



Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van het referentiegebied Rottum

Tussenrapportage 13 jaar na sluiting (najaar 2018)

S.T. Glorius & A. Meijboom

| WOt-technical report 173



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van het referentiegebied Rottum

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 173 is het resultaat van onderzoek gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van het referentiegebied Rottum

Tussenrapportage 13 jaar na sluiting (najaar 2018)

S.T. Glorius en A. Meijboom

1 Wageningen Marine Research

Projectnummer WOT-04-009-035.05

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, juli 2020

WOT-technical report 173

WMR-rapport C136/19

ISSN 2352-2739

DOI 10.18174/519252

Referaat

Glorius, S.T., A. Meijboom (2020). *Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 13 jaar na sluiting (najaar 2018)*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WUR, Wageningen. WOT-technical report 173 / Wageningen Marine Research, Den Helder: WMR-rapport 136/19. 46 blz.; 12 fig.; 5 tab.; 13 ref.; 2 bijlagen.

Sinds november 2005 is een klein deel van de Nederlandse Waddenzee gesloten voor (potentieel) schadelijke menselijke activiteiten. Het gebied ligt ten zuiden van Rottumerplaat en Rottumeroog, en beslaat zo'n 7400 hectare. Doel van de sluiting is om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur in de Waddenzee te kunnen volgen. Hiervoor wordt de bodemdiergemeenschap in twee geulen gelegen in het gesloten gebied gemonitord en vergeleken met die van twee controlegeulen gelegen buiten dit gebied. Dit project wordt door Wageningen Marine Research (WMR) uitgevoerd binnen de Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) thema Informatievoorziening Natuur, gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Dit rapport beschrijft de tussentijdse resultaten, 13 jaar naar sluiting. In lijn met wat eerder vastgesteld werd, bevatten de monsters genomen in de gesloten geul Boschwad meer verschillende weekdiersoorten dan de monsters genomen in Schild. De bodemdiergemeenschap in Boschwad onderscheidt zich van de andere geulen door een hogere abundantie schelpdieren (vooral kokkels maar ook nonnetjes) en een andere samenstelling van ringwormsoorten. De soortensamenstelling in Schild komt meer overeen met de open geulen, mogelijk veroorzaakt door een grotere natuurlijke verstoring (invloed wind en golven op de bodem).

Trefwoorden: bodemdieren, benthos, geulen, Waddenzee, referentiegebied Rottum, gesloten gebied

Abstract

Glorius, S.T., A. Meijboom (2020). *Development of benthic fauna in the gullies of the Rottum reference site: Interim report 13 years after closure (autumn 2018)*. Wageningen, Statutory Research Task Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), Wot technical report 173 / Wageningen Marine Research, Den Helder: WMR-rapport 136/19. 46 p.; 12 figs; 5 tabs; 13 refs; 2 annexes.

Since November 2005 a small part of the Dutch Wadden Sea has been closed to bottom-disturbing human activities. The area is situated just to the south of Rottumerplaat and Rottumeroog islands and covers about 7,400 hectares. The purpose of closing this area is to monitor the development of the marine fauna in the Wadden Sea when they are not disturbed by human activities. The monitoring programme focuses on the development of the benthic communities present in the gullies. The benthic fauna in two gullies in the closed area are being monitored and compared with the fauna in two control gullies outside the closed area, where they are under the influence of bottom-disturbing human activities (open gullies). This report describes the interim results 13 years after the area was closed. In line with what has been established earlier, inside the closed area the benthic species composition in the Boschwad gully is somewhat more diverse in mollusc species than in the Schild gully. The benthic fauna in Boschwad differs from all other gullies by having a slightly higher abundance of shellfish (especially cockles, but also Baltic clams) and a different composition of annelid species. The species composition in Schild is more similar to that in the open gullies, possibly as a result of greater natural disturbance (influence of wind and waves on the sediments).

Keywords: benthos, benthic fauna, gullies, Wadden Sea, Rottum reference site, closed area

Foto omslag: Oscar Bos/Wageningen Marine Research

© 2020 **Wageningen Marine Research**

Postbus 57, 1780 AB Den Helder

Tel: (0317) 48 09 00; e-mail: imares@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/10.18174/519252> 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

Het project referentiegebied Rottum wordt door Wageningen Marine Research (WMR) uitgevoerd binnen de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT N&M), thema Informatievoorziening Natuur, en gecoördineerd door het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). In het onderzoek wordt de bodemdiersamenstelling van de geulen gelegen in het referentiegebied vergeleken met die van twee geulen gelegen buiten het gebied. Dit rapport beschrijft de tussentijdse resultaten, 13 jaar naar sluiting. Kennis over de natuurontwikkeling is onder andere essentieel om referentiesituaties te bepalen en om streefbeelden vast te stellen bij de ontwikkeling van beheerplannen (Natura 2000). Dit onderzoek zou niet mogelijk zijn zonder de hulp en inzet van de bemanning van de schepen van de Wadden-Unit van het Ministerie van LNV.

Sander Glorius

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
1.1 Omschrijving van het referentiegebied Rottum	13
1.2 Historisch gebruik van het gebied	14
2 Onderzoeksvraag	17
2.1 Aanleiding	17
2.2 Onderzoeksvraag	17
3 Methoden	19
3.1 Algemeen	19
3.2 Bemonstering met de van Veen bodemhapper	19
3.2.1 Monsternamen	20
3.2.2 Laboratoriumanalyses	20
3.2.3 Data-analyses	21
4 Resultaten	23
4.1 Bodemdiargemeenschap in 2018	23
4.2 Vergelijking bodemfauna met eerdere jaren	28
5 Discussie en conclusie	33
Literatuur	35
Verantwoording en kwaliteitsborging	37
Bijlage 1 Monsterlocaties	39
Bijlage 2 Voorkomen en dichtheid van de belangrijkste taxa per geul in de 2018 monsters	43

Samenvatting

In navolging van trilaterale afspraken waarbij in Duitsland en Denemarken referentiegebieden ingesteld werden is sinds november 2005 een klein deel van de Nederlandse Waddenzee gesloten voor (potentieel) schadelijke menselijke activiteiten. Het Nederlandse referentiegebied (het gesloten gebied Rottum) betreft een geulsysteem ten zuiden van Rottumerplaat en Rottumeroog. Het gebied beslaat 7400 hectare (ong. 3% van de Nederlandse Waddenzee) en bevat een compleet zeegat- en bijbehorende geul- en prielsystemen. Doel van deze sluiting is om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur in de Waddenzee te kunnen volgen. In dit onderzoek wordt de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschappen in twee geulen gelegen in dit gebied (Schild en Boschwad) beschreven en vergeleken met de ontwikkeling in twee geulen die buiten het gebied liggen (Zuidoost-Lauwers en Spruit) 13 jaar na sluiting. Het doel van de monitoring is om de ontwikkeling te volgen in een gebied gesloten voor menselijke verstoring. Het onderzoek is niet opgezet als studie waarbij statistisch onderbouwde oorzakelijke verbanden aangetoond kunnen worden. Resultaten uit de monitoring kunnen wel leiden tot hypothesen over mogelijke oorzakelijke verbanden die eventueel verder onderzocht kunnen worden in veld- dan wel laboratoriumexperimenten. Kennis over de natuurontwikkeling is onder andere essentieel om referentiesituaties te bepalen en om streefbeelden vast te stellen bij de ontwikkeling van beheerplannen (Natura 2000).

Het monitorprogramma is in 2002, drie jaar voor sluiting van het gebied in 2005, gestart. In die periode bestond de bemonstering uit het nemen van bodemmonsters voor het bepalen van de bodemdiergemeenschap in de geulen en is de bodemvisgemeenschap bemonsterd met sleepnetten. Na de instelling van het referentiegebied (het gesloten gebied Rottum) is de nadruk op bemonstering van de bodemdieren komen te liggen. In de daaropvolgende jaren zijn ieder najaar bodemmonsters genomen. In 2016 heeft er weer een uitgebreidere bemonstering plaatsgevonden waarbij de bodemvispopulatie opnieuw bemonsterd is, de bodemstructuur in kaart gebracht werd en additionele bodemmonsters met de zuigkor genomen zijn om de grotere bodemdieren beter in kaart te brengen. Het resultaat van deze bemonstering is beschreven door Glorius et al., 2018. In 2018 zijn wederom alleen van Veen bodemmonsters genomen in het najaar (oktober).

De ontwikkeling en verschillen in de bodemdiergemeenschap, welke voor de periode 2002 tot en met 2017 geobserveerd werd tussen de geulen (Glorius, 2018), zijn ook in 2018 grotendeels waargenomen. De bodemdiergemeenschap in Boschwad (een geul in het gesloten gebied) onderscheidt zich ook in 2018 van de andere bemonsterde geulen door een wat hogere abundantie van kokkels, nonnetjes en de aanwezigheid van een groter aantal individuen van soorten behorende tot de klasse borstelwormen. In 2018 is de hoge abundantie van *Heteromastus filiformis* opvallend in een van de geuluitlopers. De bodemdiergemeenschap zoals in 2018 aangetroffen is in de gesloten geul Schild komt sterk overeen met die van de open geulen Spruit en ZO-Lauwers. In de gemeenschap van deze geulen zijn onder andere de borstelwormen *Nephtys sp.* (zandzager) en *Magelona sp.* en de vlokreeft *Bathyporeia sp.* belangrijk. Deze soorten worden geassocieerd met bodems van gemiddeld tot fijn zand die regelmatig beroerd worden (McLachlan, 1983). Een hoge natuurlijke verstoring van de bodem door wind en golven in Schild is mogelijk de oorzaak voor de overeenkomsten in bodemdiergemeenschap tussen Schild en de open geulen Spruit en ZO-Lauwers die tevens beroerd worden door garnalentuigen.

Summary

Pursuant to trilateral agreements under which reference sites were established in Germany and Denmark, a small part of the Dutch Wadden Sea was closed to potentially damaging human activities in November 2005. The Dutch reference site (the closed Rottum area) consists of a system of gullies to the south of Rottumerplaat and Rottumeroog islands. The area covers about 7,400 hectares (approx. 3% of the Dutch Wadden Sea) and consists of a complete tidal inlet and associated gully and channel system. The purpose of closing this area is to monitor the undisturbed development of the marine communities in the Wadden Sea. This study describes the development of the benthic communities in the two gullies in this closed area (Schild and Boschwad) 13 years after the closure of the area and compares them with the development of the communities in two control gullies outside the closed area (Zuidoost-Lauwers and Spruit). The aim of the research is to monitor the development of the area closed to bottom-disturbing human activities. The research design does not allow for examination of causal relationships, which requires a larger number of monitoring sites and random assignment of open and closed areas. However, the monitoring results could form the basis for hypotheses about the possible cause-effect relations, which could then be tested in field or laboratory experiments. Knowledge of the development of these communities is essential, including for determining reference situations and target scenarios in management plans (Natura 2000).

The monitoring programme began in 2002, three years before closure of the area in 2005. In this period the monitoring consisted of taking sediment samples to identify and describe the benthic fauna in the gullies and sampling the demersal fish using trawl nets. Since the reference site (the Rottum closed area) was established, samples have been taken mainly with a Van Veen sediment sampler. In each of the subsequent years sediment samples were taken in the autumn. In 2016 the survey was more extensive and included a second set of samples of the demersal fish, mapping of the sediment structure and additional samples taken with a suction dredge to obtain more information about the larger benthic species. The results of this sampling are described in Glorius et al. (2018). In 2018 samples were again only taken in the autumn (October) using the Van Veen sediment sampler.

The development and differences in the benthic communities between the gullies that were observed in 2018 were found to be largely the same as those found in the period from 2002 to 2017 (Glorius, 2018). In 2018 the benthic fauna in Boschwad again differed from that in the other gullies by having a slightly higher abundance of cockles and Baltic clams (also in line with previous findings) and the presence of a larger number of individuals of annelid species. A notable finding in 2018 was the high densities of the annelid *Heteromastus filiformis*. The benthic community found in the closed gully Schild in 2018 is more similar in composition to that in the open gullies Spruit and Zuidoost-Lauwers. Key species in the benthic communities in these gullies include the annelids *Nephtys spp.* (catworms), *Magelona spp.* and the amphipod *Bathyporeia spp.* These species are associated with medium to fine sand that is regularly disturbed (McLachlan, 1983).

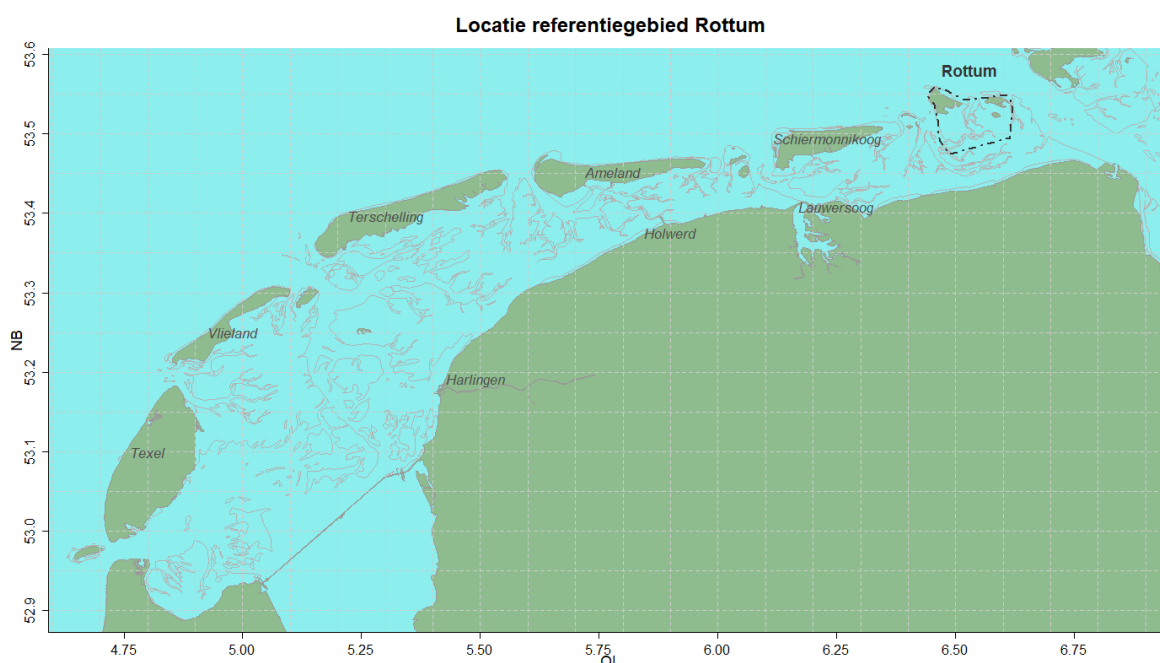
1 Inleiding

De Waddenzee is een natuurgebied van uitzonderlijke waarde. Het systeem kent een hoge biomassa-productie wat zorgt voor hoge aantallen vissen, schelpdieren en vogels. In 2009 is de Waddenzee aangewezen als Natura 2000-gebied en in hetzelfde jaar is het Werelderfgoed geworden. Toch wordt de Waddenzee intensief gebruikt voor toerisme, visserij en het winnen van delfstoffen. In 1991 hebben Denemarken, Duitsland en Nederland daarom afspraken gemaakt over het instellen van referentiegebieden in de Waddenzee waarbinnen geen exploitaties en versturende activiteiten plaats mogen vinden (Esbjerg Verklaring, §33.3). Doel van het sluiten van het gebied is om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur in de Waddenzee te kunnen volgen. Denemarken en Duitsland hadden al vóór de trilaterale conferentie in 2001 referentiegebieden aangewezen.

De Nederlandse staatssecretaris van het toenmalige Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft in de Esbjerg Verklaring van 2001 toegezegd ook in Nederland een referentiegebied te zullen aanwijzen (artikel 11 van de Verklaring). In november 2005 is daarom het referentiegebied Rottum (Figuur 1.1) ingesteld. De ontwikkelingen in zo'n referentiegebied kunnen een basis zijn voor toekomstig beleid. Kennis over de natuurontwikkeling is onder andere essentieel om referentiesituaties te bepalen en om streefbeelden vast te stellen bij de ontwikkeling van het beheerplan (Natura 2000).

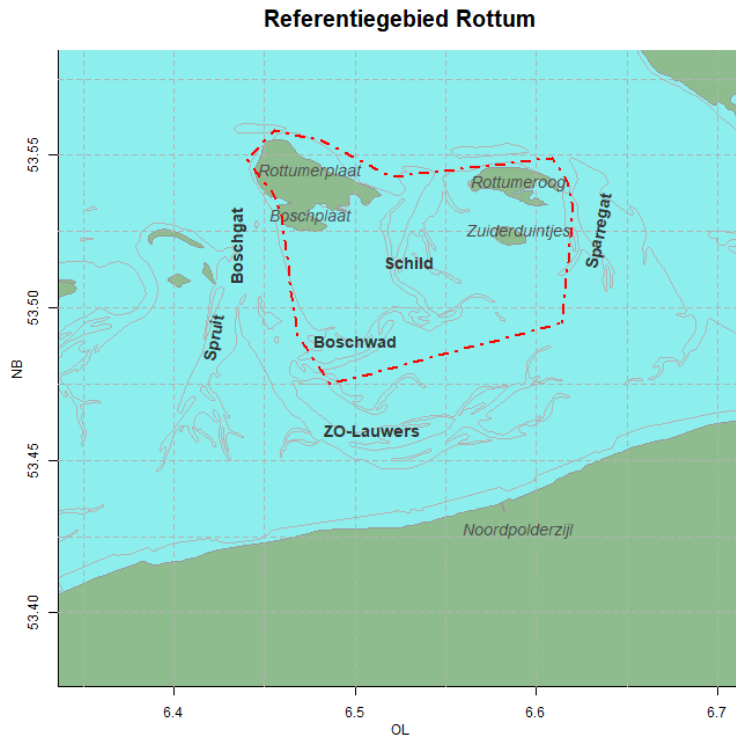
1.1 Omschrijving van het referentiegebied Rottum

In Figuur 1.1 wordt de locatie van het referentiegebied in het oostelijke deel van de Nederlandse Waddenzee weergegeven. Het gebied is oorspronkelijk aangegeven in de Structuurnota Zee- en Kustvisserij (1993) en in het beleidsbesluit Schelpdiervisserij van najaar 2004 als voor bodemberoerende activiteiten gesloten gebieden. In november 2005 (Staatscourant nr. 224, 17 november) is het gebied enigszins aangepast zodat het binnen de reeds voor schelpdiervisserij gesloten gebieden (uit 1993) valt. Daardoor is een deel van het eiland Rottumerplaat buiten het gesloten gebied gebleven.



Figuur 1.1 Nederlandse deel van de Waddenzee met daarin referentiegebied Rottum dat gesloten is voor versturende menselijke activiteiten met de gebiedsgrenzen zoals opgenomen in beschikking van 2005 met kenmerk TRCJZ/2005/3167.

Het referentiegebied Rottum bestaat uit een deel van het wad onder Rottumerplaat en Rottumeroog met de daarin liggende complete zeegat-, geul- en prielsystemen, zie Figuur 1.2. Het gebied beslaat 7400 ha, en beslaat daarmee ongeveer 3% van de totale Nederlandse Waddenzee. In het gebied liggen ondiepe geulen die gezamenlijk ca. 500 ha beslaan wat overeenkomt met ongeveer 0,5% van het sublitoraal in de Waddenzee. Diepe geulen komen er niet voor. De hoofdgeulen die in het gebied liggen, Boschwad en Schild, vormen een dynamisch geulenpatroon, waarbij de ligging van de geulen continu verandert. Er is veel sedimentatie in het gebied (Lavaleije en Dankers, 1993).



Figuur 1.2 Het referentiegebied Rottum met de gebiedsgrenzen zoals opgenomen in beschikking van 2005 met kenmerk TRCJZ/2005/3167 en de geulen Boschwad, Schild (gelegen in het gesloten gebied) en de geulen Spruit, Zuidoost-Lauwers (aangeduid met 'ZO-Lauwers'), Boschgat en Sparregat (gelegen buiten het gesloten gebied).

Een belangrijke reden om een referentiegebied in te stellen in de Waddenzee is om vast te stellen wat de natuurlijke ontwikkeling van een gebied is waar geen bodemberoerende activiteiten toegestaan zijn en dit te vergelijken met de ontwikkeling in geulen waar dit wel toegestaan is. In deze studie worden daarom naast de gesloten geulen Boschwad en Schild, geulen bemonsterd waar menselijke activiteiten, zoals garnalenvisserij, wel toegestaan zijn. Hoe meer deze geulen vergelijkbaar zijn met de gesloten geulen voor wat betreft biotische en abiotische condities hoe beter verschillen in ontwikkeling tussen de open en gesloten geulen gerelateerd kan worden aan sluiting. Het is de verwachting dat geulen welke zich dichtbij het gesloten gebied bevinden beter vergelijkbaar zijn dan geulen die zich verder van het gebied af bevinden. Geulen die zich dichtbij het gebied bevinden zijn Zuidoost-Lauwers (in dit rapport verder aangeduid als 'ZO-Lauwers'), Spruit, Boschgat en Sparregat. Ter vergelijking met de geulen in het referentiegebied worden in deze studie de geulen ZO-Lauwers en Spruit bemonsterd, zie ook Hoofdstuk 2.

1.2 Historisch gebruik van het gebied

Bevissing en recreatie vormen het belangrijkste (historisch) gebruik van het gesloten gebied zoals ook eerder gerapporteerd is in o.a. Fey-Hofstede et al., 2015 en Glorius et al., 2018. Een samenvatting van het menselijke gebruik wordt hier gegeven.

Kokkels worden in de Waddenzee al eeuwen handmatig verzameld (Ens et al., 2004). Sinds de jaren vijftig werden kokkels mechanisch verzameld en waarschijnlijk ook in het gesloten gebied Rottum,

maar hiervan is geen kwantitatieve informatie beschikbaar. Na 1993 zijn er geen kokkels meer verzameld in het gebied toen dit verboden werd in de structuurnota Zee- en Kustvisserij van januari 1993. Sinds ongeveer 1960 werden droogvallende mosselbanken bevestigd in de oostelijke Waddenzee. Behalve dat in 1985 en 1989 bevissing in het Rottum gebied heeft plaatsgevonden (Dankers et al., 2003) is ook hiervan geen kwantitatieve informatie beschikbaar. Garnalenvisserij is de meest intensieve visserij in de Waddenzee. Uit '*Vessel Monitoring through Satellite*' (VMS) data blijkt dat in 2005 in de geulen van het gesloten gebied (Boschwad en Schild) gevestigd is (zie ook Glorius et al., 2018) en dat na 2005 er geen visserij meer heeft plaatsgevonden in deze geulen. Van bevissing voor 2004 in het gebied is weinig informatie beschikbaar.

Een gelimiteerd aantal wadlooptochten naar Rottumeroog en excursies (68 tochten met een boot, 43 toeristische wad-wandeltochten begeleid door een gids en 25 excursies) zijn vergund (Provincie Groningen, 2017).

2 Onderzoeksvraag

2.1 Aanleiding

Het belangrijkste doel van de sluiting van het gesloten gebied Rottum is om de natuurlijke ontwikkeling te kunnen volgen in een gebied waar zeebodemverstorende menselijke activiteiten tot een minimum gereduceerd zijn en om dit gebied te kunnen vergelijken met gebieden waar deze verstoringen wel toegestaan zijn. Kennis over de natuurontwikkeling is onder andere essentieel om referentiesituaties te bepalen en om streefbeelden vast te stellen bij de ontwikkeling van het beheerplan voor Natura 2000.

2.2 Onderzoeksvraag

Dit onderzoek richt zich primair op de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van het gesloten gebied. Hierbij is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

Hoe ontwikkelt de bodemdiergemeenschap zich in geulen waar menselijke verstoring tot een minimum is teruggebracht en hoe verhoudt dit zich tot de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in geulen waar dit wel toegestaan is?

In het referentiegebied kwamen vóór sluiting in 2005 bodemberoerende visserijactiviteiten voor, zoals mechanische en handmatige kokkelvisserij, mossel(zaad)visserij en garnalenvisserij, zie ook hoofdstuk 1. De gegevens van dit onderzoek zullen daarmee informatie leveren over het eventuele herstelvermogen van een door menselijk handelen beïnvloed geulensysteem en niet zozeer over de effecten van menselijk handelen zelf. Daarnaast moet bij het interpreteren van de ontwikkeling in het gebied rekening worden gehouden met het dynamische karakter van dit specifieke geulensysteem (Lavaleije en Dankers, 1993). Sterke erosie en sedimentatie in de geulen kunnen grote invloed hebben op de ontwikkeling in het gebied en maakt vestiging van gevoelige soorten moeilijk.

3 Methoden

3.1 Algemeen

In dit project wordt de ontwikkeling van de bodemfauna in het geulenecosysteem in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied (de geulen Schild en Boschwad) gevolgd en vergeleken met de ontwikkeling in geulen waar zulke activiteiten wel toegestaan zijn (de controle geulen ZO-Lauwers en Spruit).

Het monitorprogramma is in 2002, drie jaar voor sluiting van het gebied in 2005, gestart. In die periode bestond de bemonstering uit het nemen van bodemmonsters met een van Veen bodemhapper voor het bepalen van de bodemfauna in en op het sediment en werd de bodemvisgemeenschap bemonsterd met sleepnetten. Deze bemonsteringen, uitgevoerd in de periode 2002 tot en met 2005, geven de startsituatie weer wat betreft de samenstelling van deze soortgroepen.

Na de instelling van het referentiegebied in november 2005, is de nadruk op bemonstering van de bodemfauna met de van Veen bodemhapper komen te liggen. In deze periode (2006 t/m 2018) zijn ieder najaar bodemmonsters genomen. In 2016 heeft er wederom een uitgebreidere bemonstering plaatsgevonden waarbij naast monsters met de van Veen happer ook monsters met sleepnetten genomen zijn om de bodemvispopulatie te bemonsteren. Daarnaast is in dat jaar de bodemstructuur in kaart gebracht en zijn additionele bodemmonsters met de zuigkor genomen om de grotere bodemdieren in kaart te brengen. Het resultaat van deze bemonstering is beschreven in het rapport Glorius et al., 2018. In 2018 zijn weer alleen van Veen bodemmonsters genomen in het najaar (oktober).

In dit hoofdstuk worden de procedures beschreven die gevolgd zijn tijdens het veld- en laboratoriumwerk en wordt beschreven hoe de verkregen soortendichtheidsgegevens uitgewerkt zijn.

3.2 Bemonstering met de van Veen bodemhapper

De van Veen bodemhapper is vooral geschikt voor het bemonsteren van bodemdieren welke zich op de wadbodem tot ongeveer 25 cm ingraven bevinden. De van Veen bodemhapper die in deze studie gebruikt wordt bemonstert een oppervlak van 0,18 m². De monsters worden geconserveerd en op het laboratorium in Den Helder uitgezocht.

In iedere geul worden tientallen monsters genomen, zie Tabel 3.1. De bemonsteringslocaties zijn hierbij oorspronkelijk gestratificeerd naar bodemsamenstelling (zand of schelpengruis) zoals vastgesteld is in 2003, zie Bijlage 1. Door sedimentatie en erosieprocessen is de topografische ligging van de geulen en wadplaten geleidelijk aan veranderd gedurende de onderzoeksperiode. Een aantal monsterlocaties die oorspronkelijk in de geul lagen zijn hierdoor op het droogvallende wad komen te liggen in meer recente jaren. Om te voorkomen dat monsters op het droogvallende wad genomen worden zijn de monsterpunten verlegd zodat ze allemaal in de geul liggen. De monsterlocaties zijn hierbij zo verlegd dat zowel het midden (diepere) deel van de geul als de (ondiepere)geuluitlopers bemonsterd wordt en het aantal monsterpunten dat per geul genomen wordt nagenoeg gelijk is gebleven met eerdere bemonsteringen, zie Bijlage 1 en Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Aantal bodemmonsters dat per jaar met de van Veen bodemhapper genomen is in de gesloten geulen Boschwad en Schild en de open geulen Spruit en ZO-Lauwers. Bodemmonsters die voorafgaand aan sluiting van het gebied genomen werden zijn schuin afgedrukt.

Jaar	Gesloten geulen in het referentiegebied gelegen		Open geulen buiten het referentiegebied gelegen	
	Boschwad	Schild	Spruit	ZO-Lauwers
2002	6	11	0	17
2003	14	24	20	23
2005	14	24	20	23
2006	14	24	21	22
2007	14	24	18	23
2008	14	24	20	24
2009	14	25	21	22
2010	14	24	21	21
2011	14	24	21	23
2012	14	24	21	23
2013	14	24	21	23
2014	14	24	21	23
2015	14	24	21	23
2016	14	24	21	23
2017	14	24	21	23
2018	15	24	21	21

3.2.1 Monstername

Het schip Ms. Harder van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en zijn bemanning hebben samen met medewerkers van Wageningen Marine Research (WMR) de bodemmonsters genomen. Nadat het schip in positie gebracht was is de van Veen happer overboord gezet en afgezakt tot de bodem waarna de happer zich sluit en een bodemmonster genomen wordt. Op dat moment worden de tijd en de waterdiepte op het brugformulier ingevuld en worden de geografische coördinaten van het monsterpunt vastgelegd met een hand-GPS. Vervolgens wordt het monstertuig terug aan boord gehesen en boven een zeef geopend om de inhoud ervan te inspecteren. Bij het onvolledig sluiten van de happer lekt er bodemmateriaal weg en wordt het monsters afgekeurd. In dat geval wordt er een nieuw monster genomen.

Het bemonsterde materiaal van goedgekeurde monsters wordt gezeefd over een 1 mm zeef met lokaal zeewater om zand en overig materiaal te verwijderen. Algemene informatie van het monster, zoals sediment type, aanwezigheid van schelpengruis en aanwezige soorten die tijdens het zeven al opgemerkt konden worden, zijn genoteerd op het dekformulier. Het op de zeef achtergebleven materiaal zoals, bodemdieren, schelpmateriaal, stenen en overig materiaal, wordt in een polyethyleen pot bewaard en geconserveerd in een zeewateroplossing met 6-10% gebufferde formaldehyde. Potten worden in kratten geplaatst en bewaard aan dek en bij terugkomst in de haven direct getransporteerd naar het laboratorium van WMR in Den Helder voor analyse van de soortendichtheden.

3.2.2 Laboratoriumanalyses

De monsters zijn als volgt in het laboratorium verwerkt. Eerst zijn de in het monster aanwezige bodemdieren gescheiden van het schelpengruis, eventueel aanwezige stenen en het overig materiaal. Het gewicht van het schelpengruis is bepaald en genoteerd op het laboratoriumformulier. Vervolgens zijn de aanwezige bodemdieren geïdentificeerd tot het laagst taxonomisch niveau (WoRMS redactieraad 2018) waarbij standaard taxonomische sleutels en referenties gebruikt zijn. Wanneer nodig is hierbij gebruikt gemaakt van een stereomicroscop. Juveniele individuen waarvan de soort-specifieke kenmerken nog niet voldoende ontwikkeld waren en beschadigde individuen waarbij de

soort-specifieke kenmerken niet goed te zien waren, zijn hierbij tot een hoger maar zo laag mogelijk taxonomisch niveau gedetermineerd. Het aantal individuen is vervolgens geteld en genoteerd op het laboratoriumformulier. In de periode voor sluiting zijn alleen de grotere bodemdieren geïdentificeerd en geteld. Vanaf het jaar 2006 is het protocol aangepast en zijn alle aanwezige bodemdieren geïdentificeerd en geteld met uitzondering van hydrozoa (hydroïdpoliepen) en bryozoa (mosdiertjes) waarvan alleen aanwezigheid gescoord wordt. Voorbeelden van aangetroffen soorten worden opgenomen in de Taxonomische Referentiecollectie die door WMR als onderdeel van het kwaliteitsprotocol bijgehouden wordt. Van de schelpdieren zijn naast het aantal individuen ook de individuele lengtes en het totaal schelpdierengewicht bepaald. De op bovenbeschreven wijze verkregen gegevens over soortendichtheden, schelpdieren- en schelpengruisgewichten zijn opgeslagen in een database welke door WMR beheerd wordt.

3.2.3 Data-analyses

Per monster zijn de volgende indices bepaald; soortenrijkdom (gedefinieerd als het aantal verschillende taxa per monster), Pielou's evenness (een maat voor de verdeling van het aantal individuen over de verschillende taxa), Shannon diversiteit (combinatie van soortenrijkdom en evenness) en totale dichtheid aan individuen. Een taxon definieert een groep organismen die op basis van gemeenschappelijke kenmerken tot een samenhangende groep gerekend worden. Taxa kunnen hierbij gegroepeerd worden op verschillende taxonomische niveaus, waarbij het laagste niveau de soort is. Hogere niveaus zijn bijvoorbeeld genus of stam. Voordat deze indices berekend zijn, is de dataset met soortendichtheden opgewerkt waarbij soorten van verschillende taxa soms samengevoegd of buitenbeschouwing gelaten zijn.

Verschillende soorten binnen de hydrozoa, bryozoa en pokken zijn samengevoegd omdat deze gedurende het monitorprogramma niet altijd tot hetzelfde taxonomisch niveau geïdentificeerd werden. Omdat niet alle individuen in het monster volledig (tot op soortniveau) geïdentificeerd konden worden, kan het voorkomen dat bij het eenvoudig optellen van het aantal taxa in een monster (om de soortenrijkdom te bepalen) registraties van individuen die niet volledig geïdentificeerd konden worden onterecht meegeteld worden. Als in een monster bijvoorbeeld individuen behorende bij de taxon *Nephtys sp.* (geïdentificeerd tot op genusniveau) aanwezig zijn terwijl in hetzelfde monsters ook individuen van *Nephtys hombergii* (geïdentificeerd tot op soortniveau) aanwezig zijn dan bestaat de kans dat de *Nephtys sp.* individuen in werkelijkheid *Nephtys hombergii* zijn en onterecht meegeteld wordt in het bepalen van de soortenrijkdom. Om dit te voorkomen is voor ieder niet volledig geïdentificeerde taxa bekeken of er individuen in het monster aanwezig waren behorende bij lagere taxonomische groep. Wanneer dit zo was dan werden deze taxa niet meegeteld in de berekening van de soortenrijkdom, wanneer dit niet zo was dan werden de taxa wel meegenomen in deze berekening.

De Shannon-Wiener index is een maat om de diversiteit van een monster uit te drukken en wordt berekend volgens vergelijking 1. Zowel het aantal verschillende taxa als de verdeling van de individuen over deze taxa wordt in deze berekening meegenomen. Het index getal neemt toe wanneer er meer verschillende taxa in het monsters aangetroffen worden maar ook wanneer het aantal individuen gelijkmatiger over de verschillende taxa verdeeld zijn. Het getal neemt af bij lagere aantallen taxa en bij een schevere verdeling van het aantal individuen over de verschillende taxa.

Shannon-Wiener index:

$$H = -\sum P_i (\ln P_i)$$

Vergelijking 1.

H = Shannon-Wiener index

Pi = het relatieve voorkomen van een soort uitgedrukt als het aantal individuen van een soort ten opzichte van het totaal aantal individuen.

Evenness is berekend volgens Pielou's formule zoals weergegeven in vergelijking 2. Met deze index wordt aangegeven hoe homogeen of scheef de abundantie in een monster verdeeld is over de verschillende taxa. De index loopt van 0 tot 1. Lage waarden geven aan dat het aantal individuen

gedomineerd worden door enkele taxa, hoge waarden geven aan dat de individuen in een monster gelijkmatig verdeeld zijn over de verschillende taxa.

Evenness:

$$E = \frac{H}{\ln(S)}$$

Vergelijking 2.

E = Evenness

H = Diversiteit

S = Aantal taxa in een monster

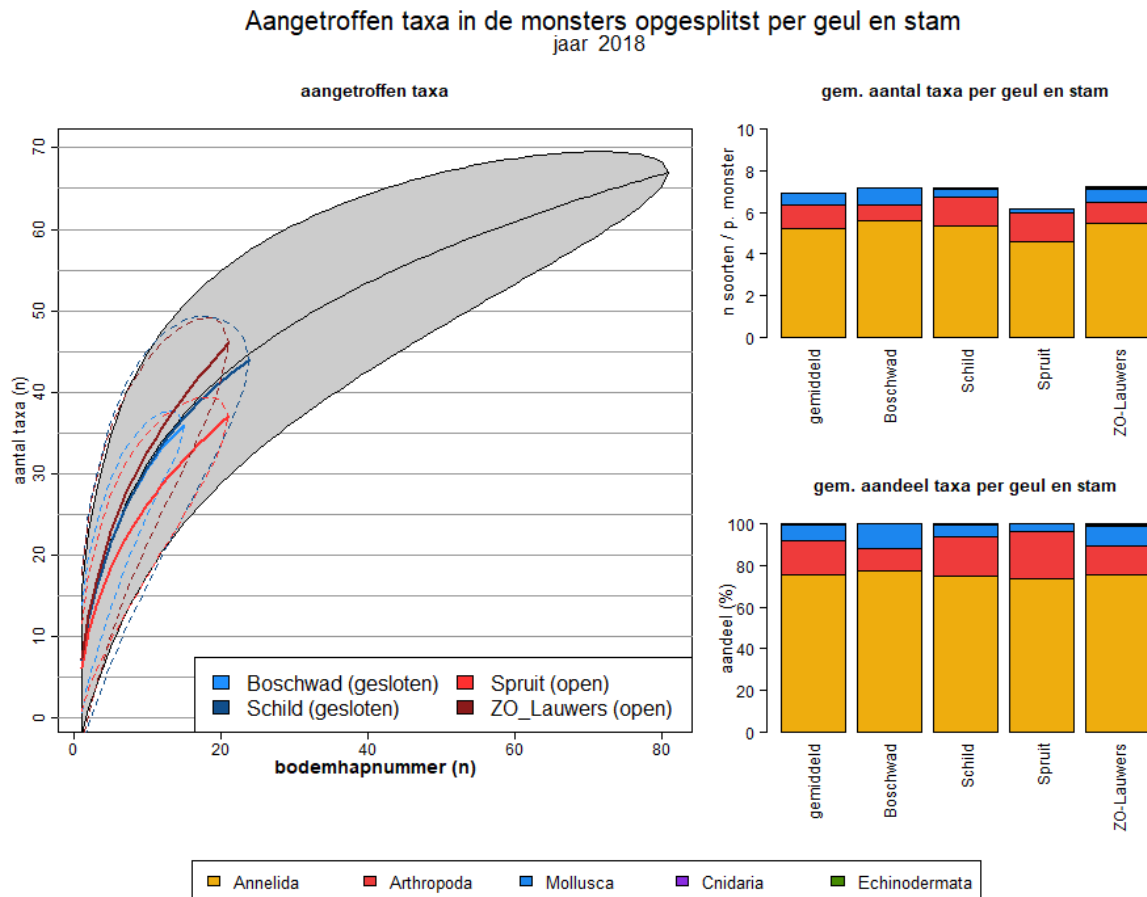
Berekeningen van de diversiteit en evenness zijn uitgevoerd in R (R Core Team 2018) waarbij gebruik gemaakt is van functies welke beschikbaar zijn in het 'vegan' pakket (Oksanen et al., 2017).

De ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap is inzichtelijk gemaakt door gebruik te maken van de ordinatietechniek *Nonmetric MultiDimensional Scaling (nMDS)*. In een multivariate dataset zijn er evenveel dimensies als taxa. In ordinatietechnieken worden deze dimensies gereduceerd op een manier dat deze zo veel mogelijk variatie laten zien zoals die aanwezig is in de monster-soortenmatrix. nMDS maximaliseert hiervoor de rangordecorrelatie tussen afstandsmaten en afstand in de ordinatieruimte (2 dimensionaal vlak in de rapport). Hiermee wordt de variatie in de monster-taxa matrix inzichtelijk gemaakt en kan deze gemakkelijker geïnterpreteerd worden. Resultaten worden weergegeven in bi-plots waarbij de posities van monsters en soorten op het gereduceerde vlak geprojecteerd worden. Monsters die dicht op elkaar geplaatst zijn in het 2 dimensionale vlak lijken meer op elkaar dan monsters die ver uit elkaar staan. Wanneer de afstand tussen een monster en een soort klein is dan betekent dit dat de aanwezigheid van de betreffende soort belangrijk is in het onderscheid van dat monster met de overige monsters. Soorten die in minder dan 4% van de monsters voorkomen zijn buiten beschouwing gelaten. Berekeningen zijn uitgevoerd in R (R Core Team 2018) waarbij gebruik gemaakt is van functies welke beschikbaar zijn in het 'vegan' pakket (Oksanen et al., 2017).

4 Resultaten

4.1 Bodemdiergemeenschap in 2018

In deze paragraaf wordt ingegaan op het aantal aangetroffen taxa (soortenrijkdom), het aantal individuen (dichtheid), soortendiversiteit en evenness in de monsters van 2018. Daarnaast worden enkele taxa besproken die veelvuldig aanwezig waren in de van Veen monsters welke in het jaar 2018 genomen zijn.



Figuur 4.1 Aangetroffen taxa in de monsters van 2018. De diagram in het linker paneel geeft de toename van het aantal verschillende taxa aan bij een toename van het aantal bodemonsters (z.g. soortenaccumulatiegrafiek). De diagram in het paneel rechtsboven geeft het gemiddelde aantal taxa per stam weer voor alle monster gezamenlijk en opgesplitst per geul. De diagram in het paneel rechtsonder geeft het aandeel van het aantal taxa per stam weer, wederom voor alle monsters gezamenlijk en opgesplitst per geul.

In totaal zijn er 67 taxa aangetroffen in de monsters genomen in het jaar 2018, zie de soortenaccumulatiecurve in het linker paneel van Figuur 4.1. Gemiddeld zijn er 6,9 verschillende taxa aangetroffen in individuele monsters, zie het diagram in het rechter bovenpaneel van Figuur 4.1. Het aantal taxa dat aangetroffen is in de afzonderlijke monsters van 2018 verschilde niet tussen de geulen en was ook niet afhankelijk van de monsterlocaties binnen een geul (de uitlopers of het middendeel), zie Tabel 4.1. Het aantal taxa dat aangetroffen is in de monsters behorende bij de stam annelida (ringwormen) en arthropoda (geleedpotigen) is niet statistisch verschillend tussen de geulen en de positie binnen een geul, zie Tabel 4.1. Wel is er een significant verschil tussen de geulen in het aantal taxa behorende bij de mollusca (weekdieren), zie Tabel 4.2. In de geul Boschwad zijn wat meer taxa behorende bij de stam mollusca gevonden dan in Schild ($p < 0,05$, Tukey Post hoc test). Het totaal aantal taxa behorende bij de stam van de mollusca is beperkt, zie ook onder. Het absolute verschil

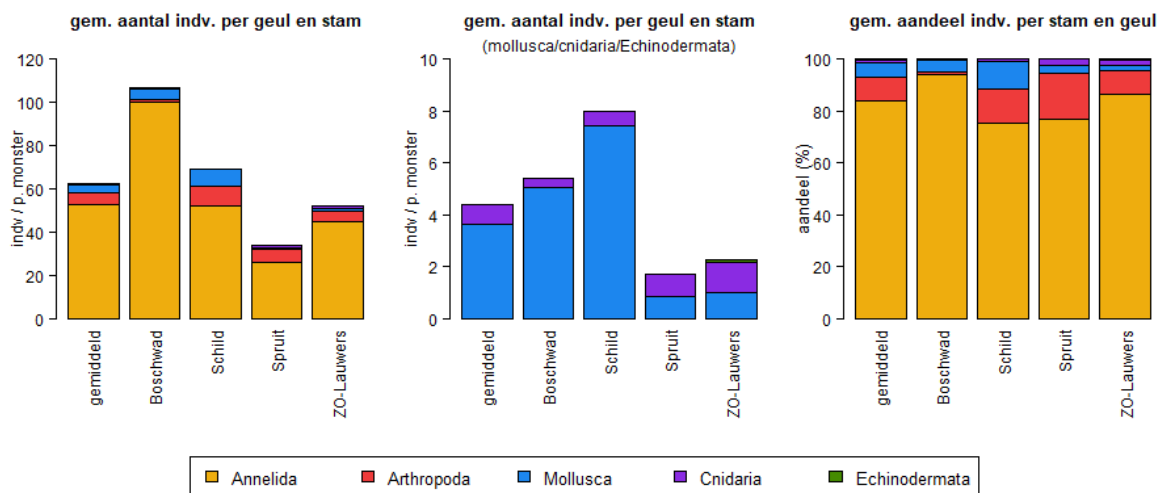
tussen Boschwad, met gemiddeld 0,87 mollusca in de monsters aangetroffen, en Schild, met gemiddeld 0,24 taxa, is klein en ongeveer 0,5 soort. In de monsters genomen in Boschwad zijn relatief vaak *Limecola balthica* (nonnetjes), *Cerastoderma edule* (kokkels) en *Peringia ulvae* (wadslakje) aangetroffen, zie Bijlage 2 en Figuur 4.2. Tussen de overige geulen zijn de verschillen niet significant.

Hiernaast valt op dat de verdeling van de individuen over de soorten (evenness) lager is in Boschwad in vergelijking met Spruit en ZO-Lauwers. Dit betekent dat in Boschwad de verdeling van het aantal individuen over de verschillende taxa minder evenwichtig is, zie ook onder. Enkele taxa zijn verantwoordelijk voor een groot aantal van de totaal aangetroffen individuen in een monster.

Tabel 4.1 Uitkomsten van het statistische model voor soortenrijkdom (aantal taxa in de monsters voor alle stammen en voor de stam annelida, arthropoda en mollusca apart), diversiteit en evenness. P-waarden <0,05 duiden op statistisch significante verschillen en worden aangeduid met een '*'.

Parameter	geul		locatie (middendeel/uitlopers)		Interactie geul – locatie	
	F waarde	P waarde	F waarde	P waarde	F waarde	P waarde
(n Taxa) alle taxa	0,252	0,859	0,120	0,730	0,505	0,680
(n Taxa) ringwormen (annelida)	0,337	0,799	0,008	0,928	0,803	0,496
(n Taxa) weekdieren (mollusca)	2,850	0,043*	0,633	0,429	1,394	0,252
(n Taxa) geleedpotigen (arthropoda)	1,140	0,339	2,838	0,096	0,061	0,980
(index) diversiteit (Shannon Wiener)	1,568	0,204	0,038	0,846	1,074	0,365
(index) evenness (pielou)	4,508	0,006*	0,116	0,735	0,671	0,572

Gemiddelde samenstelling van de individuen in de monsters opgesplitst per geul en stam
jaar 2018



Figuur 4.2 Diagrammen met het aantal individuen in de van Veen bodemhappen genomen in 2018 per stam en berekend voor zowel alle monsters gezamenlijk ('gemiddeld') als opgesplitst per geul. Diagram in het linker paneel geeft het aantal individuen per geul en stam weer. In het diagram in het midden wordt het aantal individuen per geul en stam zonder annelida (ringwormen) en arthropoda (geleedpotigen) weergegeven. In het diagram in het rechter paneel wordt de samenstelling van de aantallen individuen per geul en stam uitgedrukt als aandeel van het totaal.

Het grootste deel, ruim meer dan de helft, van het aantal aangetroffen individuen in de monsters betreft soorten die tot de stam van de annelida (ringwormen) behoren, zie Figuur 4.2. Na de ringwormen zijn individuen van soorten behorend bij de arthropoda (geleedpotigen) numeriek het belangrijkste, gevolgd door mollusca (weekdieren) en cnidaria (neteldieren). Gemiddeld over alle van

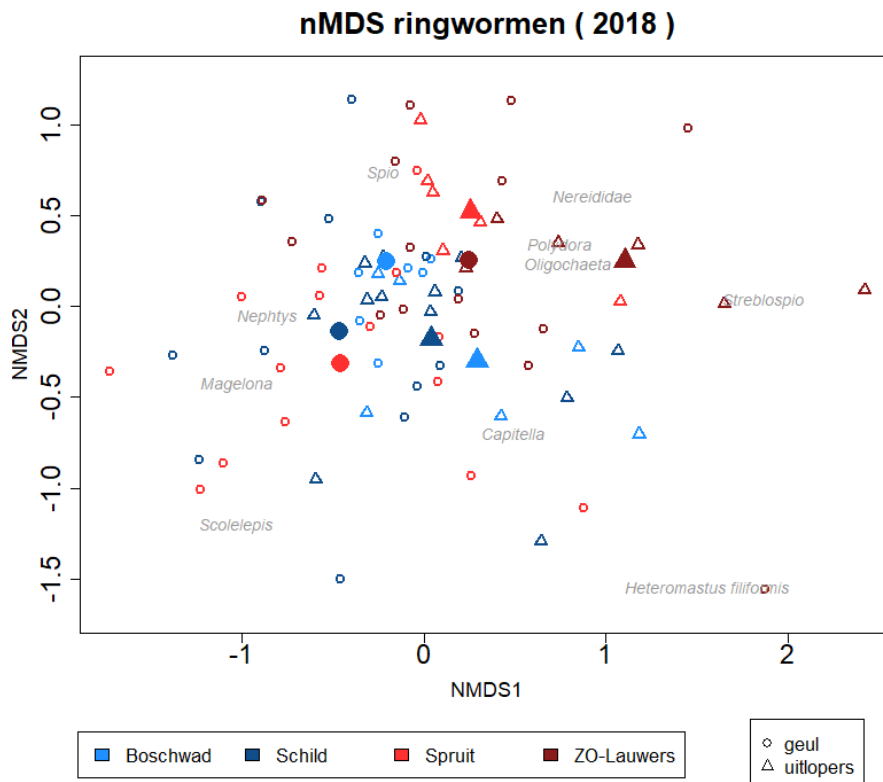
Veen monsters genomen in 2018 bedraagt het aandeel annelida 84%, het aandeel arthropoda 9,2% en het aandeel mollusca 5,8%. Het aandeel cnidaria en echinodermata (stekelhuidigen) in het totaal aantal aangetroffen individuen is beperkt.

Zoals in Figuur 4.2 te zien is ligt het gemiddeld aantal individuen in de monsters genomen in Boschwad en Schild wat hoger dan voor de monsters genomen in de andere geulen. De variatie in dichtheid tussen de individuele monsters is echter dermate groot dat dit verschil niet statistisch significant is, zie Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Resultaten statistisch model voor soortendichtheden.

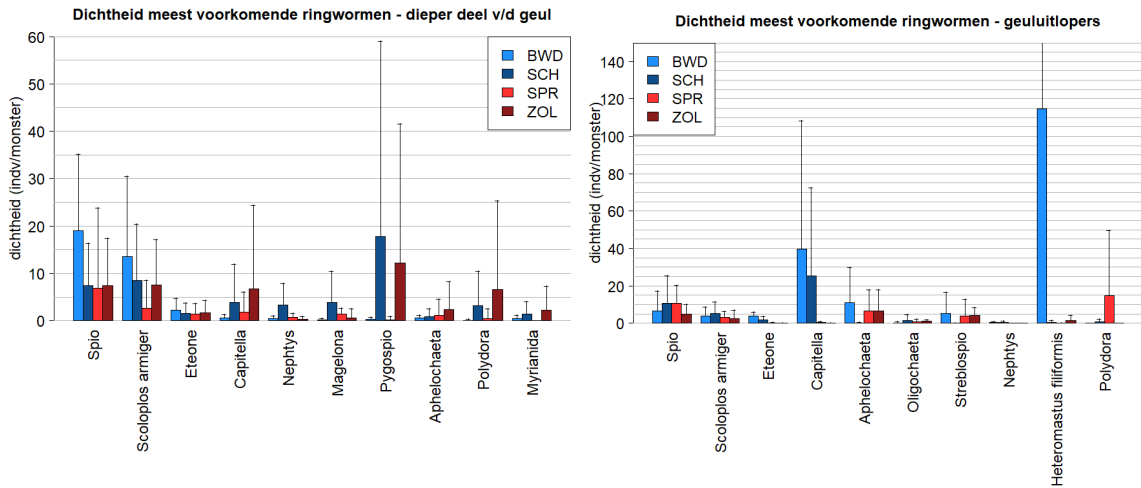
Parameter	geul		locatie (middendeel/uitlopers)		Interactie geul – locatie	
	F waarde	P waarde	F waarde	P waarde	F waarde	P waarde
alle taxa	2,033	0,117	0,643	0,425	1,214	0,311
ringwormen (annelida)	1,764	0,162	2,171	0,145	1,590	0,199
weekdieren (mollusca)	2,108	0,107	0,032	0,860	1,714	0,172
geleedpotigen (arthropoda)	2,214	0,094	0,319	0,574	1,636	0,188

In Figuur 4.3 is een nMDS-diagram weergegeven voor ringwormtaxa die in minimaal 4% van de monsters aangetroffen werden. Monsters die in de uitlopers genomen werden (de driehoeken) bevinden zich in het midden en het rechter(onder)deel van het diagram, terwijl monsters die in het midden van de geul genomen werden (de cirkels) zich in het midden en het linker(boven)deel van het diagram bevinden. Er is ook een overgangsgebied (in het midden van het diagram) waar zich zowel monsters genomen in de geuluitlopers als monsters genomen in het midden van de geul zich bevinden. Dit duidt op verschillen in ringwormsamenstelling tussen de geulsecties, zie Figuur 4.3. In de (ondiepere) geuluitlopers zijn de taxa *Streblospio sp.*, *Capitella sp.*, *Heteromastus filiformis*, en *Aphelochaeta sp.* belangrijk (zijn relatief frequent en in hogere dichtheden aangetroffen) terwijl in de monsters die in de diepere delen van de geulen genomen werden de taxa *Nephtys sp.*, *Pygospio sp.* en *Magelona sp.*, belangrijk zijn, zie Figuur 4.3. De schelpkokerworm *Lanice conchilega*, die in staat is een rif te vormen bij hoge abundantie, werden nauwelijks aangetroffen (slechts in twee monsters, beide genomen in Schild).



Figuur 4.3 Ordinatie diagram die het resultaat van de nonMetric multidimensional scaling weergeeft voor taxa behorende bij de ringwormen (Annelida) die aangetroffen werden in de monsters van 2018. Het diagram is gebaseerd op een Bray – Curtis ongelijkheid matrix van wortel getransformeerde dichtheden waarbij alleen taxa die in minimaal 4% van de monsters voorkwamen meegenomen zijn. Het diagram kent een stresswaarde van 0,17. Met ronde symbolen worden monsters weergegeven die in de diepere delen van de geul genomen zijn en met de driehoekige symbolen voor monsters die in de geuluiteinden (prielen) genomen zijn. Met de dichte symbolen worden de middelpunten van de verschillende categorieën weergegeven.

Wanneer de geulen onderling vergeleken worden dan valt op dat in de monsters die in de geuluiteinden van Boschwad en Spruit genomen werden wat meer individuen van het genus *Capitella sp.* aangetroffen werden, zie rechter diagram van Figuur 4.4. In Boschwad valt daarnaast de aanwezigheid op van *Heteromastus filiformis* (de rode draadworm), zie rechter diagram Figuur 4.4 en Bijlage 2. In drie monsters genomen in een van de geuluiteinden van Boschwad is deze soort in zeer hoge dichtheden aangetroffen (range 31-337 ind/monster). Verschillen in wormsamenstelling in de diepere geuldelen zijn minder groot, zie linker diagram van Figuur 4.4. In zowel Schild als in ZO-Lauwers zijn de dichtheden van *Pygospio sp.* hoger dan in de andere geulen. In Boschwad werden iets meer individuen *Spio sp.* aangetroffen. In de geuluiteinden van Spruit werden relatief veel *Polydora sp.* aangetroffen, terwijl in ZO-Lauwers en Schild deze vooral in de diepere geuldelen gevonden zijn. In Boschwad waren dichtheden van dit genus relatief laag, zie ook Bijlage 2.



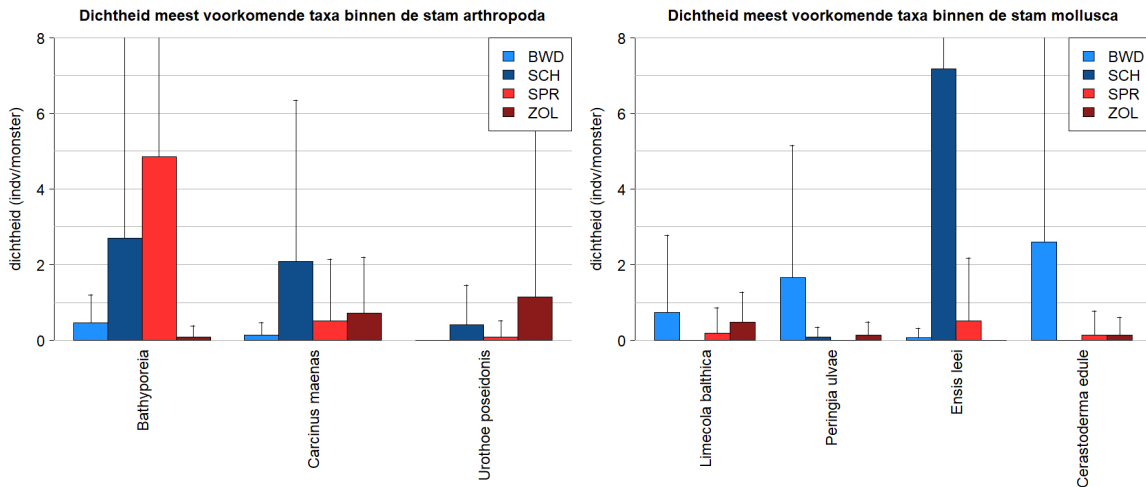
Figuur 4.4 Diagrammen met dichtheden van de tien meest voorkomende taxa behorende bij de annelida (ringwormen) die aangetroffen zijn in de monsters van 2018. In het diagram in het linker paneel zijn de dichtheden weergegeven zoals aangetroffen in monsters genomen in het middendeel van de geul. In het diagram in het rechter paneel zijn dichtheden weergegeven zoals aangetroffen in monsters genomen in de geuluitlopers. Met de errorbars wordt ± 1 standaarddeviatie weergegeven. Let op het verschil in schaal van de y-as tussen de diagrammen.

In de monsters van 2018 zijn in totaal 17 verschillende taxa behorende bij de stam arthropoda (geleedpotigen) aangetroffen (gegevens niet getoond). Het gemiddeld aantal individuen dat in de monsters aangetroffen is bedraagt 4,9 ($\pm 1,9$, 95% betrouwbaarheidsinterval) en in 36% van de monsters zijn geen arthropoda aangetroffen. De meest voorkomende taxa binnen de stam arthropoda (geleedpotigen) betreffen het genus *Bathyporeia sp.* die in 29,6% van de monsters aangetroffen is, en de soorten *Carcinus maenas* (strandkrab), aanwezig in 27,1% van de monsters en *Urothoe poseidonis* (bulldozer kreeftje), aanwezig in 9,9% van de monsters. De overige taxa binnen deze stam kwamen in minder dan 5% van de monsters voor. Van de drie meest voorkomende taxa behorende bij de geleedpotigen zijn de gemiddelde dichtheden weergegeven in Figuur 4.5. Geulverschillen worden voornamelijk bepaald door enkele monsters met wat hogere aantallen individuen. Zo zijn *Bathyporeia sp.* (vlokreeft) dichtheden in enkele monsters genomen in Spruit (2 monsters) en Schild (2 monsters) relatief hoog en wordt het verschil in *Urothoe poseidonis* bepaald door één enkel monster in ZO-Lauwers met hoge dichtheid ($n=21$). *Carcinus maenas* werd in wat meer monsters in hogere dichtheden aangetroffen (max 19 individuen) in zowel ZO-Lauwers als in Schild, zie ook Figuur 4.5.

In de monsters van 2018 zijn in totaal 9 verschillende taxa behorende bij de stam mollusca (weekdieren) aangetroffen. Het gemiddeld aantal individuen dat in monsters aangetroffen is bedraagt 3,6 ($\pm 4,1$, 95% betrouwbaarheidsinterval) en in 60% van de monsters zijn geen mollusca aangetroffen. De meest voorkomende taxa binnen de stam van de mollusca zijn: *Limecola balthica* (nonnetje) in 14,8% van de monsters aangetroffen, *Peringia ulvae* (wadslakje), 12,3 % van de monsters, zwaardschede (*Ensis leei*), 9,8% en *Cerastoderma edule* (kokkel) die in 7,4% van de monsters aangetroffen is, zie Bijlage 2.

Wanneer taxa behorende bij de stam mollusca in de monsters aangetroffen zijn gaat het in de regel om enkele individuen (1 tot 3). Geulverschillen (zie Figuur 4.5) worden veroorzaakt door hoge aantallen in enkele monsters. Zo is in één monster genomen in Boschwad 8 individuen *Limecola balthica* (nonnetje) aangetroffen, in twee monsters is de dichtheid *Peringia ulvae* (wadslakje) wat hoger (9 en 11) en in twee monsters genomen in Boschwad is wat meer *Cerastoderma edule* (kokkel) gevonden (17 en 21). In Figuur 4.5 valt het hoge gemiddelde aantal *Ensis leei* (zwaardschede) in Schild op wat wordt veroorzaakt door één monster, genomen in het middendeel van de geul, waarin 165 individuen aangetroffen is. Na bestudering van de schelp lengten blijkt het te gaan om juveniele zwaardschedes. Er zijn twee cohorten te onderscheiden in het lengtefrequentie diagram (niet getoond), met een gemiddelde schelp lengte van ongeveer 1 en 4 cm. In Schild zijn geen nonnetjes en kokkels gevonden en slechts twee wadslakjes. In Spruit is de dichtheid (juveniele) *Ensis leei* in twee monsters wat hoger (5 en 6 individuen), andere schelpdieren worden nauwelijks aangetroffen. In ZO-

Lauwers is geen *Ensis leei* aangetroffen en ook geen uitzonderlijk hoge aantallen van andere weekdieren. Structuurvormende soorten, zoals mosselen (*Mytilus edulis*) en oesters (*Magallana gigas*) zijn nauwelijks aangetroffen. In één monster (genomen in ZO-Lauwers) is één mossel aangetroffen en in één monster (genomen in Schild) zijn twee levende oesters gevonden.

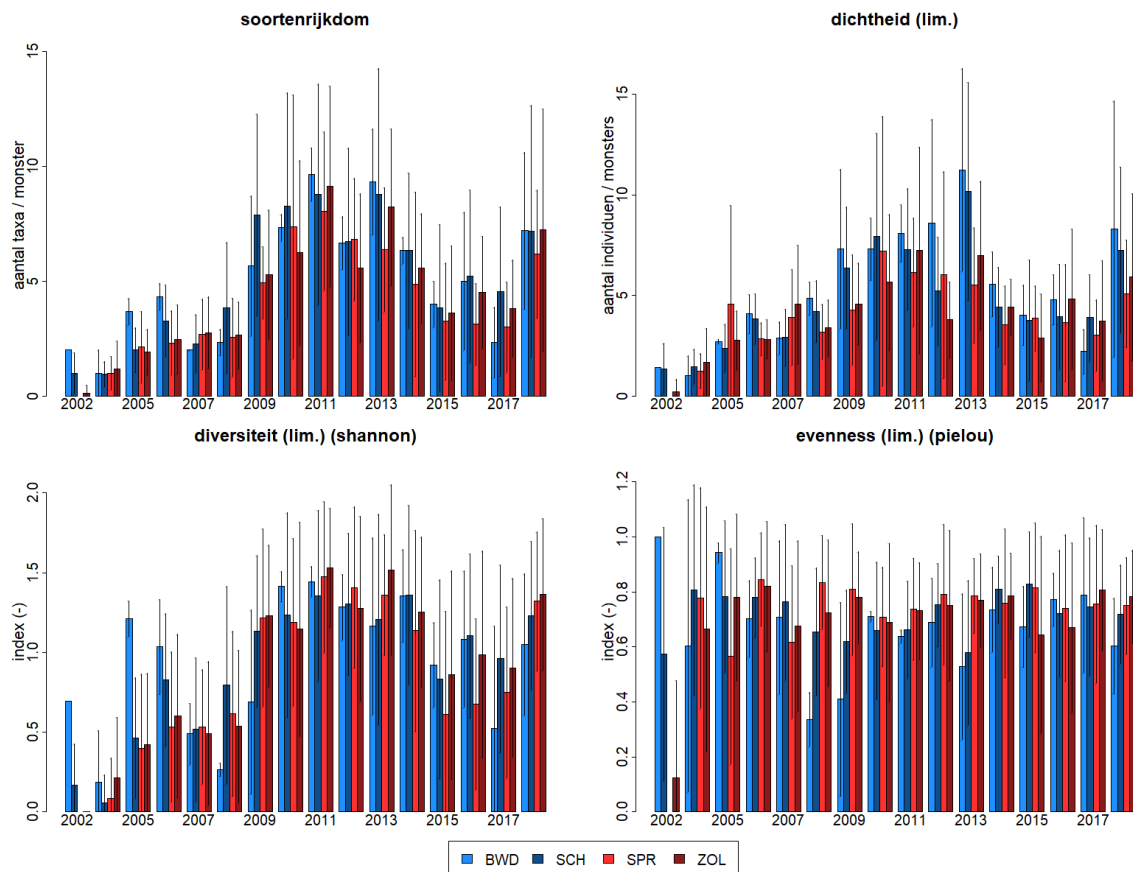


Figuur 4.5 Diagrammen met dichtheden van de meest voorkomende taxa behorende bij de arthropoda (geleedpotigen) in het linker paneel en mollusca (weekdieren) in het rechter paneel in de monsters van 2018. Met de errorbars wordt ± 1 standaarddeviatie weergegeven.

4.2 Vergelijking bodemfauna met eerdere jaren

In deze paragraaf worden de resultaten uit het jaar 2018 vergeleken met de resultaten van eerdere bemonsteringen. Door erosie en sedimentatie processen verandert de topografische ligging van de geulen over de tijd (zie paragraaf 3.2). Hierdoor zijn enkele monsterlocaties, die oorspronkelijk in de geul lagen, op enig moment op het droogvallende wad komen te liggen. Het is aannemelijk dat de soortensamenstelling op het droogvallende wad afwijkt met die van de geul en deze locaties zijn daarom verwijderd voor de hier gepresenteerde analyses.

Omdat geen recente bathymetrie kaart voor handen was zijn alle monsterlocaties op een ortho-kaart van 2018 geprojecteerd om monsterlocaties op het droogvallende wad te identificeren, zie Bijlage 1. Alle locaties die zich op het droogvallende wad bevonden zijn, voor de gehele onderzoeksperiode, verwijderd voor verdere analyse. Het aantal verwijderde monsterlocatie was niet gelijk verdeeld over de geulen. Door sedimentatie in vooral Boschwad zijn in deze geul de meeste locaties buiten beschouwing gelaten, namelijk 11 van de 14 oorspronkelijke locaties. Er bleven slechts 3 locaties over voor de analyses. In Schild zijn 6 locaties buiten beschouwing gelaten, in Spruit 5 en in ZO-Lauwers 2.



Figuur 4.6 Diagrammen met de gemeenschapsindices soortenrijkdom (paneel linksboven), dichtheid (paneel rechtsboven) diversiteit (paneel linksonder) en evenness (paneel rechtsonder) voor alle onderzoeksjaren. Met de errorbars wordt 1 standaarddeviatie weergegeven. De exceptionele hoge aantal van o.a. wadslakjes in 2013 (Fey-Hofstede et al., 2014) zijn gereduceerd tot 500 voor de berekeningen van dichtheid, diversiteit en evenness.

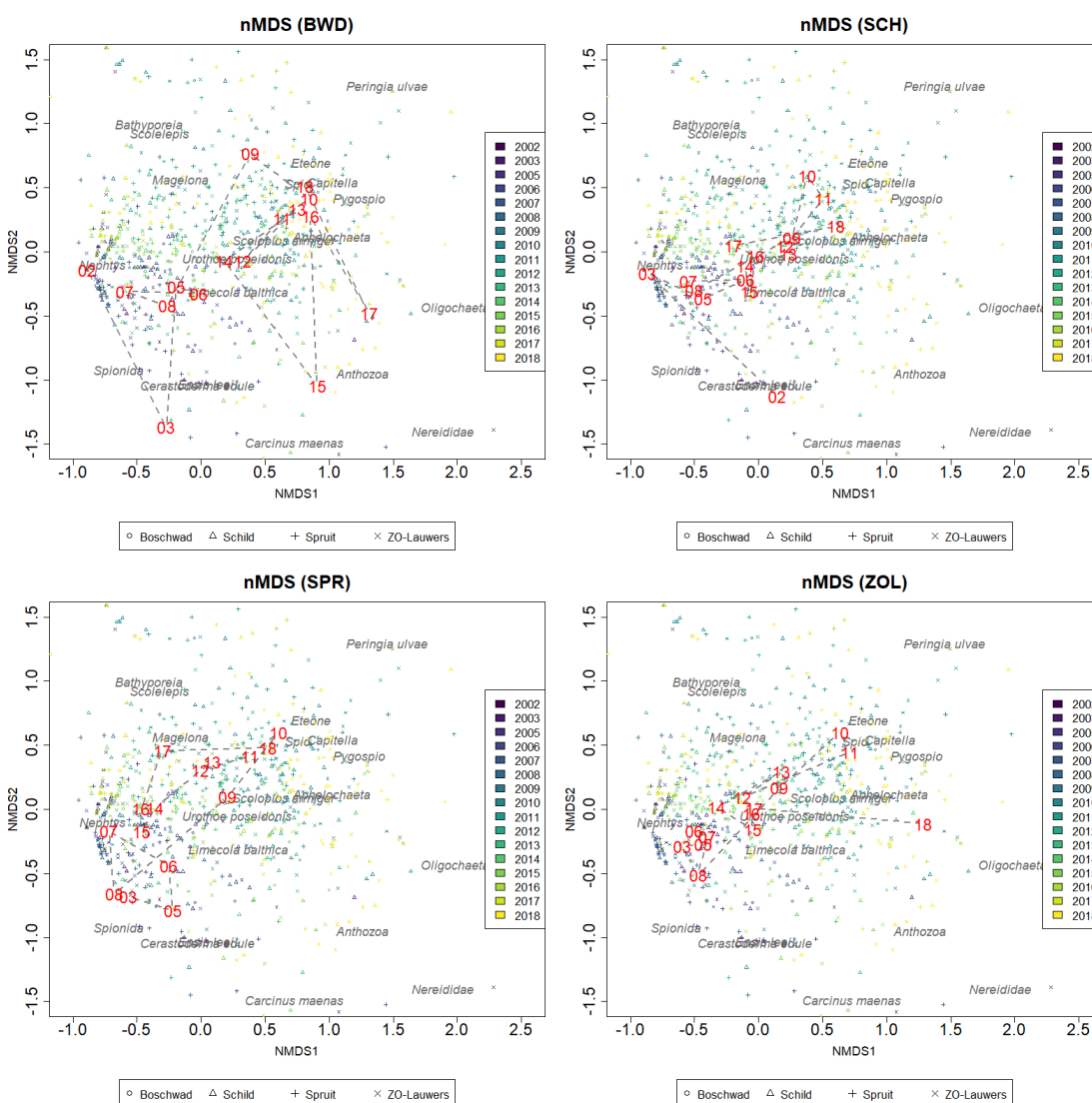
In Figuur 4.6 zijn de parameters soortenrijkdom, dichtheid, diversiteit en evenness weergegeven voor elk bemonsteringsjaar. Het is goed te zien dat in opvolgende jaren het aantal geïdentificeerde taxa in de monsters toenam. Na 2006 kan dit toegeschreven worden aan methodologisch verschil waarbij ook kleinere soorten meegenomen zijn in het identificatieproces. Maar ook in de periode 2006 tot ongeveer 2009 nam het aantal taxa toe. Het is het meest waarschijnlijk dat dit veroorzaakt wordt door toegenomen taxonomische expertise.

Het valt op dat in de jaren 2015, 2016 en 2017 zowel de soortenrijkdom, dichtheid (totaal aantal individuen in de monsters) en de diversiteit relatief laag is. De verdeling van de individuen over de taxa (evenness) nam niet zichtbaar af in deze jaren, waardoor de dip in diversiteit in deze jaren toe te schrijven is aan een afname in het aantal aangetroffen taxa (soortenrijkdom). Over het algemeen zijn verschillen van de hier onderzochte parameters groter tussen de jaren dan tussen de geulen. Uitzondering vormt de iets hogere dichtheid in Boschwad en Schild voor enkele jaren, zie bijvoorbeeld de jaren 2009, 2013 en 2018 in Figuur 4.6. In deze jaren zijn waarden voor evenness juist laag voor Boschwad en Schild wat erop duidt dat de hogere dichtheden veroorzaakt worden door enkele taxa met hoge aantallen individuen (en niet door een meer gelijkmatige verspreiding van de extra individuen over meerdere taxa).

Uit nader onderzoek blijken vooral taxa behorende bij de stam annelida zeer abundant te zijn en daarmee verantwoordelijk te zijn voor de lage waarden voor evenness, zie Tabel 4.3. Zo komen dichtheden van de annelida *Scoloplos armiger*, *Spio Martinensis*, *Nephtys sp.* en *Capitella sp.*, veelvuldig in de top 5 van taxa met de hoogst jaarlijks gemiddelde dichtheden voor in zowel Boschwad en Schild. In Boschwad komen hiernaast de mollusca *Cerastoderma edule* (kokkel) en *Limecoma balthica* (nonnetje) regelmatig in de top 5 taxa met hoogste dichtheid voor en in Schild gaat het om *Ensis Leei* (zwaardschede), zie Tabel 4.3.

Tabel 1.3 Taxa die in >4 jaar bij de top 5 meest abundante taxa behoren voor de geulen Boschwad, Schild, Spruit en ZO-Lauwers voor de onderzoeksperiode 2002 tot en met 2018. Met de getallen wordt het aantal jaren weergegeven dat een taxa in de top 5 van de meest abundante taxa zit (maximum is 16 jaar).

Species	stam	Boschwad	Schild	Spruit	ZO-Lauwers
<i>Scoloplos armiger</i>	annelida	13	12	9	11
<i>Spio martinensis</i>	annelida	7	6	5	9
<i>Nephtys sp.</i>	annelida	7	7	8	7
<i>Cerastoderma edule</i>	mollusca	6	2	4	0
<i>Capitella</i>	annelida	6	5	4	2
<i>Limecola balthica</i>	mollusca	5	1	4	2
<i>Ensis leei</i>	mollusca	0	6	3	1
<i>Magelona johnstoni</i>	annelida	0	0	5	3
<i>Nephtys cirrosa</i>	annelida	0	4	5	6
<i>Pygospio elegans</i>	annelida	2	2	2	5



Figuur 4.7 nonMetric multidimensional scaling ordinatiediagrammen voor de onderzoeksperiode 2002 tot en met 2018. De diagrammen zijn gebaseerd op een Bray – Curtis dissimilariteit matrix van wortel getransformeerde dichtheden waarbij alleen taxa die in minimaal 5% van de monsters voorkwamen meegenomen zijn. Het diagram kent een stresswaarde van 0.18. Met de rode cijfers worden de centroiden (middenpunten) van ieder bemonstersjaar weergegeven voor Boschwad (linksboven), Schild (rechtsboven), Spruit (linksonder) en ZO-Lauwers (rechtsonder).

In Figuur 4.7 is te zien dat de samenstelling van de bodemfauna tussen de geulen verandert over de tijd; jaarmiddelpunten bevinden zich in de eerste jaren in de linker kant van de diagrammen en in latere jaren in het midden/rechter deel van de diagrammen. De geulen lijken zich grofweg op eenzelfde manier te ontwikkelen (verschuiving van links naar rechts in diagrammen). Subtiële verschillen, veelal veroorzaakt door aanwezigheid van wat meer individuen in enkele monsters, bestaan eruit dat in de afgelopen 3 jaar Schild en ZO-Lauwers zich in het midden van het diagram bevinden waar taxa zoals *Scoloplos armiger*, *Urothoe poseidonis* en *Aphelochaeta* sp. zich bevinden. Jaarmiddelpunten van Spruit bevinden zich de afgelopen 3 jaar wat meer linksboven in het diagram waar de taxa *Magelona* sp., *Scolelepis* sp., *Bathyporeia* sp. en *Nephtys* sp. zich bevinden. Het aantal monsters dat voor Boschwad meegenomen kon worden is erg beperkt, zie boven, waardoor deze minder representatief weergegeven kan worden. Jaarmiddelpunten van deze geul bevinden zich aan de rechter(onder)zijde van het diagram waar soorten als *Eteone* sp. en *Spio* sp. zich bevinden.

5 Discussie en conclusie

Dit rapport doet verslag van de monitoring van het gesloten gebied onder Rottumerplaat en Rottumeroog voor de periode 2002 tot en met 2018. De wens voor het instellen van gesloten gebieden in de Waddenzee komt voort uit het trilaterale overleg zoals gevoerd wordt binnen het 'Common Wadden Sea Secretariaat' waarin Nederland, Duitsland en Denemarken vertegenwoordigd zijn. Het doel van het sluiten van gebieden is om te onderzoeken hoe een waddenecosysteem zich ontwikkelt bij afwezigheid van (versturende) menselijke invloeden. In Nederland is in 2005 navolging gegeven aan deze wens en werd een gebied gelegen onder Rottumerplaat en Rottumeroog ingesteld, waar beperkingen gelden voor (versturend) menselijk medegebruik. Het in 2005 ingestelde gesloten gebied bestaat uit zowel droogvallende wadplaten als permanent onder water staande geulen. In het onderzoek, dat door WMR uitgevoerd wordt, is de nadruk gelegd op het volgen van de ontwikkeling van de bodemfauna in het geulensysteem waar de garnalenvisserij een van de belangrijkste menselijke activiteiten was. Hiertoe zijn sinds 2002 jaarlijks bodemmonsters met een van Veen happer genomen in de geulen Boschwad en Schild gelegen in het gesloten gebied. Om autonome ontwikkelingen mee te kunnen nemen zijn in het onderzoek ook twee geulen die buiten het gesloten gebied liggen bemonsterd, namelijk Spruit en Zuidoost-Lauwers.

Het doel van de monitoring is van begin af aan geweest om de ontwikkeling te volgen in een gebied gesloten voor menselijke verstoring. Het onderzoek is niet opgezet als studie waarbij statistisch onderbouwde oorzakelijke verbanden aangetoond kunnen worden. Voor een dergelijk onderzoek is een andere aanpak nodig:

- onderzoeksgebieden moeten de variatie in biotische en abiotische omstandigheden van het gebied, waar uitspraken over gedaan moeten worden, weerspiegelen;
- er moeten voldoende replica's zijn (Underwood, 1992), het benodigde aantal replica's wordt bepaald op basis van de lokale variatie: hoe meer variatie hoe groter het aantal benodigde replica's;
- De keuze in welke onderzoeksgebieden de behandeling plaatsvindt (in dit geval open of gesloten voor menselijk gebruik) dient random te worden bepaald.

Daarnaast is, om bijvoorbeeld de effecten op zaadval van schelpdieren te bestuderen een complicerende factor dat jaren met succesvolle zaadval maar af en toe voorkomen en de precieze locatie daarvan moeilijk te voorspellen is.

In het geval van de monitoring in het gebied bij Rottum wordt aan geen van deze voorwaarden voldaan. Dat betekent dat we niet kunnen onderscheiden of eventueel waargenomen verschillen tussen open en gesloten geulen veroorzaakt worden door een verschil in behandeling of door toeval. Resultaten uit de monitoring kunnen wel leiden tot hypothesen over mogelijke oorzakelijke verbanden die eventueel verder onderzocht kunnen worden in veld- dan wel laboratoriumexperimenten. Onderzoekresultaten zeggen daarom alleen iets over dit specifieke gebied met zijn specifieke abiotische omstandigheden. Door het ontbreken van replica's kunnen veranderingen in potentie ook veroorzaakt worden door geulspecifieke eigenschappen en/of door toevallige ontwikkelingen zoals bijvoorbeeld een zeer lokale broedval van schelpdieren. Experimenten zoals het garnalenexperiment (Glorius e.a., 2015), en PRODUS (Smaal e.a., 2013) met verspreid gelegen onderzoekvakken waarvan door randomiseren is bepaald welk deel wel en niet wordt bevestigd; en met voldoende replica's zijn nodig om oorzakelijke verbanden te onderzoeken.

Analyse

De uitgevoerde analyse is zeker niet uitputtend, maar beperkt door de beschikbare middelen. De ontwikkeling in abiotische variabelen zijn niet meegenomen en veranderingen in morfologie maar zeer ten delen. Alleen monsterpunten die in 2018 duidelijk litoraal liggen zijn, voor de gehele onderzoeksperiode (van het jaar 2002 tot en met 2018), buiten beschouwing gelaten. Vooral Boschwad is aan het verzanden waardoor veel monsterpunten voor 2018 niet meegenomen zijn in de

analyses. Wanneer meer nauwkeurig vastgesteld wordt op welk moment in de onderzoeksperiode monsterpunten litoraal zijn komen te liggen, bijvoorbeeld op basis van historische hydrografische kaarten, dan kunnen meer monsterpunten meegenomen worden in de analyses en worden deze robuuster.

Resultaten

De trends in ontwikkeling en verschillen in de bodemdiergemeenschap, welke voor de periode 2002 tot en met 2017 geobserveerd werd tussen de onderzochte geulen (Glorius, 2018), zijn ook in 2018 grotendeels waargenomen. De verdeling van het aantal individuen over de taxa (evenness) lag wat lager in Boschwad (en gemiddeld ook in Schild, maar dit was niet significant). Een wat schevere verdeling van de individuen over de taxa in Boschwad en Schild wordt sinds 2007 regelmatig geobserveerd. Er was meer taxa behorende bij de mollusca gevonden in 2018 in Boschwad. Verder waren er wat niet significante verschillen op te merken. Zo lag het totaal aantal individuen en het aantal individuen behorende bij de stam mollusca hoger in Boschwad en Schild hoger dan in Spruit en ZO-Lauwers.

Verschillen in de bodemdiergemeenschappen tussen de geulen zijn klein. Boschwad, die beschut ligt en een geringe waterdiepte heeft, onderscheidt zich van de andere geulen door wat hogere abundantie van kokkels, wadslakjes en nonnetjes (ook in lijn met wat eerder vastgesteld werd) en de aanwezigheid van een groter aantal individuen van soorten behorende bij de stam ringwormen. In 2018 is de hoge abundantie van *Heteromastus filiformis* opvallend die in een van de uitlopers gevonden werd. De gemeenschap aan bodemfauna in de gesloten geul Schild, komt meer overeen met die van de open geulen Spruit en ZO-Lauwers. Voor deze geulen zijn onder andere de ringwormen *Nephtys sp.* (zandzager), *Magelona sp.* en *Bathyporeia sp.* (vlokreeft) belangrijk. Deze soorten worden geassocieerd met gemiddeld tot fijn zand die regelmatig beroerd worden (McLachlan, 1983).

Ondanks dat de beroering door vistuigen in Schild afwezig is leidt de zeewaartse ligging van Schild waarschijnlijk tot een, in vergelijking met Boschwad, meer dynamisch milieu met een hogere natuurlijke verstoring van de bodem door wind en golfwerking. Zoals in Glorius et al., 2018 geobserveerd werd is een sediment type met wat grovere korrelgroottes en wat hogere zandribbels in Schild hiervan het gevolg. Uit recente studies blijkt dat natuurlijke verstoring op een vergelijkbare manier de bodemdiergemeenschap kan beïnvloeden als verstoring door (boom)korbevissing (Denderen, 2015). Dit leidt er mogelijk toe dat de gemeenschapssamenstelling in Schild meer vergelijkbaar is met de beviste geulen Spruit en ZO-Lauwers. Uit metingen van 2016 en eerder gerapporteerd typeert de gesloten geul Boschwad zich juist door een geringe waterdiepte, beperkte natuurlijke verstoring en een sediment type met fijnere korrelgroottes wat de subtiele verschillen in de samenstelling van de bodemfauna waarschijnlijk verklaart.

Net zoals in 2017 duiden gegevens uit de 2018 bemonstering niet op vorming van biogene structuren zoals sublitorale mossel- dan wel oesterbanken of grote voorkomens van kokerwormen zoals *Lanice conchilega* in zowel de geulen gelegen in het gesloten gebied als in de geulen daarbuiten. In 2018 werd in één monster (ZO-Lauwers) één mossel gevonden, in één monster (Schild) twee oesters en in twee monsters (ook in Schild) enkele (2 en 13) individuen van *Lanice conchilega*.

Literatuur

- Dankers, M.N.J.A., Meijboom, A., Cremer J.S.M., Dijkman, E.M., Hermes, Y., Marvelde te, L. (2003). Historische ontwikkeling van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 876, pp 114.
- Denderen van, D.P. (2015). Ecosystem effects of bottom trawl fishing. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen NL. ISBN 978094-6257-346-8. 182 pages.
- Ens, B.J., Smaal, A.C., Vlas de, J. (2004). The effects of shellfish fishery on the ecosystem of the Dutch Wadden Sea and Oosterschelde. Final report on the second phase of the scientific evaluation of the Dutch Shellfish fishery policy (EVA II). Alterra-rapport 1011, 212 pages.
- Fey-Hofstede, F.E., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, C. Sonneveld, J.P. Verdaat, A.G. Bakker, E.M. Dijkman, J.S.M. Cremer (2015). Ontwikkeling van enkele mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2014.
- Gedeputeerde Staten van de Provincie Groningen (2017). Vergunning wet natuurbescherming verleend aan de wadloopvergunninghouders voor vergunning wadlooptochten naar Rottumeroog.
- Glorius, S.T., I. Tulp, A. Meijboom, L. Bolle, C. Chen (2018). Developments in benthos and fish in an area closed for human use in the Dutch Wadden Sea: 2002 – 2016 Closed area Rottum, WOT-technical report 129, pp. 83.
- Glorius, S.T. (2018). Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum. Tussenrapportage twaalf jaar na sluiting (najaar 2017). WOT-technical report 142 / WMR-Rapport C019/19, pp. 44.
- Glorius, S.T. , J. Craeymeersch, T. van der Hammen, A. Rippen, J. Cuperus, B van der Weide, J. Steenberg & I. Tulp (2015); Effecten van garnalenvisserij in Natura 2000 gebieden. IMARES Rapport C013/15.
- Lavaleije MSS & N Dankers (1993). Voorstudie naar de effecten van de garnalenvisserij op de bodemfauna, met advies over te sluiten gebieden en uit te voeren onderzoek. IBN rapport 001. 37 pgs.
- McLachlan, A., (1983). Sandy beach ecology - a review. In Sandy beaches as ecosystems (ed. A. McLachlan & T. Erasmus), pp.321-381. The Hague: Dr W. Junk Publishers.
- Oksanen, J., F. Guillaume Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, L.G. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens, E. Szoecs and H, Wagner (2017). vegan: Community Ecology Package.
- Smaal, A.C., J. Craeymeersch, J. Drent, J.M. Jansen, S. Glorius & M.R. van Stralen (2013); Effecten van mosselzaadvisserij op de sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport. IMARES Rapport C006/13 PR1.
- Underwood AJ (1992) Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 161:145-178

Verantwoording en kwaliteitsborging

WOT-technical report: 173
WMR-rapport: C136/19
WOT-projectnummer: WOT-04-009-035.05
WMR-projectnummer: 431.81001.95

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

Akkoord: Dr. R.G. (Robbert) Jak
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 6 maart 2020

Akkoord: Drs. J. (Jakob) Asjes
MT lid integratie

Handtekening:



Datum: 6 maart 2020

Akkoord Extern contactpersoon

functie: Coördinerend Beleidsmedewerker

naam: Bram Streefland

datum: 4 maart 2020

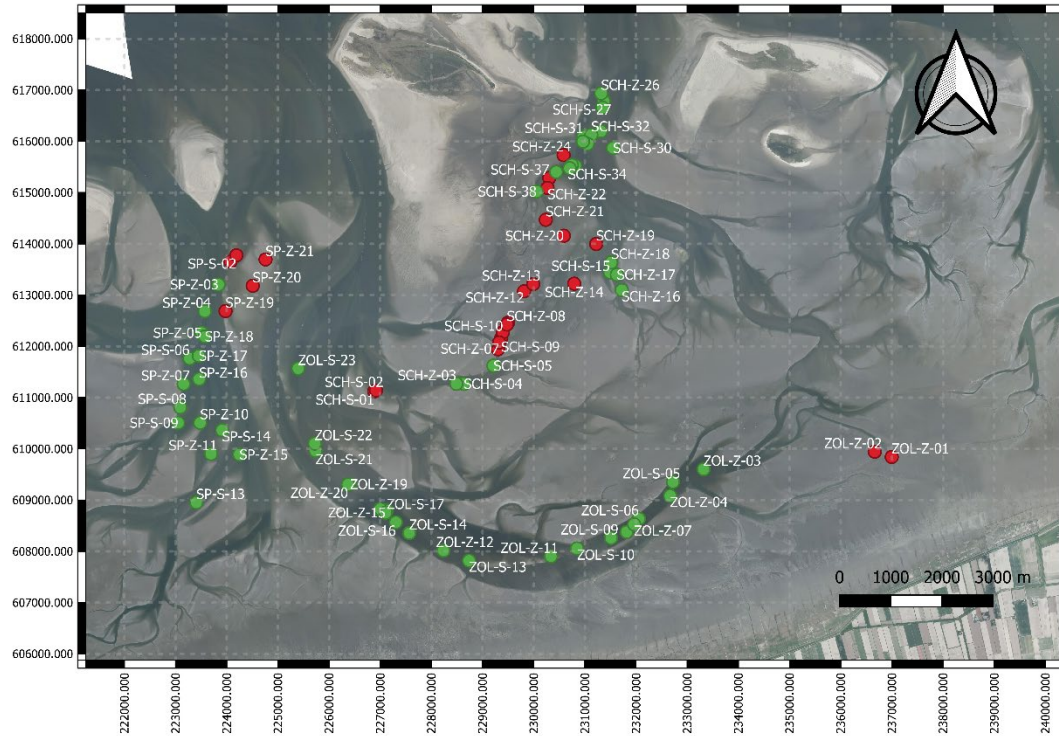
Akkoord Intern contactpersoon

naam: Anne Schmidt

datum: 7 april 2020

Bijlage 1 Monsterlocaties

Monsterlocaties sublitoraal (groen) en litoraal (rood)



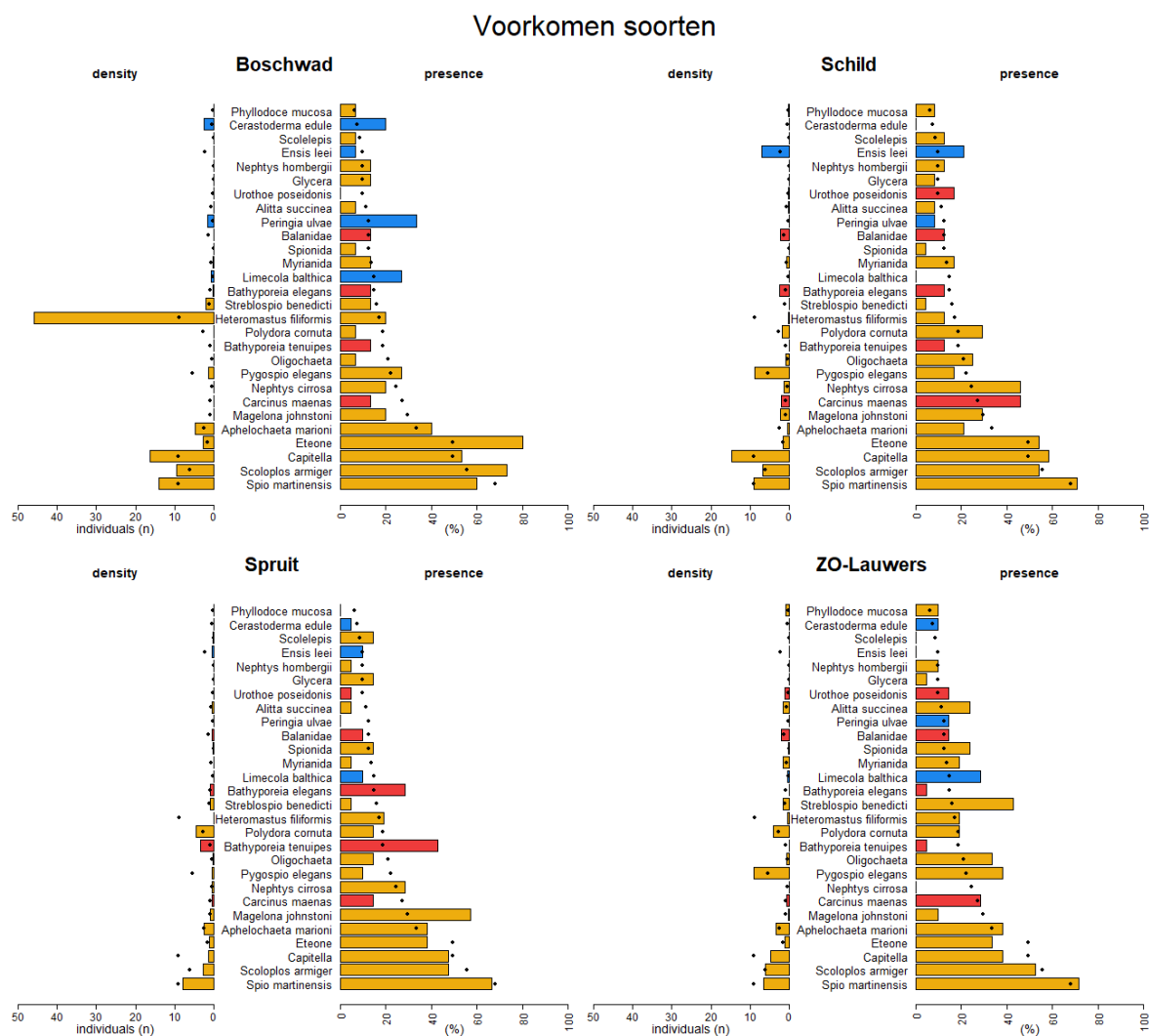
Figuur B1.1 Locaties waar van Veen bodemhappen genomen worden in de geulen ZO-Lauwers (aangeduid in figuur met ZOL), Spruit (aangeduid met SP) en Boschwad (aangeduid met SCH en de nummer 1 t/m 14) en Schild (aangeduid met SCH en de nummers 15 t/m 26), zoals vastgesteld in 2003. Locaties aangeduid met een 'S' bevinden zich op een schelpenbank, locaties aangeduid met een 'Z' bevinden zich op een ondergrond van zand. Ondergrond is een orthokaart van 2018 (PDOK). Met de ronde rode symbolen worden monsterlocaties aangeduid die op het droogvallende wad zijn komen te liggen en welke buiten beschouwing gelaten zijn in de analyses.

Tabel B.1 Coördinaten van de monsterlocaties in 2018 in Rijkdriehoek (RD) en Noorderbreedte (latitude) en Oosterlengte (longitude). Monstercodes beginnend met 'BW' liggen in Boschwad, met 'SCH' in Schild, met 'SP' in Spruit en met 'ZOL' in Zuidoost-Lauwers. Ook is aangegeven of een monsterlocatie in het midden van de geul ligt of in een van de uitlopers.

Monster-code	Geul	Geul-sectie	RDYNEW	RDXNEW	Noorderbreedte (DD_MM.mmm)	Oosterlengte (DD_MM.mmm)
BW_01	Boschwad	midden	611353.69	227644.08	N 53 29.003	E 6 28.888
BW_02	Boschwad	midden	611302.81	227681.43	N 53 28.975	E 6 28.922
BW_03	Boschwad	midden	611246.98	227723.25	N 53 28.945	E 6 28.959
BW_04	Boschwad	midden	611347.66	228092.53	N 53 28.996	E 6 29.294
BW_05	Boschwad	midden	611298.99	228129.23	N 53 28.97	E 6 29.326
BW_06	Boschwad	midden	611262.39	228165.03	N 53 28.95	E 6 29.358
BW_07	Boschwad	midden	611359.90	228582.54	N 53 28.999	E 6 29.737
BW_08	Boschwad	midden	611323.27	228632.27	N 53 28.979	E 6 29.781
BW_09	Boschwad	midden	611293.82	228678.40	N 53 28.962	E 6 29.822
BW_10	Boschwad	midden	611382.85	228978.53	N 53 29.008	E 6 30.095
BW_11	Boschwad	uitloper	611361.80	229020.35	N 53 28.996	E 6 30.132
BW_12	Boschwad	uitloper	611330.26	229071.52	N 53 28.979	E 6 30.178
BW_13	Boschwad	uitloper	611832.09	229259.11	N 53 29.248	E 6 30.355
BW_14	Boschwad	uitloper	611871.76	229247.77	N 53 29.269	E 6 30.345
BW_15	Boschwad	uitloper	611906.60	229238.21	N 53 29.288	E 6 30.337
SCH_01	Schild	midden	616943.09	231221.52	N 53 31.986	E 6 32.202
SCH_02	Schild	midden	616936.78	231339.40	N 53 31.981	E 6 32.309
SCH_03	Schild	midden	616926.72	231443.71	N 53 31.975	E 6 32.403
SCH_04	Schild	midden	616169.02	230905.65	N 53 31.571	E 6 31.905
SCH_05	Schild	midden	616090.08	230950.12	N 53 31.528	E 6 31.944
SCH_06	Schild	midden	616007.27	230979.59	N 53 31.483	E 6 31.97
SCH_07	Schild	midden	614983.14	230959.37	N 53 30.932	E 6 31.937
SCH_08	Schild	midden	614978.94	231157.36	N 53 30.928	E 6 32.116
SCH_09	Schild	midden	614977.92	231358.35	N 53 30.925	E 6 32.297
SCH_10	Schild	midden	614443.39	231366.43	N 53 30.637	E 6 32.297
SCH_11	Schild	midden	614678.27	231674.19	N 53 30.761	E 6 32.579
SCH_12	Schild	midden	614879.43	231990.76	N 53 30.867	E 6 32.868
SCH_13	Schild	uitloper	613915.51	231409.99	N 53 30.352	E 6 32.329
SCH_14	Schild	uitloper	613874.29	231440.44	N 53 30.33	E 6 32.356
SCH_15	Schild	uitloper	613827.27	231473.12	N 53 30.304	E 6 32.384
SCH_16	Schild	uitloper	613637.74	230759.32	N 53 30.208	E 6 31.736
SCH_17	Schild	uitloper	613628.36	230820.04	N 53 30.203	E 6 31.791
SCH_18	Schild	uitloper	613623.59	230882.43	N 53 30.199	E 6 31.847
SCH_19	Schild	uitloper	613243.66	231599.44	N 53 29.988	E 6 32.49
SCH_20	Schild	uitloper	613265.77	231627.95	N 53 30	E 6 32.516
SCH_21	Schild	uitloper	613291.35	231662.84	N 53 30.014	E 6 32.548
SCH_22	Schild	uitloper	615303.51	230189.46	N 53 31.111	E 6 31.245
SCH_23	Schild	uitloper	615281.72	230144.80	N 53 31.099	E 6 31.204
SCH_24	Schild	uitloper	615249.76	230100.97	N 53 31.083	E 6 31.164
SP_01	Spruit	midden	614597.76	223880.27	N 53 30.782	E 6 25.53
SP_02	Spruit	midden	614553.53	224048.34	N 53 30.757	E 6 25.681
SP_03	Spruit	midden	614504.81	224200.15	N 53 30.729	E 6 25.818

SP_04	Spruit	midden	612671.93	223578.39	N 53 29.746	E 6 25.232
SP_05	Spruit	midden	612814.74	223691.98	N 53 29.822	E 6 25.336
SP_06	Spruit	midden	612872.81	223812.08	N 53 29.853	E 6 25.445
SP_07	Spruit	midden	611278.73	223211.90	N 53 28.998	E 6 24.882
SP_08	Spruit	midden	611361.45	223629.00	N 53 29.039	E 6 25.26
SP_09	Spruit	midden	611398.91	224108.39	N 53 29.056	E 6 25.694
SP_10	Spruit	midden	610530.14	224292.61	N 53 28.586	E 6 25.849
SP_11	Spruit	midden	610432.08	224366.00	N 53 28.533	E 6 25.914
SP_12	Spruit	midden	610335.71	224452.19	N 53 28.48	E 6 25.991
SP_13	Spruit	midden	609069.44	223202.08	N 53 27.807	E 6 24.845
SP_14	Spruit	midden	609114.20	223324.05	N 53 27.83	E 6 24.956
SP_15	Spruit	midden	609098.41	223457.49	N 53 27.821	E 6 25.076
SP_16	Spruit	uitloper	608116.72	223802.80	N 53 27.289	E 6 25.375
SP_17	Spruit	uitloper	607970.83	223678.32	N 53 27.211	E 6 25.261
SP_18	Spruit	uitloper	607823.76	223601.16	N 53 27.133	E 6 25.189
SP_19	Spruit	uitloper	608426.87	220848.56	N 53 27.479	E 6 22.711
SP_20	Spruit	uitloper	608362.92	220815.41	N 53 27.444	E 6 22.68
SP_21	Spruit	uitloper	608286.52	220735.08	N 53 27.404	E 6 22.607
ZOL_01	ZO-Lauwers	midden	612430.92	224821.66	N 53 29.606	E 6 26.352
ZOL_02	ZO-Lauwers	midden	612484.53	224948.78	N 53 29.634	E 6 26.468
ZOL_03	ZO-Lauwers	midden	612548.57	225075.72	N 53 29.668	E 6 26.583
ZOL_04	ZO-Lauwers	midden	610719.21	224899.58	N 53 28.683	E 6 26.4
ZOL_05	ZO-Lauwers	midden	610655.35	225025.73	N 53 28.648	E 6 26.513
ZOL_06	ZO-Lauwers	midden	610606.68	225125.41	N 53 28.621	E 6 26.603
ZOL_07	ZO-Lauwers	midden	608731.09	226671.03	N 53 27.597	E 6 27.974
ZOL_08	ZO-Lauwers	midden	608675.63	226923.96	N 53 27.566	E 6 28.201
ZOL_09	ZO-Lauwers	midden	608589.58	227245.24	N 53 27.517	E 6 28.49
ZOL_10	ZO-Lauwers	midden	607659.50	230270.77	N 53 26.99	E 6 31.209
ZOL_11	ZO-Lauwers	midden	607759.35	230407.88	N 53 27.043	E 6 31.335
ZOL_12	ZO-Lauwers	midden	607897.11	230610.99	N 53 27.115	E 6 31.52
ZOL_13	ZO-Lauwers	midden	608938.13	232497.99	N 53 27.66	E 6 33.239
ZOL_14	ZO-Lauwers	midden	609063.21	232573.40	N 53 27.727	E 6 33.309
ZOL_15	ZO-Lauwers	midden	609193.30	232619.32	N 53 27.797	E 6 33.353
ZOL_16	ZO-Lauwers	uitloper	608967.57	233735.46	N 53 27.665	E 6 34.357
ZOL_17	ZO-Lauwers	uitloper	608879.73	233786.56	N 53 27.617	E 6 34.402
ZOL_18	ZO-Lauwers	uitloper	608803.10	233860.63	N 53 27.575	E 6 34.468
ZOL_19	ZO-Lauwers	uitloper	609683.99	234053.61	N 53 28.048	E 6 34.655
ZOL_20	ZO-Lauwers	uitloper	609827.43	234176.38	N 53 28.125	E 6 34.768
ZOL_21	ZO-Lauwers	uitloper	610019.39	234342.06	N 53 28.227	E 6 34.921

Bijlage 2 Voorkomen en dichtheid van de belangrijkste taxa per geul in de 2018 monsters



Figuur B2.1 Gemiddelde dichtheid (n) en voorkomen (%) van de van Veen monsters genomen in Boschwad (panel linksboven), Schild (panel rechtsboven), Spruit (panel linksonder) en ZO-Lauwers (Panel rechtsonder) voor soorten die (gemiddeld) in tenminste in 5% van de monsters voorkomen. Met de kleur van de staafdiagram wordt de stam waarbij de taxa behoort weergegeven. Ringwormen (Annelida) worden met gele-, geleedpotige (arthropoda) met rode-, neteldieren (Cnidaria) met paarse- en weekdieren (Mollusca) met blauwe staafdiagrammen weergegeven. Met de zwarte punten wordt het gemiddelde voorkomen en dichtheid van iedere taxa weergegeven waarbij alle monsters uit de verschillende geulen gezamenlijk beschouwd zijn.

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

146	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 (2019). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2019.</i>		<i>Diversity; Sixth National Report of the Kingdom of the Netherlands.</i>
147	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017. Berekeningen met het model NEMA.</i>	157	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen, M.C. Boerwinkel & M. Laar (2019). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2018/2019.</i>
148	Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). <i>Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ with the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019.</i>	158	Sanders, M.E. & H.A.M. Meeuwssen (2019). <i>Basisbestand Natuur en Landschap.</i>
149	Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck & E.W.J. Hummelink (2019). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2018.</i>	159	Visser, T., H.A.M. Meeuwssen & Th.C.P. Melman (2019). <i>MNP-(Model for Nature Policy) Agrarisch; Uitwerking voor scenario's uit de Natuurverkenning 2020.</i>
150	IJsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, & A. Gröne (2019). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2018. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>	160	Jong, A. de, A. Poot & P.I. Adriaanse (2019). <i>Impact analysis for the purpose of the introduction of DROPLET version 1.3.2.</i>
151	Daamen, W.P., A.P.P.M. Clerckx & M.J. Schelhaas (2019). <i>Veldinstructie Zevende Nederlandse Bosinventarisatie (2017-2021); Versie 2.0.</i>	161	Westerink, J., T.A. de Boer, M. Pleijte & R.A.M. Schrijver (2019). <i>Kan een goede boer natuurinclusief zijn?; De rol van culturele normen in een beweging richting natuurinclusieve landbouw.</i>
152	Bikker, P., L.B. Šebek, C. van Bruggen & O. Oenema (2019). <i>Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2019.</i>	162	Buijs, A.E., F.G. Boonstra (2020). <i>Natuurbeleid betwist; Visies op legitimiteit en natuurbeleid.</i>
153	Berg, F. van den, H. Baveco & E.L. Wipfler (2019). <i>User manual for SAFE (Select Application date For Evaluation) to support the use of the GEM scenarios for cultivations in glasshouses; Version 1.1</i>	163	Haas, W. de, J.L.M. Donders, T.J.M. Mattijssen (2019). <i>Natuur in conflict; Botsende waarden, waarheden en belangen in het natuurbeheer.</i>
154	Os, J. van, L.J.J. Jeurissen en H.H. Ellen (2019). <i>Rekenregels pluimvee voor de Landbouwtelling; Verantwoording van het gebruik van het Identificatie- & Registratiesysteem.</i>	164	Berg, F. van den, A. Tiktak, D. van Kraalingen & J.J.T.I. Boesten (2019). <i>User manual for FOCUSPEARL version 5.5.5.</i>
155	Brouwer, F. & D.J.J. Walvoort (2019). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart; Herkartering van de veengebieden in Eemland</i>	165	Glorius, S.T., A. Meijboom, J. Schop & J.T. van der Wal (2019). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2018.</i>
156	Sanders, M.E., R.J.H.G. Henkens & D.M.E. Slijkerman (2019). <i>Convention on Biological</i>	166	Pedroli, B, During, R. (2019). <i>De paradox van een maakbare natuur – ingebakken en omstreden; Betekenis culturele identiteit voor draagvlak natuurbeleid en –beheer.</i>
		167	Walvoort, D.J.J., M. Knotters, F.M. van Egmond (2019). <i>Interpolatie, aggregatie en desaggregatie van ruimtelijke bodemgegevens in de Basisregistratie Ondergrond (BRO).</i>
		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>
		170	Bos-Groenendijk, G.I., C.A.M van Swaay (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex B Habitatrichtlijnsoorten; Achtergronddocument.</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>		
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>	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>
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>	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 van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide uit kalkmeststoffen - Berekeningen met het model NEMA.</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>	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>



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

ISSN 2352-2739

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 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.

