
Effect van diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog op de benthosgemeenschap

Resultaat T₀-bemonstering najaar 2016

Auteur(s): Wijsman, J.W.M., J.A. Craeymeersch & D. Gerla

Publicatiedatum: 15 september 2017

Wageningen Marine Research Yerseke, september 2017

Wageningen Marine Research rapport C071/17

Wijmsman, J.W.M., J.A. Craeymeersch & D. Gerla, 2017. *Effect van diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog op de benthosgemeenschap; Resultaat TO-bemonstering najaar 2016*. Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C071/17; 49 blz.

Keywords: Bodemschaaf, Box-corer, clusteranalyse, nMDS, .

Opdrachtgever: RWS Zee & Delta en RWS WWL
T.a.v.: Suzan van Lieshout
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/423323>

Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research Wageningen UR is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

© 2016 Wageningen Marine Research Wageningen UR

Wageningen Marine Research, onderdeel
van Stichting Wageningen Research
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van Wageningen Marine Research is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Probleemstelling	6
1.3 Doelstelling	7
1.4 Dankwoord	7
2 Materiaal en methoden	8
2.1 Suppleties Callantsoog	8
2.2 Bemonsteringsopzet en locaties	9
2.2.1 Opzet	9
2.2.2 Ligging van de locaties	9
2.3 Bemonstering bodemschaaf	10
2.3.1 Monsternamen	10
2.3.2 Verwerking	12
2.4 Bemonstering boxcorer	13
2.5 Sedimentanalyses	14
2.6 Gemeenschapsanalyses	15
2.6.1 Clusteranalyse	15
2.6.2 nMDS	15
3 Resultaten	16
3.1 Sediment	16
3.2 Schaaf	18
3.2.1 Voorkomen van soorten	18
3.2.2 Dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie	18
3.2.3 Gemeenschapsanalyse 2016	21
3.2.4 Gemeenschapsanalyse 2016 gecombineerd met 2015	23
3.2.5 <i>Spisula</i> banken	24
3.3 Boxcorer	26
3.3.1 Voorkomen van soorten	26
3.3.2 Dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie	26
3.3.3 Gemeenschapsanalyse 2016	29
3.3.4 Gemeenschapsanalyse 2016 gecombineerd met 2015	31
4 Discussie en conclusies	33
4.1 Vergelijk met resultaten 2015	33
4.2 Referentiegebieden	33
4.3 <i>Spisula</i> banken	34
5 Kwaliteitsborging	35
Literatuur	36
Verantwoording	37
Bijlage 1 Verspreidingskaarten bodemdieren in de schaaf	38
Bijlage 2 Verspreidingskaarten van een aantal bodemdieren (data box-corer)	44

Samenvatting

Bij Callantsoog is in 2017 een diepe vooroeversuppletie voorzien van 1.6 miljoen m³. Doordat deze suppletie bij wijze van experiment dieper (ca -10 m NAP) wordt uitgevoerd dan reguliere vooroeversuppleties (-3 tot -8 meter NAP), is er een uitgebreid monitoringsprogramma opgesteld om (1) te onderzoeken of er meerjarige *Spisula* banken in het gebied aanwezig zijn die van betekenis kunnen zijn voor zee-eenden en (2) de het herstel van het bodemleven na de suppletie in kaart te brengen. Dit rapport beschrijft de resultaten van de tweede T₀ meting van het benthos die is uitgevoerd voorafgaand aan de suppletie met de bodemschaaf en de boxcorer in augustus en september 2016. De gegevens zijn gecombineerd met de resultaten van de eerste T₀ meting die is uitgevoerd in 2015.

De diepe vooroeversuppletie zal worden aangebracht buiten de actieve brekerbankzone op een diepte van -10m tot -10.5m NAP voor de kust van Callantsoog. Van de 61 stations die in het najaar van 2016 zijn bemonsterd zijn er 21 stations gelegen in het suppletiegebied (Suppletie). Om eventuele effecten van de suppletiewerkzaamheden te kunnen onderscheiden van de jaarlijkse fluctuaties is de bemonstering ook uitgevoerd in twee referentiegebieden, één ten noorden (Noord) en één ten zuiden (Zuid) van het suppletiegebied. Beide referentiegebieden liggen op eenzelfde diepte als het suppletiegebied. In ieder van de referentiegebieden zijn 20 monsters genomen.

Sedimentsamenstelling

Het sediment in deelgebied Noord was grover dan in de deelgebieden Suppletie en Zuid. De gemiddelde mediane korrelgrootte in Noord was 266 µm terwijl de mediane korrelgrootte in de deelgebieden Zuid en Suppletie gemiddeld 186 µm was. Ten opzichte van de bemonstering in 2015 is het sediment in de deelgebieden Zuid en Suppletie fijner geworden. In het gebied Suppletie is de gemiddelde mediane korrelgrootte afgenomen van 212 µm in 2015 naar 179 µm in 2016 en in het gebied Zuid is deze afgenomen van 223 µm naar 193 µm. In het deelgebied Noord is de sedimentsamenstelling nagenoeg niet veranderd (gemiddelde mediane korrelgrootte ca 265 µm).

Bodemdieren

In de deelgebieden Zuid en Suppletie zaten zeer veel schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) (gemiddeld bijna 6000 individuen m⁻²) en *Ensis* (mesheften) waardoor de schaaaf snel vol kwam te zitten. *Ensis* was de meest dominante soort in de schaaafmonsters die zijn genomen in de gebieden Suppletie en Zuid met gemiddelde dichtheden van 4000 individuen m⁻² (biomassa 2.5 kg versgewicht m⁻²). In het deelgebied Noord was de hoeveelheid *Ensis*, met een dichtheid van 200 individuen m⁻² en een biomassa van 70 g versgewicht m⁻², aanzienlijk lager.

In alle deelgebieden is de hoeveelheid bodemdieren in 2016 toegenomen ten opzichte van 2015. Uit de schaaafgegevens is te zien dat de gemiddelde dichtheid in deelgebied Noord in 2016 80 keer zo hoog was dan in 2015 terwijl de biomassa 6 keer zo hoog was ten opzichte van 2015. In de deelgebieden Zuid en Suppletie was de gemiddelde dichtheid in 2016 25 keer zo hoog dan in 2015 en de gemiddelde biomassa 4 keer zo hoog als in 2015. Deze toename in biomassa is het gevolg van een goede broedval van *Ensis* die heeft plaatsgevonden in 2016. Dit is terug te zien in afname van het gemiddeld gewicht van 4 gram per individu in 2015 naar 0.6 gram in 2016.

De resultaten van de bemonstering met de bodemschaaf en met de box-corer laten beide zien dat de bodemdiergemeenschap in de deelgebieden Zuid en Suppletie met elkaar overeenkomen. Aan de hand van de bodemdiergemeenschap die is aangetroffen in de bemonstering met de bodemschaaf gegevens worden er duidelijk twee clusters van stations onderscheiden. De stations in het deelgebied Noord onderscheiden zich duidelijk van de stations in de deelgebieden Suppletie en Zuid. Ook in de bodemdiergemeenschap die is bemonsterd met de box-corer is dit onderscheid te zien. De bodemdiergemeenschap die is aangetroffen op de stations in het deelgebied Noord ziet er anders uit dan de bodemdiergemeenschap in de stations die zijn bemonsterd in de deelgebieden Suppletie en

Zuid. Binnen de deelgebieden Zuid en Suppletie zijn er nog wel kleinere verschillen te zien in de bodemdiergemeenschap zoals die is bemonsterd met de box-corer, maar dit zijn meer geleidelijke patronen. Zo onderscheiden de stations van de 3 meest zuidelijke transecten zich op basis van de bodemdiergemeenschap van de van rest van de stations in de deelgebieden Zuid en Suppletie. Uit de vergelijking met de bemonstering uit 2015 blijkt dat de variatie in bodemdiersamenstelling van jaar tot jaar groter is dan de variatie tussen de gebieden.

***Spisula* banken**

Vanuit de NB-wet vergunning is het van belang om de suppletielocatie voorafgaand aan de werkzaamheden te onderzoeken op het voorkomen van meerjarige schelpdierbanken van de soort *Spisula subtruncata* (halfgeknotte strandschelp). Uit de monitoring van 2016 blijkt dat er géén meerjarige *Spisula* banken van betekenis zijn aangetroffen in het gebied waar de suppletie is gepland. Slechts op 2 van de 61 locaties is *Spisula subtruncata* aangetroffen. Eén locatie in het deelgebied Noord en één locatie in het deelgebied Suppletie. De dichtheden waren op beide locaties echter zeer laag (<3.5 individuen m⁻²). Naast *Spisula subtruncata* is er op één locatie in het deelgebied Noord een andere *Spisula* soort, *Spisula solida*, aangetroffen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het huidige beleid voor de Nederlandse kust is erop gericht om de kustlijn "dynamisch" te handhaven en de kusterosie tegen te gaan met natuurlijke materialen zoals zand. Door ruimte te geven aan zee en wind om sediment te verplaatsen, ontstaat een natuurlijker kustlandschap met een grotere diversiteit aan habitats van flora en fauna. Om de zandvoorraad in de kustlijn te handhaven, wordt er zand vanuit de diepere delen van de Noordzee (buiten de doorgetrokken -20 m dieptelijn) in de kustzone gesuppleerd. De kustlijn mag zich op locaties best landinwaarts verplaatsen, maar de kustlijn zoals die in 1990 was (de Basiskustlijn, BKL) mag niet worden overschreden. Bovendien is sinds 2001 het beleid erop gericht om het kustfundament, het gebied tussen de doorgaande -20 meter NAP lijn en de binnenduinrand, mee te laten stijgen met de zeespiegelstijging (Baptist, 2011). Rijkswaterstaat brengt jaarlijks gemiddeld 12 miljoen m³ zand aan op de vooroever voor het dynamisch handhaven van de Nederlandse kust.

Suppleties kunnen zowel boven als onder water worden uitgevoerd, en kunnen worden onderscheiden in drie typen: geulwandsuppleties, strandsuppleties en vooroeversuppleties. Het zand wordt op een specifieke locatie gestort en wordt door waterbeweging en wind verder verspreid langs de kust en naar de achtergelegen duinen. Doorgaans worden de vooroeversuppleties aangelegd tegen de zeezijde van de buitenste brekerbank op een diepte tussen de -3 en -8 meter NAP. Op deze manier ligt het materiaal in de actieve zone van de vooroever en kan via de natuurlijke processen verspreid worden over het bedreigde kustvak (Van der Spek e.a., 2007).

Suppleties kunnen het onderwaterleven op verschillende manieren beïnvloeden. Op basis van gerichte monitoring is er veel kennis beschikbaar over de effecten van ondiepe (-3 tot -5 n NAP) vooroeversuppleties en strandsuppleties op het bodemleven. Directe effecten zijn het bedekken van de bodemdieren en vertroebeling van het water. Uit de periodieke monitoring na de suppleties blijkt dat de effecten van korte duur zijn en dat het bodemleven zich doorgaans snel herstelt (Van Dalftsen en Essink, 1997). Het aanbrengen van een suppletie kan het onderwaterleven ook indirect beïnvloeden middels veranderingen in sedimentsamenstelling, morfologie en waterbeweging. Bij Ameland zijn de ecologische effecten van een strand (2.3 miljoen m³) en ondiepe vooroeversuppletie (5.4 miljoen m³) die zijn uitgevoerd in de periode tussen mei 2010 en juli 2011 in detail onderzocht (Holzhauer e.a., 2014). In 2011 is er een megasuppletie (21.5 miljoen m³) bij de Delflandse kust uitgevoerd, de Zandmotor. De morfologische en ecologische ontwikkelingen van deze suppletie worden nauwkeurig middels monitoring gevolgd (Tonnon e.a., 2011; Wijsman e.a., 2015; Taal e.a., 2016).

1.2 Probleemstelling

In 2017 is er een pilot uitgevoerd met een diepe (ca -10 meter NAP) vooroeversuppletie (1.6 miljoen m³) bij Callantsoog. Het aanbrengen van een suppletie op deze diepte is goedkoper dan een reguliere suppletie. Echter, deze zone is doorgaans rijker aan bodemleven (Holzhauer e.a., 2014; Wijsman e.a., 2015; Wijsman, 2016) en tevens is het niet duidelijk hoe de aangebrachte suppletie zich morfologisch gaat gedragen en wat de effecten zijn op het bodemleven.

Voor de innovatieve diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog is een Natuurbeschermingswet (NB-wet) vergunning aangevraagd en verkregen (Dijksma, 2015). Aan deze NB-wet vergunning zijn voorwaarden gekoppeld. Rijkswaterstaat dient voorafgaand aan de suppletie-onderzoek te laten verrichten naar de aanwezigheid van meerjarige *Spisula* (banken) in het suppletiegebied. Indien er sprake is van een meerjarige *Spisula subtruncata* bank die van belang is voor foeragerende zee-eenden, en als suppleren op betreffende locatie onvermijdelijk is, dan worden de uit te voeren

suppleties niet gestart in de periode van 1 juni tot 1 maart (Rijkswaterstaat, 2014). Ook het herstel van bodemfauna na de suppletie dient te worden onderzocht. Het gaat daarbij om zowel de hoeveelheid (abundantie en biomassa) als om de kwaliteit (o.a. soortensamenstelling, evenwichtige leeftijdsopbouw binnen de populaties van soorten).

De voorwaarden volgen uit het feit dat onderwatersuppleties een (tijdelijk) effect kunnen hebben op het habitattype 1110B "permanent overstroomde zandbanken". Onderwatersuppleties kunnen ook het voedselvoorkomen van schelpdier etende vogelsoorten beïnvloeden waarvoor instandhoudingsdoelstellingen zijn opgesteld in het kader van Natura-2000 (Rijkswaterstaat, 2014).

1.3 Doelstelling

Het doel van het oorspronkelijke project was te onderzoeken wat de effecten zijn van een diepe vooroeversuppletie op de bodemfauna. Dit behelst de effecten op de suppletie locatie, maar ook de uitstralingseffecten naar de ondiepe vooroever, waar de randvoorwaarden (sedimentsamenstelling, hydrodynamiek en morfologie) mogelijk gaan veranderen als gevolg van de ligging van de suppletie. Het project kon daarmee worden opgesplitst in drie sub-doelen:

1. Onderzoek naar aan- of afwezigheid van "*Spisula* banken" voorafgaand aan de suppletie
2. Vaststellen mate van rekolonisatie, herstel van habitattype 1110b
3. Effecten op bodemfauna in de ondiepe vooroever aan de "luwe" zijde (kustwaarts) van de suppletie

Na de eerste T_0 meting in 2015 (Wijsman en Craeymeersch, 2016) is besloten om het derde subdoel verder op te pakken binnen het programma Ecologisch Gericht Suppleren (EGS). Daarmee is subdoel 3 voor het huidige project te komen vervallen en wordt er verder geen bodemfauna meer bemonsterd in de ondiepe vooroever van Callantssoog.

Het huidig rapport vormt, samen met de metingen die zijn uitgevoerd in 2015 (Wijsman en Craeymeersch, 2016), de T_0 meting en geeft een overzicht van de situatie vóór de suppletiewerkzaamheden. Deze resultaten worden gebruikt om de aanwezigheid van *Spisula*-banken te identificeren (subdoel 1). Tevens zullen de verzamelde gegevens worden gebruikt om later in het project het herstel te kwantificeren op de suppletielocatie (subdoel 2).

1.4 Dankwoord

De bemonstering is uitgevoerd met een schip van de Rijksrederij (MS Arca). Wij willen de bemanning van de MS Arca danken voor hun flexibele inzet. Jack Perdon en Douwe van den Ende (Wageningen Marine Research) hebben de veldbemonstering uitgevoerd. Babeth van der Weide, Cor Sonneveld, Erika Koelemij en Emiel Brummelhuis (Wageningen Marine Research) hebben het macrobenthos van de box-corer uitgezocht en gedetermineerd. Suzan van Lieshout, Petra Damsma, Joel Cuperus en Cor Schipper (RWS) hebben waardevolle correcties gemaakt op een eerdere versie van dit rapport. Marcel Rozemeijer (Wageningen Marine Research) ten slotte willen wij danken voor zijn waardevolle opmerkingen en aanvullingen op dit rapport in zijn rol als reviewer.

2 Materiaal en methoden

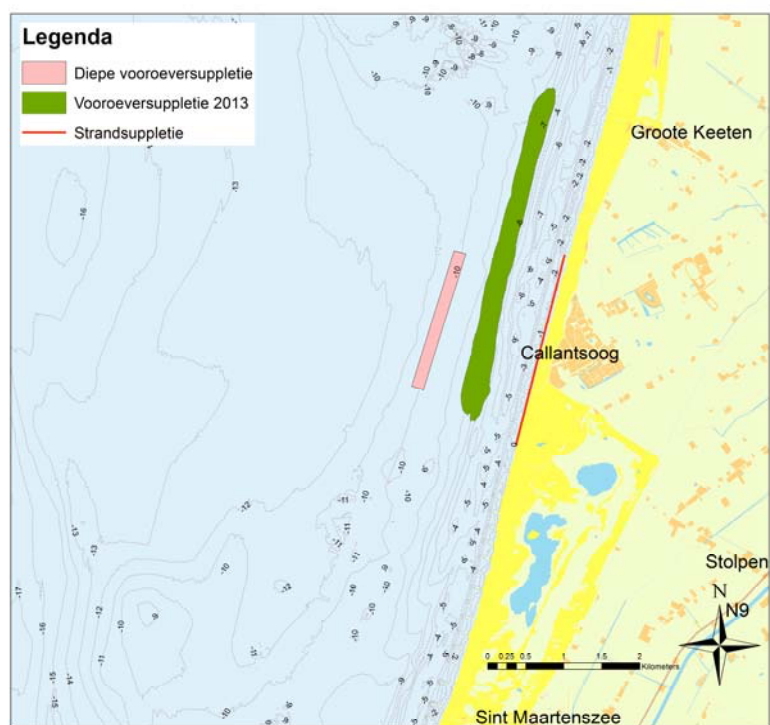
2.1 Suppleties Callantsoog

Bij Callantsoog tredt al jaren structurele erosie op. Tussen Rijkstrandpalen 11.15 en 12.80 is sprake van een relatief smalle duinenrij. In het verleden zijn in dit gebied dan ook al diverse vooroevers en strandsuppleties uitgevoerd (Tabel 1). In het suppletieprogramma 2012-2015 was reeds al een vooroeversuppletie opgenomen. Deze is in 2013 uitgevoerd (2 miljoen m³, Tabel 1, Figuur 1). Mede op basis van de eerste monitoringsgegevens van deze vooroeversuppletie verwacht Rijkswaterstaat dat het nog enkele jaren zal duren voor deze suppletie voor aangroei van de strandzone zal zorgen.

Tabel 1: Overzicht suppletiegeschiedenis Callantsoog vanaf 1999

Jaar	Type	Locatie (raai)	Hoeveelheid (m ³)
1999	Strandsuppletie	13.2-14	144 000
2001	Onderwatersuppletie	11.08-14.01	1 500 000
2003	Strandsuppletie	11.1-13.75	494 736
2003	Onderwatersuppletie	10-16	2 580 000
2004	Strandsuppletie	11.1-13.75	258 750
2006	Onderwatersuppletie	10-15.2	1 600 000
2013	Onderwatersuppletie	10-14.2	2 000 000
2017	Strandsuppletie	11.82-14.42	400 000

Voor 2017 is er in het kader van het behoud kustfundament besloten bij wijze van experiment een diepe vooroeversuppletie uit te voeren van 1.6 miljoen m³ bij Callantsoog. Deze suppletie kan bijdragen aan extra veiligheid en voeding voor het areaal van deze relatief smalle kust. Deze suppletie wordt dieper (ca -10 m NAP) aangelegd dan gebruikelijk. Rijkswaterstaat wil hiermee leren hoe effectief een dieper aangebrachte suppletie is ten opzichte van de gebruikelijke suppletie op de ondiepe vooroevers. Om er zeker van te zijn dat de kustligging voldoet aan de vastgestelde norm (de BKL ofwel de Basiskustlijn) - en daarmee dat dit kustvak veilig blijft - is er tevens een ondersteunende strandsuppletie uitgevoerd van 0.4 miljoen m³ tussen raaien 11.82 en 14.42 (Tabel 1, Figuur 1).



Figuur 1: Overzicht suppletielocaties Callantsoog. Weergegeven zijn de voorziene locatie waar de diepe vooroeversuppletie is gepland voor 2017 (roze) en het gebied van de ondiepe vooroeversuppletie die is uitgevoerd in 2013 (groen). De rode lijn geeft het strand tussen de raaien 11.82 en 14.42 aan waar de strandsuppletie is uitgevoerd in 2017.

2.2 Bemonsteringsopzet en locaties

2.2.1 Opzet

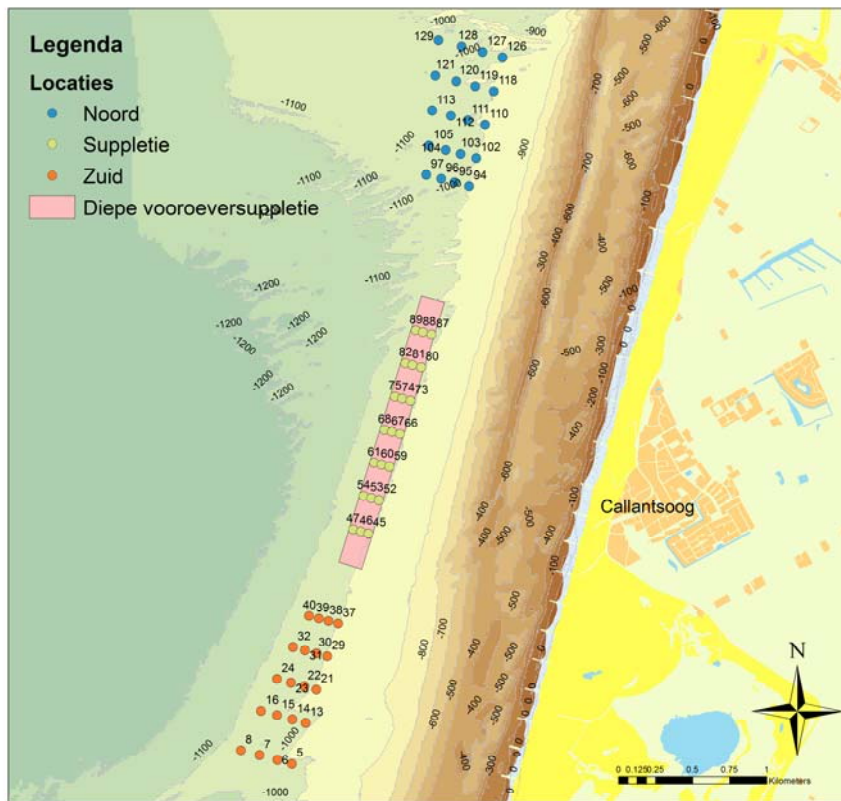
Voor dit onderzoek is gekozen voor een BACI (Before, After, Control, Impact) aanpak (Underwood, 1992). Het idee van deze aanpak is dat de monitoring wordt uitgevoerd in het gebied waar effecten worden verwacht van de ingreep (Impact), alsmede in een gelijkend referentiegebied (Control) dat niet wordt beïnvloed door de activiteit. In beide gebieden wordt de situatie in kaart gebracht voor de ingreep (T_0 -meting, Before) en na de ingreep (After). Het is niet altijd eenvoudig om een goed referentiegebied (Control) te vinden. Een referentiegebied dient zoveel mogelijk identiek te zijn aan het impactgebied. In deze studie is ervoor gekozen om twee referentiegebieden te kiezen, één ten noorden en één ten zuiden van de suppletie (Figuur 2). Beide gebieden liggen op eenzelfde diepte (-10 tot -10.5 meter NAP) als de suppletielocatie.

Het doel van de T_0 meting in een BACI design is een beeld te krijgen van de bodemdiergemeenschap in het impact gebied en het referentiegebied voor de ingreep. In dit geval is er een T_0 uitgevoerd over meerdere jaren (2015 en 2016). Voordeel van een meerjarige T_0 is dat er meer inzicht wordt verkregen in de variatie tussen de jaren.

2.2.2 Ligging van de locaties

Voor de T_0 meting in 2016 zijn er eind augustus (bodemschaaf) en begin september (box-corer) 61 locaties bemonsterd. De locaties zijn verdeeld over 17 raaien en vallen binnen 3 verschillende gebieden (Noord, Suppletie en Zuid, Figuur 2). Op de (geplande) suppletie liggen 21 meetlocaties. Het gebied is qua diepte redelijk homogeen (tussen de -10 en -10.5 m NAP). In de referentiegebieden Noord en Zuid liggen elk 20 locaties. Ook deze locaties liggen op een vergelijkbare diepte. Tijdens de T_0 bemonstering in 2015 zijn er in totaal 129 locaties bemonsterd. In dat jaar zijn er aanvullend

monsters genomen in de ondiepe vooroever, op de 6, 7, 8 en 9 meter dieptelijn (zie figuur 2 in Wijsman en Craeymeersch, 2016). De geplande locaties van de stations in 2016 was identiek aan die van 2015. De nummering van de stations in 2016 is daarom gelijk gehouden aan de nummering uit 2015.



Figuur 2: Overzicht monsterlocaties bij Callantsoog in 2016. De 61 stations liggen in 3 verschillende gebieden (Noord, Suppletie en Zuid, aangegeven d.m.v. de kleur van de stip). Het roze vlak geeft de voorziene locatie van de diepe vooroeversuppletie.

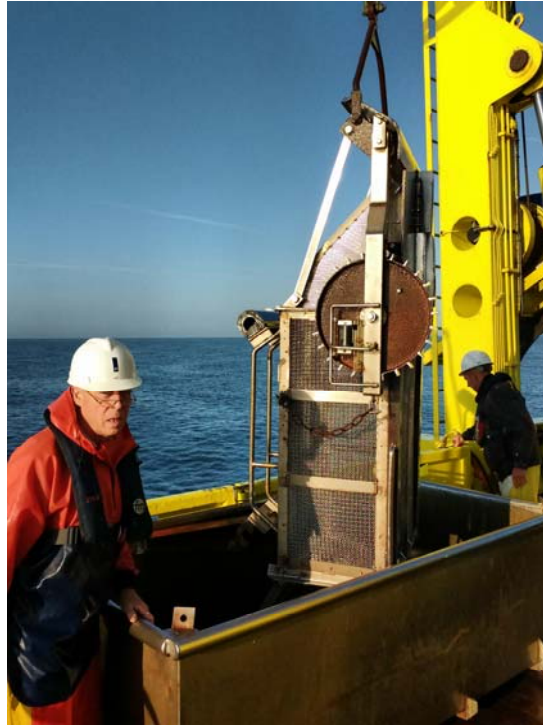
2.3 Bemonstering bodemschaaf

2.3.1 Monstername

De bodemschaaf wordt gebruikt voor een kwantitatieve bemonstering van de grotere en relatief zeldzame epifauna en infauna soorten. De bodemschaaf is een kooi (maaswijdte 0.5 cm) die aan de onderzijde is voorzien van een mes van 10 cm breed (Figuur 3). Het mes is ontworpen om een strip sediment over een bepaalde afstand tot een diepte van 10 cm weg te halen en in de kooi te brengen. Omdat het voorste deel iets boven de bodem hangt, worden ook wel epibenthische dieren gevangen. Ook bepaalde vissen worden gevangen met de bodemschaaf (b.v. zandspiering), maar voor een kwantitatieve bemonstering van de vispopulaties zijn andere methodieken (bijvoorbeeld sleepnetten) nodig. De kooi van de schaar fungeert tijdens het vissen als zeef. De bodemschaaf wordt achter het schip over de zeebodem getrokken. De beviste afstand wordt bepaald via een aan de zijkant van de bodemschaaf gemonteerd wiel (omtrek 1.5 meter) voorzien van een elektronische teller die het aantal omwentelingen van het wiel registreert.

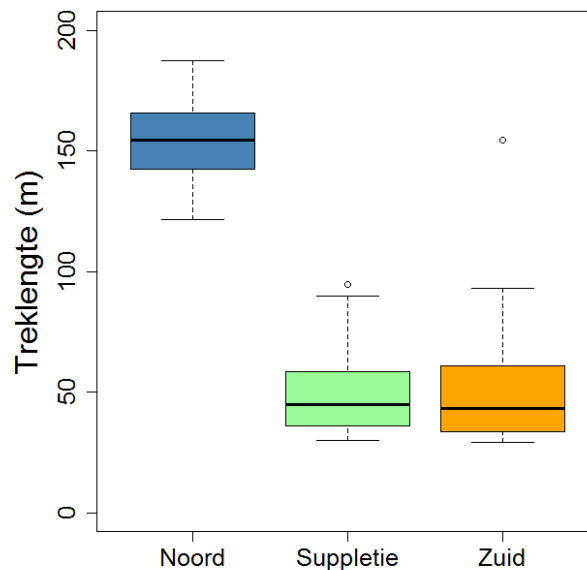
Om te zorgen voor een goed bodemcontact is er een gewicht (280 kg) geplaatst in het voorste deel van de bodemschaaf waar het mes zich bevindt. Het scharnier tussen dit voorste deel en de kooi is vastgezet. Om te voorkomen dat het wiel ronddraait terwijl de bodemschaaf geen bodemcontact heeft, is een verstelbare blokkeerinrichting aangebracht. De valdiepte waarbij het wiel (inclusief

schoepen) nog juist vrij kan draaien is op 90 mm ten opzichte van de onderkant van de bodemschaaf gezet.



Figuur 3: Bemonstering met de bodemschaaf. Te zien is de kooi met gaas met een maaswijdte van 5 mm die tijdens het vissen fungeert als zeef. Het telwiel aan de zijkant meet de trek lengte (foto Jack Perdon).

De beoogde trek lengte bedroeg 150 meter, resulterend in een bemonsterd oppervlakte van ongeveer 15 m². In de gebieden Suppletie en Zuid was er zo veel leven (voornamelijk schelpkokerwormen *Lanice conchilega*, Figuur 5) in de bodem dat de trekafstand is ingekort om te voorkomen dat de schaar te vol kwam te zitten. In het gebied Noord was de gemiddelde trek lengte 154 meter ($\sigma = 17$ meter). In de gebieden Suppletie en Zuid was de gemiddelde trek lengte respectievelijk 51.4 en 52.0 meter (Figuur 4). Een kortere trek lengte kan mogelijk leiden tot het missen van de relatief zeldzame soorten.



Figuur 4: Boxplots van de trek lengtes in de verschillende gebieden.

Tevens werd het tijdstip van het begin en einde van vieren en halen genoteerd, evenals de diepte en de kabellengte. De DGPS-positie van het schip is vastgelegd via twee onafhankelijke DGPS-ontvangers: Fugro Seastar DGPS met externe correctie vanaf de ARFSAT satelliet (20Hz) en, als reserve, een JRC DGPS (1 Hz).



Figuur 5: Vangst van een trek met de schaar met voornamelijk *Ensis* en schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*).

Alle slepen zijn genomen evenwijdig aan de kust. Dit om verschillen in heterogeniteit als gevolg van een verandering in bathymetrie te beperken. Er is zoveel mogelijk gestreefd om over het vooraf bepaalde punt heen te slepen met de bodemschaaf. Dit kon achteraf worden bevestigd doordat de tracks zijn gelogd. Ieder monster genomen met de bodemschaaf is in een bak, aan de onderzijde voorzien van gaas met een maaswijdte van 5 mm overgebracht en, indien noodzakelijk, is het monster gespoeld om het overtollige sediment te verwijderen. De vangst is nadien overgebracht in kisten van 48 liter en/of emmers van 10 liter. In totaal zijn er in 2016 61 stations bemonsterd met de bodemschaaf.

2.3.2 Verwerking

Het totale volume van de vangst (liter) is genoteerd. Het maximale volume was 116 liter op locatie 60. De gemiddelde vangst was 40 liter. In de gebieden Zuid en Suppletie was het gemiddelde volume van de vangst twee keer zo groot als in het gebied Noord, ondanks dat de trek lengte aanzienlijk korter was. Indien de vangst meer dan 6 liter was is er een subsample genomen van 6 liter welke aan dek verder is gesorteerd en waar mogelijk tot op soort gedetermineerd.

Vervolgens is per soort het aantal individuen en het versgewicht (met uitzondering van de heremietkreeften, *Diogenes pugilator* en *Pagurus bernhardus*, de zeeklit, *Echinocardium cordatum* en de bivalven *Lutraria lutraria* en *Mya arenaria*) bepaald. Het versgewicht is bepaald door weging op een zeeveegschaal van Marel M2000 series (weegvermogen: 0-300 gr (nauwkeurigheid 0,1 gr); 300-600

gr (0,2 gr); 600-1500 gr (0,5 gr)). Van de otterschelpen (*Lutraria lutraria*) en strandgapers (*Mya arenaria*) worden door de schaaft alleen de boven het sediment uitstekende siphonen bemonsterd. Van deze soorten kon daarom versgewicht niet worden gemeten of berekend uit de breedte van de schelp. Van de mesheften, waar vaak wel een topje van de schelp is bemonsterd is het versgewicht berekend uit de breedte van de schelp door middel van een beschikbare regressievergelijkingen.

Kapotte exemplaren van schelpdieren zijn meegeteld bij de bepaling van het aantal individuen indien a) het slot en vleesresten of b) enkel de sifons (bijv. mesheften, otterschelpen) aanwezig zijn. Alle hele exemplaren van schelpdieren zijn per soort samen gewogen. Aantallen van krabben, slangsterren en zeesterren zijn bepaald aan de hand van respectievelijk het aantal carapaxen, het aantal schijven en het aantal armen (1 arm = 0,2 individuen). De kapotte exemplaren en delen zijn ook gewogen. De breedte van mesheften is zoveel mogelijk aan boord gemeten om via regressie de versgewichten te bepalen (Craeymeersch e.a., 2006).

Volledige exemplaren van vissen en garnalen zijn per individu gewogen. Tevens is per individu de lengte gemeten. Van kapotte exemplaren van vissen en garnalen zijn de koppen geteld, en meegeteld bij de bepaling van het aantal individuen. Alle restanten (incl. koppen) per soort zijn gezamenlijk gewogen (versgewicht). Niet te identificeren visresten zijn gezamenlijk gewogen.

Alle gegevens m.b.t. de aantallen en de versgewichten per soort, evenals de gemeten breedtes van mesheften, zijn direct aan boord ingevoerd in een database. De gegevens m.b.t tellerstand en vangstvolumes zijn eerst aan dek genoteerd, en op een later tijdstip in de invoerdatabase overgenomen.

2.4 Bemonstering boxcorer

De box-core bemonstering is uitgevoerd met een Reineck box-corer met een cilinderdiameter van 31.52 cm (Figuur 6). Incomplete of verdachte monsternames zijn opnieuw gemaakt tot een ongestoorde cilinder met voldoende sediment was verkregen. Na monsternamen zijn er drie steekbuizen met een buitendiameter van 8 cm in de cilinder gestoken (totaaloppervlak 139.7 cm²). Ook is er een sedimentmonster van de toplaag (5 cm) genomen uit de cilinder voor sedimentanalyses.



Figuur 6: Reineck box-corer (foto Jack Perdon).

De inhoud van de steekbuizen is gezeefd over een gesponde spoelzeef met een maaswijdte van 1 mm en dezelfde dag gefixeerd op 6%, gebufferde formaldehyde. Alle dichtheden en biomassa's zijn berekend als respectievelijk aantal individuen en gram per m². De biomassa is uitgedrukt als asvrij drooggewicht per m², en aan de hand van bestaande conversiefactoren berekend uit het gemeten natgewicht (bij kapotte dieren dus enkel van de delen in het monster).



Figuur 7: Inhoud van drie steekbuizen uit de box-corer op de zeef tafel (foto Jack Perdon).

2.5 Sedimentanalyses

In september 2016 zijn er in totaal 61 sedimentmonsters genomen met een steekbuis (5 cm diep) vanuit de boxcorer voor de analyse van de korrelgrootteverdeling. Gedurende de bemonstering zijn de sedimentmonsters koel bewaard en vervolgens op het laboratorium ingevroren bij -32 °C.

Alle monsters zijn gevriesdroogd en vervolgens is een subsample geanalyseerd op de korrelgrootteverdeling middels laser diffractie met een Malvern Mastersizer (detectie range 0.02 – 2000 µm), op het laboratorium van het NIOZ in Yerseke. Het sediment is hierbij niet voorbehandeld. Van het sediment zijn onder andere de korrelgrootteverdeling (onderverdeeld in 5 verschillende fracties, Tabel 2) en is de mediane korrelgrootte (µm) bepaald. Daarnaast is binnen de silt-fractie ook nog onderscheid gemaakt tussen 7 klassen van silt (grenzen: 2, 4, 8, 16, 32, 50 en 63 µm).

Tabel 2: Klassegrenzen korrelgrootteverdeling

Fractie	Range
Silt	< 63 µm
Zeer fijn zand	63 – 125 µm
Fijn zand	125 – 250 µm
Medium zand	250 – 500 µm
Grof zand	500 – 1000 µm

2.6 Gemeenschapsanalyses

Gemeenschapsanalyse zijn uitgevoerd middels een clusteranalyse en een niet-metrische Non-Dimensional Scaling (nMDS) met behulp van PRIMER v7 (Clarke e.a., 2014a; Clarke en Gorley, 2015). Beide analyses zijn uitgevoerd op de dichtheden (aantal m⁻²), om zo de soorten waarvoor geen biomassa is bepaald (*Diogenes pugilator* en *Pagurus bernhardus*) mee te kunnen nemen in de analyse. Om ervoor te zorgen dat er een goede balans is tussen de dominante soorten en de minder abundante soorten in de analyse zijn de data vierdemachtswortel getransformeerd (Clarke e.a., 2014b).

2.6.1 Clusteranalyse

De analyses zijn uitgevoerd op de Bray-Curtis similariteits matrix. De Bray-Curtis similariteit (S_{jk}) tussen twee locaties (j en k) is daarbij berekend als:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p |y_{ij} + y_{ik}|} \right\}$$

Hierbij is y_{ik} de dichtheid van soort i op locatie k . Hoe hoger de waarde van de Bray-Curtis similariteit tussen twee locaties j en k , hoe meer overeenkomsten tussen bodemdiergemeenschap die is gevonden op beide stations. De Bray-Curtis similariteit ligt tussen 0 (bodemdiersamenstelling is compleet anders) en 100 (zelfde soorten in dezelfde verhoudingen).

Een clusteranalyse groepeerde de bemonsterde stations in groepen (clusters) op basis van de overeenkomsten in de bodemdiersamenstelling (Bray-Curtis similariteit). Stations binnen een cluster hebben dus een overeenkomstige bodemdiergemeenschap. De clusters zijn berekend op group averages en de significantie van de clusters is getoetst met een SIMPROF permutatie test ($\alpha=0.05$). Met behulp van deze test is het mogelijk om te toetsen of de verschillen in bodemdiersamenstelling tussen twee verschillende clusters significant zijn of vallen binnen de 'normale' variatie in de data.

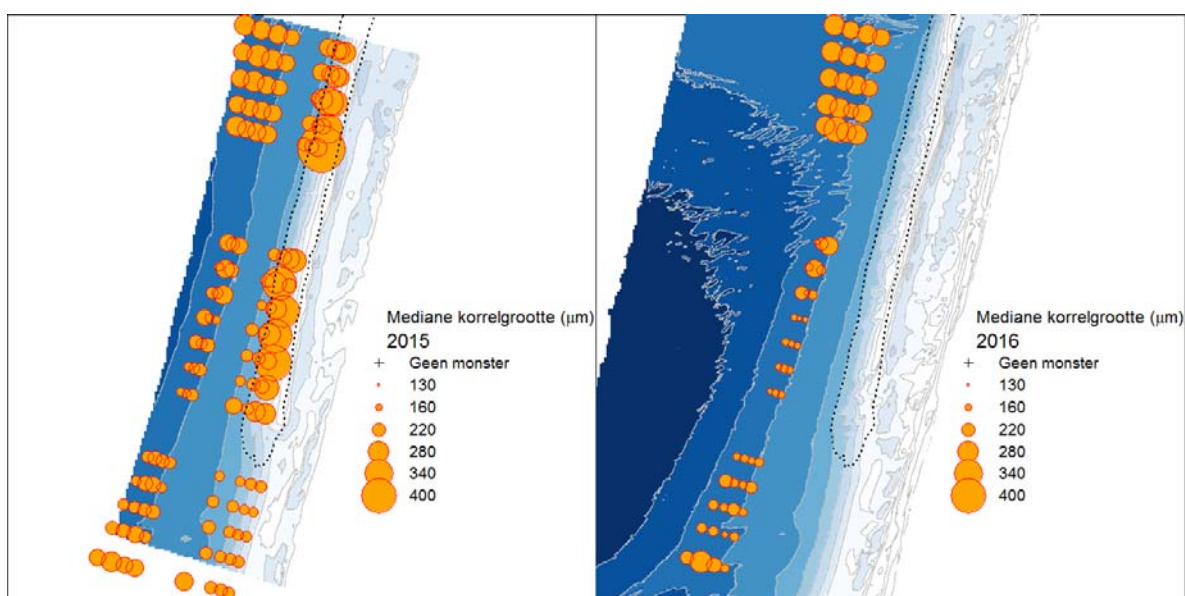
2.6.2 nMDS

Een andere manier om de verschillen in bodemdiergemeenschap tussen de stations te visualiseren is via multidimensional scaling (nMDS). Bij een nMDS worden de dissimilariteiten (100 - similariteit) gevisualiseerd in een twee-dimensionale figuur, waarbij de afstand tussen twee locaties op de figuur overeenkomt met de dissimilariteit in bodemdiersamenstelling tussen betreffende stations. Hoe dichter de stations dus bij elkaar liggen in een MDS plot, hoe meer overeenkomsten er zijn in bodemdiersamenstelling. Een nMDS is een niet-metrische MDS waarbij de afstand is gebaseerd op de rangorde van de dissimilariteiten.

3 Resultaten

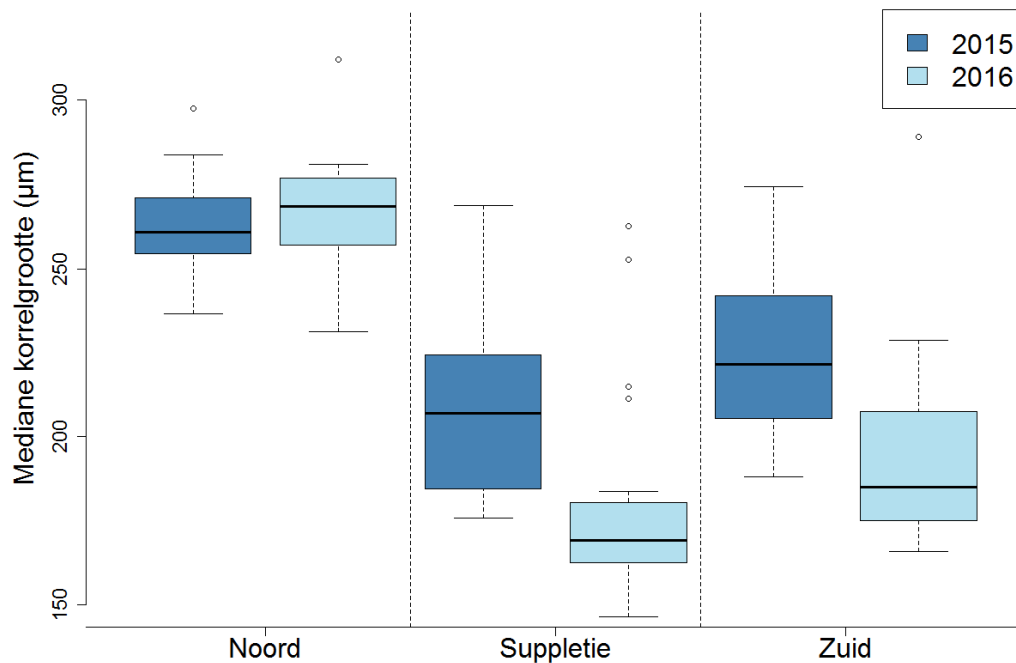
3.1 Sediment

De gemiddelde mediane korrelgrootte in 2016 was $212 \mu\text{m}$ (stdev = $47 \mu\text{m}$). In 2015 was de mediane korrelgrootte in dezelfde deelgebieden (Zuid, Suppletie en Noord) $232 \mu\text{m}$ (stdev = $31 \mu\text{m}$). In 2016 is niet gemonsterd in de ondiepere vooroever waar in 2013 een vooroeversuppletie is uitgevoerd (stippellijn in Figuur 8). In 2015 is dit gebied wel bemonsterd en daaruit is gebleken dat de sedimenten op de locatie van deze suppletie met een gemiddelde mediane korrelgrootte van bijna $400 \mu\text{m}$ relatief grof waren (zie ook Wijsman en Craeymeersch, 2016). In 2016 zijn de meest grove sedimenten (mediane korrelgrootte $\approx 300 \mu\text{m}$) aangetroffen in het deelgebied Noord. Ook in 2015 was het sediment op deze locatie relatief grof ($263 \mu\text{m}$). Ook in de meest zuidelijke transect van het deelgebied Zuid was er in 2016 één station (station 7) met een mediane korrelgrootte van bijna $290 \mu\text{m}$.



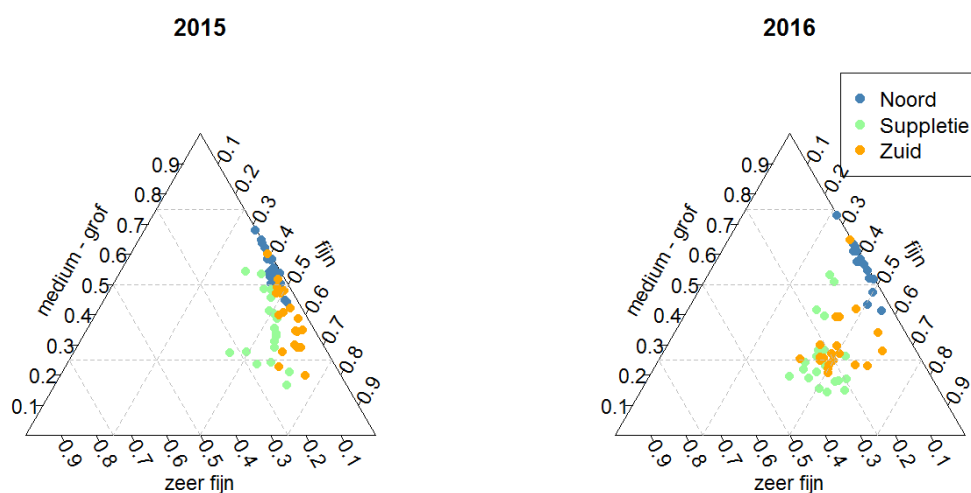
Figuur 8: Verdeling van de mediane korrelgroottes over het gebied in 2015 (links) en in 2016 (rechts). Met de stippellijn is de contour van de suppletie van 2013 aangegeven.

De mediane korrelgrootte in het noordelijk gebied ($266 \pm 18 \mu\text{m}$) was in 2016 aanzienlijk groter dan het suppletiegebied en het gebied Zuid (respectievelijk $179 \pm 31 \mu\text{m}$ en $193 \pm 29 \mu\text{m}$). In het suppletiegebied en het gebied Zuid was de mediane korrelgrootte in 2016 significant ($p < 0.05$) kleiner ($193 \mu\text{m}$) dan in betreffende gebieden in 2015 ($223 \mu\text{m}$) (Figuur 9). In het gebied Noord was het verschil in mediane korrelgrootte tussen 2015 en 2016, respectievelijk $263 \mu\text{m}$ en $266 \mu\text{m}$, niet significant.



Figuur 9: Boxplots van de verdeling van de mediane korrelgrootte over de verschillende deelgebieden.

In Figuur 10 is de korrelgrootteverdeling weergegeven voor de gebieden Noord, Suppletie en Zuid voor 2015 en 2016. In deze figuren is de fractie zeef fijn gedefinieerd als de gewichtsfractie van het sediment met een korrelgrootte kleiner dan 125 µm. De fractie fijn heeft een korrelgrootte tussen 125 en 250 µm en de fractie medium tot grof is de fractie groter dan 250 µm. In deze figuren is ook de verfijning te zien van de sedimenten in de gebieden Suppletie en Zuid in de periode tussen 2015 en 2016.



Figuur 10: Weergave van de korrelgrootte verdeling over drie verschillende grootteklassen (zeer fijn: < 125 µm, fijn: 125 – 250 µm en medium tot grof: > 250 µm). De kleuren van de markers geven de verschillende gebieden weer.

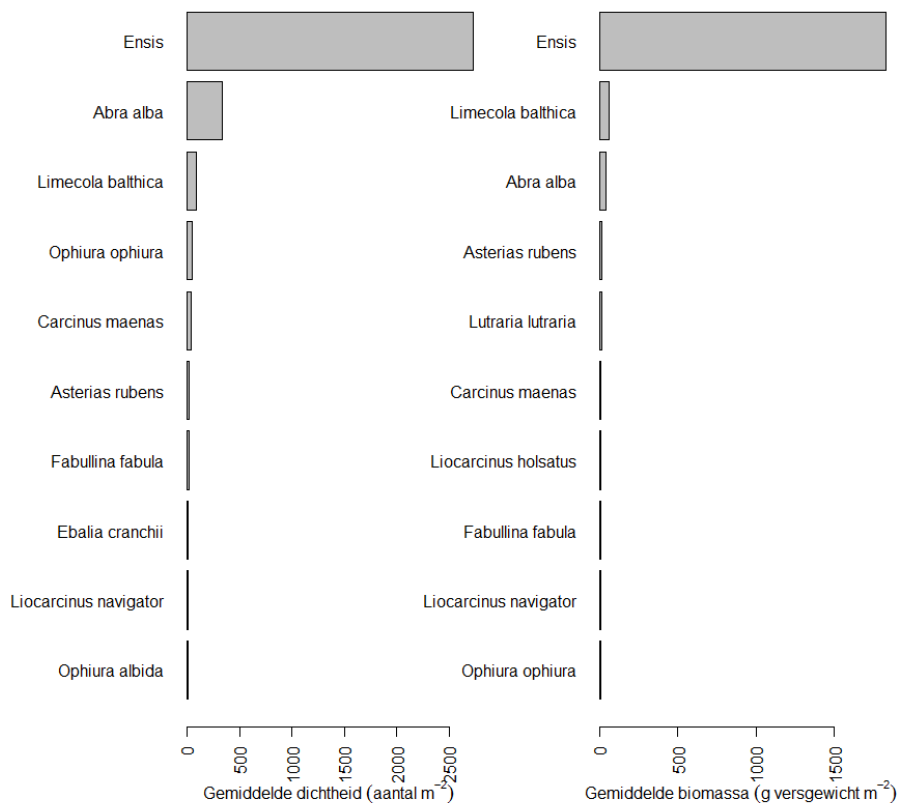
3.2 Schaaf

3.2.1 Voorkomen van soorten

In totaal zijn er 61 locaties bemonsterd met de schaaaf. Er zijn in totaal 21 verschillende soorten aangetroffen in de schaaaf. Het gemiddeld aantal soorten per locatie was 7.4, maar op sommige locaties (14, 15, 24, 46 en 53) zijn 11 soorten aangetroffen. De verspreiding van de verschillende soorten over het gebied is weergegeven Figuur 28 tot en met Figuur 33 (Bijlage 1).

3.2.2 Dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie

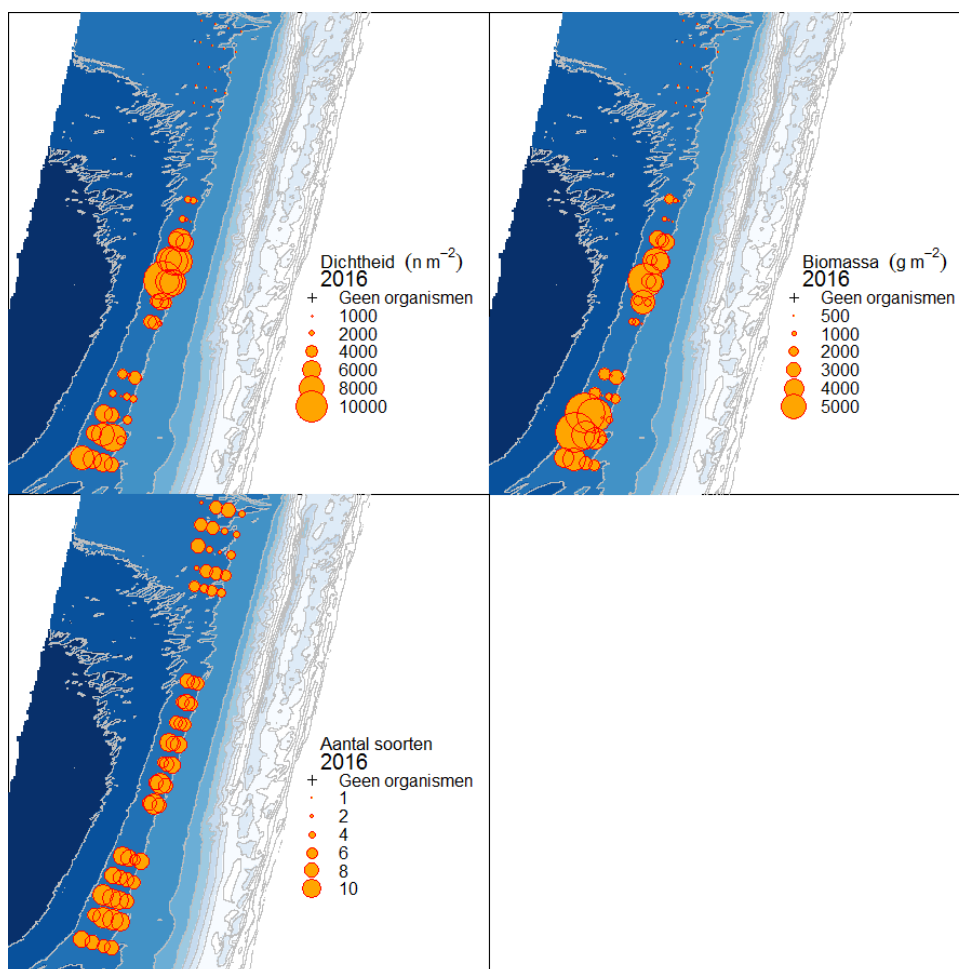
Van de soorten *Diogenes pugilator* (kleine heremietkreeftje) en *Pagurus bernhardus* (gewone heremietkreeft) is geen biomassa bepaald. Een belangrijk deel van de biomassa wordt namelijk bepaald door de schelp van een andere soort waar ze in zitten. De gemiddelde biomassa was 1939 g versgewicht m^{-2} en de maximale biomassa was 8044 g versgewicht m^{-2} op locatie 24. De gemiddelde biomassa is aanzienlijk hoger dan de 287 g versgewicht m^{-2} die gemiddeld in 2015 is aangetroffen op alle stations. Deels komt dit doordat in 2015 ook in de relatief armere vooroever is bemonsterd. Echter ook in diepere deelgebieden Noord, Suppletie en Zuid was de gemiddelde biomassa aanzienlijk lager in 2015 (492 g versgewicht m^{-2}) dan in 2016 (1939 g versgewicht m^{-2}). *Ensis* was ook in 2016 verreweg de meest dominante soort, zowel in termen van biomassa als van dichtheid (Figuur 11). Andere dominante soorten zijn *Abra alba* (witte dunschaal), *Limecola balthica* (nonnetje), *Ophiura ophiura* (gewone slangster) en *Carcinus maenas* (strandkrab) in dichtheden en *Limecola balthica*, en *Abra alba* in biomassa.



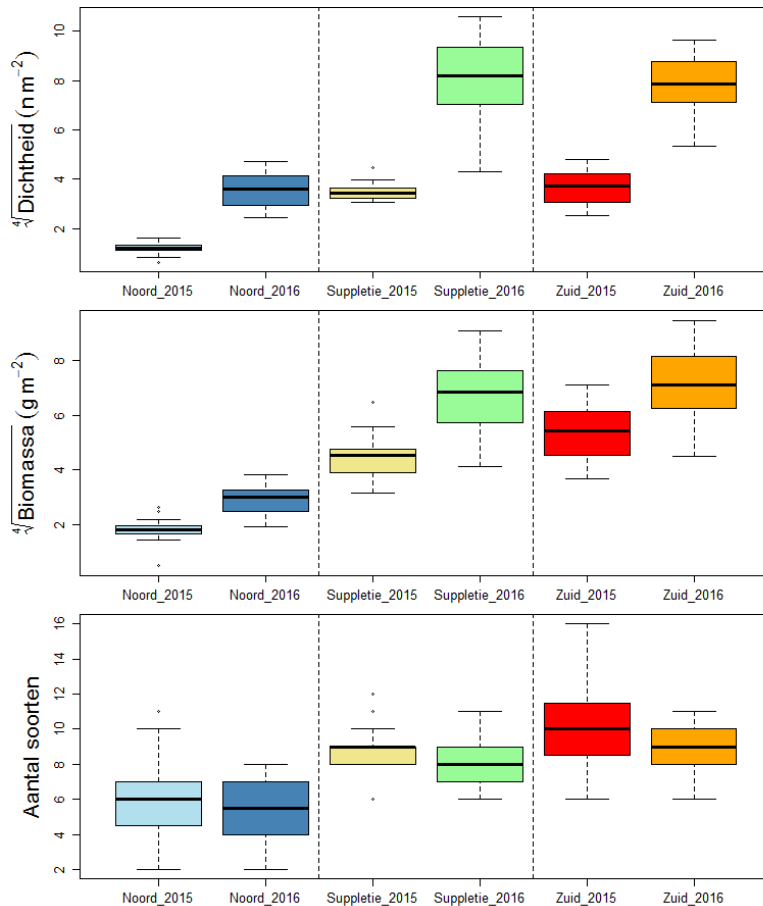
Figuur 11: Gemiddelde dichtheid en biomassa van de meest dominante soorten over alle stations.

In Figuur 12, voor alle soorten samen en in Figuur 28 tot en met Figuur 33 (Bijlage 1), voor de soorten afzonderlijk, is te zien dat de bodemdieren niet gelijkmatig zijn verspreid over het gebied. De figuren voor de totale dichtheid en de totale biomassa worden voornamelijk bepaald door de

verspreiding van de meest dominante soort, *Ensis*. Opvallend is dat de hoogste biomassa en de grootste dichtheid aan bodemdieren is aangetroffen in de gebieden Zuid en Suppletie en dat het gebied Noord relatief arm was. Dit komt overeen met de metingen uit 2015 waar ook het gebied Noord relatief arm was wat betreft biomassa en dichtheid (Figuur 13). De gemiddelde dichtheden en biomassa's die in 2016 zijn aangetroffen zijn opvallend hoger dan in 2015. In deelgebied Noord is de gemiddelde dichtheid in 2016 meer dan 80 keer zo groot terwijl de biomassa 6 keer zo groot was. In deelgebied Suppletie was de gemiddelde dichtheid in 2016 ruim 30 keer zo groot als in 2015 en de gemiddelde biomassa was 5 keer zo groot. In deelgebied Zuid tenslotte was de gemiddelde dichtheid bijna 20 keer zo groot als in 2015 terwijl de gemiddelde biomassa ruim 3 keer zo groot was. Omdat *Ensis* de meest dominante soort is zijn deze verschillen waarschijnlijk het gevolg van een goede broedval van *Ensis* in 2016, waardoor er veel kleine exemplaren van deze soort zijn aangetroffen. In het Zuidelijke deelgebied was er ook een goede broedval van *Abra alba* (witte dunschaal). Het aantal soorten dat is aangetroffen per locatie is gelijkmatiger verspreid over de gebieden, alhoewel in het gebied Noord gemiddeld wel het minst aantal soorten worden aangetroffen per locatie. Het aantal soorten in de deelgebieden Suppletie en Zuid is mogelijk sterker onderschat dan in deelgebied Noord als gevolg van de kortere trek lengte van de schaar (Figuur 4).



Figuur 12: Verspreiding van de dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g versgewicht m^{-2}) en aantal soorten over het gebied in 2016.



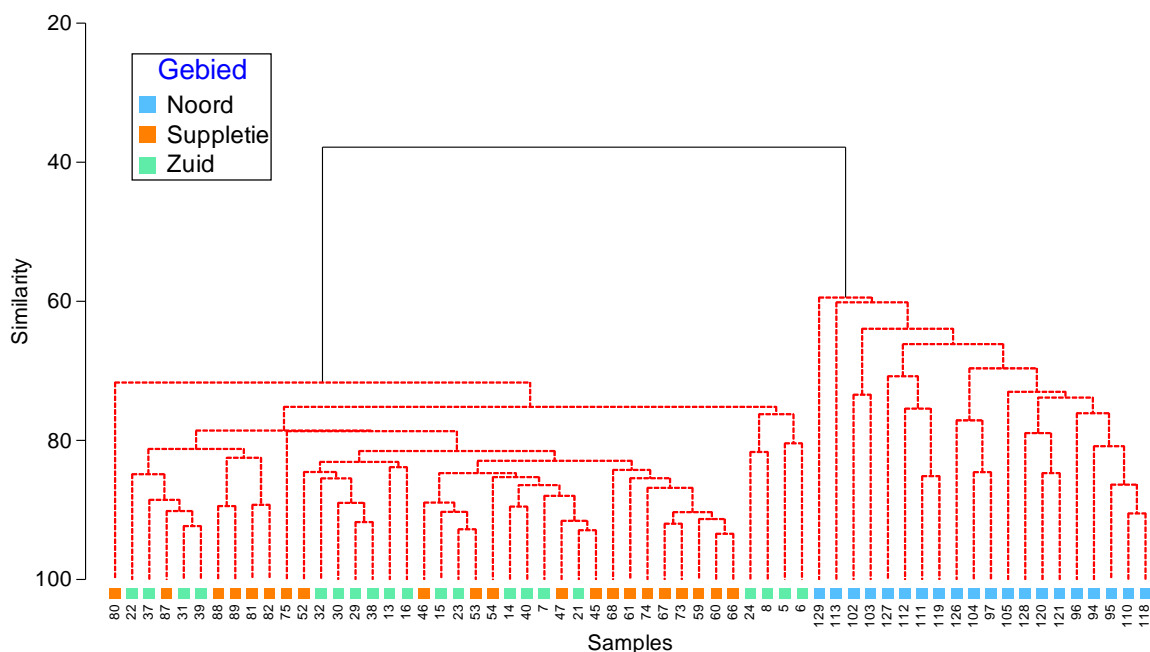
Figuur 13: Boxplots van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid en biomassa en het aantal soorten per locatie verdeeld over de verschillende deelgebieden in de jaren 2015 en 2016.

Veel dominante soorten, zoals *Abra alba* (witte dunschaal), *Asterias rubens* (zeester), *Carcinus meanas* (strandkrab), *Limecola balthica* (nonnetje), *Ophiura ophiura* (gewone slangster) en *Fabullina fabula* (rechtsgestreepte platschelp) laten eenzelfde ruimtelijk patroon zien als *Ensis* (Figuur 28 tot en met Figuur 33 in Bijlage 1), met relatieve hoge abundantie in de deelgebieden Suppletie en Zuid en relatief lage abundantie of afwezigheid in het deelgebied Noord. Soorten als *Diogenes pugilator* (kleine heremietkreeftje) en *Portumnus latipes* (breedpootkrab) laten een ander patroon zien en komen voornamelijk voor in het deelgebied Noord en zijn vrijwel afwezig in de gebieden Suppletie en Zuid. *Liocarcinus holsatus* (gewone zwemkrab) is verspreid over het hele gebied en is in alle drie de gebieden veelvuldig aangetroffen. Soorten als *Donax vittatus* (zaagje), *Ophiura albida* (kleine slangster), *Petricolaria pholadiformis* (Amerikaanse boormossel), *Portumnus latipes* (breedpootkrab), *Spisula solida* (stevige strandschelp), *Spisula subtruncata* (halfgeknotte strandschelp) en *Macomangulus tenuis* (tere platschelp) komen op minder dan 10 procent van de stations voor. Van deze soorten waren de soorten *Donax vittatus* (zaagje), *Spisula subtruncata* (halfgeknotte strandschelp) en *Portumnus latipes* (breedpootkrab) in 2015 minder zeldzaam en zijn toen op meer dan 10% van de stations aangetroffen. De breedpootkrab (*Portumnus latipes*) beperkte zich in 2015 voornamelijk tot de vooroever en het deelgebied Noord (Wijsman en Craeymeersch, 2016). De kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*) kwam in 2015 nog veelvuldig voor in het Suppletiegebied, maar in 2016 is deze soort in dit deelgebied niet meer aangetroffen en beperkte zich tot het deelgebied Noord.

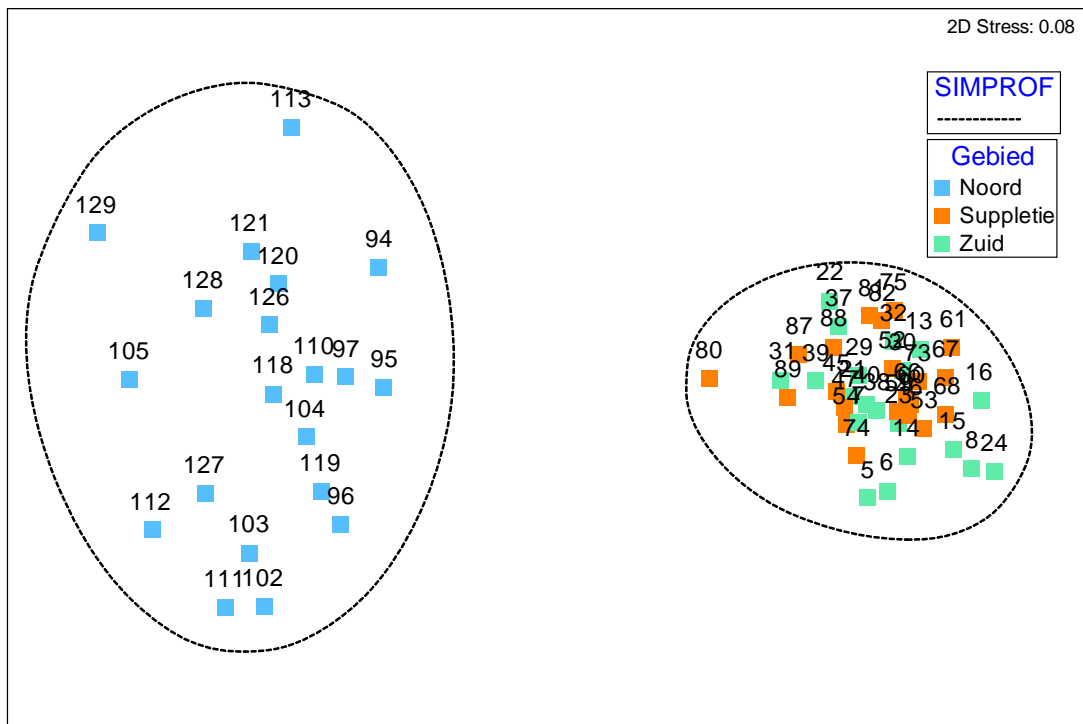
3.2.3 Gemeenschapsanalyse 2016

Allereerst is er een clusteranalyse uitgevoerd op de schaafbemonstering uit 2016 (Figuur 14). De significante clusters ($p < 0.05$) zijn aangegeven met de zwarte lijnen in het dendrogram. De clusters die aangegeven zijn met de rode lijnen in het dendrogram zijn niet significant verschillend ($p > 0.05$). Dit wil zeggen dat de verschillen in bodemdiergemeenschap die zijn aangetroffen tussen deze clusters waarschijnlijk vallen binnen de normale variatie. De labels onder aan de figuur geven aan tot welk deelgebied betreffend station behoort.

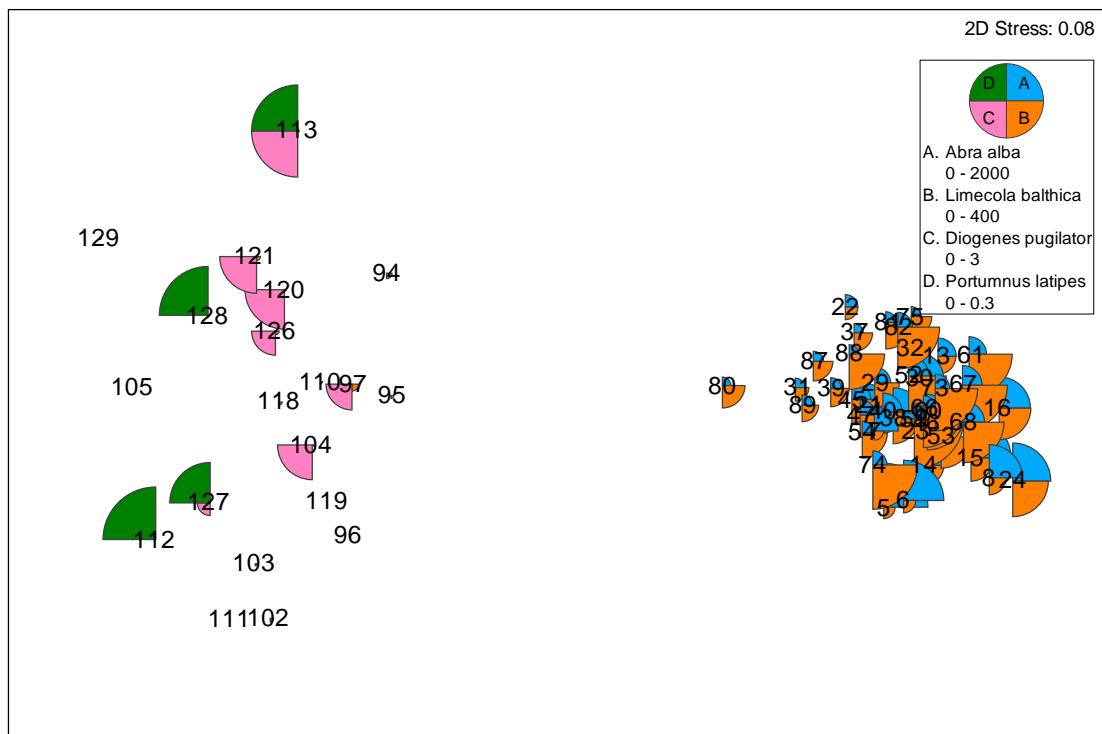
De clusteranalyse leidt tot 2 significante clusters (Figuur 14). Het deelgebied Noord onderscheidt zich evident van de deelgebieden Zuid en Suppletie. De bodemdiergemeenschap in deelgebied Noord is anders dan in de overige gebieden. Binnen de twee dominante clusters zijn wel andere clusters te herkennen, maar deze zijn niet significant. Dit is ook terug te zien in de nMDS plot (Figuur 15). De stations van het gebied Noord onderscheiden zich op de eerste as van de nMDS duidelijk van de stations van de gebieden Suppletie en Zuid. Soorten als *Abra alba* en *Limecola balthica* komen voornamelijk voor in de deelgebieden Suppletie en Zuid, terwijl de soorten als kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*) en breedpootkrab (*Portumnus latipes*) kenmerkend zijn voor de stations in deelgebied Noord (Figuur 16).



Figuur 14: Clusterdiagram van de schaaflimonsters 2016. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (SIMPROF test $\alpha = 0.05$). De kleuren van de markers geven de 3 deelgebieden weer. De stationnummers zijn onder aan de figuur weergegeven.



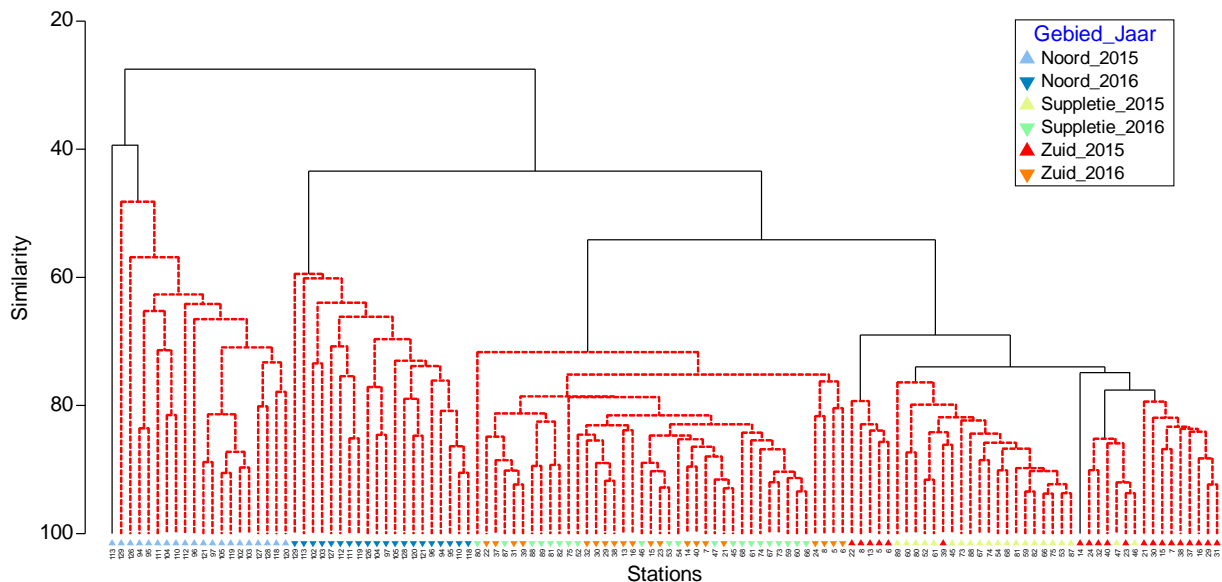
Figuur 15: nMDS plot van de schaaftmonsters uit 2016. De cijfers geven de stationnummers weer. De kleuren geven aan in welk deelgebied de betreffende stations liggen. De zwarte stippellijn geeft de significante clusters weer uit de clusteranalyse.



Figuur 16: nMDS plot van de schaaftmonsters uit 2016. Met de grootte van de taartpunten worden de relatieve dichtheden een aantal karakteristieke soorten weergegeven. De cijfers geven de stationnummers weer.

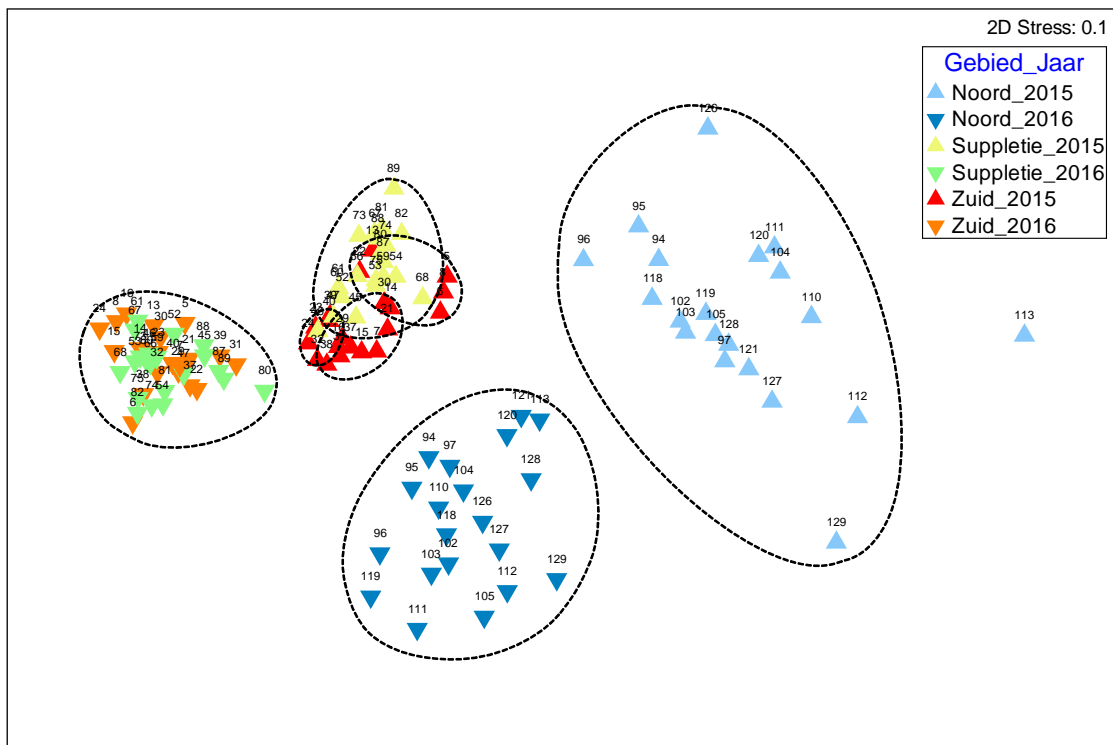
3.2.4 Gemeenschapsanalyse 2016 gecombineerd met 2015

Een tweede clusteranalyse is uitgevoerd waarbij de gegevens van 2016 zijn gecombineerd met de gegevens van de deelgebieden Noord, Suppletie en Zuid uit 2015. Dit om mogelijke verschillen tussen de jaren vast te stellen. De data van de ondiepere vooroever uit 2015 zijn hierbij niet meegenomen. Het clusterdiagram (Figuur 17) laat zien dat de bodemdiergemeenschap in het gebied Noord in beide jaren duidelijk anders is dan de gebieden Zuid en Suppletie. Ook is te zien dat de bodemdiergemeenschap in gebied Noord in 2015 anders was dan in 2016. Ook in de gebieden Zuid en Suppletie is er een duidelijk verschil in de bodemdiergemeenschap die is aangetroffen in 2016 ten opzichte van 2015. Terwijl er in 2016 geen verschillen waren tussen de gebieden was er in 2015 ook een significant verschil tussen de gebieden Suppletie en Zuid.



Figuur 17: Clusterdiagram van de schaafmonsters in de gebieden Noord, Suppletie en Zuid uit 2015 en 2016. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (SIMPROF test $\alpha = 0.05$). De kleuren van de markers geven de 3 deelgebieden weer voor de verschillende jaren

Hetzelfde patroon is ook terug te vinden in de nMDS plot (Figuur 18). Het deelgebied Noord onderscheidt zich zowel in 2015 als in 2016 duidelijk van de deelgebieden Suppletie en Zuid. In 2016 is er geen duidelijk verschil tussen de deelgebieden Suppletie en Zuid. In 2015 was er wel een verschil in bodemdiergemeenschap binnen deze gebieden. De stations in het gebied Suppletie hebben een grotere waarde op de tweede nMDS-as dan de stations in het gebied Zuid. Dit verschil was ook in 2015 zichtbaar (Wijsman en Craeymeersch, 2016).

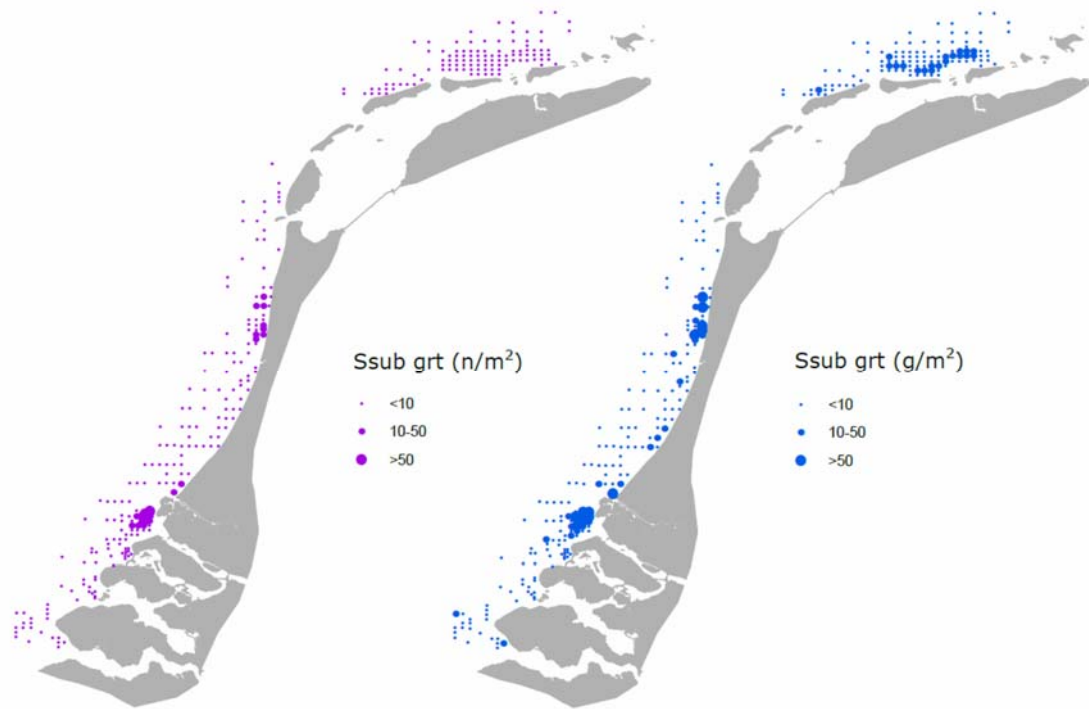


Figuur 18: nMDS plot van de schaaftmonsters uit de gebieden Noord, Suppletie en Zuid in 2015 en 2016. De cijfers geven de stationnummers weer. De kleuren geven aan in welk deelgebied de betreffende stations liggen en de vorm van de markers het jaar. De zwarte stippellijn geeft de significante clusters weer uit de clusteranalyse.

3.2.5 *Spisula* banken

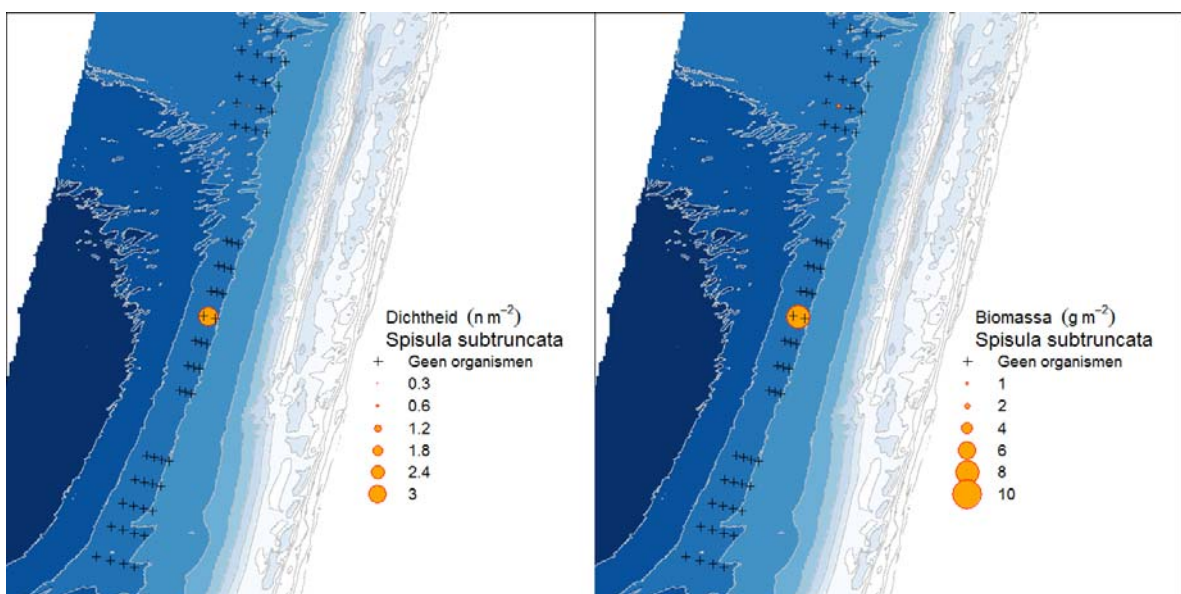
Een van de voorwaarden vanuit de NB-wet vergunning is dat de locatie van de vooroeversuppletie voorafgaand aan de werkzaamheden dient te worden onderzocht op het voorkomen van *Spisula subtruncata* banken (Dijksma, 2015). Indien er blijkt dat er sprake is van een meerjarige *Spisula subtruncata* bank, met schelpdieren ouder dan 1 jaar die van belang zijn voor foeragerende zee-eenden, en als suppleren op betreffende locatie onvermijdelijk is, dan worden de uit te voeren suppleties niet gestart in de periode van 1 juni tot 1 maart (Rijkswaterstaat, 2014; Dijksma, 2015).

Vaak wordt er gebruikt gemaakt van de resultaten uit de schelpdiermonitoring die wordt uitgevoerd door Wageningen Marine Research in het kader van de Wettelijke OnderzoeksTaken (WOT) in opdracht van het ministerie van Economische Zaken (Perdon e.a., 2016) om te bepalen of er schelpdierbanken van betekenis zijn. Uit de WOT survey die is uitgevoerd in 2016 (Perdon e.a., 2016) blijkt dat er geen *Spisula*'s zijn aangetroffen rond Callantsoog met dichtheden van meer dan 10 m⁻² (Figuur 19). Er liggen wel grotere hoeveelheden *Spisula*'s meer naar het zuiden, voor de kust tussen Castricum en Petten. Omdat er maar een beperkt aantal monsterpunten die in de buurt van de suppletielocatie nabij Callantsoog liggen, is er op de suppletielocatie specifiek gekeken naar het voorkomen van *Spisula*'s.



Figuur 19: Verspreiding meerjarige halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) in de Nederlandse kustzone in het voorjaar 2016. Links dichtheid (aantal m^{-2}) en rechts de biomassa (gram versgewicht m^{-2}) (Perdon e.a., 2016).

Vanuit de schaaftbemonsteringen in het gebied uit augustus 2016 wordt een veel gedetailleerder beeld verkregen van het voorkomen van *Spisula subtruncata* in het gebied. In 2016 is er slechts op 2 locaties *Spisula subtruncata* aangetroffen (Figuur 20). Op locatie 67 in het Suppletiegebied zijn is de hoogste dichtheid gevonden ($3.27 m^{-2}$) met een biomassa van $8.2 gr m^{-2}$. Op locatie 104 in het Noordelijk deelgebied was de dichtheid nog lager ($0.26 m^{-2}$ en een biomassa van $1.3 g m^{-2}$). In 2015 zijn er wel op meer locaties nuljarige (voornamelijk in Suppletiegebied) en meerjarige *Spisula*'s in het onderzoeksgebied aangetroffen (Wijsman en Craeymeersch, 2016) maar deze zijn in 2016 niet meer teruggevonden.



Figuur 20: Verspreiding *Spisula subtruncata* in het onderzoeksgebied in 2016. In de linkerfiguur de dichtheid (aantal m^{-2}) en in de rechterfiguur de biomassa (gram versgewicht m^{-2}).

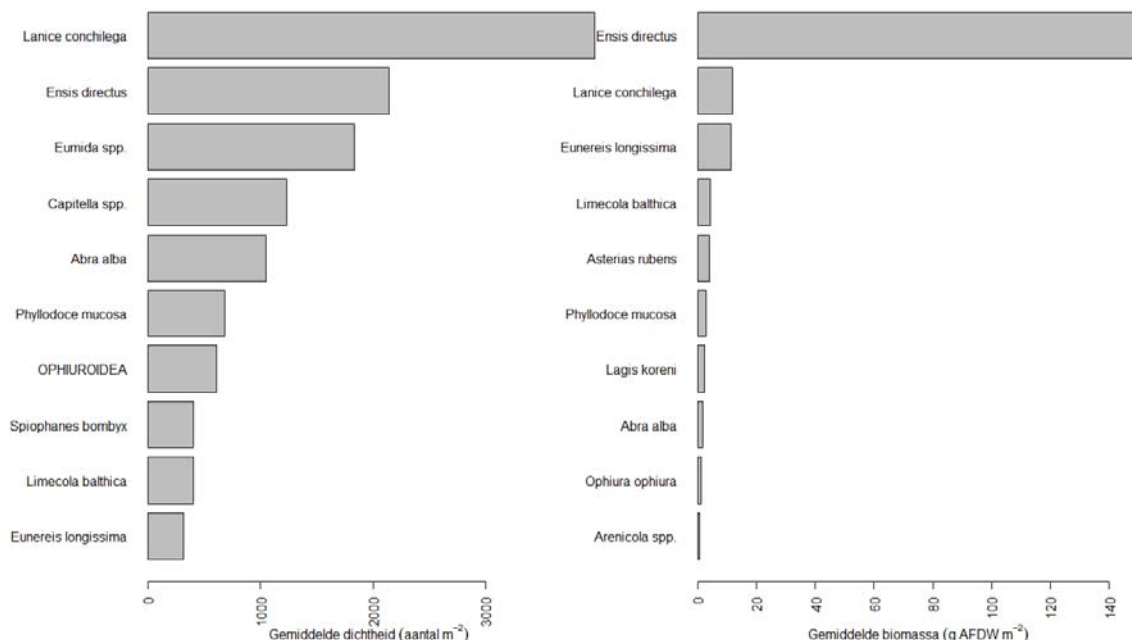
3.3 Boxcorer

3.3.1 Voorkomen van soorten

Alle 61 locaties zijn in 2016 bemonsterd met de box-corer. Er zijn in totaal 75 verschillende taxa aangetroffen in de box-corer, waarvan 42 soorten die zijn geïdentificeerd op species-niveau. Op 38 locaties zijn meer dan 20 taxa aangetroffen. Het gemiddeld aantal taxa per locatie was 19. Locatie 14 was met 36 taxa het meest soortenrijk. 18 taxa kwamen voor op meer dan 30 van de 61 locaties. De verspreiding van de een aantal soorten over het gebied is weergegeven in Figuur 34 tot en met Figuur 38 (Bijlage 2). Uit de figuren is duidelijk te zien dat de meeste soorten voornamelijk voorkomen in de deelgebieden Zuid en Suppletie. De meeste van de soorten worden niet of sporadisch aangetroffen in het deelgebied Noord. Uitzonderingen zijn *Ensis directus* (Amerikaanse zwaardschede), *Magelona johnstoni*, *Magelona mirabilis* (borstelwormen uit de familie Magelonidae) en *Nephtys cirrosa* (zandzager) welke ook regelmatig voorkomen in het deelgebied Noord. De laatste soort, *Nephtys cirrosa* komt zelfs in grotere dichtheden voor in de deelgebied Noord dan in de overige deelgebieden.

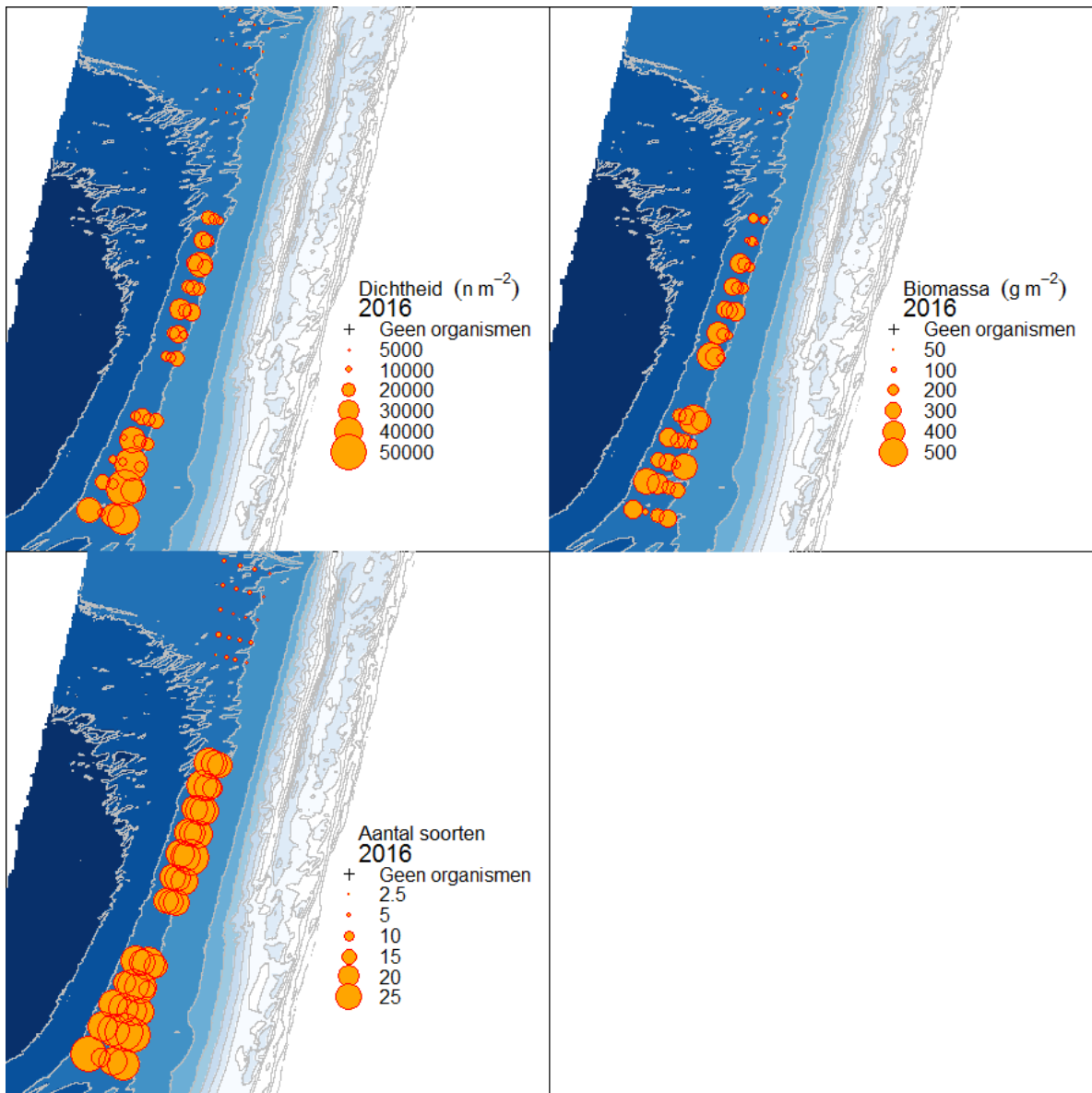
3.3.2 Dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie

De gemiddelde dichtheid was 15604 ind. m⁻², de maximale dichtheid 51753 ind. m⁻² (locatie 14). De meest dominante soorten in termen van dichtheid zijn de schelpkokerworm (*Laniche conchilega*), de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*), en de genera *Eumida* spp. en *Capitella* spp. (beide borstelwormen) (Figuur 21). De gemiddelde biomassa was 195 g asvrij drooggewicht (AFDW) m⁻² en de maximale biomassa was 518 g AFDW m⁻² op locatie 38. De meest dominante soorten in termen van biomassa zijn *Ensis directus*, *Laniche conchilega* (schelpkokerworm) en *Eunereis longissima* (zager). De gemiddelde biomassa en dichtheid was in 2016 hoger dan in 2015. In 2015 was de gemiddelde dichtheid 3637 ind m⁻² en de gemiddelde biomassa 60 gr AFDW m⁻² (Wijsman en Craeymeersch, 2016).

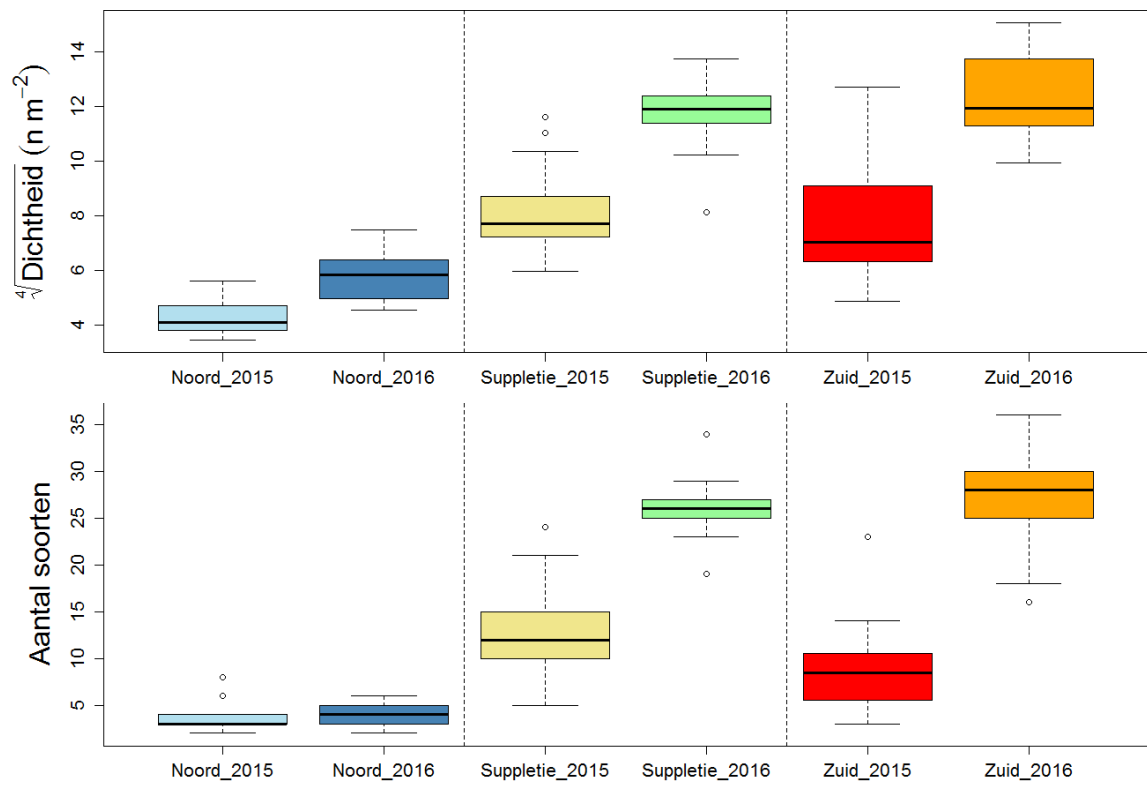


Figuur 21. Gemiddelde dichtheid en biomassa van de 10 meest dominante soorten op alle locaties

In Figuur 22 en Figuur 23 is, zoals bij de schaaftdata, te zien dat de bodemdieren niet gelijkmatig zijn verspreid over het gebied. Het gebied Noord is duidelijk armer dan de overige twee deelgebieden. Zowel de gemiddelde dichtheid als het gemiddeld aantal soorten per locatie in het suppletiegebied was in 2016 vergelijkbaar met het gebied Zuid.



Figuur 22. Verspreiding van de dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa ($g\ AFDW\ m^{-2}$) en aantal soorten over het gebied.



Figuur 23. Boxplots van de vierdemachtswortel getransformeerde dichtheid en het aantal soorten per locatie verdeeld over de verschillende deelgebieden.

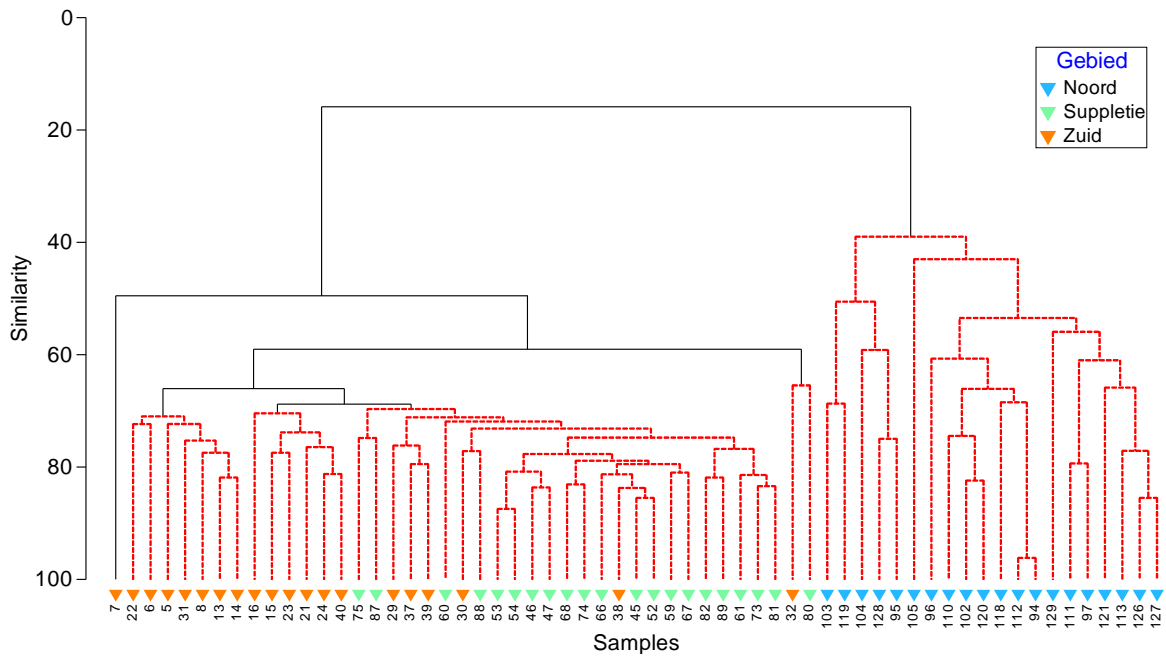
3.3.3 Gemeenschapsanalyse 2016

De gemeenschapsanalyses (clusteranalyse, nMDS) zijn uitgevoerd op de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheden van de verschillende soorten zoals deze zijn aangetroffen in de box-corer. De analyses komen overeen met de analyses zoals die zijn uitgevoerd voor de schaaftdata (zie paragraaf 3.2.3). Bij deze analyses zijn een aantal taxa weggelaten of samengevoegd omdat deze alleen tot op hoger trofisch niveau kon worden gedetermineerd of omdat het taxa betrof die niet goed worden bemonsterd met de box-corer of soorten die slechts in één monster is aangetroffen.. In het geval in een enkel monster een specimen op genusniveau geïdentificeerd is en er verder ook specimen van datzelfde genus op een enkel soortniveau geïdentificeerd waren (bijv. *Nepthys* en *Nepthys cirrosa*) zijn de taxa samengevoegd tot één taxon.

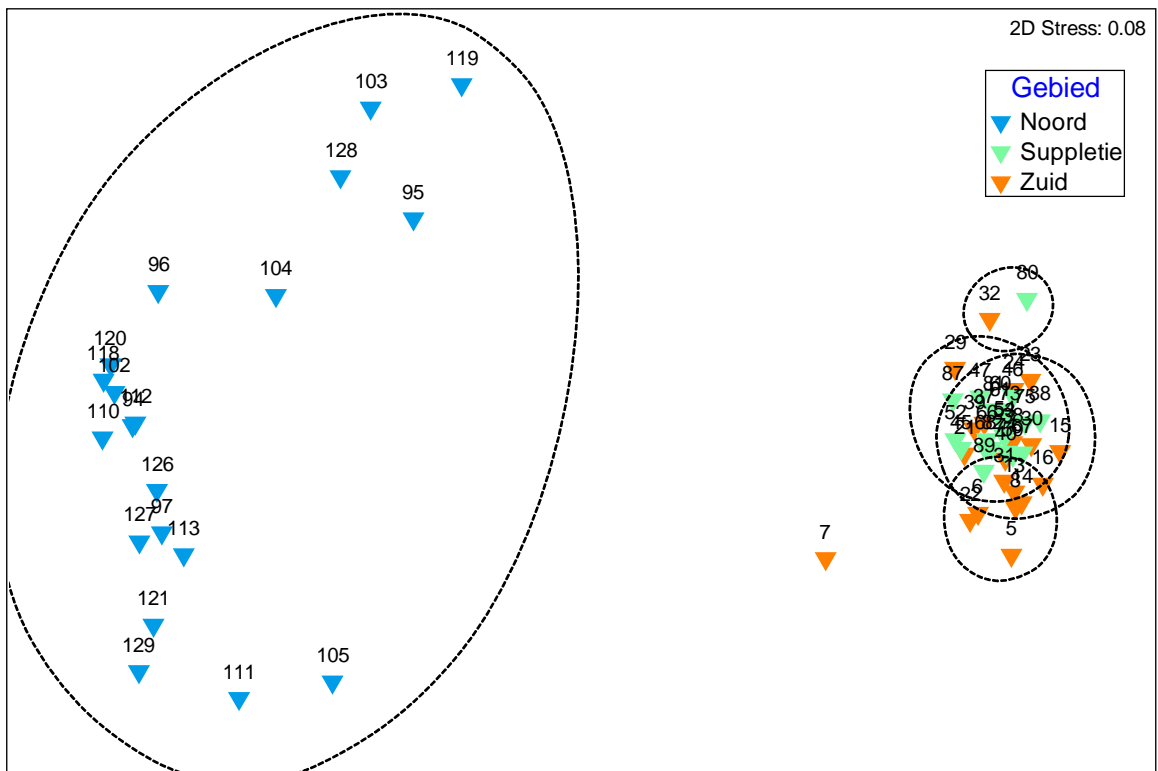
In Figuur 24 zijn de significante clusters aangegeven met zwarte lijnen. De clusteranalyse leidt tot 6 significante clusters. Clusters f bestaan uitsluitend uit monsterpunten genomen in het deelgebied Noord (Tabel 3). Dit wijst erop dat de soortensamenstelling in dit gebied duidelijk verschilt van de soortensamenstelling in de deelgebieden Zuid en Suppletie. Binnen de clusters a (slechts één station), b en c groeperen uitsluitend stations uit het deelgebied Zuid. Station 7 valt als enige station binnen een apart cluster (cluster a). Uit de sedimentgegevens (Figuur 8) was al te zien dat op dit station ook relatief grof sediment is aangetroffen vergeleken met de andere stations in deelgebied Zuid. De clusters d en e bevatten een mix van stations uit de deelgebieden Zuid en Suppletie. Hierbij is opvallend dat station 80, dat een apart cluster vormt met station 32, ook in de schaaftgegevens afwijkend is van de overige stations in de deelgebieden Zuid en Suppletie. Daar waar in de clusteranalyse van de schaaftdata geen duidelijk verschil waarneembaar is tussen de deelgebieden Zuid en Suppletie, laat de clusteranalyse van de gegevens van de box-corer wel een opdeling in de deelgebieden Zuid en Suppletie zien. De drie meest zuidelijke transecten van deelgebied Zuid zijn namelijk anders qua bodemdiergemeenschap dan de rest van deelgebieden Zuid en Suppletie. Dat blijkt ook uit de nMDS analyse (Figuur 25). Er is een duidelijke scheiding tussen Noord en de overige monsters. De overige gebieden lijken qua soortensamenstelling erg op elkaar.

Tabel 3: Significante clusters ($p < 0.05$) uit clusteranalyse. De cijfers geven de stationnummers weer die binnen betreffende clusters vallen.

Cluster	Stations
a	7
b	5,6,8,13,14,22,31
c	15,16,21,23,24,40
d	29,30, 37,38,39,45,46,47,52,53,54,59,60,61,66,67,68,73,74,75,81,87,82,88,89
e	32,80
f	94,95,97,96,102,103,104,105,110,111,112,113,118,119,120,121,126,127,128,129



Figuur 24. Clusterdiagram van de box-corer monsters. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (SIMPROF test $\alpha = 0.05$). De kleuren van de markers geven de deelgebieden weer.

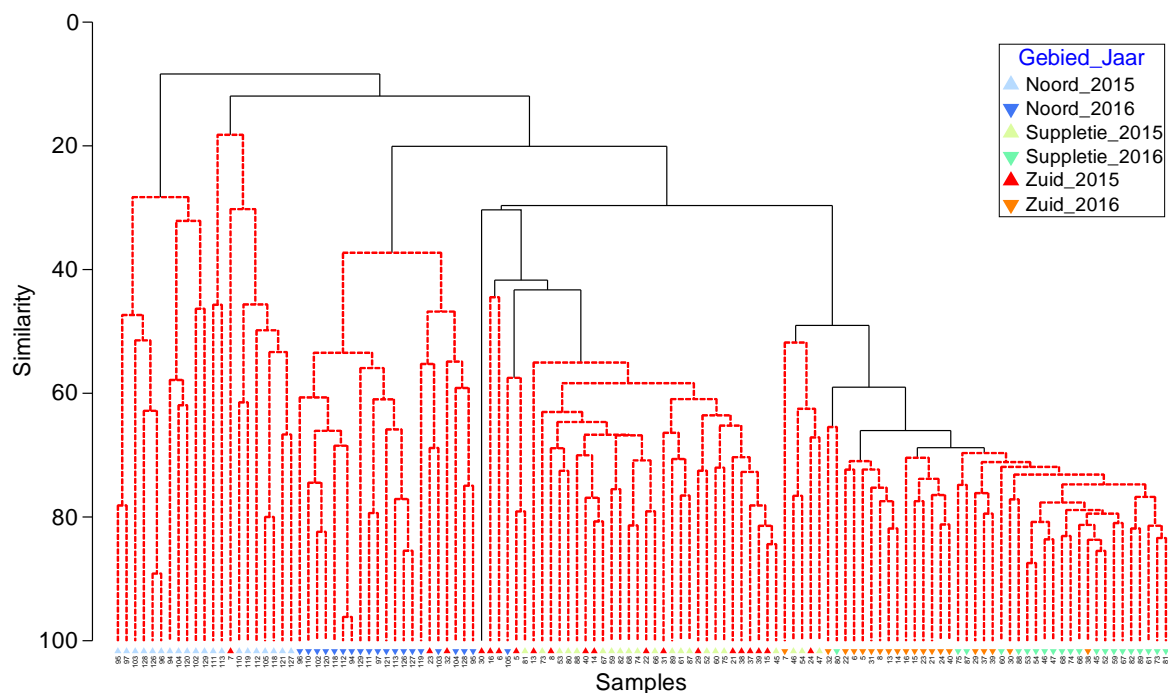


Figuur 25. nMDS plot van de box-corer monsters. De nummers geven de stationnummers weer. De kleuren van de markers geven aan in welk deelgebied de betreffende stations liggen. De significante clusters uit de clusteranalyse zijn aangegeven middels de zwarte stippellijnen.

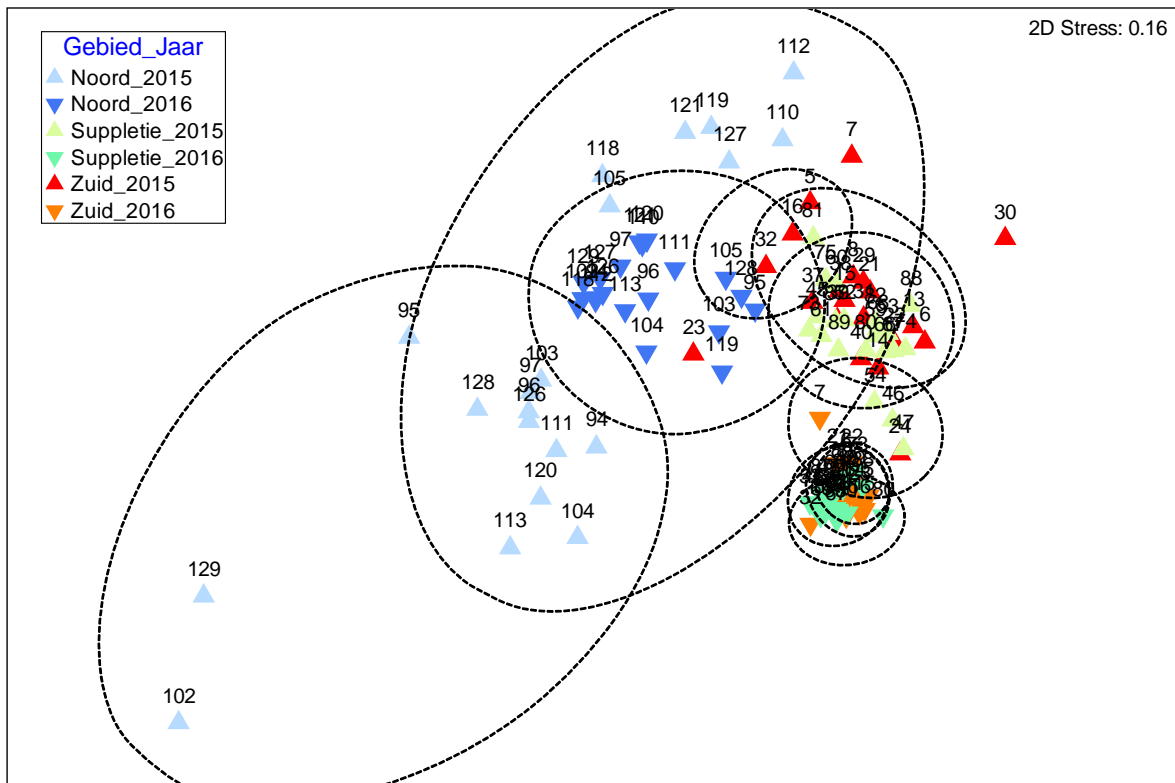
3.3.4 Gemeenschapsanalyse 2016 gecombineerd met 2015

Om de veranderingen tussen 2015 en 2016 in kaart te brengen is er een clusteranalyse uitgevoerd waarbij de gegevens van 2016 zijn gecombineerd met de gegevens van de deelgebieden Noord, Suppletie en Zuid uit 2015. De data van de ondiepere vooroever uit 2015 zijn hierbij niet meegenomen. De clusteranalyse resulteert in 10 significante clusters (Figuur 26). De eerste drie clusters (a, b en c), van links af aan gezien, bestaat uit de stations uit het deelgebied Noord (en stations 7, 23 en 32 uit gebied Zuid die zijn bemonsterd in 2015). Binnen het deelgebied Noord is er een duidelijk verschil in bodemdiersamenstelling in 2015 (clusters a en b) en 2016 (cluster c). Het lijkt er dus op dat de bodemdiergemeenschap in deelgebied Noord in 2016 anders is dan in 2015 en gelijkmatiger is verspreid over dit deelgebied. De clusters d (één station, 30), e (33 stations) en f (5 stations) bevatten voornamelijk stations die in 2015 zijn bemonsterd in de deelgebieden Zuid en Suppletie. Een uitzondering is weer station 7 uit 2016, met de relatief grove sedimenten. De rest van de clusters (g tot en met j) de stations bevatten uit de deelgebieden Zuid en Suppletie die in 2016 zijn bemonsterd. De clusters g en h bevatten uitsluitend stations die zijn bemonsterd in deelgebied Zuid terwijl de clusters i en j een mix is van stations in deelgebied Zuid en Suppletie. Dit patroon komt in grote lijnen ook overeen met de resultaten van de clusteranalyse op de gegevens van de schaaaf (Figuur 17).

Het patroon van de clusteranalyse is ook terug te zien in de nMDS plot (Figuur 27). De stations in de deelgebieden Zuid en Suppletie liggen in 2016 dicht bij elkaar op de eerste twee assen van de nMDS. Dezelfde deelgebieden lagen in 2015 ook bij elkaar in de buurt, maar duidelijk is te zien dat de bodemdiergemeenschap in deze deelgebieden in 2015 anders was dan in 2016 (hogere waarden op de verticale as). Dit is te wijten aan jaar-tot-jaar variatie, bijvoorbeeld als gevolg van een goede broedval van één of meerdere soorten. Zo was de gemiddelde dichtheid aan schelpkokerwormen *Lanice conchilega* in de deelgebieden Zuid en Suppletie in 2016 meer dan 10 keer zo hoog dan in 2015 (respectievelijk 5905 en 518 schelpkokerwormen per m²). Deze schelpkokerwormen kunnen het habitat voor andere bodemdieren beïnvloeden door middel van hun kokers die boven de zeebodem uitsteken. In de nMDS plot is tevens te zien dat waar het Noordelijk gebied in 2015 nog variabel was in bodemdiergemeenschap, deze in 2016 uniformer is geworden.



Figuur 26. Clusterdiagram van de box-corer monsters voor de jaren 2015 en 2016. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (SIMPROF test $\alpha = 0.05$). De markers geven de deelgebieden aan en het jaar waarin de monsters zijn genomen.



Figuur 27. nMDS plot van de box-corer monsters uit 2015 en 2016. De nummers geven de stationnummers weer. De markers geven aan in welk deelgebied de betreffende stations liggen en in welk jaar de monsters zijn genomen. De significante clusters uit de clusteranalyse zijn aangegeven middels de zwarte stippellijnen.

4 Discussie en conclusies

4.1 Vergelijk met resultaten 2015

De gemiddelde biomassa van de bodemdiergemeenschap in de deelgebieden Noord, Suppletie en Zuid zoals die is bemonsterd met de bodemschaaf was in 2016 aanzienlijk groter dan in 2015, respectievelijk 1939 g m⁻² en 492 g m⁻². Hierbij is gecorrigeerd voor de relatief arme gebieden in de vooroever die wel in 2015 maar niet in 2016 zijn bemonsterd. De hoge biomassa in 2016 wordt voornamelijk veroorzaakt door de hoge dichtheden aan *Ensis*, *Abra alba* (witte dunschaal) en *Limecola balthica* (nonnetje) in de deelgebieden Suppletie en Zuid. Het gemiddeld aantal soorten per trek met bodemschaaf was in 2016 echter lager dan in 2015, respectievelijk 7.4 en 8.4 soorten. De oorzaak hiervan zit is waarschijnlijk de massale aanwezigheid van schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) in de gebieden Suppletie en Zuid waardoor de trek lengte is aangepast. In 2015 was de gemiddelde dichtheid aan schelpkokerwormen in de gebieden Zuid en Suppletie ruim 500 individuen m⁻². In 2016 was de gemiddelde dichtheid aan schelpkokerwormen in deze gebieden ruim 11 keer zo hoog (5900 individuen m⁻²). Omdat de bodemschaaf vol kwam te zitten is de trek lengte ingekort van 150 meter naar 50 meter. Hierdoor is de trefkans van de relatief zeldzame soorten afgenomen. In de box-corer zijn in 2016 gemiddeld 19 soorten aangetroffen per station met een gemiddelde dichtheid van 15604 ind. m⁻². In 2015 zijn er in de gebieden Zuid, Suppletie en Noord gemiddeld 8 soorten aangetroffen per station. Het is dus duidelijk dat de het gebied in 2016 rijker was aan bodemdieren (zowel in biomassa als in aantal soorten) dan in 2015. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een goede broedval van een aantal soorten.

Naast de veranderingen in bodemdiergemeenschap zijn er ook veranderingen in sedimentsamenstelling te zien tussen 2015 en 2016. In de deelgebieden Suppletie en Zuid is het sediment in 2016 iets fijner geworden in vergelijking met 2015. Mogelijk kan de massale aanwezigheid van de schelpkokerwormen (en mogelijk ook *Ensis*) hiermee te maken hebben. De schelpkokerwormen kunnen een remmende werking hebben op waterbeweging nabij de bodem waardoor het fijnere materiaal uit de waterkolom kan bezinken.

4.2 Referentiegebieden

De resultaten van de tweede T₀ bemonstering in 2016 bevestigen de observatie uit 2015 (Wijsman en Craeymeersch, 2016) dat het deelgebied Noord afwijkt van de deelgebieden Suppletie en Zuid. De sedimenten in het deelgebied Noord zijn grover van samenstelling (gemiddelde mediane korrelgrootte 266 µm) dan de sedimenten in deelgebieden Suppletie en Zuid (gemiddelde mediane korrelgrootte respectievelijk 179 en 193 µm). De bodemdiergemeenschap die in 2016 is bemonsterd met de bodemschaaf en de box-corer laat een evident verschil zien tussen het deelgebied Noord ten opzichte van de deelgebieden Suppletie en Zuid. Het is mogelijk dat het verschil in bodemdiersamenstelling een direct gevolg is van het verschil in sedimentsamenstelling. Echter, het zou ook zo kunnen zijn dat de aanwezigheid van schelpkokerwormen in de gebieden Zuid en Suppletie ertoe leiden dat er meer afzetting plaatsvindt van fijn materiaal waardoor het sediment verfijnt. Het deelgebied Noord met de relatief grove sedimenten is duidelijk armer (biomassa, dichtheid en aantal soorten) en heeft ook een duidelijk andere soortensamenstelling dan de deelgebieden Suppletie en Zuid.

Uit de T₀ metingen van 2015 en 2016 blijkt dat het deelgebied Zuid een geschikte referentie is voor het suppletiegebied. Zowel de sedimentsamenstelling als de bodemdiergemeenschap tonen sterke overeenkomsten met het deelgebied Suppletie. In 2016 was deze overeenkomst nog groter dan in 2015. Ook de temporele variatie in deelgebied Zuid komt overeen met het suppletiegebied. Het deelgebied Noord daarentegen blijkt duidelijk af te wijken van het suppletiegebied. Het is goed mogelijk dat als er een goede broedval van schelpkokerwormen plaatsvindt in het deelgebied Noord ook daar het sediment fijner wordt en de rijkdom aan bodemdieren gaat toenemen. Voorgesteld wordt

wel de T₁ bemonstering (3 jaar na de werkzaamheden) ook voort te zetten in deelgebied Noord, omdat deze gegevens meer inzicht zullen geven in het belang van temporele variatie in relatie tot de ruimtelijke variatie. Dit is van belang om eventuele effecten van de suppletie beter te kunnen evalueren.

4.3 *Spisula* banken

Het suppletiegebied ligt in het Natura-2000 gebied Noordzeekustzone. Relevante instandhoudingsdoelen voor dit gebied zijn zee-eenden (zwarte zee-eend, toppereend en eidereend) die foerageren op schelpdieren (voornamelijk *Spisula* en *Ensis*). Ingrepen die effect hebben op schelpdierbanken kunnen doorwerken naar effecten op de foerageermogelijkheden van de zee-eenden en daarmee de instandhoudingsdoelen. Uit de monitoring van 2016 blijkt dat er geen meerjarige *Spisula* banken van betekenis zijn aangetroffen in het gebied waar de suppletie is gepland. Slechts op 2 van de 61 locaties is *Spisula subtruncata* daadwerkelijk aangetroffen. Eén locatie in het deelgebied Noord en één locatie in het deelgebied Suppletie. De dichtheden waren op beide locaties echter zeer laag (<3.5 individuen m⁻²).

5 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 187378-2015-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 september 2018. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V.

Het chemisch laboratorium te IJmuiden beschikt over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2021 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het chemisch laboratorium heeft hierdoor aangetoond in staat te zijn op technisch bekwaame wijze valide resultaten te leveren en te werken volgens de ISO17025 norm. De scope (L097) met de geaccrediteerde analysemethoden is te vinden op de website van de Raad voor Accreditatie (www.rva.nl).

Op grond van deze accreditatie is het kwaliteitskenmerk Q toegekend aan de resultaten van die componenten die op de scope staan vermeld, mits aan alle kwaliteitseisen is voldaan.. Het kwaliteitskenmerk Q staat vermeld in de tabellen met de onderzoeksresultaten. Indien het kwaliteitskenmerk Q niet staat vermeld is de reden hiervan vermeld.

De kwaliteit van de analysemethoden wordt op verschillende manieren gewaarborgd. De juistheid van de analysemethoden wordt regelmatig getoetst door deelname aan ringonderzoeken waaronder die georganiseerd door QUASIMEME. Indien geen ringonderzoek voorhanden is, wordt een tweede lijnscontrole uitgevoerd. Tevens wordt bij iedere meetserie een eerstelijnscontrole uitgevoerd. Naast de lijnscontroles wordende volgende algemene kwaliteitscontroles uitgevoerd:

- Blanco onderzoek.
- Terugvinding (recovery).
- Interne standaard voor borging opwerkmethode.
- Injectie standard.
- Gevoeligheid.

Bovenstaande controles staan beschreven in Wageningen Marine Research werkvoorschrift *ISW 2.10.2.105*.

Indien gewenst kunnen gegevens met betrekking tot de prestatiekenmerken van de analysemethoden bij het chemisch laboratorium worden opgevraagd.

Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

Literatuur

- Baptist, M. (2011) Zachte kustverdediging in Nederland; scenario's voor 2040. Wageningen IMARES, Rapport, 61 pagina's.
- Clarke, K. R., R. N. Gorley, P. J. Somerfield en R. M. Warwick (2014a) Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 3rd Edition. Plymouth, PRIMER-E Ltd.
- Clarke, K. R., J. R. Tweedley en F. J. Valesini (2014b) Simple shade plots aid better long-term choices of data pre-treatment in multivariate assemblage studies. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 94: 1-16.
- Clarke, K. R. en R. N. Gorley (2015) PRIMER v7: User manual/Tutorial. Plymouth, PRIMER-E Ltd.
- Craeymeersch, J. A., D. Baars, E. Brummelhuis, T. P. Bult, J. J. Kesteloo en J. Perdon (2006) Handboek bestandsopnames en routinematige bemonstering van schelpdieren. Centrum Voor Visserijonderzoek (CVO), Rapport, 80 pagina's.
- Dijksma, S. A. M. (2015) Vergunning Nb-wet 1998; zandsuppletie Callantsoog; Noordzeekustzone, Duinen Den Helder-Callantsoog, Zwanenwater & Pettemerduinen. Ministerie EZ, Rapport, 7 pagina's.
- Holzhauser, H., T. Vanagt, K. Lock, M. C. VAn Oeveren, A. De Backer, K. Hostens, J. A. Van Daltsen en J. Reinders (2014) Ecologische effecten suppletie Ameland 2009-2012 Interim rapportage ihkv KPP B&O Kust Ecologie. Deltares, Rapport, 211 pagina's.
- Perdon, J., K. Troost, M. Van Asch en J. Jol (2016) WOT schelpdiermonitoring in de Nederlandse kustzone in 2016. Wageningen Marine Research, Rapport, 34 pagina's.
- Rijkswaterstaat (2014) Locatie specifieke passende beoordeling zandwinning, zandtransport & zandsuppletie Callantsoog. Deel II, Rapport, 36 pagina's.
- Taal, M. D., M. A. M. Löffler, C. T. M. Vertegaal, J. W. M. Wijsman, B. Van Der Valk en P. K. Tonnon (2016) Ontwikkeling van de Zandmotor. Samenvattende rapportage over de eerste vier jaar van het Monitoring Evaluatie Programma (MEP). Deltares, Rapport, 61 pagina's.
- Tonnon, P. K., L. Van der Valk, H. Holzhauser, M. J. Baptist, J. W. M. Wijsman, C. T. M. Vertegaal en S. M. Arens (2011) Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie pilot Zandmotor. Deltares/Wageningen IMARES, Rapport nummer: C172/10, 154 pagina's.
- 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.
- Van Daltsen, J. A. en K. Essink (1997) Risk analysis of coastal nourishment techniques in The Netherlands. RIKZ, Rapport nummer: RIKZ-97.022, 98 pagina's.
- Van der Spek, A. J. F., A. C. De Kruijf en R. Spanhoff (2007) Richtlijnen onderwatersuppleties. RIKZ, Rapport nummer: 2007.012, 52 pagina's.
- Wijsman, J. W. M., R. Van Hal en R. H. Jongbloed (2015) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor - Fase 2 Evaluatie benthos, vis, vogels en zeezoogdieren 2010 - 2014, Rapport nummer: C125/15, 109 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. (2016) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 Datarapport benthos bemonstering vooroever en strand najaar 2015. IMARES, Rapport nummer: C006/16, 67 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. en J. Craeymeersch (2016) Effect van diepe vooroever suppletie bij Callantsoog op de benthosgemeenschap. Resultaat T0 bemonstering najaar 2015. IMARES, Rapport nummer: C058/16, 43 pagina's.

Verantwoording

Rapport C071/17

Projectnummer: 4313100012

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: M.J.C. Rozemeijer
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 15 september 2017

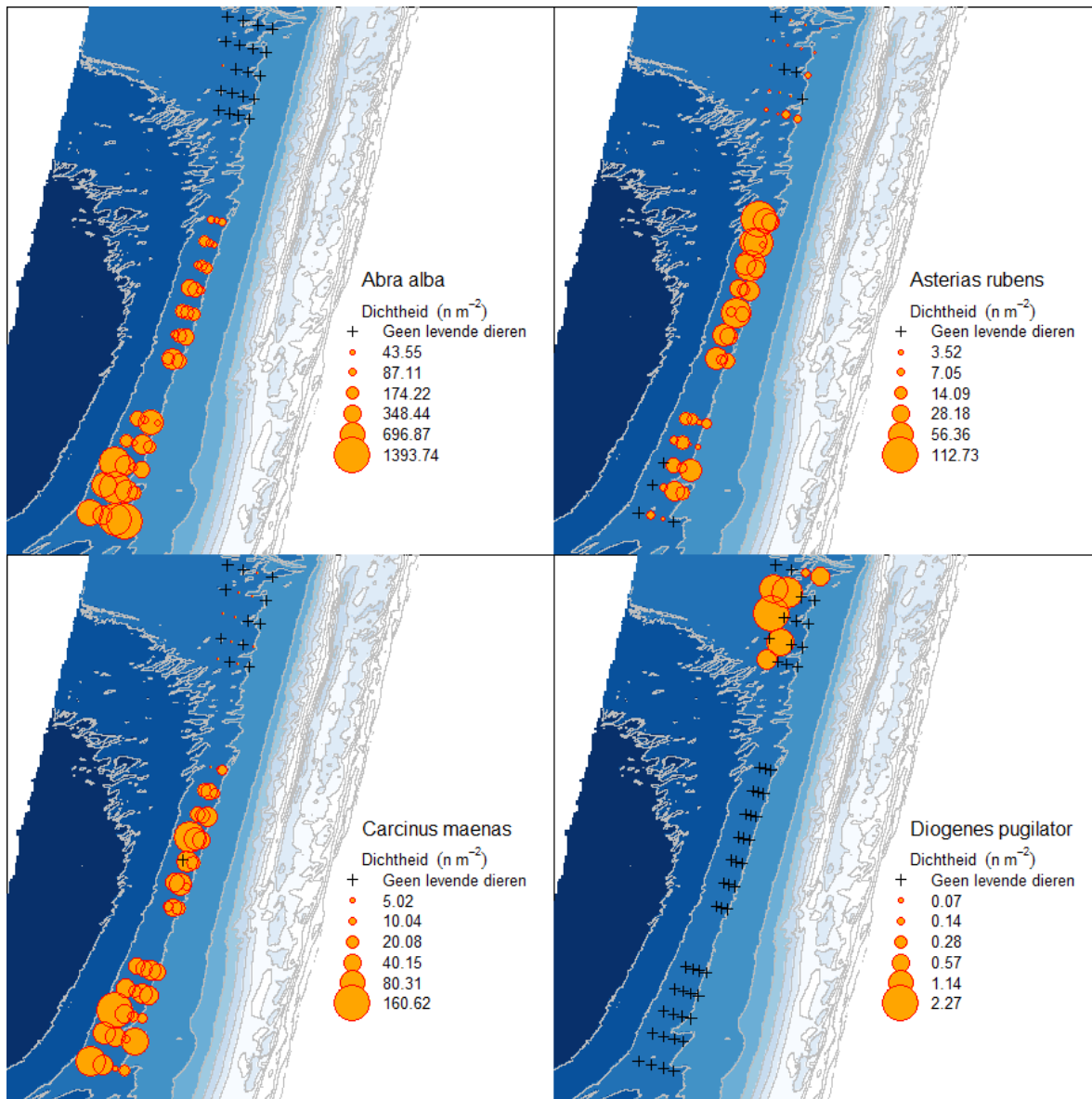
Akkoord: J. Asjes
MT-lid integratie

Handtekening:

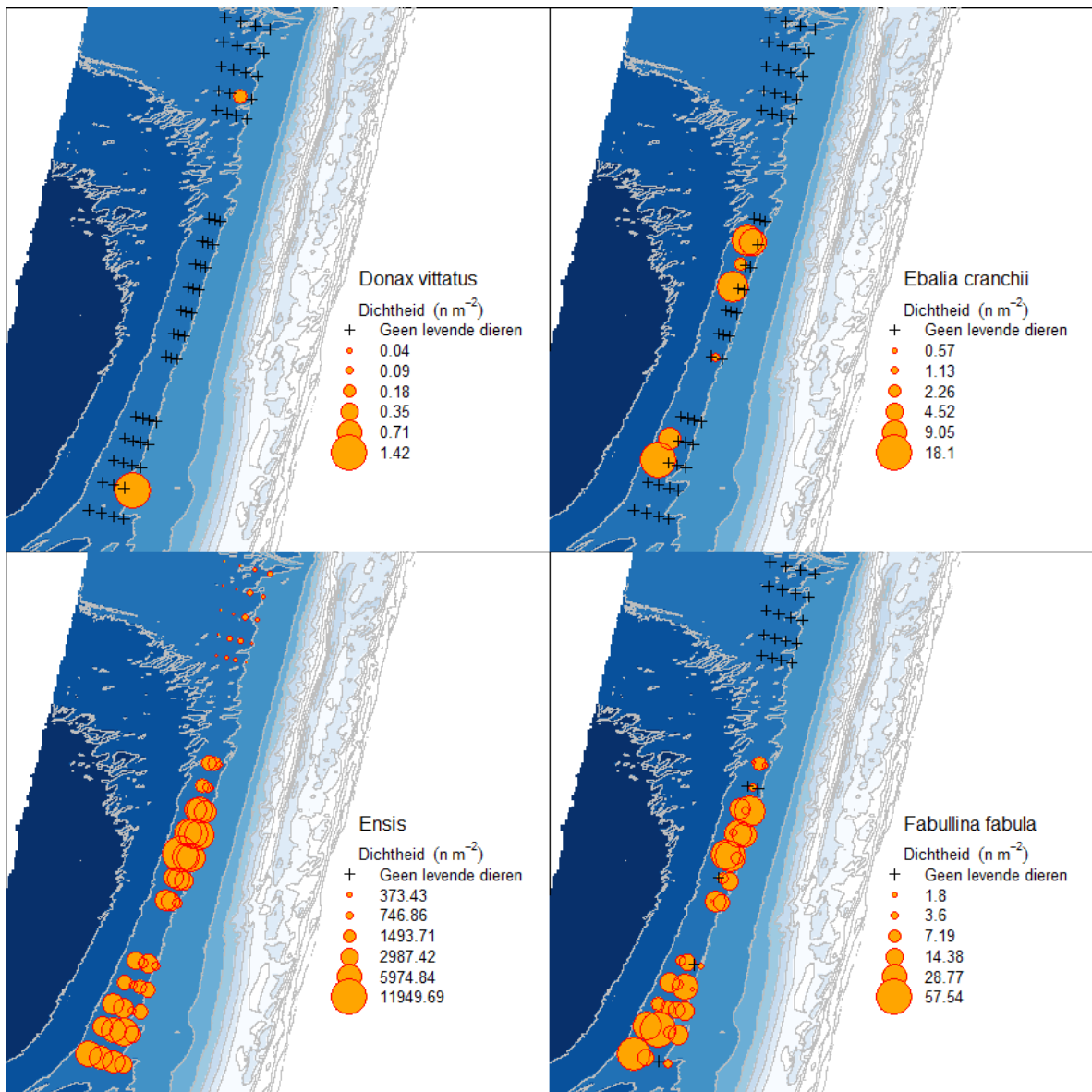


Datum: 15 september 2017

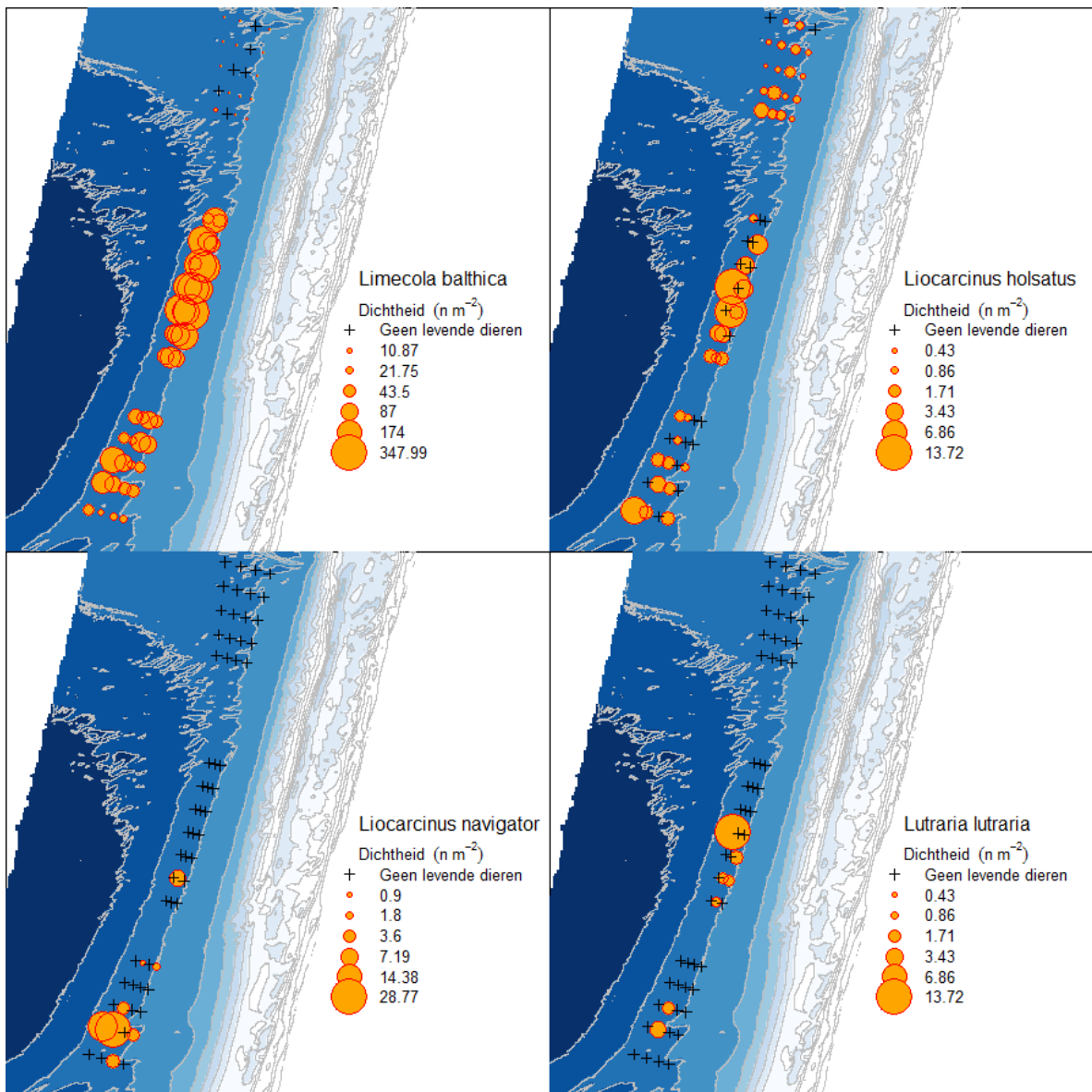
Bijlage 1 Verspreidingskaarten bodemdieren in de schaaf



Figuur 28: Verspreiding van *Abra alba*, *Asterias rubens*, *Carcinus maenas* en *Diogenes pugilator* in 2016.

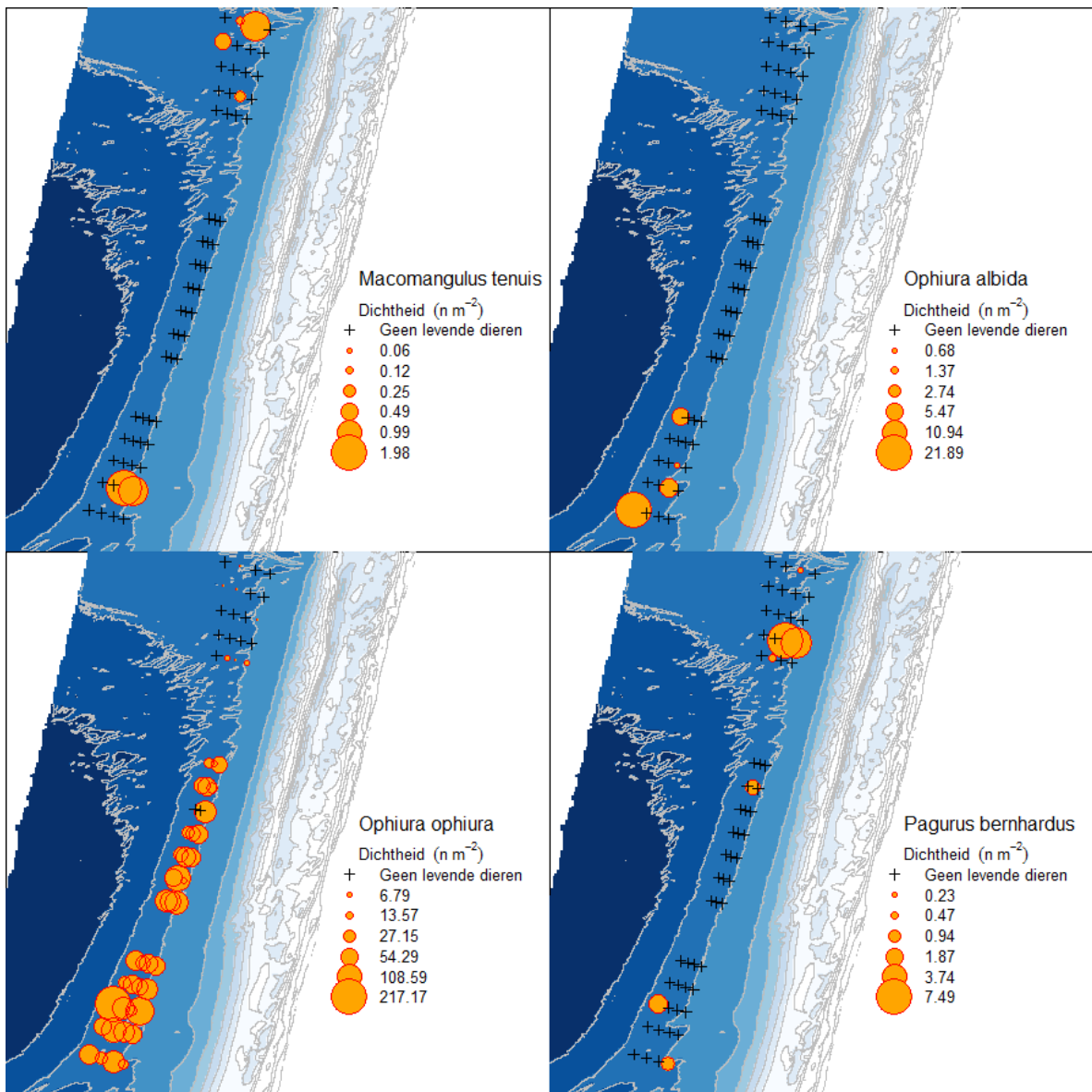


Figuur 29: Verspreiding van *Donax vittatus*, *Ebalia cranchii*, *Ensis* en *Fabullina fabula* in 2016.

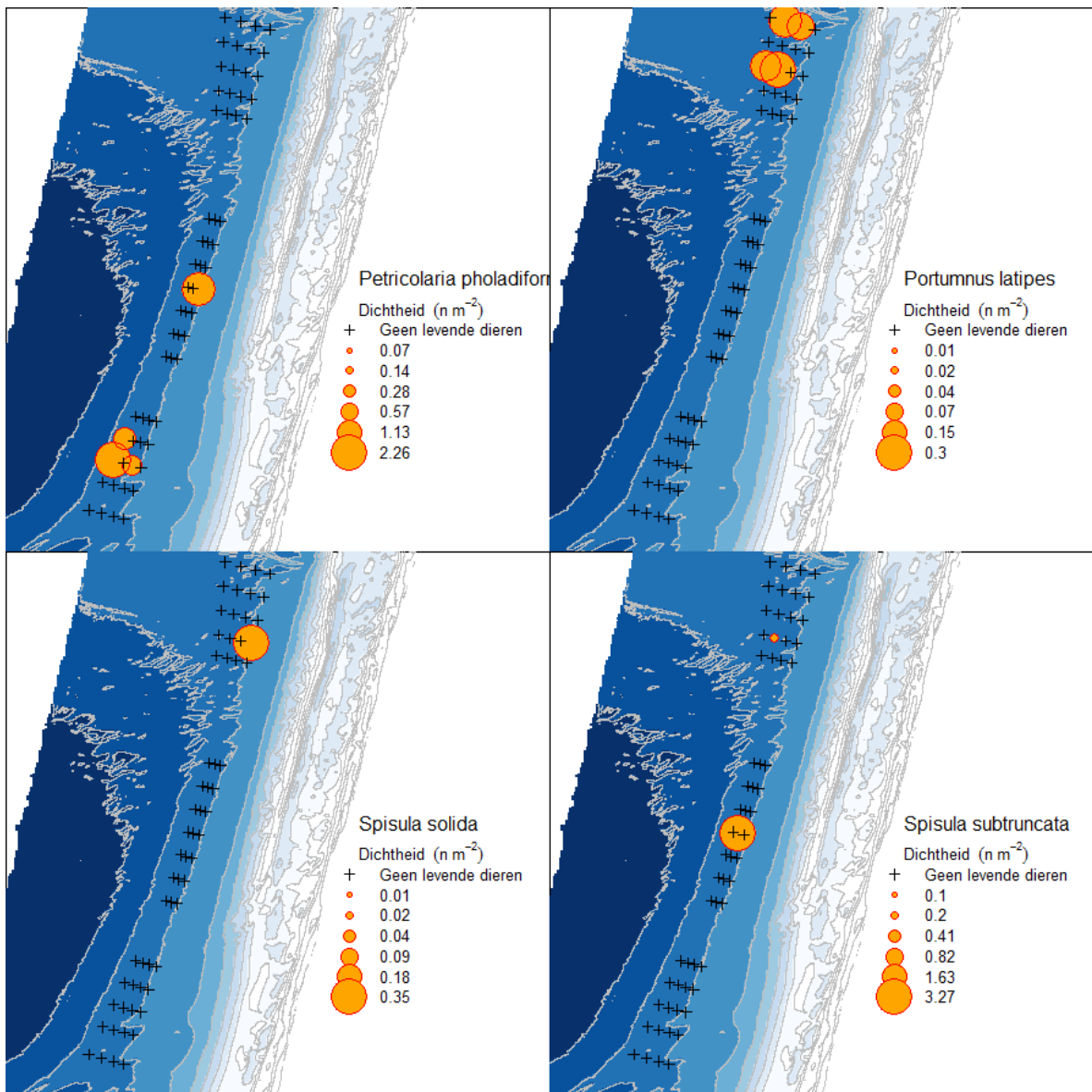


Figuur 30: Verspreiding van *Limecola balthica*, *Liocarcinus holsatus*¹, *Liocarcinus navigator* en *Lutraria lutraria* in 2016.

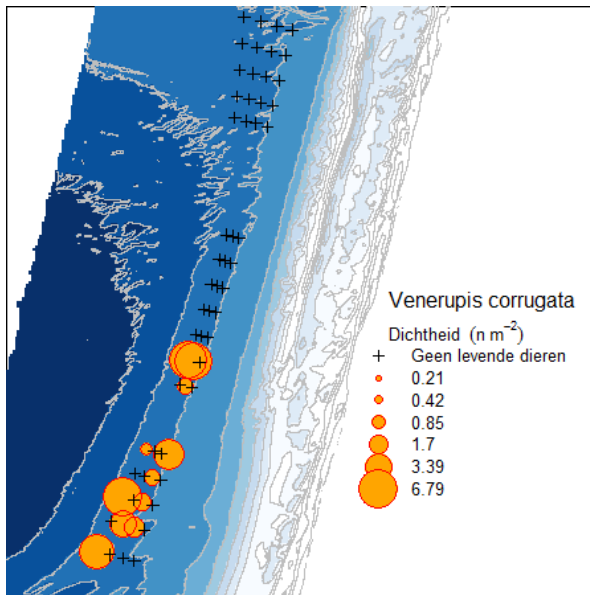
¹ In het veld wordt op dit moment nog geen onderscheid gemaakt tussen de grijze zwemkrab (*Liocarcinus vernalis*) en de gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*). In het najaar van 2017 wordt er gekeken of het mogelijk is om deze soorten in het veld uit elkaar te houden. In dit rapport zijn beide soorten aangeduid als *Liocarcinus holsatus*.



Figuur 31: Verspreiding van *Macomangulus tenuis*, *Ophiura albida*, *Ophiura ophiura* en *Pagurus bernhardus* in 2016.

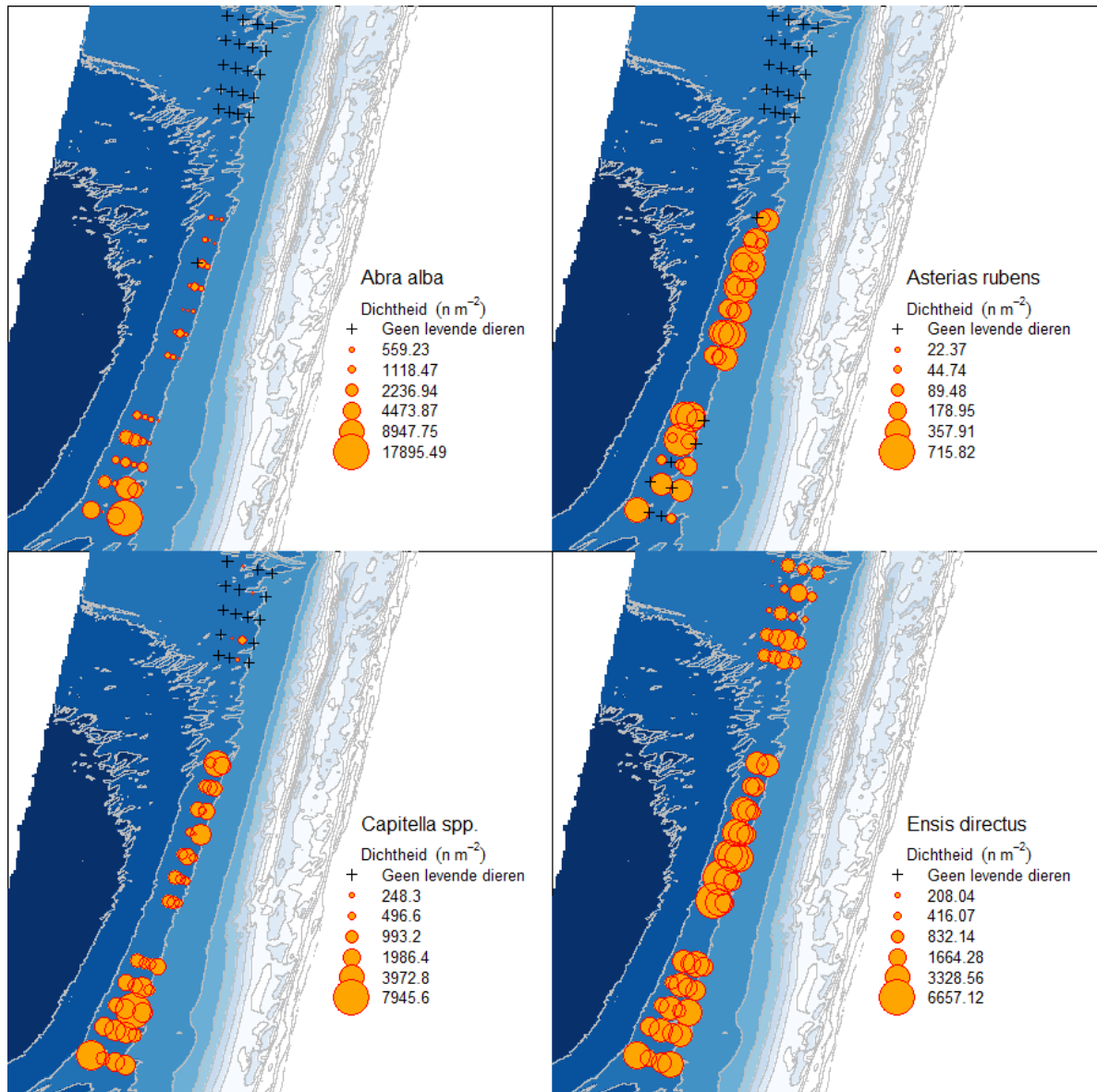


Figuur 32: Verspreiding van *Petricolaria pholadiformis*, *Portumnus latipes*, *Spisula solida* en *Spisula subtruncata* in 2016.

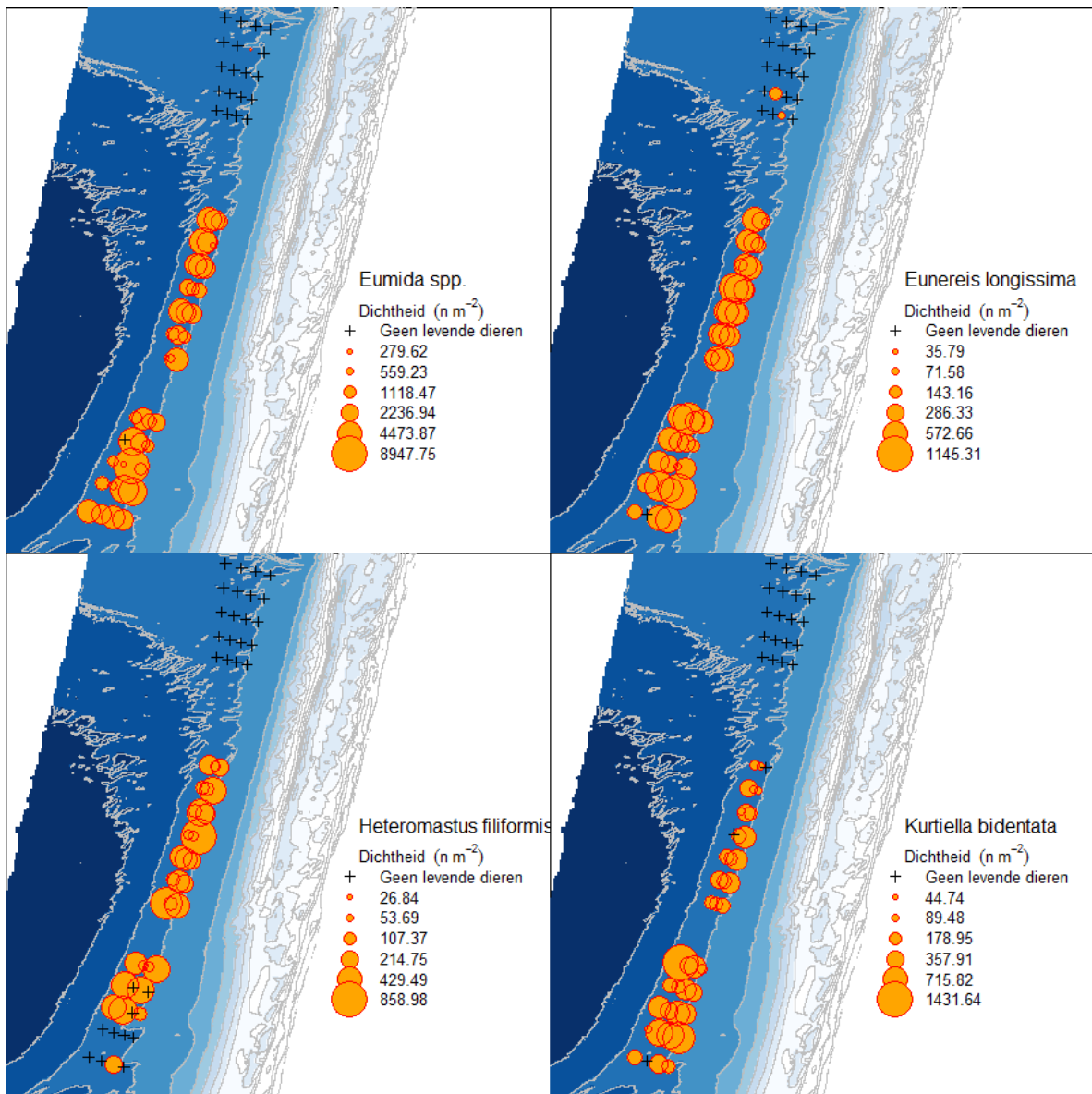


Figuur 33: Verspreiding van *Venerupis corrugata* in 2016.

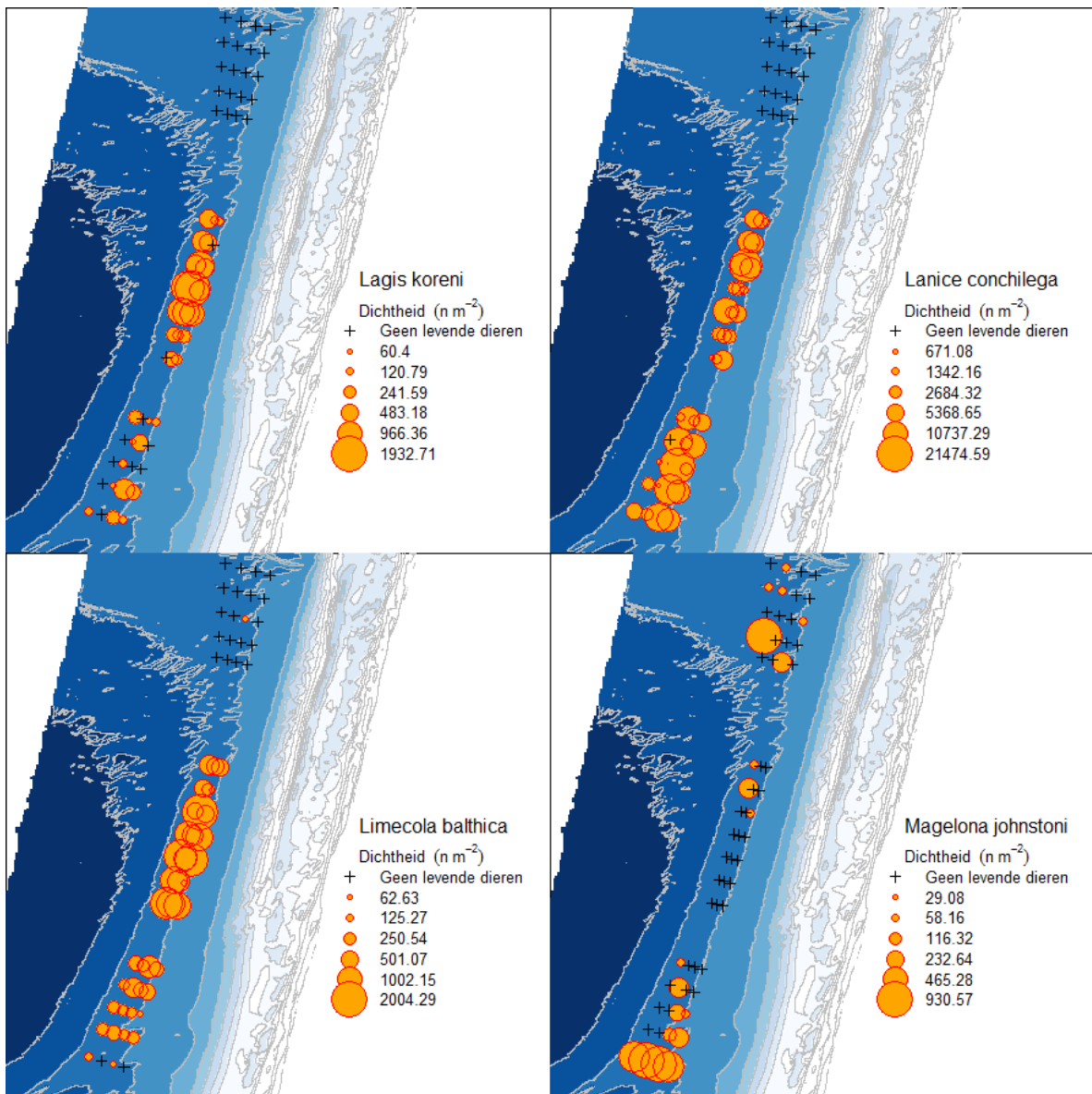
Bijlage 2 Verspreidingskaarten van een aantal bodemdieren (data box-corer)



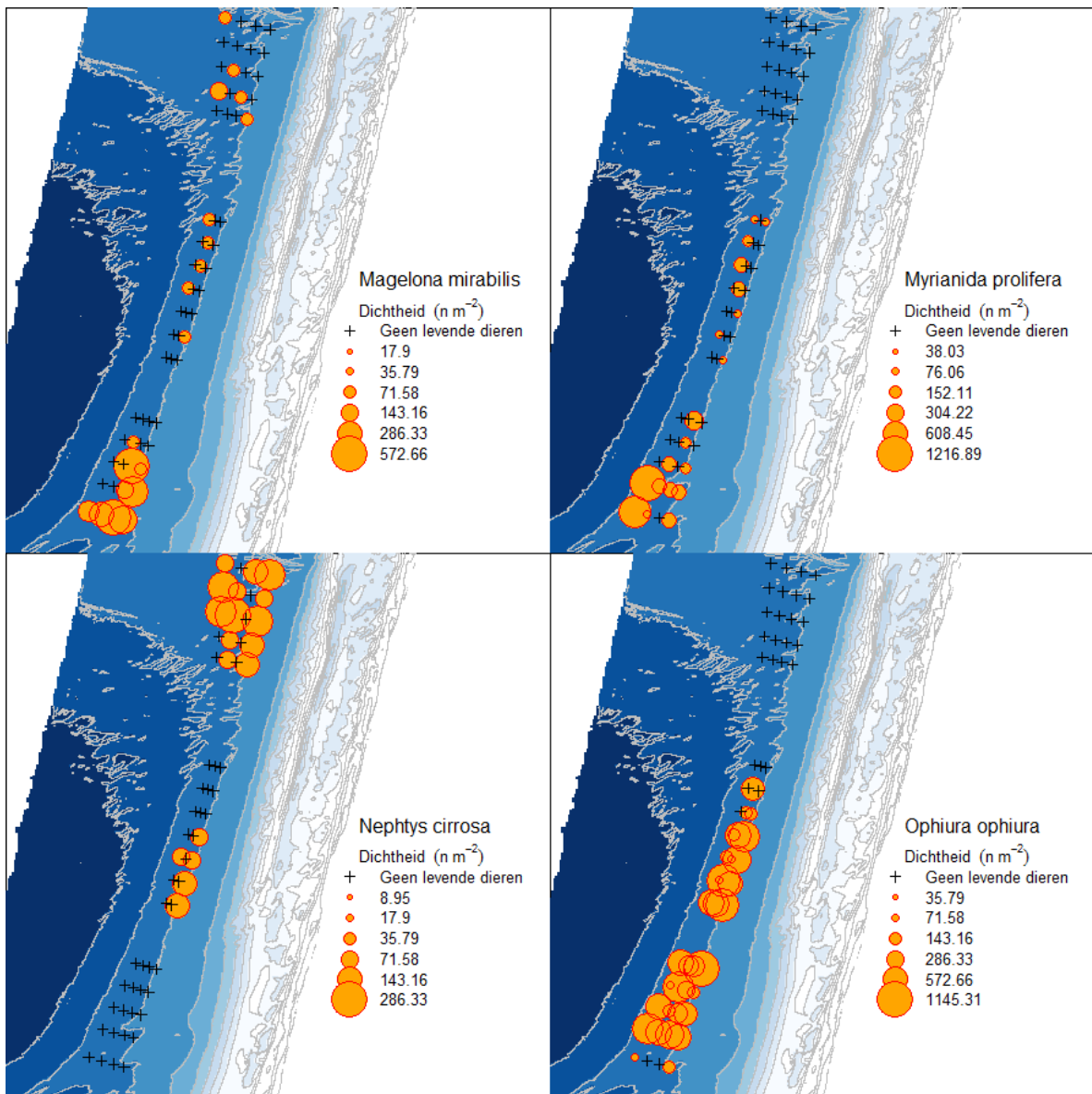
Figuur 34. Verspreiding van *Abra alba*, *Asterias rubens*, *Capitella spp.* en *Ensis directus* over het gebied



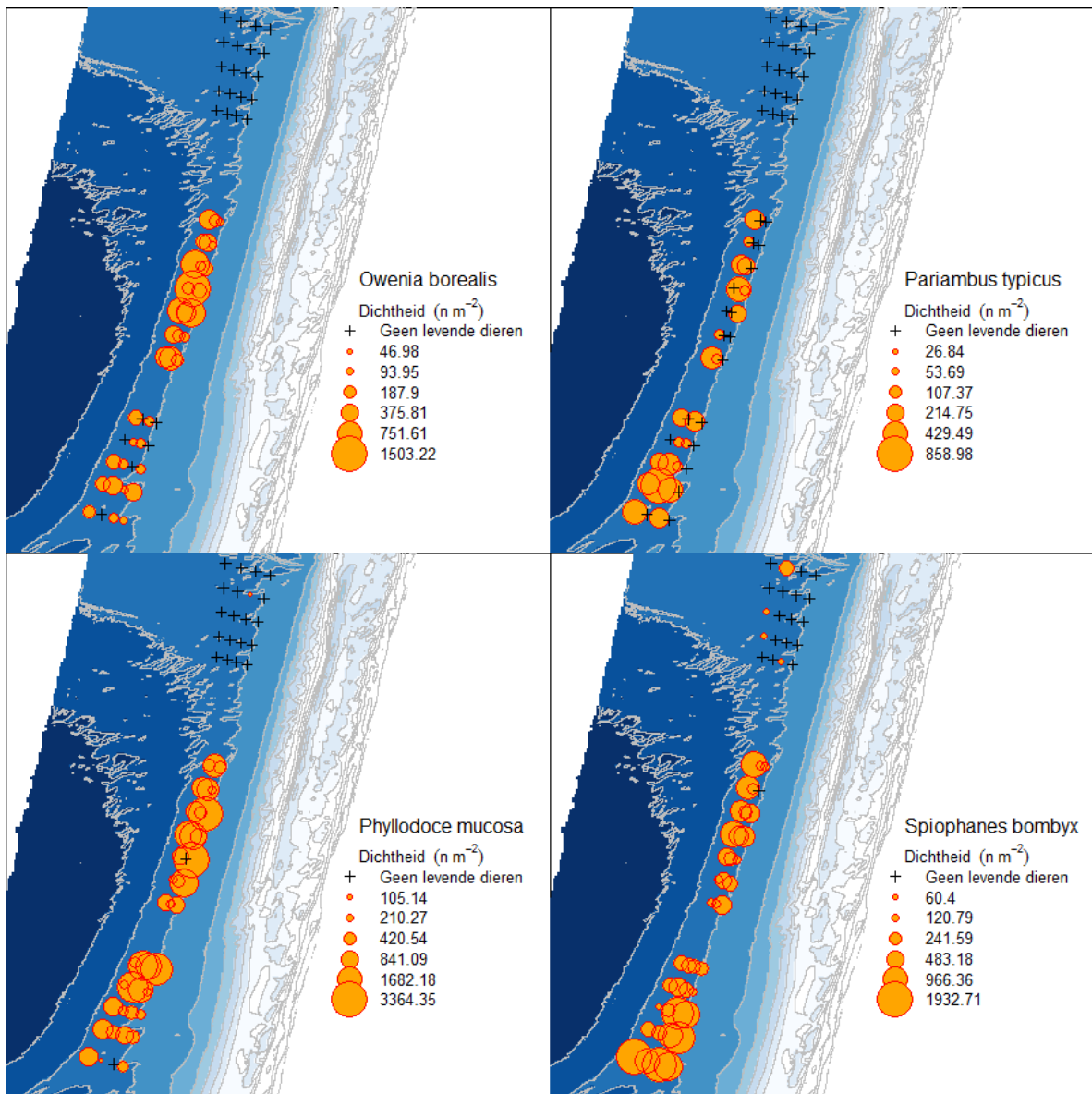
Figuur 35. Verspreiding van *Eumida* spp., *Eunereis longissima*, *Heteromastus filiformis* en *Kurtiella bidentata* over het gebied



Figuur 36. Verspreiding van *Lagis koreni*, *Lanice conchilega*, *Limecola balthica* en *Magelona johnstoni* over het gebied



Figuur 37. Verspreiding van *Magelona mirabilis*, *Myrianda prolifera*, *Nephtys cirrosa* en *Ophiura ophiura* over het gebied



Figuur 38. Verspreiding van *Owenia borealis*, *Pariambus typicus*, *Phyllodoce mucosa* en *Spiophanes bombyx* over het gebied

