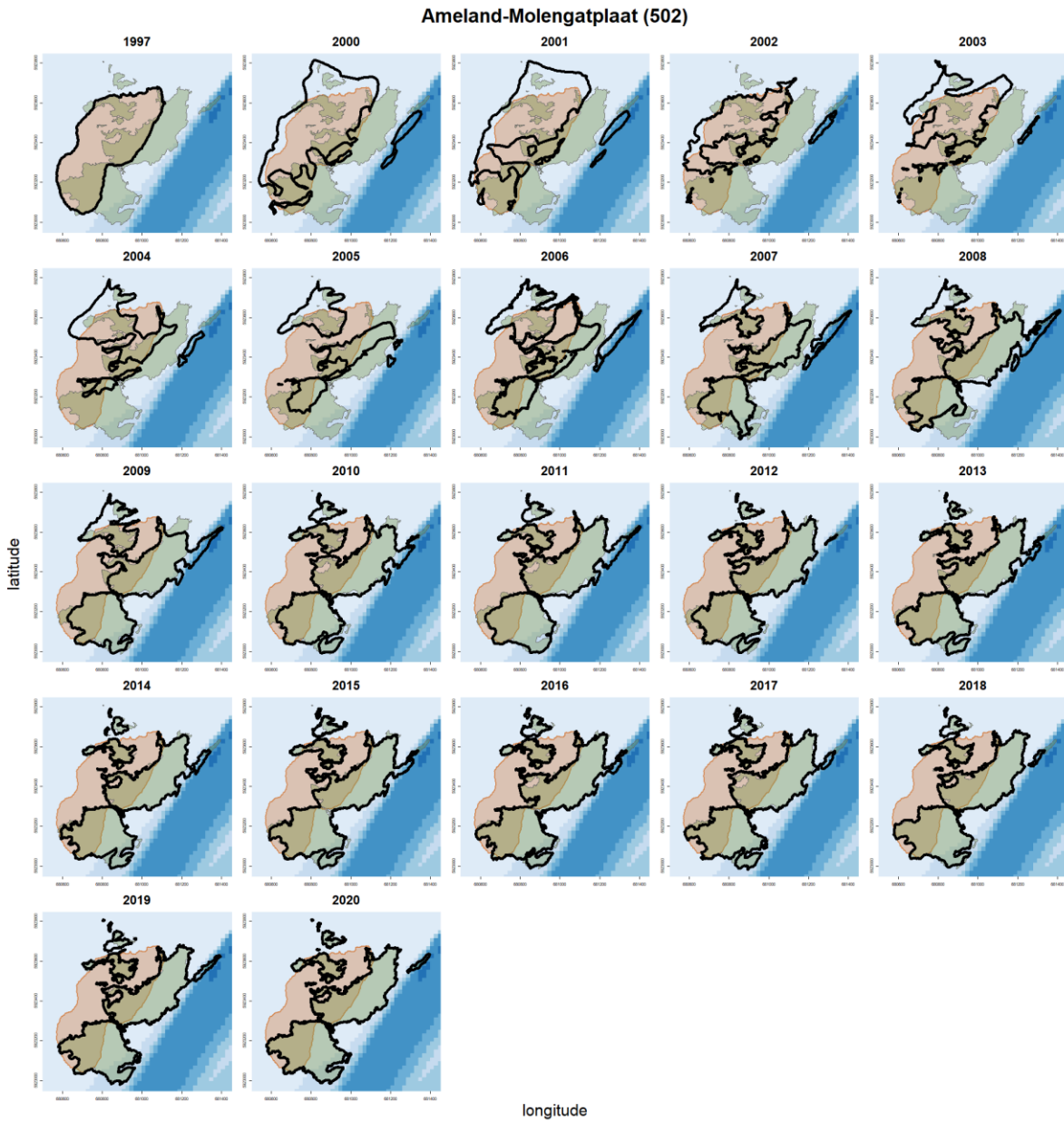
datum: 30-11-2021

Akkoord Intern contactpersoon

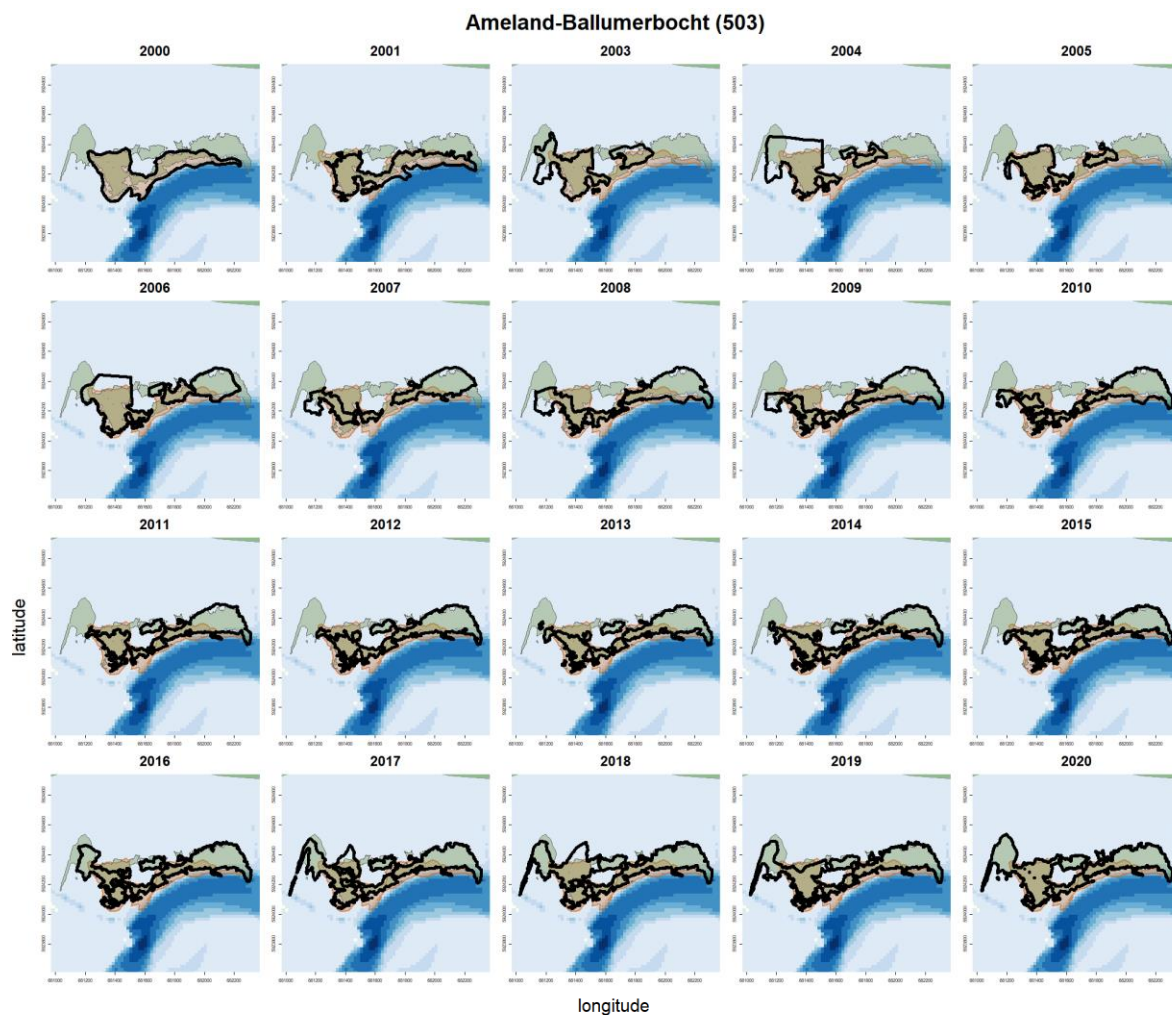
naam: Martin Baptist

datum: 9-12-2021

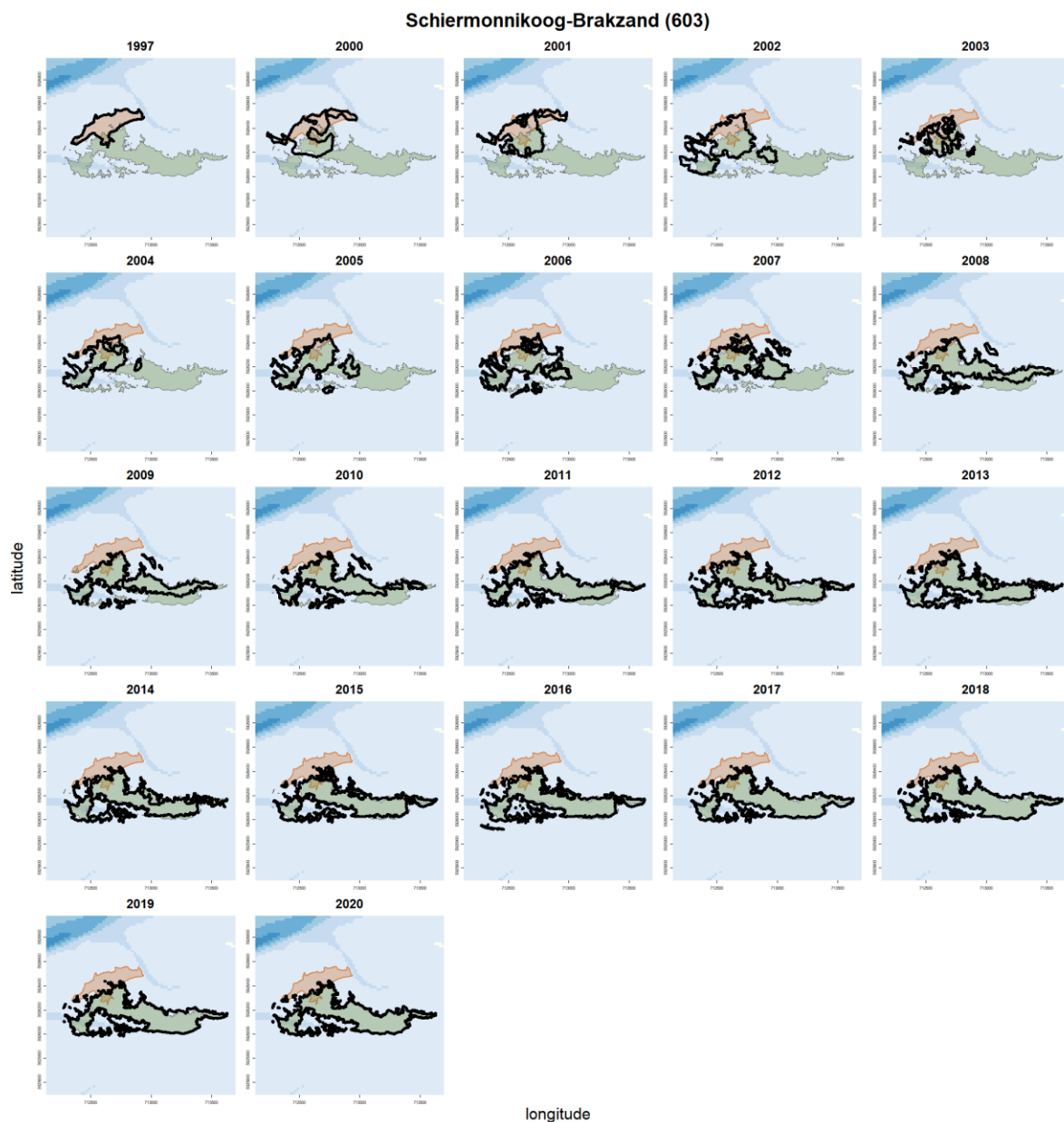
Bijlage 1 Bankcontouren per jaar



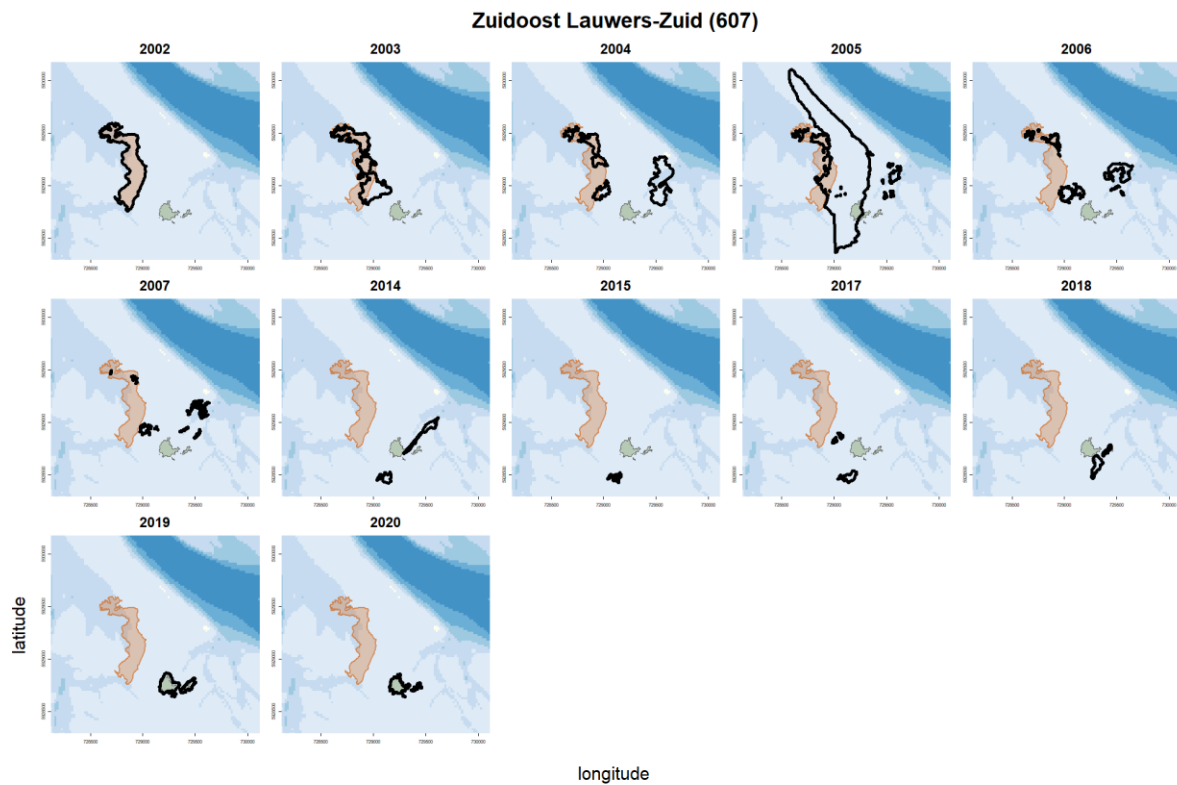
Figuur B1.1 De contouren voor mosselbank 502 (Ameland-Molengatplaat) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald is in de eerste meting van dit programma (1997) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald is in 2020 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald is in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omljnd.



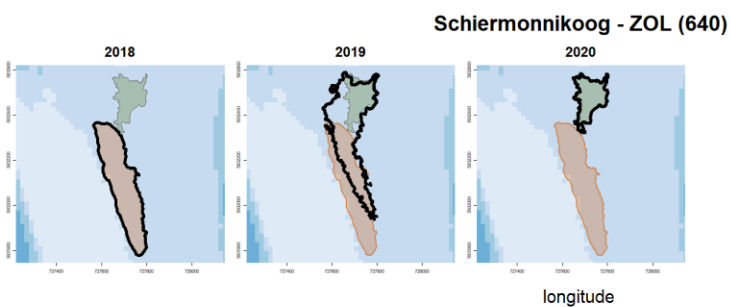
Figuur B1.2 De contouren voor mosselbank 503 (Ameland-Ballumerbocht) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2000) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2020 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.



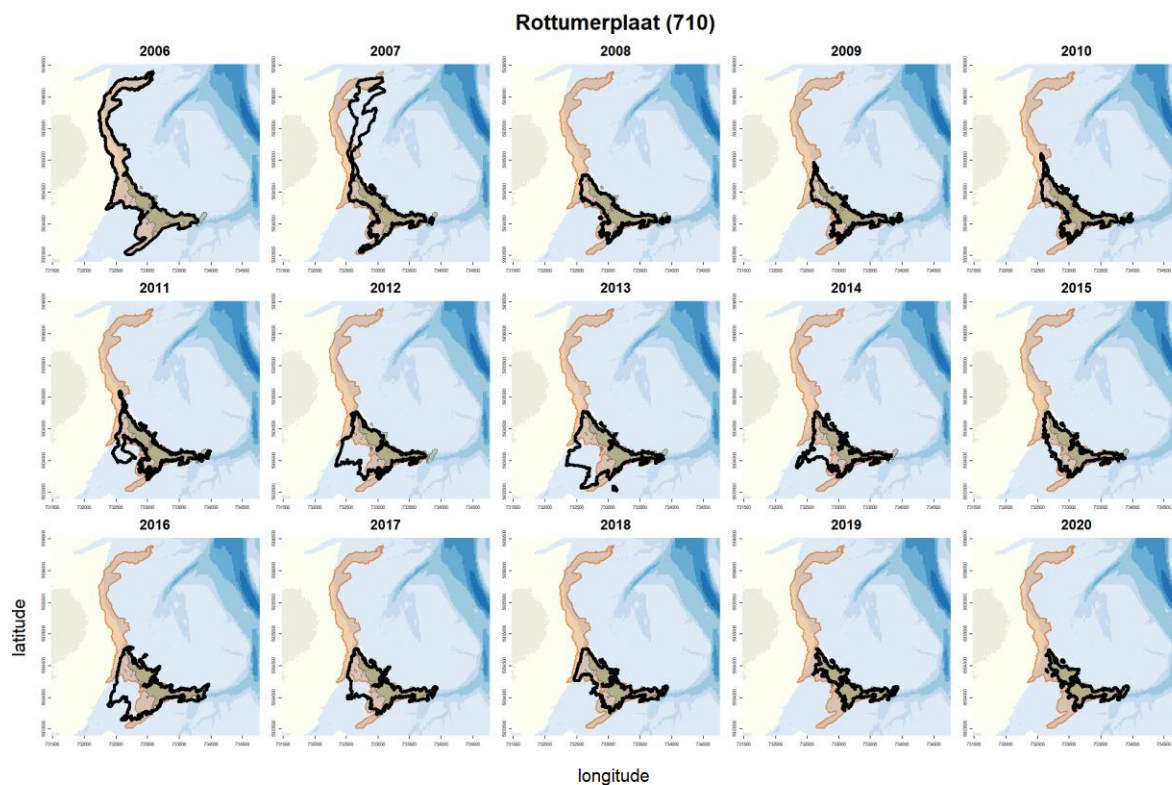
Figuur B1.3 De contouren voor mosselbank 603 (Schiermonnikoog-Brakzand) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (1997) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2020 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.



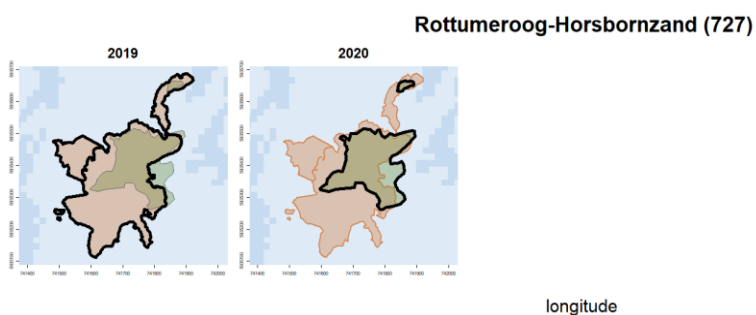
Figuur B1.4 De contouren voor mosselbank 607 (Zuid Oost Lauwers-Zuid) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2002) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2020 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omljnd.



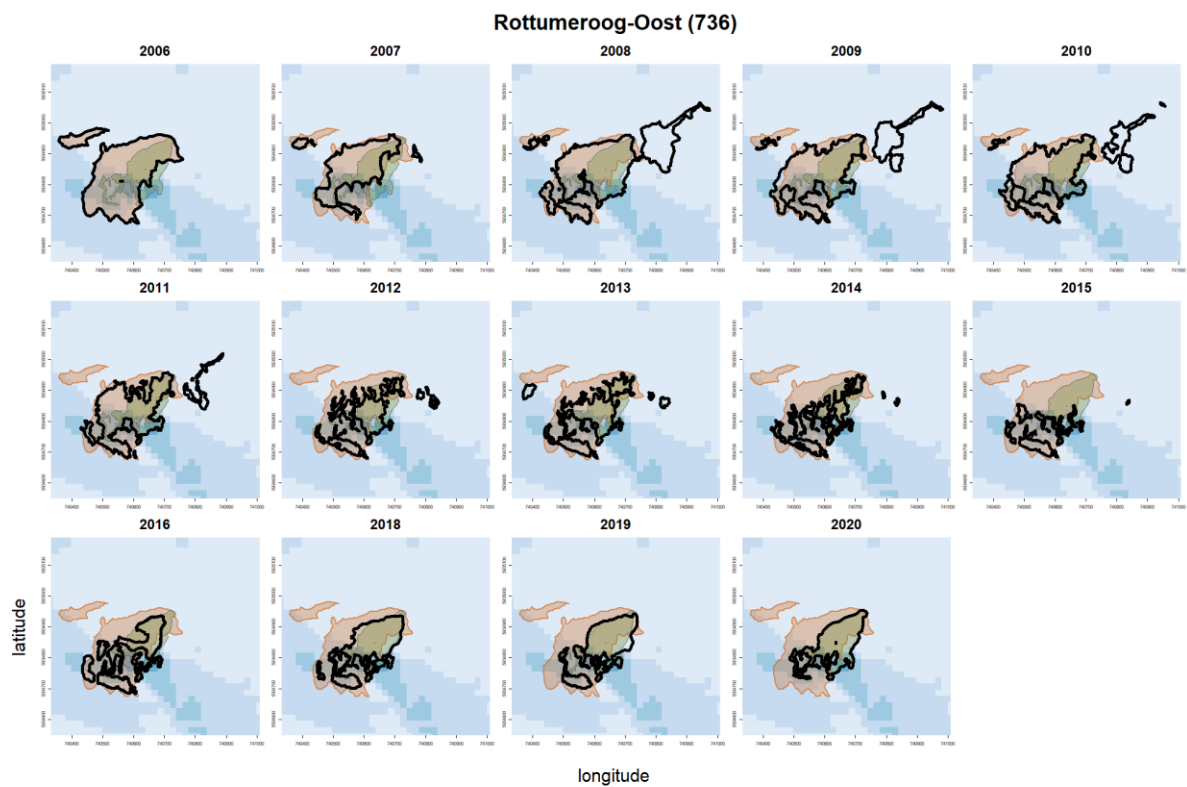
Figuur B1.5 De contouren voor mosselbank 640 (Schiermonnikoog-Zuidoost-Lauwers) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2018) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2020 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omljnd.



Figuur B1.6 De contouren voor mosselbank 710 (Rottumerplaat) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2006) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2019 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omljnd.

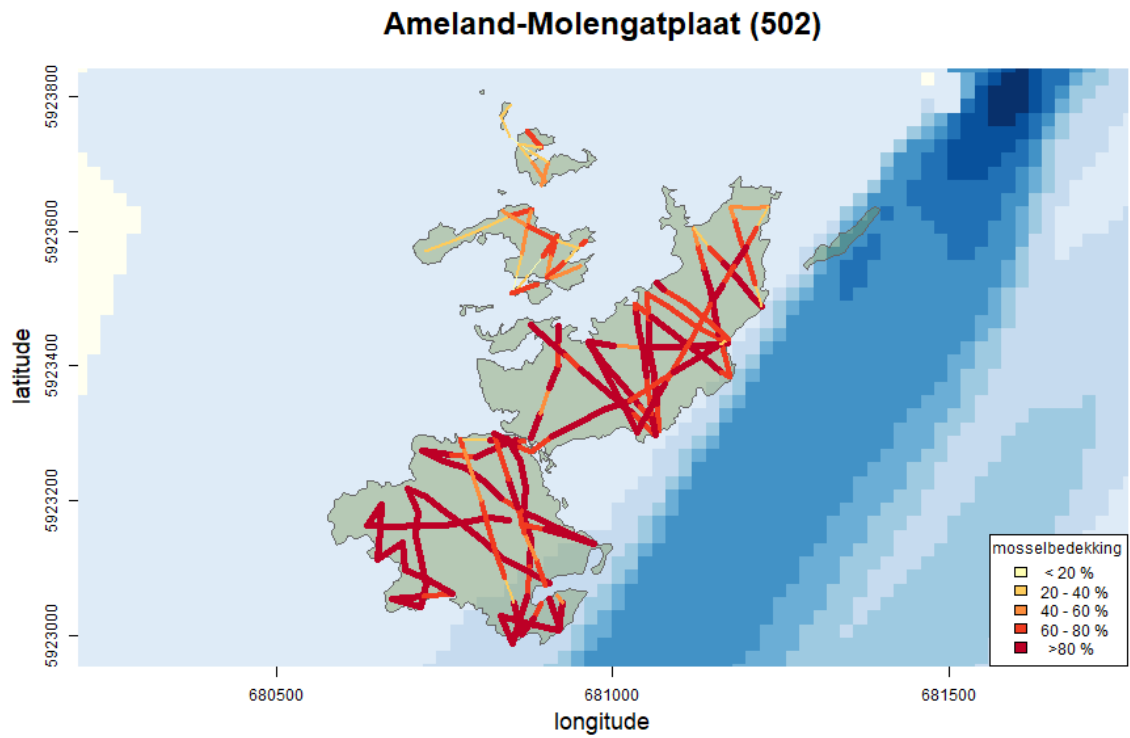


Figuur B1.7 De contouren voor mosselbank 727 (Rottumeroog-Horsbornzand) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2019) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2020 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omljnd.

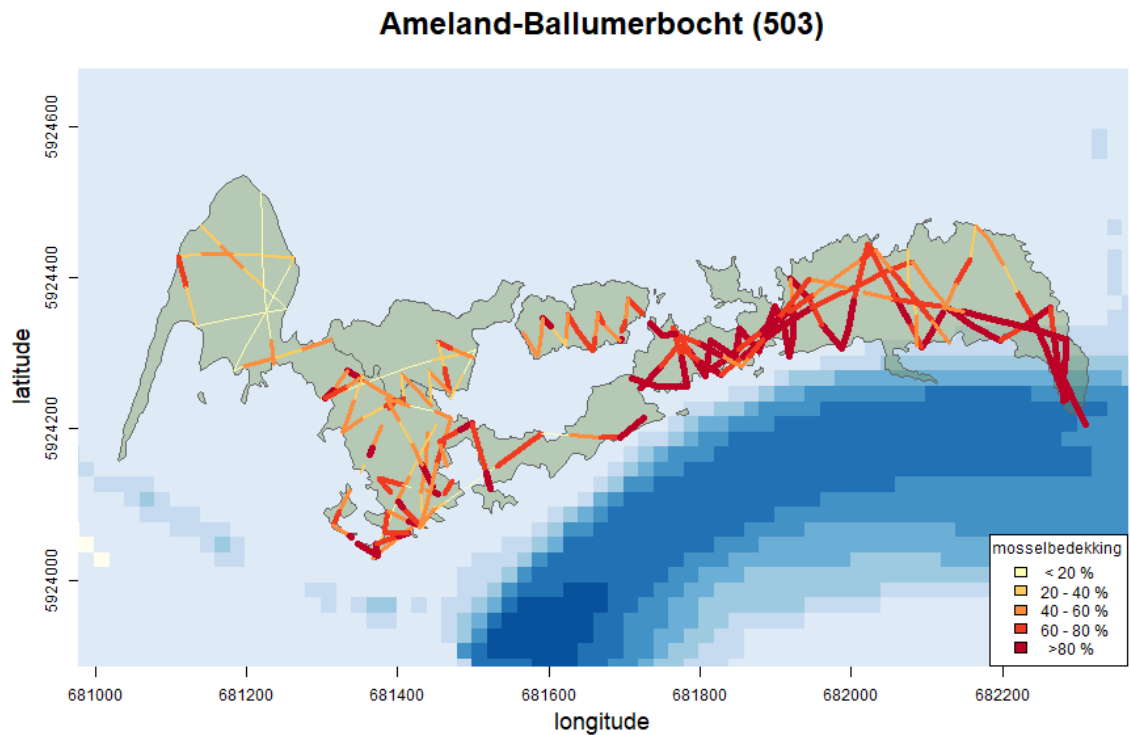


Figuur B1.8 De contouren voor mosselbank 736 (Rottumeroog-Oost) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma (2006) is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in 2020 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijke jaren is zwart omlijnd.

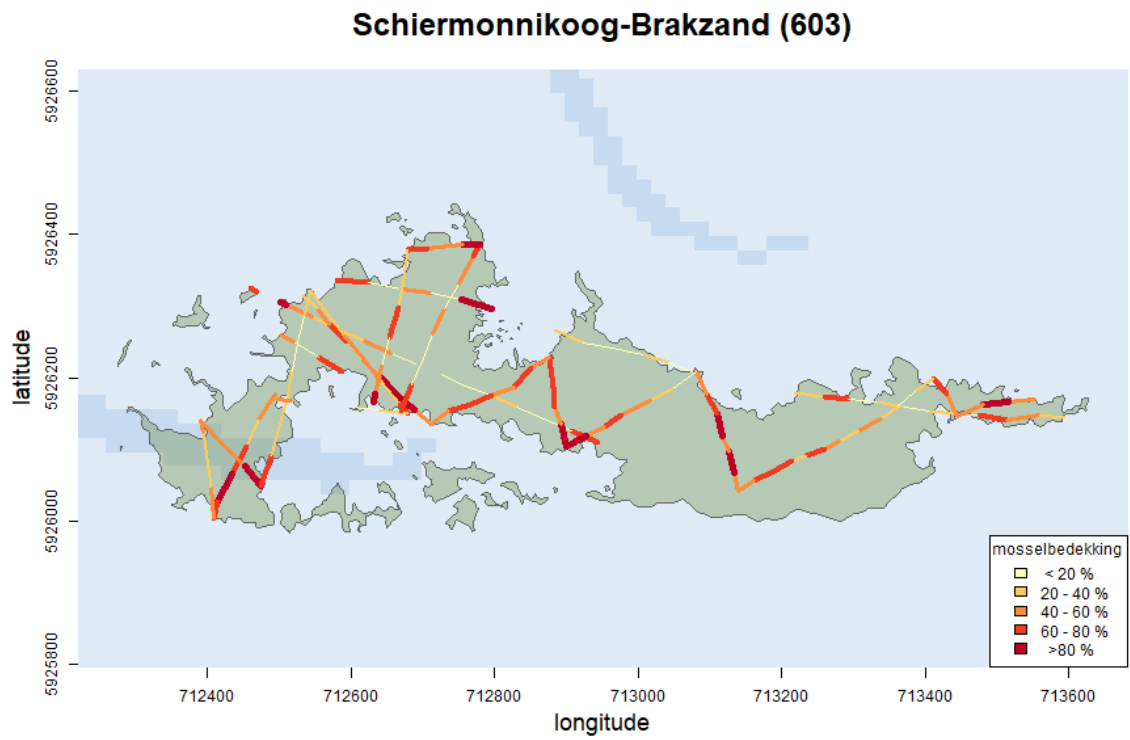
Bijlage 2 Kaart – mosselbedekking



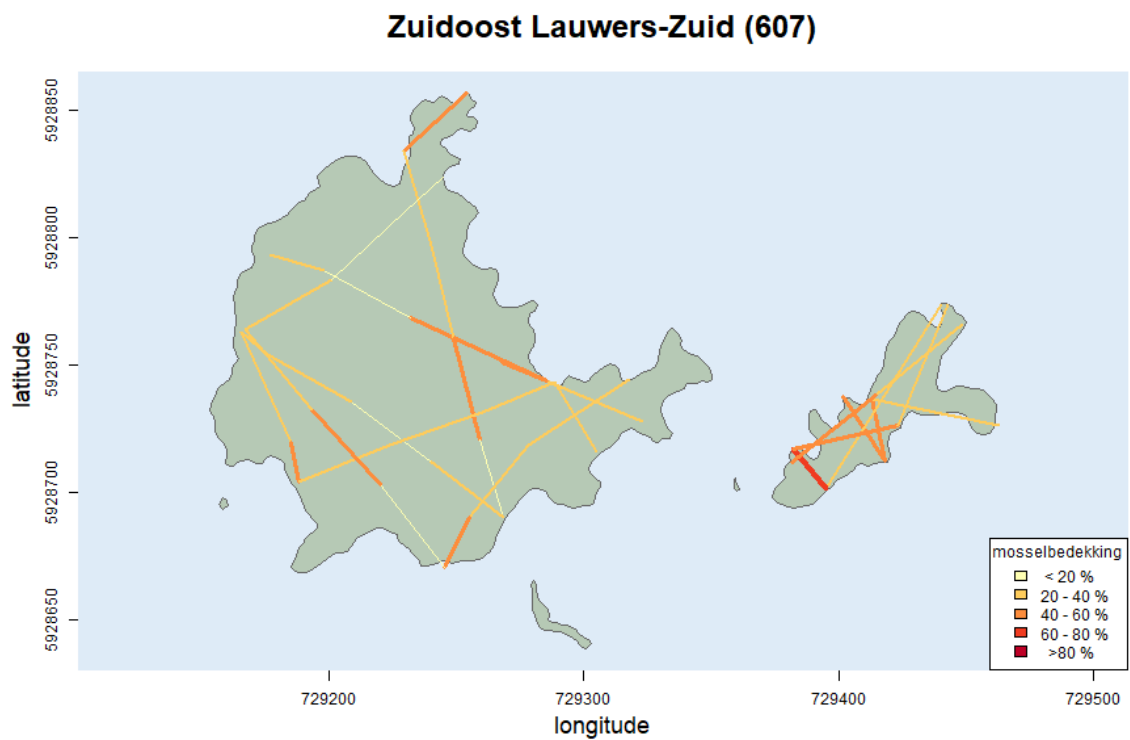
Figuur B2.1 Mosselbedekking op de subraai en op mosselbank 502 in 2020.



Figuur B2.2 Mosselbedekking op de subraai en op mosselbank 503 in 2020.

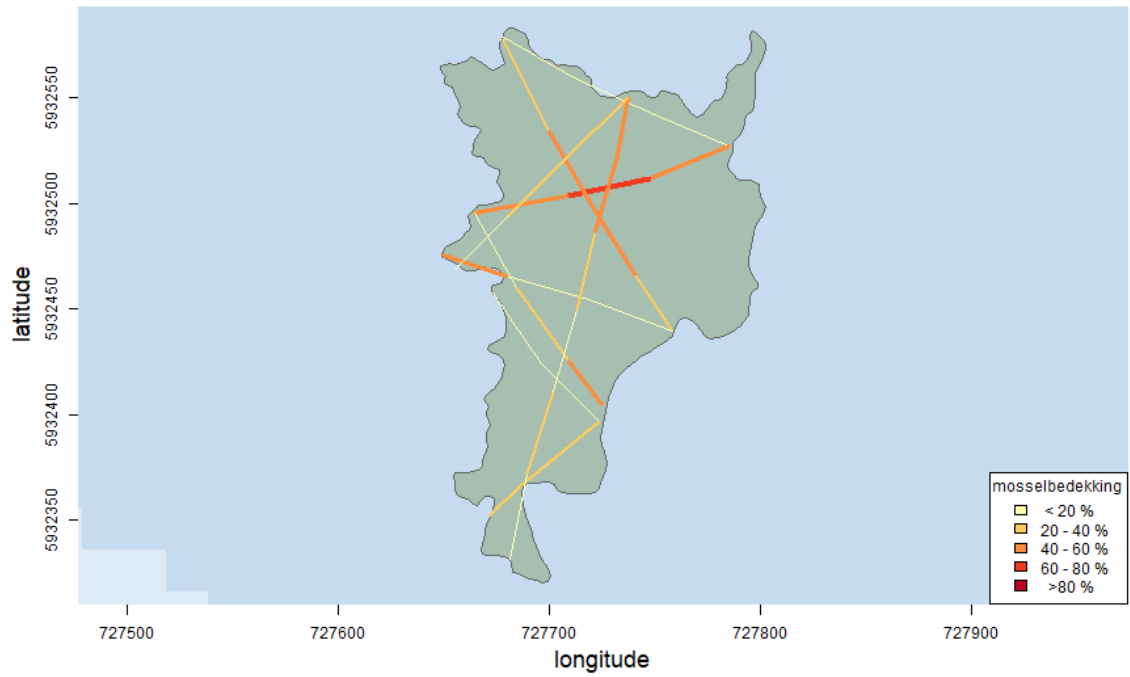


Figuur B2.3 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 603 in 2020.



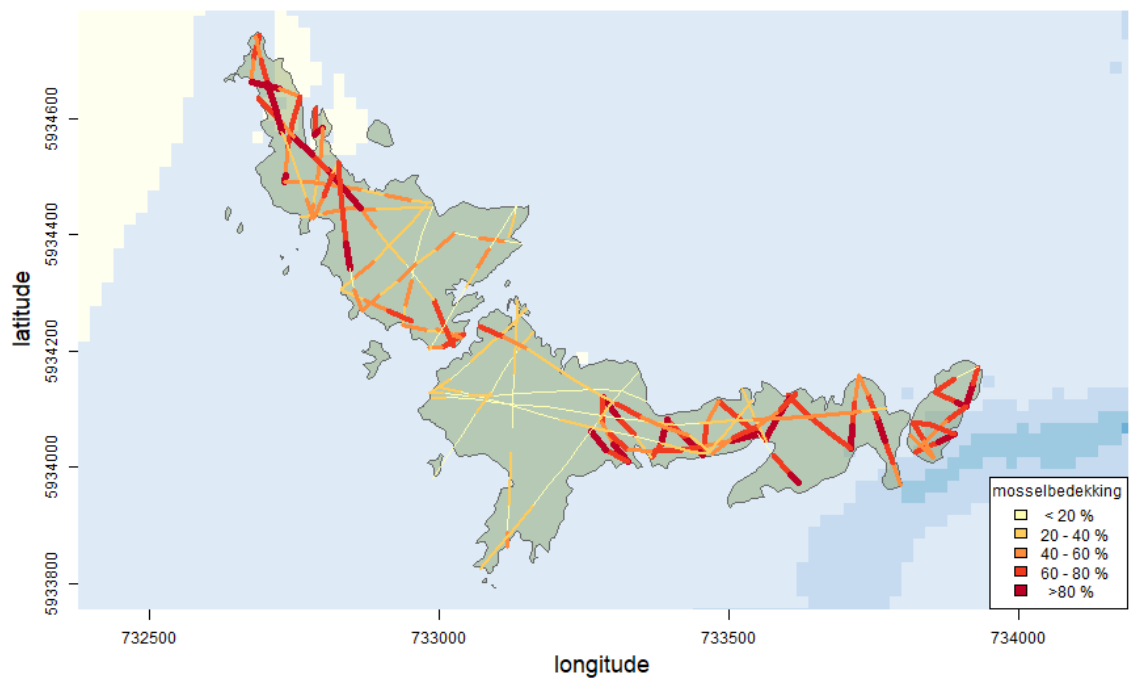
Figuur B2.4 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 607 in 2020.

Schiermonnikoog - ZOL (640)



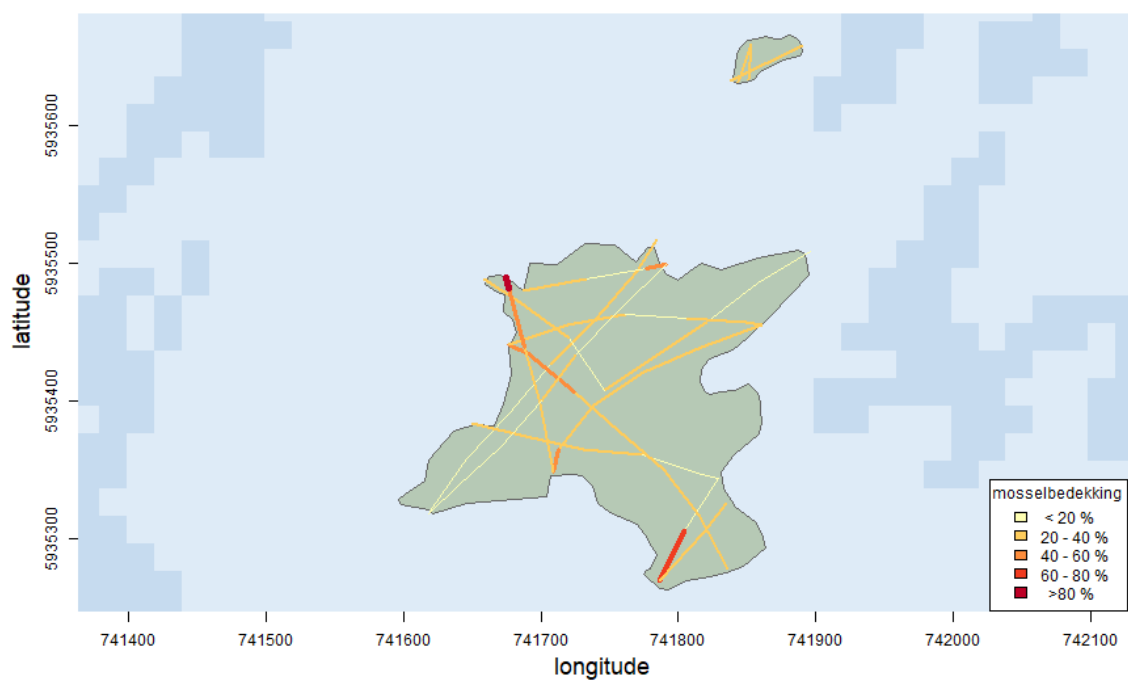
Figuur B2.5 Mosselbedekking op de subraaiens op mosselbank 640 in 2020.

Rottumerplaat (710)



Figuur B2.6 Mosselbedekking op de subraaiens op mosselbank 710 in 2020.

Rottumeroog-Horsbornzand (727)



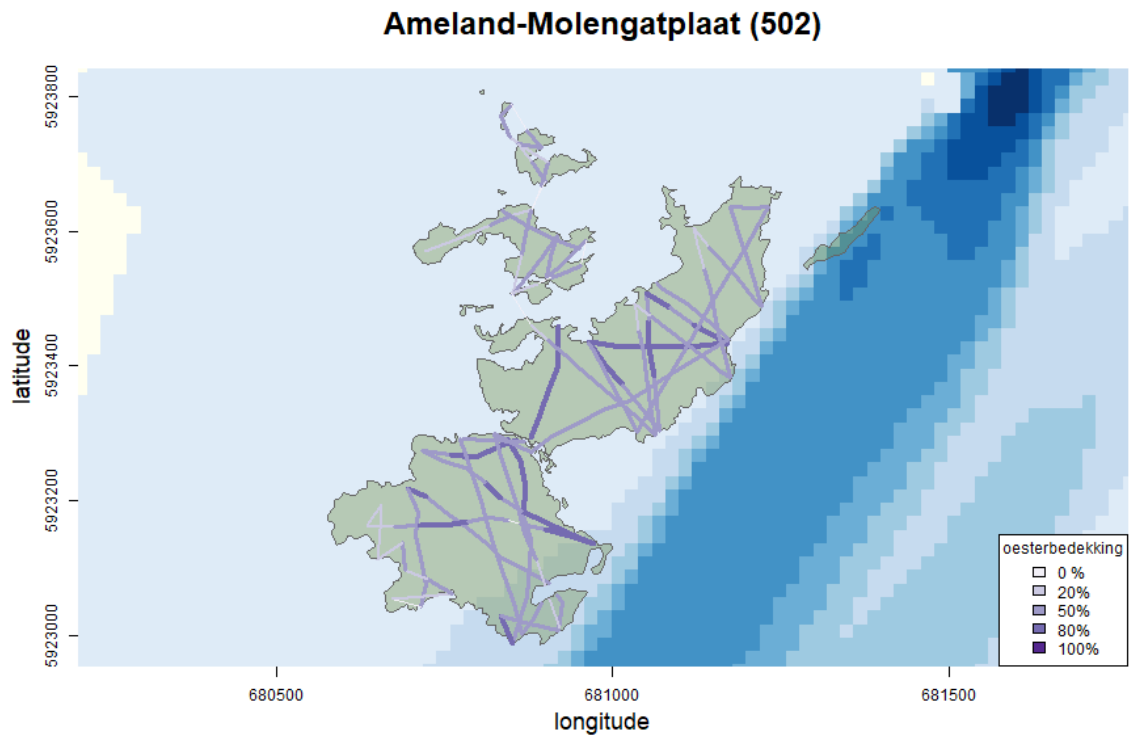
Figuur B2.7 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 727 in 2020.

Rottumeroog-Oost (736)

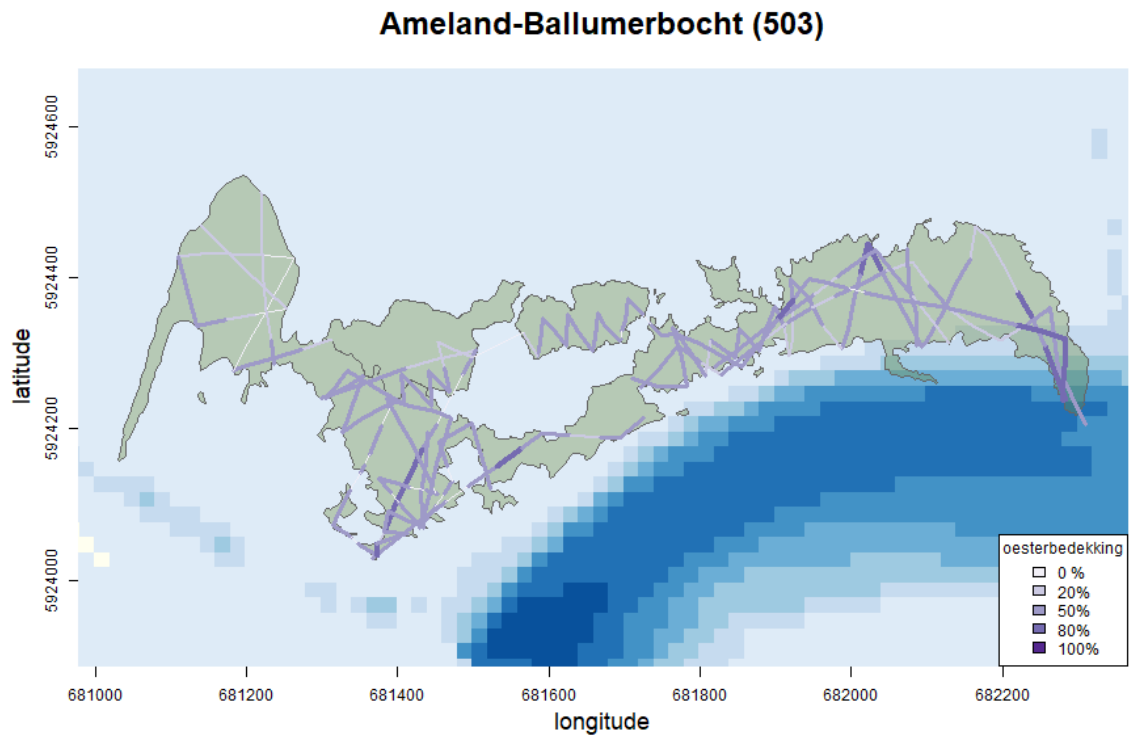


Figuur B2.8 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 736 in 2020.

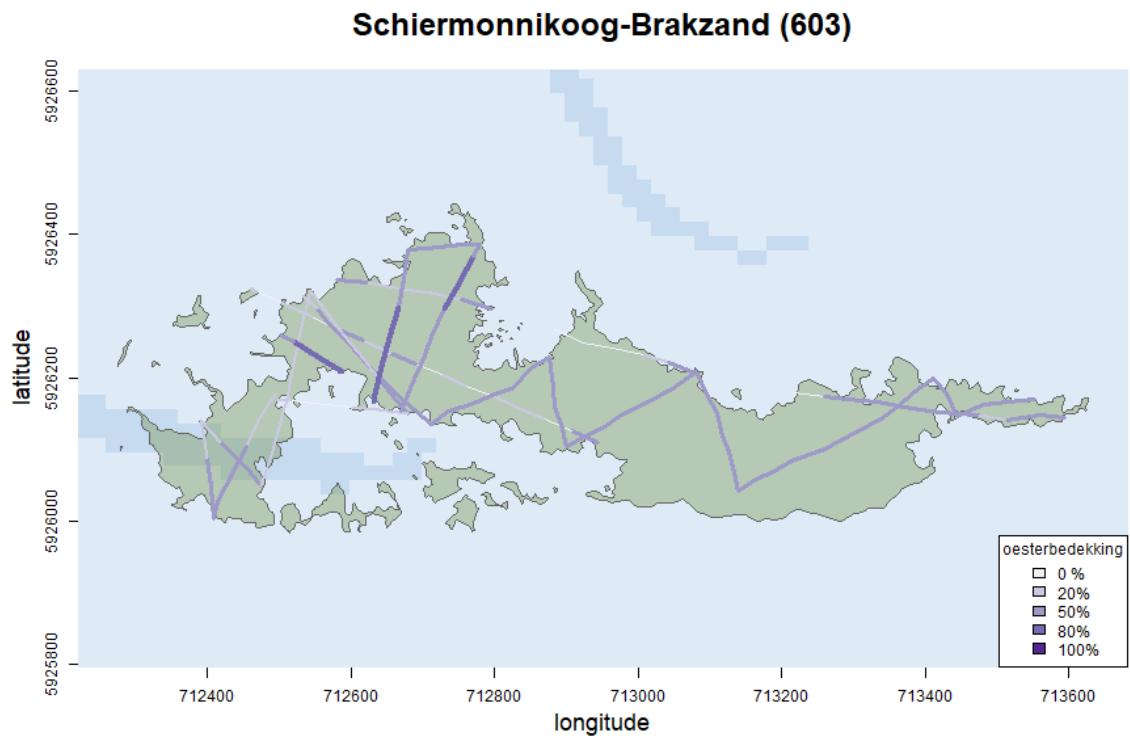
Bijlage 3 Kaart – Japanse oesterbedekking



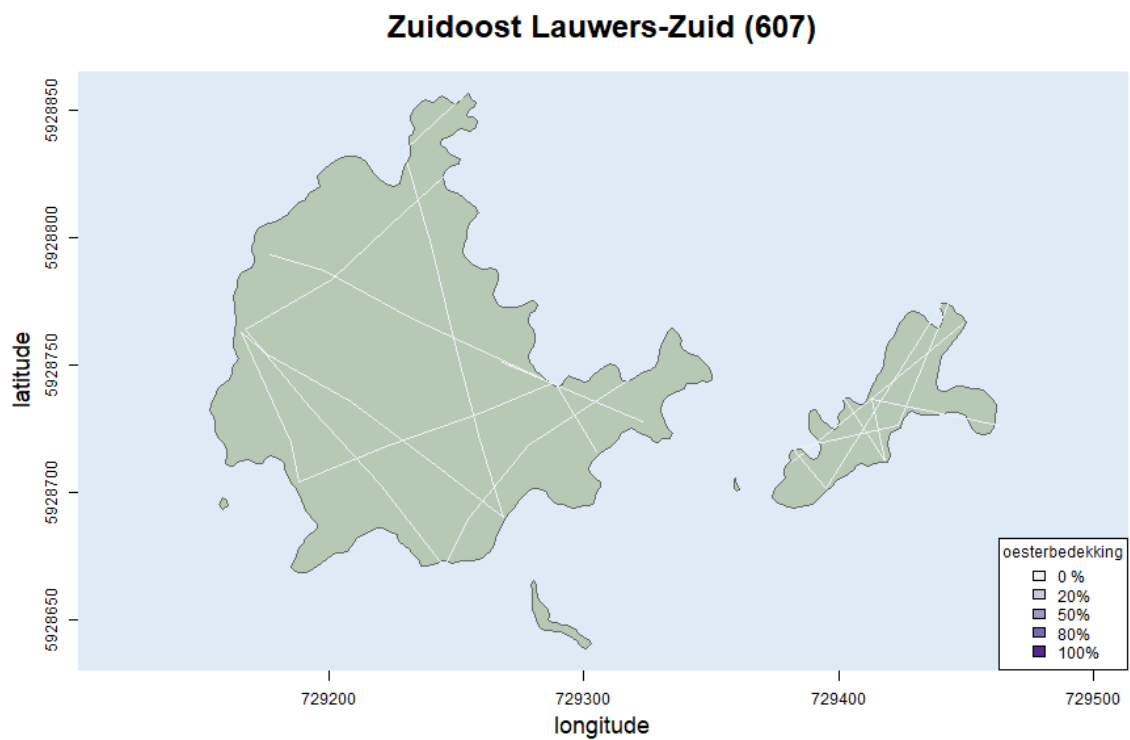
Figuur B3.1 Oesterbedekking op de subraaiens op mosselbank 502 in 2020.



Figuur B3.2 Oesterbedekking op de subraaiens op mosselbank 503 in 2020.

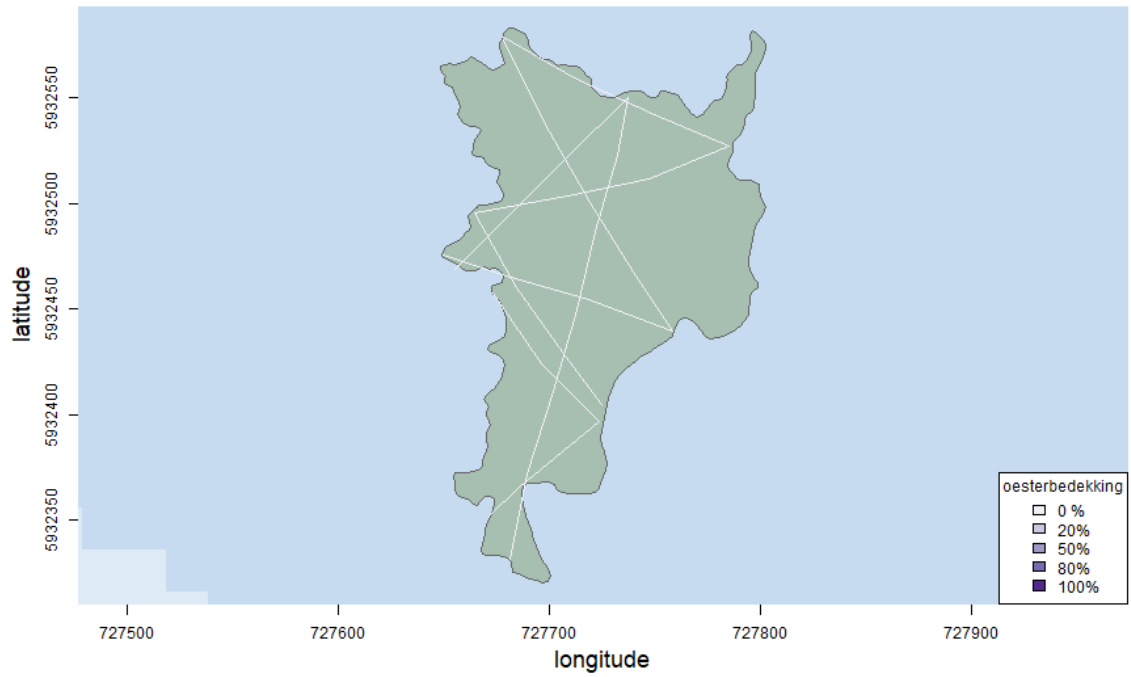


Figuur B3.3 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 603 in 2020.



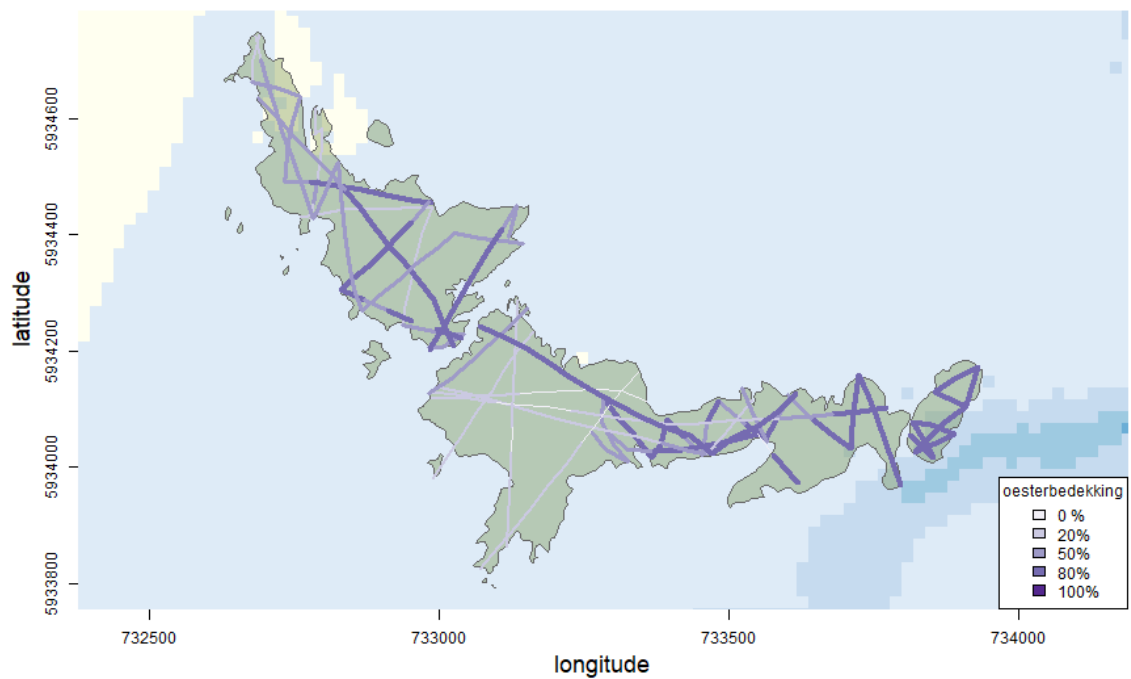
Figuur B3.4 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 607 in 2020.

Schiermonnikoog - ZOL (640)



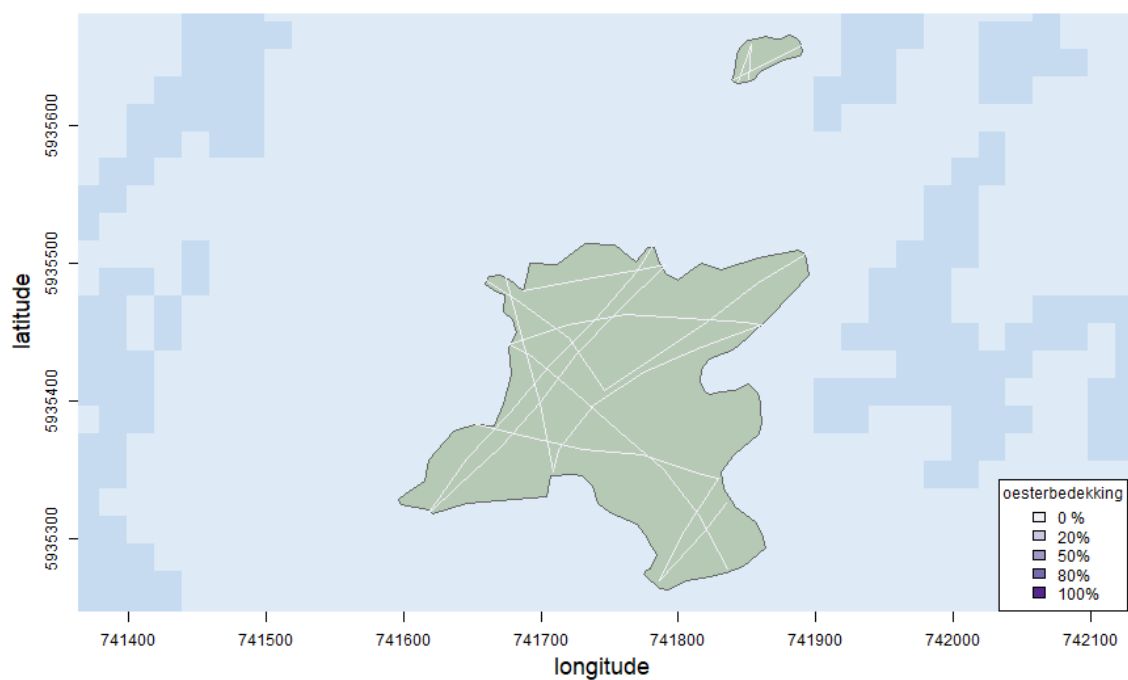
Figuur B3.5 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 640 in 2020.

Rottumerplaat (710)



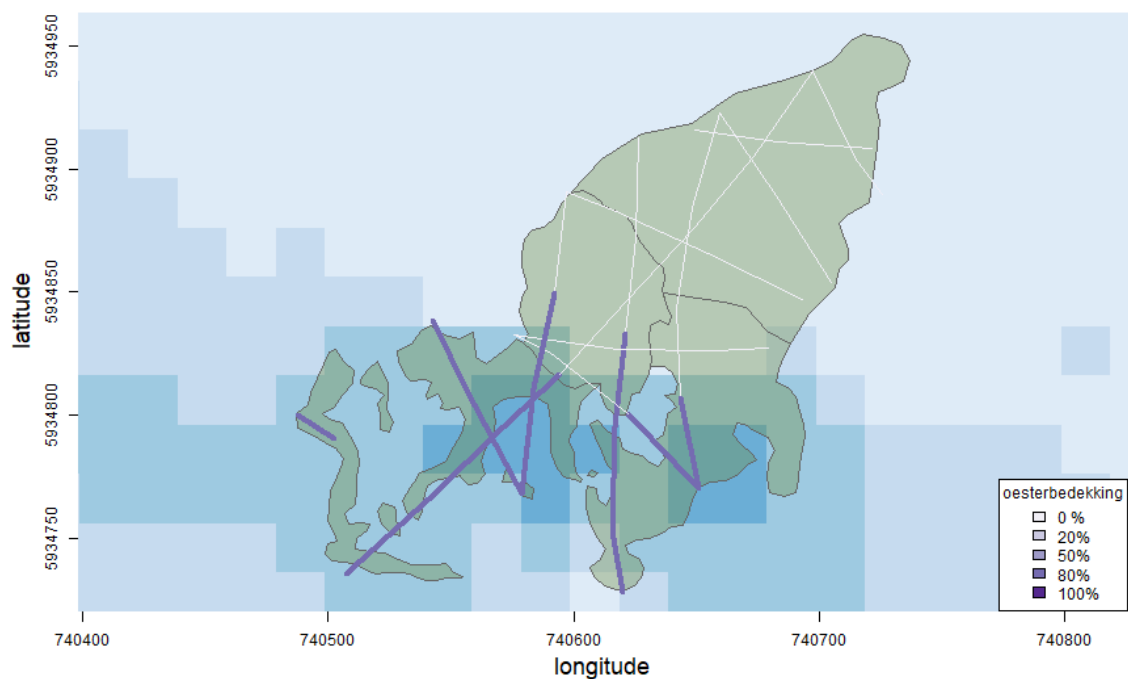
Figuur B3.6 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 710 in 2020.

Rottumeroog-Horsbornzand (727)



Figuur B3.7 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 727 in 2020.

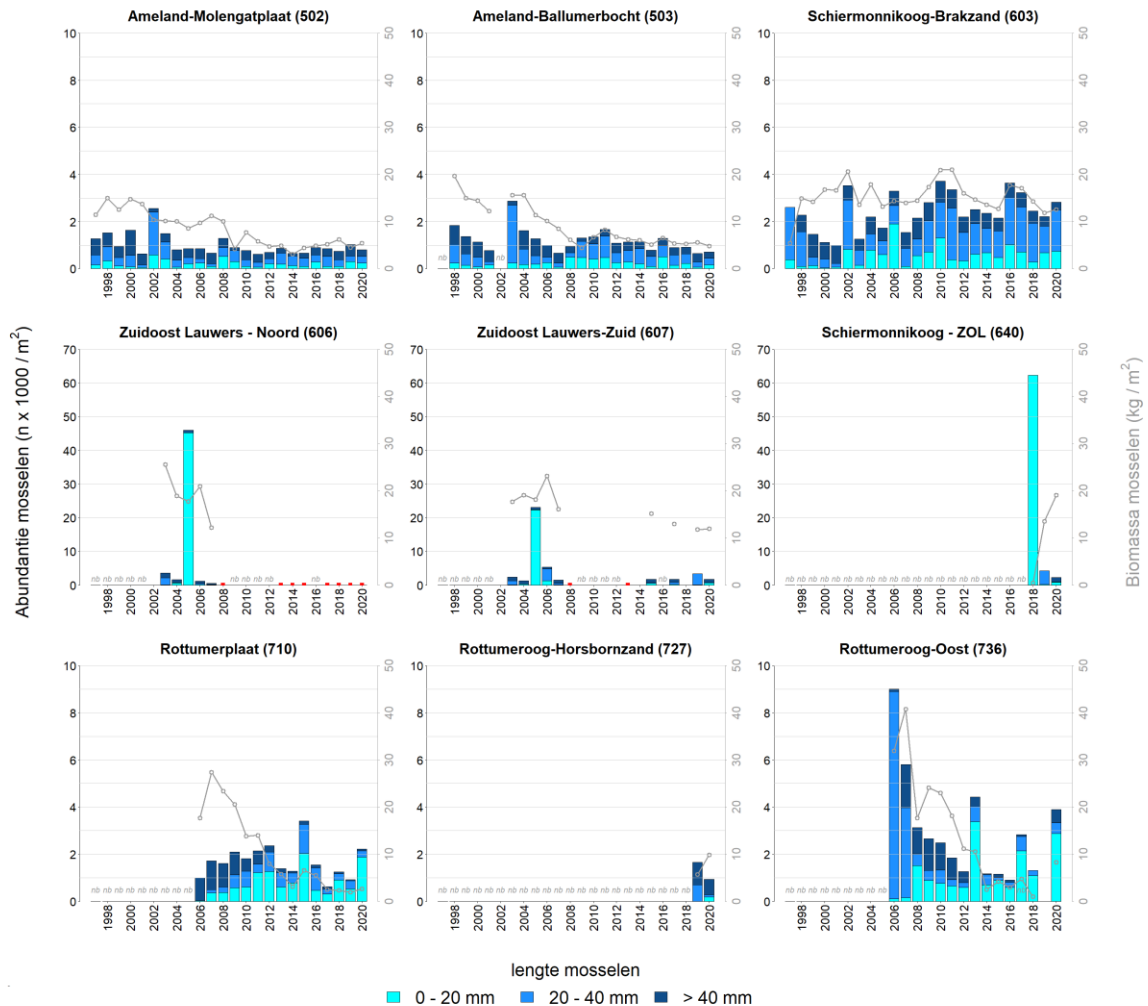
Rottumeroog-Oost (736)



Figuur B3.8 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 736 in 2020.

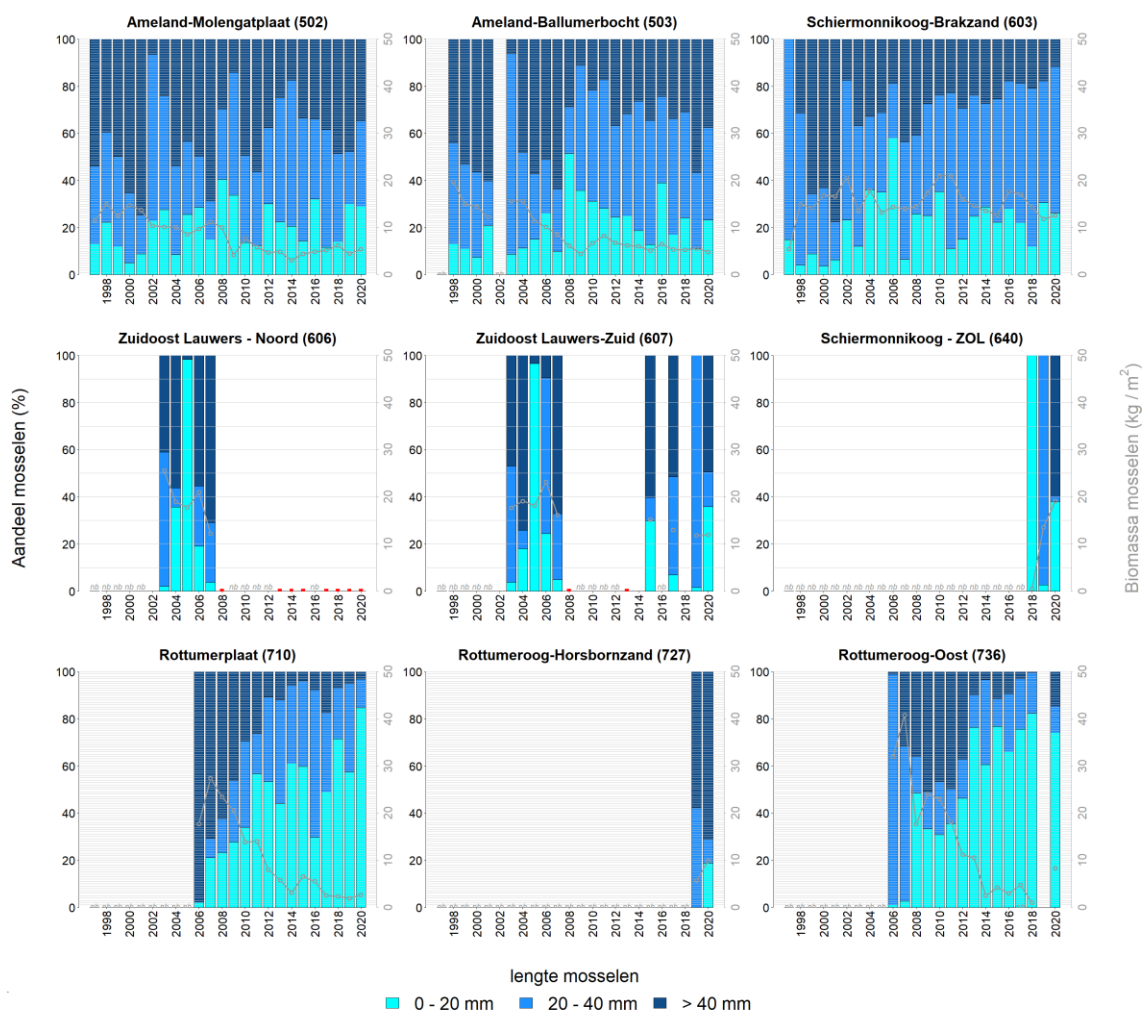
Bijlage 4 Ontwikkeling mosselpopulatie

Ontwikkeling van de mosselpopulatie



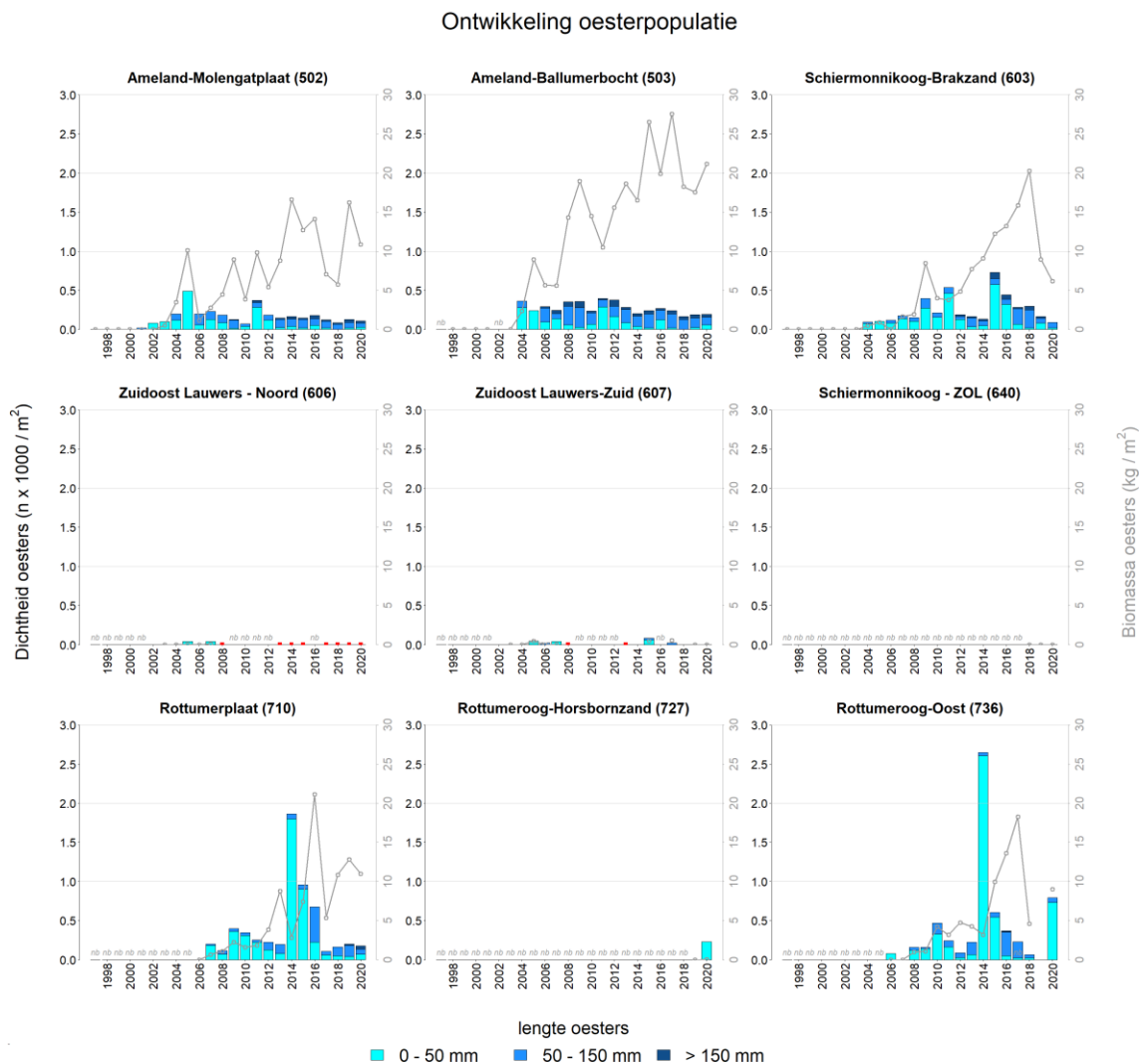
Figuur B4.1 Ontwikkeling van jaargemiddelde dichtheid ($n \times 1000/m^2$) en biomassa (kg natgewicht/ m^2) mosselen zoals aangetroffen in de vierkantmonsters ($0,05 m^2$) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2020 (of tot wanneer ze bezocht zijn/aanwezig waren). De dichtheden (onderverdeeld in drie lengteklassen) zijn weergegeven met balken en uitgezet op de linker y-as. De mosselbiomassa's zijn met grijze lijnen weergegeven en uitgezet op de rechter y-as. Wanneer een bank wel bezocht werd maar niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven.

Ontwikkeling mosselpopulatie



Figuur B4.2 Ontwikkeling van de jaargemiddelde mosselsamenstelling (procentueel aandeel van het aantal individuen per lengteklassen) en biomassa (kg natgewicht/m²) mosselen zoals aangetroffen in de vierkantmonsters (1/20 m²) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2020 (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 5 Ontwikkeling Japanse oesterpopulatie



Figuur B5.1 Ontwikkeling van jaargemiddelde dichtheid ($n \times 1000/m^2$) en biomassa (kg natgewicht/ m^2) Japanse oesters zoals aangetroffen in de vierkantmonsters ($1/20 m^2$) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710, 727 en 736 in de periode 1997 t/m 2020 (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.

Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

168	Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2020). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2020.</i>		<i>van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide uit kalkmeststoffen - Berekeningen met het model NEMA.</i>
169	Van Kraalingen, D., E.L. Wipfler, F. van den Berg, W.H.J. Beltman, M.M.S. ter Horst & J.A. te Roller (2020). <i>User manual for FOCUSPIN version 3.3.</i>	179	Knegt, de B., M. Pleijte, E. de Wit-de Vries, I. Bouwma, F. Kistenkas, W. Nieuwenhuizen (2020). <i>Samenhang Klimaatakkoord en natuurbeleid. Proces en implementatie van het Klimaatakkoord door provincies en maatschappelijke partijen en de potentiële effecten op biodiversiteitsdoelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn.</i>
170	Bos-Groenendijk, G.I., C.A.M van Swaay (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex B Habitatrichtlijnsoorten; Achtergronddocument.</i>	180	Mattijssen T.J.M., M. Pleijte, J. Dengerink, T. Koster, M. Visscher (2020). <i>Indicatoren voor burgerbetrokkenheid bij natuur: een zoektocht naar nieuwe aanknopingspunten voor monitoring.</i>
171	Janssen, J.A.M. (red.), R.J. Bijlsma (red.), G.H.P. Arts, M.J. Baptist, S.M. Hennekens, B. de Knegt, T. van der Meij, J.H.J. Schaminée, A.J. van Strien, S. Wijnhoven, T.J.W. Ysebaert (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex D Habitattypen. Achtergronddocument.</i>	181	Kamphorst, D.A., M. Pleijte, F. Kistenkas (2020). <i>Uitvoering van de Vogel- en Habitatrichtlijn in de praktijk: spanningen en mogelijke oplossingsrichtingen.</i>
172	Van Kleunen, A., M. van Roomen, E. van Winden, M. Hornman, A. Boele, C. Kampichler, D. Zoetebier, H. Sierdsema & C. van Turnhout (2020). <i>Vogelrichtlijnrapportage 2013-2018 van Nederland – status en trends van soorten.</i>	182	Elschot K., M.E.B. Van Puijenbroek, D.D.G. Lagendijk, J-T. Van der Wal, C. Sonneveld (2020). <i>Lange-termijnontwikkeling van kwelders in de Waddenzee (1960-2018).</i>
173	Glorius, S.T., A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 13 jaar na sluiting (najaar 2018).</i>	183	Koffijberg K., P. de Boer, S.C.V. Geelhoed, J. Nienhuis, K. Oosterbeek, J. Postma (2020). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2018.</i>
174	Kuindersma, W., D. van Doren, R. Arnouts, D.A. Kamphorst, J.G. Nuesink, E. de Wit-de Vries (2020). <i>Realisatie Natuurnetwerk door provincies. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>	184	Ijsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, L. van Schalkwijk & A. Gröne (2020). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2019. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>
175	Bouwma, I.M., D.A. Kamphorst, D. van Doren, T.A. de Boer, A.E. Buijs, C.M. Goossen, J.L.M. Donders, J.Y. Frissel, S. van Broekhoven (2020). <i>Provinciaal beleid voor maatschappelijke betrokkenheid bij natuur – het beleid nader bekeken in 8 casussen. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>	185	Os, J. van, L.J.J. Jeurissen, J.C. Verkaik (2020). <i>Rekenregels schapen en geiten voor de landbouwtelling; Verantwoording van het gebruik van het Identificatie & Registratiesysteem.</i>
176	Gerritsen, A.L., H. Agricola, C. Aalbers, J. van Os (2020). <i>Natuur en landbouw verbinden. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>	186	Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, P.D. Peters (2020). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2019.</i>
177	Brouwer, F., D.J.J. Walvoort (2020). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug.</i>	187	Kuindersma, W., E. de Wit - de Vries, F.G. Boonstra, M. Pleijte, D.A. Kamphorst (2020). <i>Het Nederlandse natuurbeleid in zijn institutionele context. Beschrijving en analyse van de interne en externe congruentie van het Nederlandse natuurbeleidsarrangement in relatie tot landbouwbeleid, waterbeleid (voor de grote rivieren) en recreatiebeleid (1975-2018).</i>
178	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, G.L. Velthof & J. Vonk (2020). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018; Emissies</i>		

188	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen (2020). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2019/2020.</i>	200	J.J.T.I. Boesten, M.M.S. ter Horst (2021). <i>Manual for PEARLNEQ v6.</i>
189	Gerritsen, A.L., H.J. Agricola & J. van Os (2020). <i>Ruimtelijk-economische dynamiek van de landbouw. Rapport 1: analyses van ontwikkelingen in gewasarealen, dieren aantallen, grondgebruik, grondprijzen, verdien capaciteiten en verbredingsactiviteiten.</i>	201	Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2021). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2021.</i>
190	Pouwels, R., A. van Hinsberg, V. Mensing, S. van Tol & J.Y. Frissel (2020). <i>Achtergrondrapport referentiescenario's natuurverkenning 2050</i>	202	M.E. Sanders, H.A.M Meeuwse, H.D. Roelofsen, R.J.H.G. Henkens (2021). <i>Voortgang natuurnetwerk en areaal beschermd natuurgebied. Technische achtergronden bij de digitale Balans van de Leefomgeving 2020.</i>
191	Hennekens, S., J. Holtland, N. van Rooijen, W. Wamelink & W. Ozinga (2020). <i>Indicatiewaarden voor voedselrijkdom van de bodem; een vergelijking tussen drie indicatiesystemen.</i>	203	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, G.L. Velthof, J. Vonk en T. van der Zee (2021). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019.</i>
192	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2019.</i>	204	IJsseldijk, L.L., van Schalkwijk, L., M.J.L. Kik & A. Gröne (2021). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2020. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>
193	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 14 jaar na sluiting (najaar 2019).</i>	205	Kros, J., J.C.H. Voogd, J. van Os, L.J.J. Jeurissen (2021). <i>INITIATOR Versie 5 - Status A; Beschrijving van de kwaliteitseisen ter verkrijging van het kwaliteitsniveau Status A.</i>
194	Adams, A.S. & W.J. Remmelts (2020). <i>Achtergronddocumentatie Vogel- en Habitatrichtlijnrapportage Annex A.</i>	206	Waeenink, R., D.J. van der Hoek, B. de Knecht & J. Schütt (2021). <i>Aanbevelingen voor verbetering van de landelijke analyse van effect herstelmaatregelen op biodiversiteit; Verdiepende analyse in zes natuurgebieden.</i>
195	Van der Meij, W.M. & G.J. Maas (2020). <i>Kwaliteitsdocument van de Geomorfologische kaart van Nederland.</i>	207	Kamphorst, D.A., J.L.M. Donders, T.A. de Boer & J.G. Nuesink (2021). <i>Maatschappelijk debat naar aanleiding van het PAS-arrest en de mogelijke invloed op het natuurbeleid; Discours- en sociale media analyse naar aanleiding van het PAS arrest.</i>
196	Buijs, A.E., D.A. Kamphorst, C.B.E.M. Aalbers (2020). <i>Draagt maatschappelijke betrokkenheid bij aan de legitimiteit van het natuurbeleid? Inventarisatie van beleidsverwachtingen en review van literatuur.</i>	209	Koffijberg K., P. de Boer, S.C.V. Geelhoed, J. Nienhuis, H. Schekkerman, K. Oosterbeek, J. Postma (2021). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2019.</i>
197	Knecht, B. de, M. van der Aa, L. van Gerven, K. Hendriks, S. Koopmans, M. Lof, M. Riksen, H. Roelofsen, S. de Vries, I. Woltjer (2020). <i>Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland.</i>	211	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2021). <i>Status van de Nederlandse otterpopulatie: genetische variatie, mortaliteit en infrastructurale knelpunten in 2020.</i>
198	Bouwma, I.M., M.C. van Riel, J.G. Nuesink, J.A. Veraart, R. Pouwels (2020). <i>Verkenning naar de samenhang van de Vogel- en Habitatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water. Een analyse voor het vergroten van de synergie tussen de richtlijnen.</i>	212	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2021). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; Periode 1995 tot en met 2020.</i>
199	Muskens, G., M. La Haye, R. van Kats, S. Moonen & E.A. van der Grift (2020). <i>Ontwikkeling van de hamsterpopulatie in Limburg; Stand van zaken 2019-2020.</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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten 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.

