Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum

Tussenrapportage 14 jaar na sluiting (najaar 2019)

S.T. Glorius & A. Meijboom

WOf-technical report 193
WMR-Rapport C109/20

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van 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 193 is het resultaat van onderzoek gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum

Tussenrapportage 14 jaar na sluiting (najaar 2019)

S.T. Glorius¹ en A. Meijboom¹

¹ Wageningen Marine Research

BAPS-projectnummer WOT-04-009-035.05

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2020

WOT-technical report 193

WMR-rapport C109/20

ISSN 2352-2739

DOI 10.18174/536455

Referaat

Glorius, S.T. & A. Meijboom (2020). *Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 14 jaar na sluiting (najaar 2019)*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 193. Wageningen Marine Research, Den Helder: WMR-rapport C109/20. 46 blz.; 11 fig.; 3 tab.; 12 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, in opdracht van het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Dit rapport beschrijft de tussentijdse resultaten, veertien jaar na sluiting. In lijn met wat eerder vastgesteld werd, onderscheidt de bodemdiergemeenschap in gesloten geul Boschwad zich van de bodemdiergemeenschap in andere geulen door een hogere abundantie schelpdieren (vooral kokkels) en een hoge abundantie en samenstelling van wormsoorten. Dit wordt waarschijnlijk verklaard doordat deze geul, in vergelijking met de andere onderzochte geulen, een wat meer beschutte ligging heeft, wat minder diep is en een bodemtype heeft dat bestaat uit wat kleinere korrelgroottes. Ook in gesloten geul Schild zijn wat meer weekdieren aangetroffen dan in de controlegeulen Spruit en ZO-Lauwers. De soortensamenstelling in Schild komt op andere vlakken meer overeen met die van de open geulen Spruit en ZO-Lauwers, 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 14 years after closure (autumn 2019)*. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment., WOt-technical report 193. Wageningen Marine Research, Den Helder: WMR-rapport C109/20. 46 p.; 11 figs; 3 tab.; 12 refs; 3 Annexes.

Since November 2005 a small part of the Dutch Wadden Sea has been closed to bottom-disturbing anthropogenic 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 which are under the influence of human bottom-disturbing activities. This report describes the interim results 14 years after the area was closed. Of the investigated gullies, the closed Boschwad gully is the smallest in surface area and has a lower water depth and finer sediment grain sizes than the other gullies. In line with what has been established earlier, the benthic species composition in the Boschwad gully differs from the other gullies by having a slightly higher abundance of shellfish (especially cockles) and a higher abundance and different composition of Annelid species. This might be due to the different physical characteristics of the gully described above. The species composition in the closed area Schild is more similar to that in the two 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/10.18174/536455> 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 (WOT) binnen het thema Informatievoorziening Natuur en wordt 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, veertien jaar na 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
Inhoud	7
Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
1.1 Omschrijving van het referentiegebied Rottum	13
1.2 Historisch gebruik van het gebied	15
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 Bodemdiergemeenschap in 2019	23
4.2 Vergelijking bodemfauna met eerdere jaren	30
5 Discussie en conclusie	33
Literatuur	35
Verantwoording	37
Bijlage 1 Monsterlocaties	39
Bijlage 2 Voorkomen en dichtheid van de belangrijkste taxa per geul in de 2019-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 referentiegebied (Schild en Boschwad) beschreven en vergeleken met de ontwikkeling in twee geulen die buiten het gebied liggen (Zuidoost-Lauwers en Spruit), veertien 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 bodemonsters 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 bodemonsters genomen. In 2016 heeft er weer een uitgebreidere bemonstering plaatsgevonden waarbij de bodemvispopulatie opnieuw bemonsterd is, de bodemstructuur in kaart gebracht werd en additionele bodemonsters 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 2019 zijn wederom alleen Van Veen-bodemonsters genomen in het najaar (oktober).

De ontwikkeling en verschillen in de bodemdiergemeenschap, welke voor de periode 2002 tot en met 2018 geobserveerd werden tussen de geulen (Glorius et al., 2019), zijn ook in 2019 grotendeels waargenomen. Van de hier onderzochte geulen is Boschwad het kleinst in oppervlak, is minder diep en heeft een wat fijner sedimenttype dan de andere hier onderzochte geulen (Glorius et al., 2018). Waarschijnlijk hierdoor onderscheidt de bodemdiergemeenschap in Boschwad (een geul in het gesloten gebied) zich ook in 2019 van de andere bemonsterde geulen door een wat hogere abundantie schelpdieren, vooral kokkels, en de aanwezigheid van een groter aantal individuen van soorten behorend tot de klasse borstelwormen. Net als in 2018 is in 2019 een hoge abundantie van *Heteromastus filiformis* gevonden in een van de geuluitlopers. In de bodemdiergemeenschap zoals in 2019 aangetroffen, zijn in de gesloten geul Schild ook wat meer schelpdieren gevonden, maar komt verder 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, waar de bodems 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 for potentially damaging anthropogenic 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 marine communities in the Wadden Sea. This study describes the development of the benthic communities in the two gullies in the closed area (Schild and Boschwad) 14 years after its closure 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 human disturbance. The research design does not allow for examination of causal relationships, which would require more replicas and a random assignment of open and closed areas. Knowledge of the development of these communities is essential, among other things, 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. During this initial 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 sampling 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 2019 samples were again only taken in the autumn (October) using the Van Veen sediment sampler.

The development of the benthic communities and the differences between the gullies that were observed in 2019 were found to be largely the same as those found in the period from 2002 to 2017 (Glorius et al., 2019). Of the investigated gullies, Boschwad is the smallest in size and has a lower water depth and finer sediment grain sizes than the others (Glorius et al., 2018). These differences probably account for the differences in benthic fauna composition between the closed Boschwad gully and the other gullies that were again found in 2019: a slightly higher abundance of Molluscs species, mainly cockles, and a higher abundance and different composition of Annelid species in the Boschwad gully. As in 2018, high densities of the Annelid *Heteromastus filiformis* were found in one end of the Boschwad gully in 2019. The benthic community found in the closed Schild gully contains somewhat more molluscs, but is in general more similar in composition to that in the two open gullies, Spruit and Zuidoost-Lauwers. Key species in the benthic communities in these gullies include the annelids *Nephtys* sp. (catworms), *Magelona* sp. and the Amphipod *Bathyporeia* sp. These species are associated with medium to fine sand that is regularly disturbed (McLachlan, 1983). Greater natural disturbance of the sediment by wind and waves may be the cause of the similarity in benthic fauna between the closed Schild gully and the open Spruit and Zuidoost-Lauwers gullies, where the sediment is regularly disturbed by shrimp trawls.

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 voor 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 verstorende 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 verstorende menselijke activiteiten met de gebiedsgrenzen zoals opgenomen in de 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 compleet zeegat-, geul- en prielsystemen, zie Figuur 1.2. Het gebied omvat 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 de 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 wordt 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 wat betreft biotische en abiotische condities, hoe beter verschillen in ontwikkeling tussen de open en gesloten geulen gerelateerd kunnen worden aan sluiting. Het is de verwachting dat geulen die zich dicht bij het gesloten gebied bevinden beter vergelijkbaar zijn dan geulen die zich verder van het gebied af bevinden. Geulen die zich dicht bij 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

Bevinging 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 bevist in de oostelijke Waddenzee. Behalve dat in 1985 en 1989 bevinging in het Rottum-gebied heeft plaatsgevonden (Dankers et al., 2006), 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) gevist is (zie ook Glorius et al., 2018) en dat er na 2005 geen visserij meer heeft plaatsgevonden in deze geulen. Van bevinging voor 2004 in het gebied is weinig informatie beschikbaar.

Een gelimiteerd aantal wadlooptochten (68 tochten met een boot, 43 toeristische wad-wandeltochten begeleid door een gids en 25 excursies) naar Rottumeroog en 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 zeebodem-verstorende 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 geulen-ecosysteem 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 controlegeulen 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 van Glorius et al., 2018. In 2019 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 die zich op de wadbodem en 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, is 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 worden 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
2019	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 monster 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 sedimenttype, 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 overige materiaal. Daarna is het gewicht van het schelpengruis 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 gebruikgemaakt 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 wel 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* (hydroidpoliepen) 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 hierboven beschreven wijze verkregen gegevens over soortendichtheden, schelpdieren- en schelpengruisgewichten zijn opgeslagen in een database die 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 buiten beschouwing gelaten zijn.

Verschillende soorten binnen de *hydrozoa*, *bryozoa* en pokken zijn samengevoegd, omdat deze gedurende het monitorprogramma niet altijd tot hetzelfde taxonomische 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 behorend 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 worden in het bepalen van de soortenrijkdom. Om dit te voorkomen, is voor ieder niet volledig geïdentificeerd taxon bekeken of er individuen in het monster aanwezig waren behorend bij een lagere taxonomische groep. Wanneer dit zo was, dan werden deze taxa niet meegeteld in de berekening van de soortenrijkdom; wanneer dit niet zo was, 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 indexgetal neemt toe wanneer er meer verschillende taxa in de monsters aangetroffen worden, maar ook wanneer het aantal individuen gelijkmatiger over de verschillende taxa verdeeld is. Het getal neemt af bij lagere aantallen taxa en bij een scheve 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

P_i = 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 wordt 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 gebruikgemaakt is van functies die 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 zo'n manier dat deze zo veel mogelijk variatie laten zien zoals aanwezig in de monster-soortenmatrix. NMDS maximaliseert hiervoor de rangordecorrelatie tussen afstandsmaten en afstand in de ordinatieruimte (tweedimensionaal vlak in het 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 tweedimensionale vlak lijken meer op elkaar dan monsters die ver uit elkaar staan. Wanneer de afstand tussen een monster en een soort klein is, 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 data voorkomen, zijn buiten beschouwing gelaten. Berekeningen zijn uitgevoerd in R (R Core Team 2018) waarbij gebruikgemaakt is van functies die beschikbaar zijn in het 'vegan' pakket (Oksanen et al., 2017).

4 Resultaten

4.1 Bodemdiergemeenschap in 2019

In deze paragraaf wordt ingegaan op het aantal aangetroffen taxa (soortenrijkdom), het aantal individuen (dichtheid), soortendiversiteit en evenness in de monsters van 2019. Daarnaast worden enkele taxa besproken die veelvuldig aanwezig waren in de Van Veen-monsters welke in het jaar 2019 genomen zijn. Een overzicht van de gevonden dichtheden en taxa is te vinden in Bijlage 2.

Figuur 4.1 Aangetroffen taxa in de monsters van 2019. Het diagram in het linker paneel geeft de toename van het aantal verschillende taxa aan bij een toename van het aantal bodemonsters (zgn. soortenaccumulatiegrafiek). De zwarte curve geeft de toename aan voor de gezamenlijke in 2019 genomen monsters. Met verschillende kleuren wordt de toename in taxa bij een toenemend aantal monsters weergegeven per geul. De diagram in het paneel rechtsboven geeft het gemiddelde aantal taxa per stam weer voor alle monsters gezamenlijk en opgesplitst per geul. Het 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 60 taxa aangetroffen in de monsters genomen in het jaar 2019 (zie de soortenaccumulatiecurve in het linker paneel van Figuur 4.1). In het Schild is de toename van het aantal taxa bij toenemend aantal monsters wat steiler dan voor de andere geulen. Op het niveau van individuele monsters zijn gemiddeld 6,1 verschillende taxa aangetroffen (zie de linker balk in het diagram in het rechter bovenpaneel van Figuur 4.1).

Ondanks de lage gemiddelde diversiteit in de monsters is de variatie in het aantal taxa tussen monsters groot; het aantal verschillende taxa in een monster varieerde van 0 tot 24 (zie Figuur 4.2). In de geulen Schild en ZO-Lauwers zijn in enkele monsters veel taxa (>14) aangetroffen (zie Figuur 4.2). Het aantal taxa dat aangetroffen is in de afzonderlijke monsters van 2019 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. Ook het aantal taxa dat aangetroffen is in de monsters behorend bij de stam Annelida (ringwormen) is niet statistisch verschillend tussen de geulen en de positie binnen een geul (zie Tabel 4.1). Door het geringe aantal monster met taxa behorend bij Mollusca en ook het geringe aantal monsters met taxa behorend bij Arthropoda, zijn geulverschillen voor deze groepen niet statistisch getoetst.

Figuur 4.2 Het aantal individuen, taxa en waarden voor de parameters evenness en diversiteit voor de monsters genomen in 2019 in de geulen Boschwad (BWD), Schild (SCH), Spruit (SPR) en ZO-Lauwers (ZOL).

In Figuur 4.2 zijn het aantal individuen, het aantal taxa, de evenness en de diversiteit weergegeven in de monsters genomen in de geulen in 2019. Hieruit valt op dat Boschwad afwijkt van de andere geulen met wat hogere waarden voor dichtheid en lagere waarden voor de indices evenness en diversiteit (zie Figuur 4.2). Van deze parameters is alleen het verschil in aantal individuen statistisch significant, waarbij dichtheden in Boschwad hoger zijn dan in ZO-Lauwers (anova met Tukey Post hoc test); zie ook Tabel 4.1. De variatie in evenness en diversiteit tussen de monsters is dermate groot dat de verschillen niet statistisch significant zijn (zie Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Uitkomsten van de statistische modellen voor de dichtheden (aantal individuen in een monster voor alle taxa en voor taxa behorend bij de stam Annelida apart), soortenrijkdom (aantal taxa in de monsters voor alle stammen en voor de stam Annelida 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 Individuen) alle taxa	3,142	0,030*	0,061	0,806	1,340	0,268
(n Individuen) ringwormen (Annelida)	3,733	0,015*	1,389	0,242	1,657	0,184
(n Taxa) alle taxa	0,262	0,853	0,436	0,511	1,427	0,242
(n Taxa) ringwormen (Annelida)	0,496	0,686	0,075	0,785	1,937	0,131
(index) diversiteit (Shannon Wiener)	1,003	0,397	1,015	0,317	2,241	0,091
(index) evenness (pielou)	2,209	0,092	4,499	0,037*	0,731	0,537

Gemiddelde samenstelling van de individuen in de monsters opgesplitst per geul en stam jaar 2019

Figuur 4.3 Diagrammen met het aantal individuen in de Van Veen bodemhapper genomen in 2019 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.

In Figuur 4.3 zijn de aantallen individuen die aangetroffen zijn in de monsters opgesplitst per geul en per stam. 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 4.3). Na de ringwormen zijn individuen van soorten behorend bij de Arthropoda (geleedpotigen) numeriek het belangrijkste, gevolgd door Mollusca (weekdieren). Het aantal Cnidaria (neteldieren) is zeer beperkt. Gemiddeld over alle Van Veen monsters genomen in 2019 behoort 80% van de aangetroffen individuen tot de stam Annelida, 12% tot de stam Arthropoda, 6,7% tot de stam Mollusca en 0,17% tot de Cnidaria.

Zoals eerder bleek, is het aantal individuen in de monsters van Boschwad wat hoger dan in de monsters genomen in ZO-Lauwers. Taxa behorend bij de stam Annelida (ringwormen) blijken hierin belangrijk te zijn. Het aantal individuen behorend bij deze stam ligt in Boschwad significant hoger dan in Spruit en ZO-Lauwers (zie Tabel 4.1 en Figuur 4.3). Verder valt op in Figuur 4.3 dat relatief meer Mollusca (weekdieren) gevonden zijn in de gesloten geulen Boschwad en Schild dan in de referentiegeulen. Door het grote aantal monsters zonder weekdieren is dit verschil statistisch niet verder onderzocht. In Spruit, en in mindere mate ook in ZO-Lauwers, is het aantal individuen behorend bij de Arthropoda (geleedpotige) juist relatief hoog vergeleken met de andere geulen en in Boschwad zeer laag. In onderstaande tekst wordt, per stam, nader ingegaan op de verschillende taxa die aangetroffen zijn in de monsters.

Annelida

In de monsters van 2019 zijn in totaal 36 verschillende taxa behorend bij de stam Annelida (ringwormen) aangetroffen. Het gemiddelde aantal individuen dat in de monsters aangetroffen is, bedraagt 45,0 (± 104.6 standaarddeviatie) en in 6.2% van de monsters zijn geen Annelida aangetroffen. De meest voorkomende soort binnen de stam Annelida is *Scoloplos armiger* (wapenworm), die in 64,2% van de monsters gevonden is, gevolgd door *Spio martinensis* en *Capitella* die in respectievelijk 58,0% en 56,8% van de monsters aangetroffen is. De overige taxa binnen deze stam zijn in minder dan 30% van de monsters gevonden (zie ook Bijlage 2).

In Figuur 4.4 is een NMDS-diagram weergegeven voor ringwormtaxa die in de monsters aangetroffen zijn. Ringwormtaxa die maar enkele keren voorkomen, zouden het beeld te veel bepalen en zijn daarom niet opgenomen in het diagram. Uit het diagram valt op dat de ringwormengemeenschap die

in de monsters aangetroffen is, niet erg van elkaar verschillen. De monsters die genomen zijn in de verschillende geulen (kleuren in het diagram) en in de verschillende bemonsteringslocaties binnen een geul (de driehoeken en de cirkels) komen verspreid over het diagram voor. Er zijn geen duidelijk onderscheidende clusters van monsterpunten in het diagram te onderscheiden die verband houden met de locatie van monstername.

Figuur 4.4 Ordinatiediagram die het resultaat van de Nonmetric multidimensional scaling weergeeft voor taxa behorend bij de ringwormen (Annelida) die aangetroffen werden in de monsters van 2019. Het diagram is gebaseerd op een Bray-Curtis ongelijkheid matrix van wortel-getransformeerde dichtheden, waarbij alleen taxa die in minimaal 5% van de monsters voorkwamen, meegenomen zijn. Het diagram kent een stresswaarde van 0,17. Met ronde symbolen worden monsters weergegeven die in de diepere delen van de geul genomen zijn en met de driehoekige symbolen monsters die in de geuluiteinden (prielen) genomen zijn. Met de dichte symbolen worden de middelpunten van de verschillende categorieën weergegeven.

In Figuur 4.5 zijn de gemiddelde dichtheden weergegeven van taxa behorend bij de stam Annelida, die in 10% of meer van de monsters aangetroffen is. In vergelijking met de andere geulen zijn in Boschwad hoge aantallen van de taxa *Heteromastus filiformis* (de rode draadworm), *Scoloplos armiger* en *Aphelochaeta marioni* gevonden en lage aantallen van *Pygospio elegans*. Vooral *Heteromastus filiformis* valt op met een hoge gemiddelde waarde en grote variatie in dichtheden tussen de monsters. Deze soorten zijn, samen met *Aphelochaeta marioni*, in hoge dichtheden gevonden in enkele monsters genomen in een van de geuluitlopers van Boschwad (de monsternummers 13, 14 en 15). *Scoloplos armiger* is vooral gevonden in de monsters genomen in het middendeel van Boschwad. De geulverschillen voor de overige dominante taxa zijn veel kleiner en vallen ruim binnen de standaarddeviaties (zie Figuur 4.5). In 2019 zijn in enkele monsters (5 van de 81) enkele individuen

(1 tot 5) van de schelpkokerworm *Lanice conchilega* gevonden. Deze soort is in staat een rif te vormen, maar dan zijn veel hogere abundanties nodig. De monsters met *Lanice conchilega* zijn gevonden in de middeldelen van zowel Schild (twee monsters) als ZO-Lauwers (drie monsters).

Figuur 4.5 Diagrammen met wortel-getransformeerde dichtheden van taxa behorend bij de Annelida (ringwormen) die in meer dan 10% van de monsters aangetroffen is in 2019. Met de errorbars worden de ± 1 standaarddeviaties weergegeven.

Arthropoda

In de monsters van 2019 zijn in totaal 16 verschillende taxa behorend bij de stam Arthropoda (geleedpotigen) aangetroffen. Het gemiddelde aantal individuen dat in de monsters aangetroffen is, bedraagt 7,1 (± 34.7 standaarddeviatie) en in 51% van de monsters zijn geen taxa behorend bij de stam Arthropoda aangetroffen. De meest voorkomende taxa binnen de stam Arthropoda (geleedpotigen) zijn *Carcinus maenas* (strandkrab), die in 16% van de monsters gevonden is, gevolgd door *Urothoe poseidonis* (bulldozer kreeftje) en de *Bathyporeia tenuipes* en *Bathyporeia elegans* (knipsprietkreeftjes), die in 12,3% van de monsters gevonden zijn (zie ook Bijlage 2). De overige taxa binnen deze stam zijn in minder dan 10% van de monsters gevonden.

In Figuur 4.6 zijn de gemiddelde dichtheden weergegeven van taxa behorend bij de stam Arthropoda en die in 5% of meer van de monsters aangetroffen zijn. De dichtheden van de knipsprietkreeftjes (*Bathyporeia elegans* en *Bathyporeia tenuipes*) zijn het hoogst in de geulen Spruit en ZO-Lauwers en komen veel minder voor in Boschwad en Schild. De dichtheden van de overige soorten zijn over het algemeen laag. Het bulldozerkreeftje (*Urothoe poseidons*) is in wat hogere dichtheden gevonden in Boschwad en Schild dan in Spruit en ZO-Lauwers.

Figuur 4.6 Diagrammen met wortel-getransformeerde dichtheden van taxa behorend bij de Arthropoda (geleedpotigen) die in meer dan 5% van de monsters aangetroffen zijn in 2019. Met de errorbars worden de ± 1 standaarddeviaties weergegeven.

Mollusca

In de monsters van 2019 zijn in totaal 7 verschillende taxa behorend bij de stam Mollusca (weekdieren) aangetroffen. Het gemiddelde aantal individuen dat in de monsters aangetroffen is, bedraagt 3,7 ($\pm 15,7$ standaarddeviatie) en in 60,5% van de monsters zijn geen taxa behorend bij Mollusca aangetroffen. De meest voorkomende taxa binnen de stam Mollusca (weekdieren) zijn *Limicola balthica* (nonnetje), die in 24,7% van de monsters gevonden is, gevolgd door *Cerastoderma edule* (kokkel) die in 12,3% van de monsters gevonden is. De overige taxa binnen deze stam zijn in minder dan 10% van de monsters gevonden.

In Figuur 4.7 zijn de gemiddelde dichtheden van de taxa behorend bij de stam Mollusca weergegeven. De hoge dichtheden van *Ensis leei* (Amerikaanse zwaardschede) in Schild en *Mytilidae* (mosselzaad) in Boschwad worden veroorzaakt door enkele monsters met hoge aantallen. Amerikaanse zwaardschedes zijn in vier monsters aangetroffen (twee in Schild en twee in Spruit), meestal enkele individuen (<8). In één monster, genomen in het middendeel van Schild, zijn 101 individuen gevonden. Mosselen zijn in twee monsters aangetroffen. Eén monster lag in Boschwad en had 98 juveniele individuen, het andere lag in Schild en betrof één individu. Nonnetjes en kokkels komen wat vaker voor, zie boven. Kokkels worden vooral in de monsters genomen in Boschwad gevonden (in vijf monsters) en in hogere dichtheden (tussen de 1 en 24 individuen). In vijf andere monsters is een kokkel aangetroffen; hiervan lagen er twee in Schild en drie in Spruit. Nonnetjes worden in alle geulen aangetroffen met vergelijkbare dichtheden (zie Figuur 4.7).

Figuur 4.7 Diagrammen met wortel-getransformeerde dichtheden van taxa behorend bij de Annelida (ringwormen). Met de errorbars worden de ± 1 standaarddeviaties weergegeven.

De hoge gemiddelde aantallen van Mollusca (weekdieren) in de geulen Boschwad en Schild zoals weergegeven in Figuur 4.3 zijn dus toe te schrijven aan slechts enkele monsters met hoge aantallen schelpdieren. In Boschwad zijn het vooral hoge aantallen van mosselen en kokkels die in enkele monsters gevonden zijn, terwijl dit voor Schild veroorzaakt wordt door hoge aantallen zwaardschedes in één monster. Opvallend is wel dat alleen in de geulen Schild en Boschwad monsters aangetroffen zijn met tien of meer individuen van taxa behorend bij de Mollusca. In de geulen Spruit en ZO-Lauwers zijn nooit meer dan vier individuen van taxa behorend bij de Mollusca aangetroffen in de monsters.

4.2 Vergelijking bodemfauna met eerdere jaren

In deze paragraaf worden de resultaten uit het jaar 2019 vergeleken met de resultaten van eerdere bemonsteringen. Door erosie- en sedimentatieprocessen 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 (zie Bijlage 1). Het is aannemelijk dat de soortsaamenstelling op het droogvallende wad afwijkt van die van de geul en deze locaties zijn daarom verwijderd voor de hier gepresenteerde analyses. Het aantal verwijderde monsterlocaties was niet gelijk verdeeld over de geulen. Door sedimentatie in vooral Boschwad zijn in deze geul de meeste locaties buiten beschouwing gelaten, namelijk elf van de veertien oorspronkelijke locaties. Er bleven slechts drie locaties over voor de analyses. In Schild zijn zes locaties buiten beschouwing gelaten, in Spruit vijf en in ZO-Lauwers twee.

Figuur 4.8 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 exceptioneel hoge aantallen van o.a. wadslakjes in 2013 (Fey-Hofstede et al., 2015) zijn gereduceerd tot 500 voor de berekeningen van dichtheid, diversiteit en evenness.

In Figuur 4.8 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 van alle locaties toenam. Na 2006 kan dit toegeschreven worden aan methodologisch verschillen, 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 waarschijnlijkst dat dit veroorzaakt wordt door toegenomen taxonomische expertise.

Verschillen tussen geulgemiddelden binnen een jaar vallen over het algemeen ruim binnen de ± 1 standaarddeviatie voor alle gemeenschapsindices, zie Figuur 4.8. Verschillen in geulgemiddelden binnen een jaar zijn over het algemeen klein. In de jaren 2015, 2016 en 2017 is zowel de

soortenrijkdom, dichtheid (totaal aantal individuen in de monsters) als de diversiteit ten opzichte van de jaren ervoor en de jaren erna laag voor alle geulen. De verdeling van de individuen over de taxa (evenness) nam hierbij 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. In enkele jaren is het geulverschil in dichtheden wat groter. Zo zijn de dichtheden in de jaren 2009, 2013 en 2018 in Boschwad en in Schild wat hoger dan in Spruit en ZO-Lauwers (zie Figuur 4.8 rechtsboven). In 2019 ligt de gemiddelde dichtheid in Boschwad wat hoger ten opzichte van de andere geulen (zie Figuur 4.8 en paragraaf 4.1). In deze situaties zijn de waarden voor evenness juist wat laag, wat erop duidt dat de hogere dichtheden die gevonden worden in Boschwad en Schild veroorzaakt worden door enkele taxa met hoge aantallen individuen (en niet door een meer gelijkmatige verspreiding van de extra individuen over meerdere taxa).

Vooral taxa behorend bij de stam Annelida blijken in enkele monsters zeer abundant te zijn en daarmee verantwoordelijk voor de lage waarden voor evenness (zie Tabel 4.2). Zo komen dichtheden van de Annelida *Scoloplos armiger*, *Spio Martinensis*, *Nephtys* sp. en *Capitella* sp. veelvuldig in de top 5 van taxa met de hoogste jaarlijkse 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* (Amerikaanse zwaardschede).

Tabel 1.2 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 2019. Met de getallen wordt het aantal jaren weergegeven dat een taxon in de top 5 van de meest abundante taxa zit (maximum is 17 jaar). Waarden <4 zijn hierbij in het grijs afgedrukt.

Species	stam	Boschwad	Schild	Spruit	ZO-Lauwers
<i>Scoloplos armiger</i>	Annelida	14	13	10	12
<i>Spio martinensis</i>	Annelida	8	7	6	10
<i>Nephtys</i> sp.	Annelida	7	7	8	7
<i>Cerastoderma edule</i>	Mollusca	6	2	4	0
<i>Capitella</i>	Annelida	6	6	5	2
<i>Limecola balthica</i>	Mollusca	5	1	4	2
<i>Ensis leei</i>	Mollusca	0	7	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	3	3	6

Figuur 4.9 Nonmetric multidimensional scaling ordinatiediagrammen voor de onderzoeksperiode 2002 tot en met 2019. 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 0.17. Met de rode cijfers worden de centroïden (middelpunten) van ieder bemonsterjaar weergegeven voor Boschwad (linksboven), Schild (rechtsboven), Spruit (linksonder) en ZO-Lauwers (rechtsonder).

In Figuur 4.9 is een NMDS-diagram weergegeven voor de bodemfauna aangetroffen in de monsters genomen in de geulen Boschwad, Schild, Spruit en ZO-Lauwers voor de gehele onderzoeksperiode (2002-2019). Het aantal monsters dat voor Boschwad meegenomen kon worden, is erg beperkt (3), zie boven, waardoor deze minder representatief weergegeven kan worden. In de figuren 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 linkerkant van de diagrammen en in latere jaren in het midden/rechter deel van de diagrammen. De geulen lijken zich op eenzelfde manier te ontwikkelen (verschuiving van links naar rechts in de diagrammen).

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 2019. 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 (verstorende) 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 (verstorend) menselijk medegebruik. Het in 2005 ingestelde gesloten gebied bestaat uit zowel droogvallende wadplaten als permanent onderwater 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 ZO-Lauwers.

Het doel van de monitoring is van het 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.

In het geval van de monitoring in het gebied bij Rottum wordt aan geen van deze voorwaarden voldaan. Dat betekent dat we niet met statistische zekerheid 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 hypotheses over mogelijke oorzakelijke verbanden die eventueel verder onderzocht kunnen worden in veld- dan wel laboratoriumexperimenten. Onderzoeksresultaten 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 geul-specifieke eigenschappen en/of door toevallige ontwikkelingen, zoals een zeer lokale broedval van schelpdieren. Experimenten zoals het garnalenexperiment (Glorius e.a., 2015) en PRODUS (Smaal e.a., 2013) met verspreid gelegen onderzoekvakken met voldoende replica's waarvan door randomiseren is bepaald welk deel wel en niet wordt bevestigd, 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 is niet meegenomen en veranderingen in morfologie maar ten dele. Alleen monsterpunten die in 2017 duidelijk litoraal liggen zijn, voor de gehele onderzoeksperiode (van het jaar 2002 tot en met 2019), buiten beschouwing gelaten. Vooral Boschwad is aan het verzanden, waardoor veel monsterpunten van voor 2018 niet meegenomen zijn in de analyses. In 2018 zijn de monsterpunten verlegd, zodat ze zich weer allemaal in de geul bevinden. Wanneer meer nauwkeurig vastgesteld wordt op welk moment in de onderzoeksperiode monsterpunten litoraal zijn komen te liggen, bijvoorbeeld op basis van historische hydrografische kaarten, kunnen meer monsterpunten meegenomen worden in de analyses en worden deze robuuster.

Resultaten

De trends in ontwikkeling van en verschillen in de bodemdiergemeenschap, die voor de periode 2002 tot en met 2018 geobserveerd werd tussen de onderzochte geulen (Glorius et al., 2019), zijn ook in 2019 grotendeels waargenomen. Een wat schevere verdeling van de individuen over de taxa in Boschwad en Schild wordt sinds 2007 regelmatig geobserveerd. In Boschwad en Schild ligt het gemiddelde aantal individuen dat aangetroffen wordt in de monsters regelmatig wat hoger dan in Spruit en ZO-Lauwers. In Boschwad en Schild worden ook vaak wat meer (juvenile) Mollusca aangetroffen in de monsters dan in Spruit en ZO-Lauwers. Verschillen zijn, als gevolg van grote variatie tussen individuele monsterpunten, meestal niet statistisch significant of niet onderzocht wanneer het aantal monsters zonder betreffende taxa(groepen) te klein was.

Verschillen in de bodemdiergemeenschappen tussen de geulen zijn klein. De geul van Boschwad, die beschut ligt, een geringe waterdiepte heeft en een fijner sedimenttype heeft dan de andere hier onderzochte geulen, onderscheidt zich van de andere geulen door wat hogere abundantie van schelpdieren, vooral kokkels (in lijn met wat eerder vastgesteld werd) en de aanwezigheid van een groter aantal individuen van soorten behorend bij de stam ringwormen. Net als in 2018 is in 2019 de hoge abundantie van *Heteromastus filiformis* opvallend. Deze werd in een van de geuluitlopers van Boschwad gevonden. Ook in Schild werden in 2019 wat meer schelpdieren gevonden dan in Spruit en ZO-Lauwers. De bodemfaunagemeenschap in de gesloten geul Schild, komt verder meer overeen met die van de open geulen Spruit en ZO-Lauwers. Voor deze geulen zijn onder andere de ringwormen *Nephtys* sp. (zandzager) en *Magelona* sp. en de geleedpotige *Bathyporeia* sp. (vlokreeft) belangrijk. Deze soorten worden geassocieerd met gemiddeld tot fijn zand dat regelmatig beroerd wordt (McLachlan, 1983).

Ondanks dat 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. (2019) geobserveerd werd, is een sedimenttype 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 (Van Denderen, 2015). Dit leidt er mogelijk toe dat de gemeenschapssamenstelling in Schild vergelijkbaarder 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 sedimenttype met fijnere korrelgroottes, hetgeen de subtiele verschillen in de samenstelling van de bodemfauna waarschijnlijk verklaart.

Net als in 2018 duiden gegevens uit de 2019-bemonstering niet op vorming van biogene structuren zoals sublitorale mossel- dan wel oesterbanken of het veel voorkomen van kokerwormen zoals *Lanice conchilega* in zowel de geulen gelegen binnen het gesloten gebied als in de geulen daarbuiten.

Literatuur

- Dankers, M.N.J.A., A. Meijboom, P-W. van Leeuwen, F.E. Fey, G. Rink, M. de Vries (2006). Ecologische ontwikkelingen in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee: Rapportage over de situatie tussen 2002 en 2005, voorafgaand aan de sluiting. TNO rapport 06.010, pp 60.
- 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., A.C. Smaal, J. de Vlas (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.
- 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. (2019). 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. Steenbergen & I. Tulp (2015). Effecten van garnalenvisserij in Natura 2000 gebieden. IMARES Rapport C013/15.
- Lavaleije, M.S.S. & 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. McGlinn, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, L.G. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens, E. Szoecs an H. Wagner (2017). vegan: Community Ecology Package.
- Smaal, A.C., J. Craeymeersch, J. Drent, J.M. Jansen, S.T. 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 A.J. (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

WOT-technical report: 193

BAPS-projectnummer: WOT-04-009-035.05

WMR-Rapport C109/20

WMR-Projectnummer: 431.81002.62

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. Jak
Onderzoeker

Handtekening:

Datum: 11 december 2020

Akkoord: Drs. J. Asjes
Manager integratie

Handtekening:

Datum: 11 december 2020

Akkoord Extern contactpersoon

functie: Beleidsmedewerker Trilaterale Samenwerking in de Waddenzee

naam: Karst Jaarsma

datum: 10 december 2020

Akkoord Intern contactpersoon

naam: Anne Schmidt

datum: 11 december 2020

Bijlage 1 Monsterlocaties

Monsterlocaties sublitoraal (groen) en litoraal (rood)

Figuur B.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 ronde, rode symbolen worden monsterlocaties aangeduid die op het droogvallende wad zijn komen te liggen en die buiten beschouwing zijn gelaten in de analyses.

Tabel B.1 Coördinaten van de monsterlocaties in 2018 en 2019 in Rijksdriehoek (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	Geulsectie	RDYNEW	RDXNEW	Noorder-breedte (DD_MM.mmm)	Ooster-lengte (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

Monster-code	Geul	Geulsectie	RDYNEW	RDXNEW	Noorder-breedte (DD_MM.mmm)	Ooster-lengte (DD_MM.mmm)
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 2019-monsters

Figuur B.2 Gemiddelde wortel-getransformeerde dichtheid (n) en voorkomen (%) van de monsters in de Van Veen monsters genomen in Boschwad (panel linksboven), Schild (panel rechtsboven), Spruit (panel linksonder) en ZO-Lauwers (Panel rechtsonder) voor taxa die (gemiddeld) in ten minste 5% van de monsters voorkomen. Met de kleur van het staafdiagram wordt de stam waartoe 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 de dichtheid van ieder taxon weergegeven, waarbij alle monsters uit de verschillende geulen gezamenlijk beschouwd zijn.

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>	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>
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 FOCUSSPIN version 3.3.</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>
170	Bos-Groenendijk, G.I., C.A.M van Swaay (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex B Habitatrichtlijnsoorten; 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>
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>	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>
172	Van Kleunen, A., M. van Roomen, E. van Winden, M. Hornman, A. Boele, C. Kampichler, D. Zoetebier, H. Sierdema & C. van Turnhout (2020). <i>Vogelrichtlijnrapportage 2013-2018 van Nederland – status en trends van soorten.</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>
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>	184	Ijseldijk, 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>
174	Kuindersma, W., D. van Doren, R. Arnouts, D.A. Kamphorst, J.G. Niesink, E. de Wit-de Vries (2020). <i>Realisatie Natuurnetwerk door provincies. 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>
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>	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>
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>	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>
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>	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>
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, stikstofdioxide, lachgas, methaan, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide uit kalkmeststoffen - Berekeningen met het model NEMA.</i>	192	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2019.</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>
------------	---

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 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, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 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.