



Effect van diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog op de benthosgemeenschap

Resultaat T₀-bemonstering najaar 2015

J.W.M. Wijsman & J.A. Craeymeersch

Rapportnr. C058/16

Effect van diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog op de benthosgemeenschap

Resultaat T₀-bemonstering najaar 2015

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

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

Publicatiedatum: Juni 2016

IMARES Wageningen UR
Yerseke, juni 2016

IMARES rapport C058/16

Wijsman, J.W.M. & J.A. Craeymeersch, 2016. *Effect van diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog op de benthosgemeenschap; Resultaat T0-bemonstering najaar 2015*. Wageningen, IMARES Wageningen UR (University & Research centre), IMARES rapport C058/16. 43 blz.

© 2015 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
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 IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES 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.

A_4_3_1 V22

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Probleemstelling	5
1.3 Doelstelling	6
1.4 Dankwoord	6
2 Materiaal en methoden	7
2.1 Suppleties Callantsoog	7
2.2 Bemonsteringsopzet en locaties	8
2.2.1 Opzet	8
2.2.2 Aantal locaties	9
2.2.3 Ligging van de locaties	9
2.3 Bemonstering bodemschaaf	10
2.3.1 Monstername	10
2.3.2 Verwerking	12
2.4 Bemonstering boxcorer	12
2.5 Sedimentanalyses	14
3 Resultaten	15
3.1 Sediment	15
3.2 Schaaf	17
3.2.1 Voorkomen van soorten	17
3.2.2 Dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie	17
3.2.3 Gemeenschapsanalyse	19
3.2.4 Spisulabanken	22
3.3 Boxcorer	25
3.3.1 Voorkomen van soorten	25
3.3.2 Dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie	25
3.3.3 Gemeenschapsanalyse	28
4 Discussie en conclusies	30
5 Kwaliteitsborging	31
Literatuur	32
Verantwoording	34
Bijlage 1 Verspreidingskaarten bodemdieren in de schaaaf	35
Bijlage 2 Verspreidingskaarten van een aantal bodemdieren (data box-corer)	41

Samenvatting

Bij Callantsoog is er 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 het gedrag en de werking van de suppletie te volgen en ook de effecten op het bodemleven in kaart te brengen.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de eerste T₀ meting van het benthos die is uitgevoerd met de schaaft en de boxcorer in september 2015.

In totaal zijn er 129 stations bemonsterd, verdeeld over 6 deelgebieden, waarvan drie gebieden op een diepte van -10 tot -10.5 NAP (Suppletie, Zuid en Noord) en drie in de ondiepere (-6 tot -9 meter NAP) vooroever (Suppletie vooroever, Zuid vooroever en Noord vooroever). De diepe vooroeversuppletie zal worden uitgevoerd in het gebied Suppletie en ligt buiten de actieve brekerbankzone. De gebieden Noord en Zuid worden gezien als referentiegebieden voor het suppletiegebied. De gebieden Suppletie vooroever, Zuid vooroever en Noord vooroever liggen ondieper, in de meer actievare brekerbankzone. Het is mogelijk dat deze ondiepere zone wordt beïnvloed door de diepe vooroeversuppletie in het gebied Suppletie. In 2013 is er in de gebieden Suppletie vooroever en Noord vooroever een vooroeversuppletie uitgevoerd.

Uit de analyses blijkt dat de bodemdiersamenstelling in de gebieden Suppletie en Zuid goed overeenkomen wat betreft bodemdiergemeenschap. De bodemdiergemeenschap in gebied Noord wijkt echter af van de gebieden Suppletie en Zuid. De totale biomassa is lager, alsmede het aantal soorten dat er is aangetroffen. Het is niet duidelijk waardoor deze verschillen zijn veroorzaakt en of deze verschillen zich over meerdere jaren voordoen. In september 2016 is er dan ook een tweede T₀ bemonstering van de bodemdiergemeenschap voorzien. De combinatie van de resultaten van beide T₀ bemonsteringen zullen een beeld geven van het aandeel van de jaarlijkse variatie in relatie tot de ruimtelijke variatie.

De gebieden in de ondiepere vooroever zijn armer en ook de samenstelling is anders dan in de diepere vooroever. In 2013 is er bij Callantsoog ook een vooroeversuppletie uitgevoerd in de gebieden Suppletie vooroever en Noord vooroever. Het sediment op de plek van die suppletie is gemiddeld grover en heeft een grotere variatie dan buiten deze suppletie. Er is voor gekozen om de bemonstering van de ondiepe vooroever niet verder voort te zetten. Hierdoor kunnen eventuele uitstralingseffecten van de diepe suppletie naar de ondiepere vooroever niet worden onderzocht.

Vanuit de NB-wet vergunning is het van belang om de suppletielocatie voorafgaand aan de werkzaamheden te onderzoeken op het voorkomen van meerjarige spiculabanken. De dichtheden van meerjarige *Spisula subtruncata* varieert in het bemonsteringsgebied tussen de 0 en 0.62 individuen per m². De meerjarige spicula's bevinden zich voornamelijk ten oosten van de voorziene suppletie locatie op een diepte van ongeveer 9 meter ten opzichte van NAP. Ook in de twee zuidelijk gelegen gebieden zijn op veel van de stations spicula's aangetroffen, maar in alle gevallen in dichtheden lager dan 0.25 individuen per m². Binnen het suppletiegebied zijn relatief veel nuljarige spicula's aangetroffen in dichtheden lager dan 7.5 individuen per m². Op basis van deze resultaten kan worden geconcludeerd dat er geen sprake is van een meerjarige spiculabank in het voorziene suppletiegebied bij Callantsoog. De T₀-meting van 2016 zal uitwijzen hoe de nuljarige spicula's op de suppletielocatie zich zullen ontwikkelen.

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, flora en fauna. Om de zandvoorraad in het 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 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. Directe effecten zijn het bedekken van de bodemdieren en vertroebeling van het water. Deze effecten zijn echter van korte duur en het bodemleven zal zich doorgaans snel herstellen (Van Dalen 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, de Zandmotor. De morfologische en ecologische ontwikkelingen van deze suppletie worden nauwkeurig gevolgd (Tonnon e.a., 2011; Wijsman e.a., 2015).

1.2 Probleemstelling

Voor de periode 2016 is er een pilot gepland 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 diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog is een Natuurbeschermingswet (NB-wet) vergunning aangevraagd en verkregen (Dijkma, 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 populatie van soorten).

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

1.3 Doelstelling

Het doel van dit project is 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. Dit kan worden opgesplitst in drie sub-doelen:

1. Onderzoek naar aan- of afwezigheid van "Spisulabanken" voorafgaand aan de suppletie
2. Vaststellen mate van rekolonisatie, herstel van habitatype 1110b
3. Effecten op bodemfauna in de ondiepe vooroever aan de "luwe" zijde van de suppletie

Het huidige rapport beschrijft de resultaten van de T₀ monitoring die is uitgevoerd in september 2015, voorafgaand aan de suppletie. Deze resultaten worden gebruikt om de aanwezigheid van spisulabanken 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) en het effect op de ondiepe vooroever (subdoel 3).

1.4 Dankwoord

De bemonstering is uitgevoerd met twee schepen van de Rijksrederij (MS Zirfaea en MS Nieuwe Diep). Wij willen de bemanning van deze schepen danken voor hun flexibele inzet. Suzan van Lieshout (RWS Zee & Delta) en Petra Damsma (RWS WV) hebben het project inhoudelijk begeleidt.

2 Materiaal en methoden

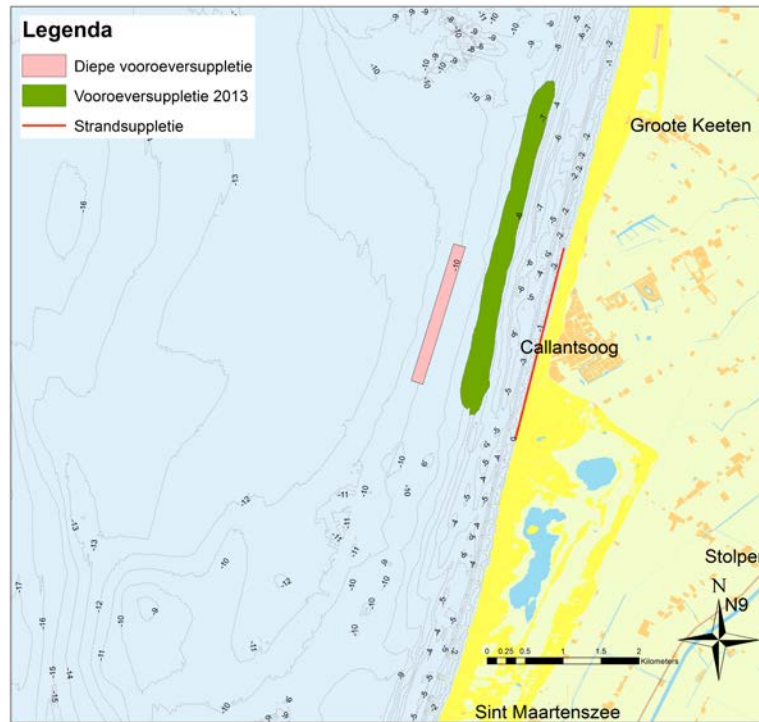
2.1 Suppleties Callantsoog

Bij Callantsoog tredt al jaren structurele erosie op. Tussen rijksstrandpalen 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 enige tijd 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

Voor 2016 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 bijdrage aan extra veiligheid en voeding voor het areaal van deze relatief smalle kust. Deze suppletie wordt dieper aangelegd dan gebruikelijk, zodat Rijkswaterstaat kan leren hoe effectief een diepe suppletie is ten opzichte van de gebruikelijke suppleties 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 - wordt er in 2016 een ondersteunende strandsuppletie gepland van 0.5 miljoen m³ tussen raaien 11.82 en 14.42.



Figuur 1: Overzicht suppletielocaties Callantsoog. Weergegeven zijn de voorziene locatie waar de diepe vooroeversuppletie is gepland voor 2016 (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 zal worden uitgevoerd.

2.2 Bemonsteringsopzet en locaties

2.2.1 Opzet

Voor dit onderzoek is gekozen voor een BACI (Before, After, Control, Impact) aanpak. 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) dan 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. Deze bodemdiergemeenschap is echter niet statisch, maar onderhevig aan ruimtelijke en temporele variatie. Deels is deze variatie verklaarbaar op basis van (veranderingen) in omgevingscondities, maar deels is deze het gevolg van stochastische processen zoals broedval, stormen, etc. Doorgaans wordt de T_0 meting om praktische en budgettaire overwegingen gebaseerd op 1 jaar, maar het bij sterke jaarlijkse variaties worden er ook wel eens T_0 metingen uitgevoerd over meerdere jaren (Wijsman e.a., 2014).

Naast het gebied dat wordt gesuppleerd (gebied Suppletie) zou ook het gebied in de luwte van de suppletie kunnen worden gezien als een Impact gebied. Indien de diepe vooroeversuppletie gaat leiden tot andere omgevingscondities in het gebied Suppletie vooroever (Figuur 2), dan zou de impact

ook middels een BACI aanpak kunnen worden geanalyseerd, waarbij de gebieden Noord vooroever en Zuid vooroever als referentie kunnen worden gezien voor het gebied Suppletie vooroever.

2.2.2 Aantal locaties

Het is van belang om voorafgaan aan een bemonstering te bepalen hoeveel locaties er dienen te worden bemonsterd om de vragen adequaat te kunnen beantwoorden. Belangrijke vragen die dienen te worden gesteld voor bepaling van het aantal benodigde monsterlocaties zijn:

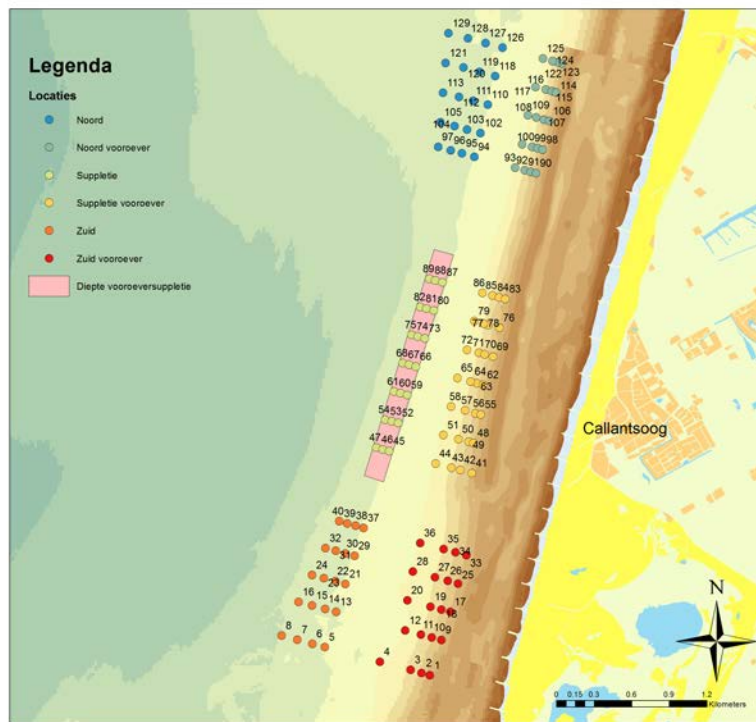
1. Welke effectgrootte moeten we kunnen vaststellen/uitsluiten?
2. Met welke mate van zekerheid moet dat gebeuren?

Deze vragen tezamen bepalen wat we acceptabel achten als kans dat we een effect over het hoofd zien dat er wel is (een zogenaamde 'false negative' of type II fout, in statistisch jargon), of dat we een effect meten, terwijl dat er niet is ('false positive', of type I fout). Deze kansen bepalen de waarden van het significantie-niveau en het onderscheidend vermogen ('statistical power'). Gebruikelijke waarden hiervoor zijn een significantieniveau van 0.05 en een power van 0.8. Als deze waarden zijn gekozen is het aantal benodigde monsters te berekenen uit de variatie in de te meten variabelen en de effectgrootte die moet kunnen worden vastgesteld. De variatie van de te meten variabele is vooraf meestal niet bekend en dient te worden geschat aan de hand van eerder onderzoek.

In het kader van het VIBEG-onderzoek is voor een gebied voor de Noord Hollandse kust, zeewaarts van het onderzoeksgebied in het kader van dit onderzoek, nagegaan hoeveel monsterlocaties nodig zijn voor verschillende effectgroottes (Van Kooten e.a., 2014), bij een min of meer zelfde bemonsteringsopzet (BACI-opzet met 3 gebieden). Met 20 monsterlocaties kan een effectgrootte van 25% gemeten worden. Omdat deze berekeningen gebaseerd zijn op recente data uit het onderzoeksgebied zijn we voor deze studie uitgegaan van hetzelfde aantal benodigde monsterlocaties.

2.2.3 Ligging van de locaties

Voor de T0 meting zijn er 129 locaties bemonsterd in op het rond het suppletiegebied. De locaties zijn verdeeld over 17 raaien en vallen binnen 6 verschillende gebieden (Figuur 2). Op de (geplande) suppletie zijn 21 meetlocaties gepland. Het gebied is qua diepte redelijk homogeen (tussen de -10 en -10.5 m NAP). In de referentiegebieden Noord en Zuid zijn elk 20 locaties gepland. Ook deze locaties liggen op een vergelijkbare diepte. In de vooroever is er een veel sterkere gradiënt met de diepte. Bij de bepaling van de ligging van de stations is daarom rekening gehouden met het diepteprofiel. Hiervoor is er op 20 augustus 2015, voorafgaand aan de bemonstering, een multibeam meting uitgevoerd over de 17 raaien. De resultaten van deze multibeam meting zijn gebruikt om de bemonsteringslocaties in de ondiepe vooroever te positioneren op 6, 7, 8 en 9 meter dieptelijn.



Figuur 2: Overzicht monsterlocaties bij Callantsoog. De 129 stations liggen in 6 verschillende gebieden (aangegeven d.m.v. de kleur van de stip). Het roze vlak geeft de voorziene locatie van de diepe vooroeversuppletie.

Het gebied Suppletie vooroever komt na de aanleg van de suppletie mogelijk te liggen in een luwere zone. Van de gebieden Noord vooroever en Zuid vooroever kan worden verwacht dat deze minder zullen worden beïnvloed door de suppletie en kunnen worden gezien als referentiegebieden voor het gebied Suppletie vooroever.

2.3 Bemonstering bodemschaaf

2.3.1 Monsternamen

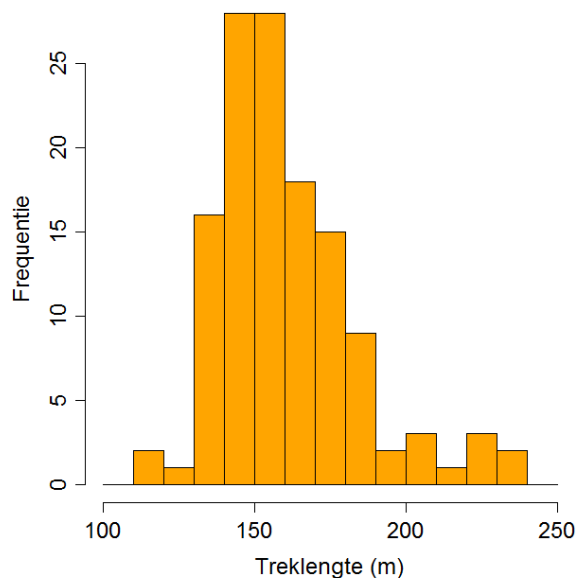
De bodemschaaf wordt gebruikt voor een kwantitatieve bemonstering van de grotere en relatief zeldzame epifauna en infauna soorten. De bodemschaaf is een kooi (maaswijdte 0.5 cm) die aan de onderzijde is voorzien van een mes van 10 cm breed (Figuur 3). Het mes is ontworpen om een strip sediment over een 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 epibenthische dieren gevangen. Bepaalde vissen worden ook gevangen in de schaar (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 (diameter 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 ronddraaid 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 schaaf aan boord van de MS Zirfaea. Te zien is de kooi met een maaswijdte van 5 mm die tijdens het vissen fungeert als zeef. Het telwiel aan de zijkant meet de treklengte (foto Jack Perdon).

De beoogde treklengte bedroeg 150 meter, resulterend in een bemonsterd oppervlakte van 15 m². De gemiddelde treklengte was 161 meter (standaard deviatie 23 meter, Figuur 4). 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 4: Frequentieverdeling van de treklengtes met de schaaf.

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 of emmers van 10 liter. In totaal zijn er 128 stations bemonsterd. Station 78 in het Suppletie vooroevergebied is niet bemonsterd.

2.3.2 Verwerking

Het totale volume van de vangst (liter) is genoteerd. Het maximale volume was 49 liter op locaties 23 en 32. 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 zeeappel, *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.

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 boxcore bemonstering is uitgevoerd met een Reineck boxcorer met een cilinderdiameter van 31.52 cm (Figuur 5). Incomplete of verdachte monsternames zijn opnieuw gemaakt tot een ongestoorde cilinder met voldoende sediment was verkregen. Na monstername zijn er drie steekbuizen met een diameter 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.

De inhoud van de steekbuizen is gezeefd over een spoelzeef met een maaswijdte van 1 mm en dezelfde dag gefixeerd op 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 5: Reineck box-corer (foto Jack Perdon).



Figuur 6: Inhoud van drie steekbuizen uit de box-corer op de zeef tafel (foto Jack Perdon).

2.5 Sedimentanalyses

Tijdens de T₀ zijn in totaal 129 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).

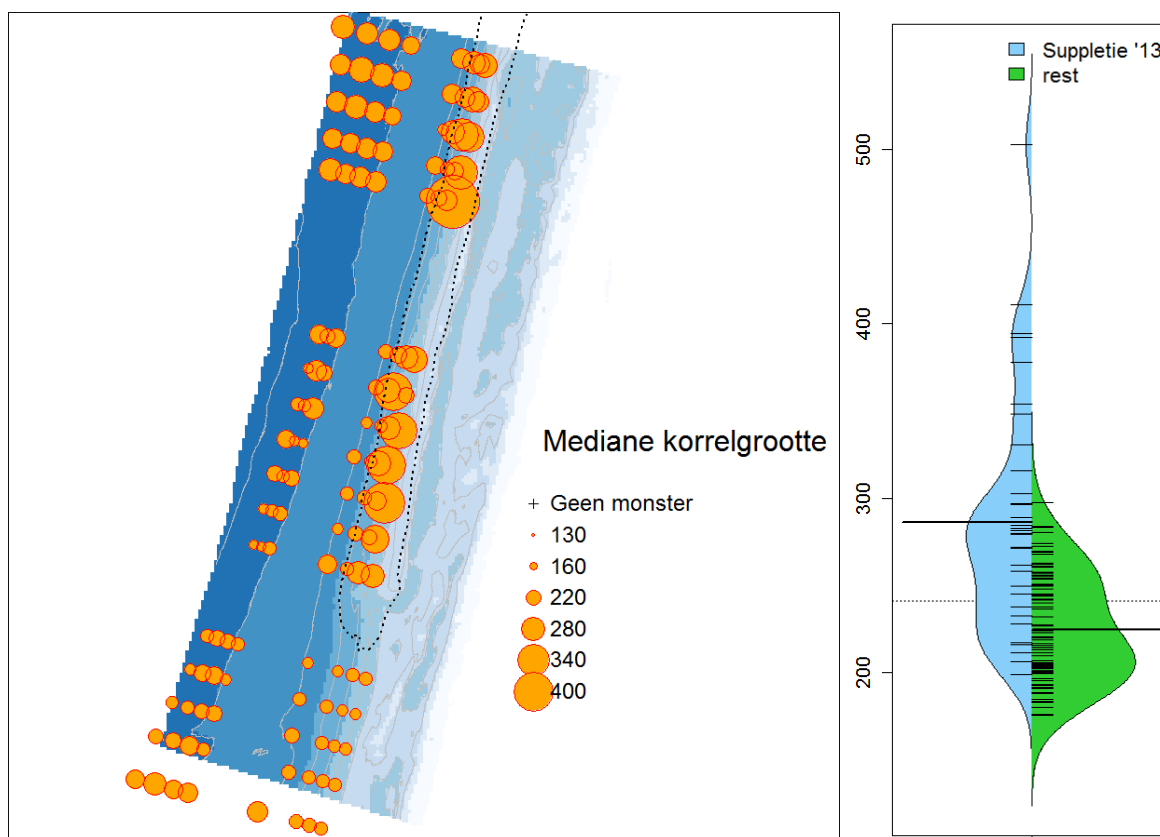
Tabel 2: Klassegrenzen korrelgrootteverdeling

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

3 Resultaten

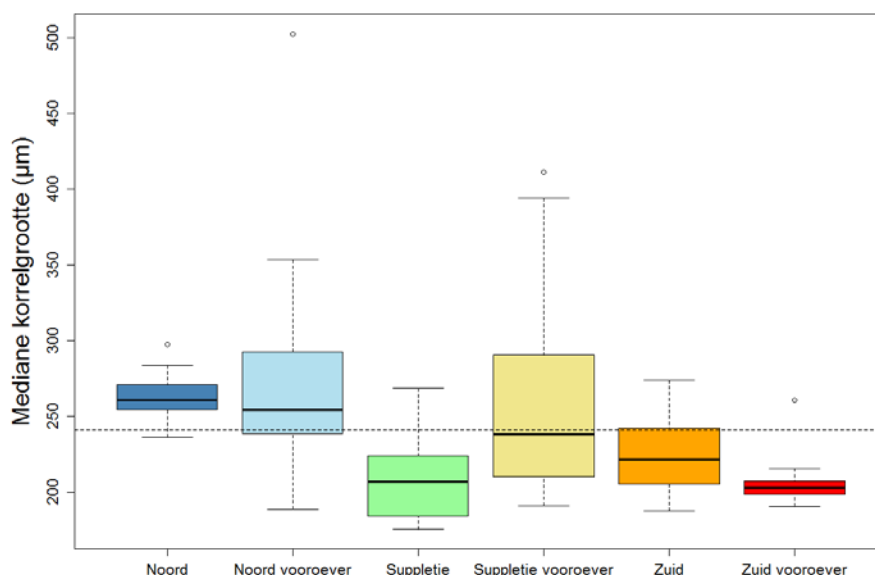
3.1 Sediment

De gemiddelde mediane korrelgrootte is $240 \mu\text{m}$ (stdev = $51 \mu\text{m}$). Uitschieters naar boven zijn gevonden op locaties 90 ($503 \mu\text{m}$), 55 ($411 \mu\text{m}$), 62 ($394 \mu\text{m}$), 77 ($392 \mu\text{m}$) en 69 ($378 \mu\text{m}$). Deze hoge uitschieters liggen allemaal in de het gebied waar de vooroever-suppletie van 2013 is uitgevoerd in de gebieden Suppletie vooroever en Noord vooroever. De fijnste sedimenten zijn aangetroffen op locaties 66 en 47 (beiden $176 \mu\text{m}$). In Figuur 7 is te zien dat er een duidelijke ruimtelijke variatie is over het onderzoeksgebied. Er is duidelijk meer variatie in mediane korrelgroottes in de gebieden Suppletie vooroever en Noord vooroever, waar zowel zeer grove als relatief fijne sedimenten zijn aangetroffen. In deze gebieden is in 2013 een vooroever-suppletie uitgevoerd (zie stippellijn in Figuur 7). De grovere sedimenten zijn voornamelijk aangetroffen binnen de contour van deze suppletie. De mediane korrelgrootte van de sedimenten binnen de contour is significant ($p < 0.05$) groter dan daarbuiten. Binnen de contour is de gemiddelde mediane korrelgrootte $286 \mu\text{m}$ (standaarddeviatie $68 \mu\text{m}$), en daarbuiten is de gemiddelde mediane korrelgrootte $224 \mu\text{m}$ (stdev $30 \mu\text{m}$). Deze verschillen in korrelgrootte hebben mogelijk ook consequenties op de bodemdiergemeenschap die er ontwikkeld.



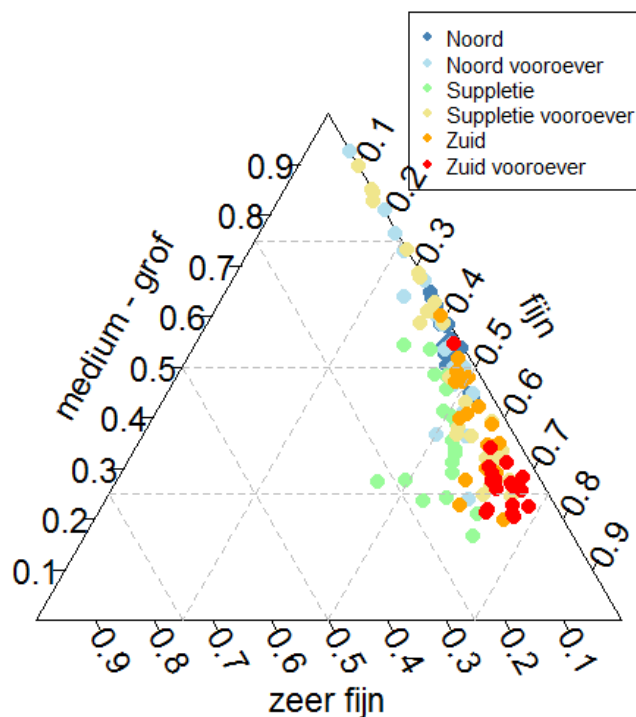
Figuur 7: Verdeling van de mediane korrelgroottes over het gebied. Met de stippellijn is de contour van de suppletie van 2013 aangegeven. In het rechterfiguur een bean-plot met de verdeling van de mediane korrelgrootte binnen het suppletie gebied 2013 en alle stations daarbuiten. Op de y-as staat hier de mediane korrelgrootte (μm) en op de x-as de relatieve frequentie van voorkomen.

Ook buiten de contouren van de 2013 suppletie zijn er verschillen in mediane korrelgrootte. Zo zijn de sedimenten op de geplande suppletielocatie (gemiddelde mediane korrelgrootte $212 \mu\text{m}$) en in het gebied Zuid vooroever (gemiddelde mediane korrelgrootte $205 \mu\text{m}$) relatief fijn. In het gebied Noord zijn de sedimenten juist relatief grof (gemiddelde mediane korrelgrootte $263 \mu\text{m}$).



Figuur 8: Boxplots van de verdeling van de mediane korrelgrootte over de verschillende deelgebieden. De horizontale stippellijn geeft het overall gemiddelde (240 µm).

In Figuur 9 is de korrelgrootteverdeling weergegeven van de verschillende gebieden. In deze figuur is de fractie zeer 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 figuur komen duidelijk de grove sedimenten in de gebieden Noord vooroever en Suppletie vooroever terug met relatief grote fracties (>0.6) medium tot grof zand. Ook onderscheiden de locaties in het gebied Zuid vooroever zich door de hoge fractie (>0.6) fijn sediment (tussen 125 en 250 µm). De sedimenten in het suppletiegebied vertonen een over het algemeen de grootste fractie zeer fijn zand.



Figuur 9: 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

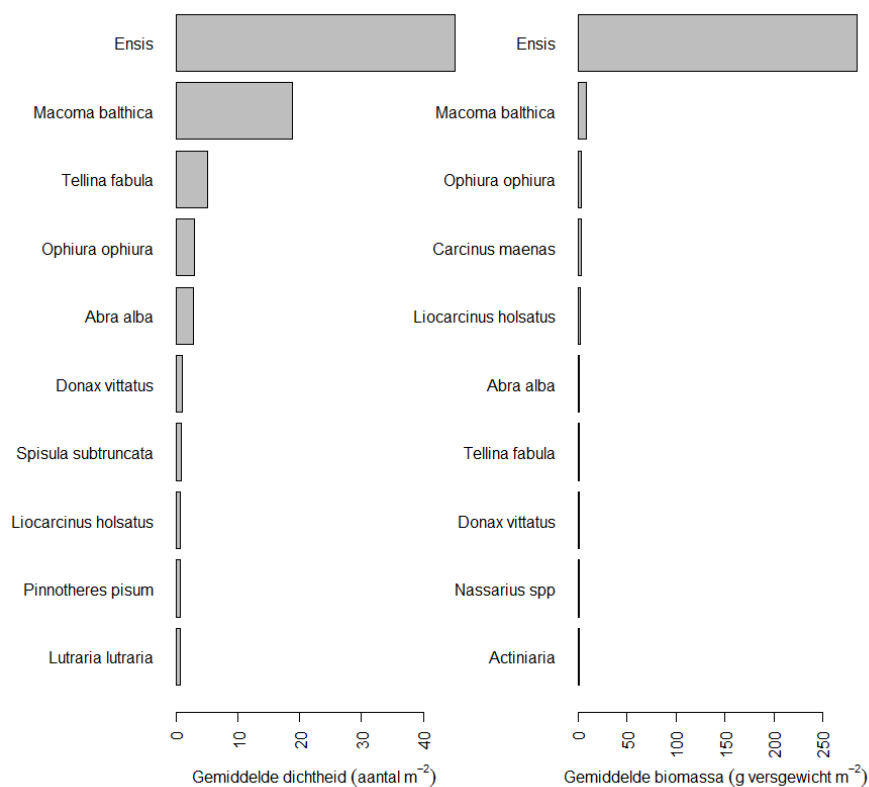
3.2.1 Voorkomen van soorten

In totaal zijn er 128 locaties bemonsterd met de schaaaf. Locatie 78 is door omstandigheden niet bemonsterd. Er zijn in totaal 23 verschillende soorten aangetroffen in de schaaaf. Het gemiddeld aantal soorten per locatie was 8, maar op Locatie 8 zijn 16 soorten aangetroffen. De verspreiding van de verschillende soorten over het gebied is weergegeven in Figuur 25 tot en met Figuur 30 (Bijlage 1).

De meeste van de 23 soorten worden op meerdere locaties aangetroffen. De soorten *Mytilus edulis* (mossel), *Lutraria lutraria* (otterschelp), *Chamelea striatula* (gewone venusschelp), *Corystes cassivelaunus* (helmkrab) en *Pinnotheres pisum* (erwttenkrabbetje) zijn op minder dan 5 locaties aangetroffen.

3.2.2 Dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie

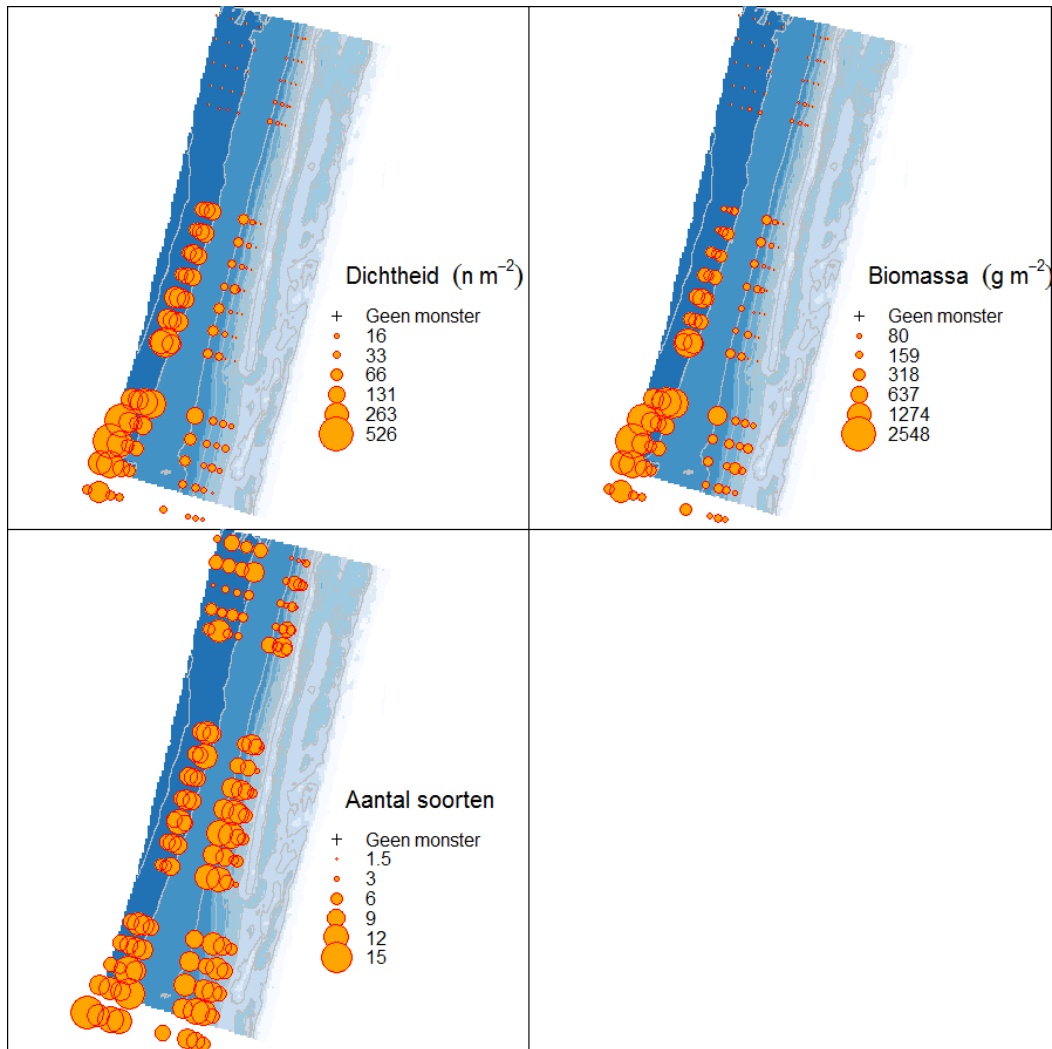
Van de soorten *Diogenes pugilator* (kleine heremietkreeftje), *Pagurus bernhardus* (gewone heremietkreeft) en *Lutraria lutraria* is geen biomassa bepaald. De gemiddelde biomassa was 287 g m⁻² en de maximale biomassa was 2547 g m⁻² op locatie 24. *Ensis* was verreweg de meest dominante soort, zowel in termen van biomassa als dichtheid (Figuur 10). Andere dominante soorten zijn *Macoma balthica* (nonnetje), *Ophiura ophiura* en *Abra alba* (witte dunschaal) in dichtheden en *Macoma balthica*, *Ophiura ophiura* (gewone slangster) en *Carcinus maenas* (strandkrab) in biomassa.



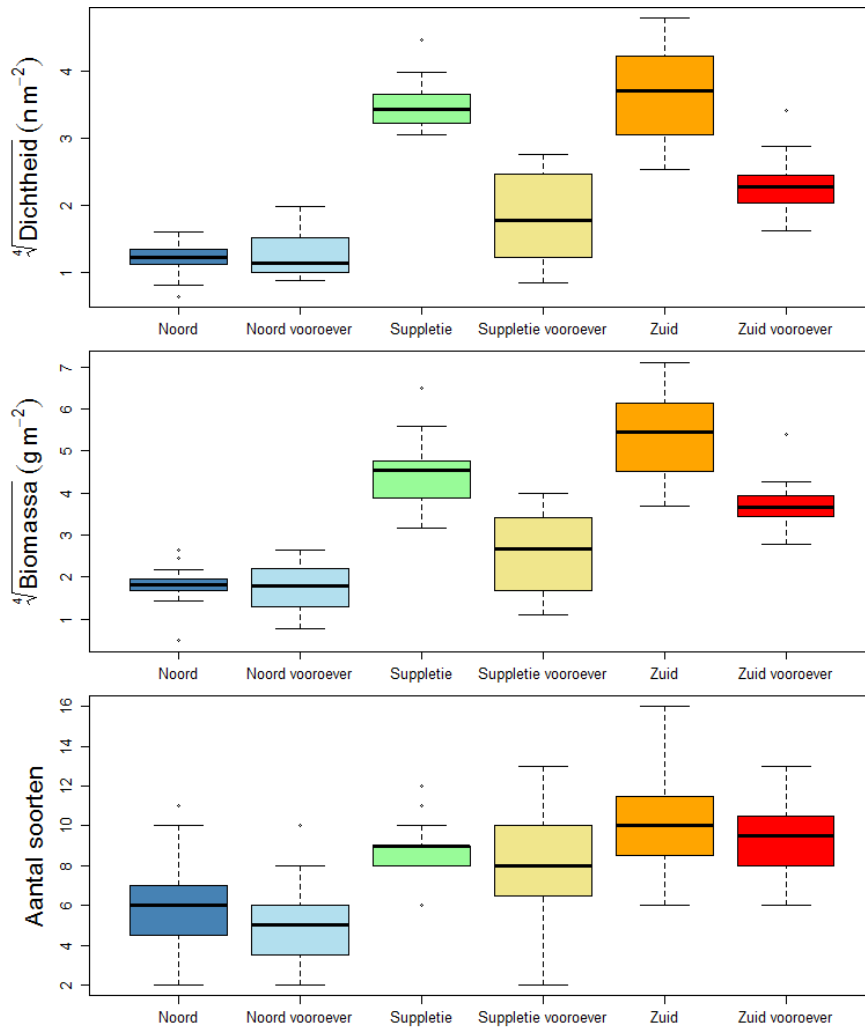
Figuur 10: Gemiddelde dichtheid en biomassa van de meest dominante soorten.

In Figuur 11 en Figuur 12 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 de gebieden Noord en Noord vooroever de armste gebieden zijn. Veel dominante soorten, zoals *Abra*

alba, *Liocarcinus holsatus* (gewone zwemkrab), *Macoma balthica*, *Spisula subtruncata* (halfgeknotte strandschelp), *Tellina fabula* (rechtsgestreepte platschelp) laten eenzelfde patroon, maar soorten als *Portunus latipes* (breedpootkrab), *Diogenes pugilator*, en mogelijk ook *Spisula solida* (stevige strandschelp) worden voornamelijk gevonden in de gebieden Noord, Noord vooroever en Suppletie vooroever (zie Bijlage 1). Het aantal soorten dat is aangetroffen per locatie is gelijkmatiger verspreid over het gebied en de gebieden, alhoewel in het gebied Zuid gemiddeld wel het meest aantal soorten worden aangetroffen per locatie.



Figuur 11: Verspreiding van de dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g versgewicht m^{-2}) en aantal soorten over het gebied.



Figuur 12: Boxplots van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid en biomassa en het aantal soorten per locatie verdeeld over de verschillende deelgebieden.

3.2.3 Gemeenschapsanalyse

Een gemeenschapsanalyse is 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 *Diogenes pugilator*, *Pagurus bernhardus* en *Lutraria lutraria* mee te kunnen nemen. 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). 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).

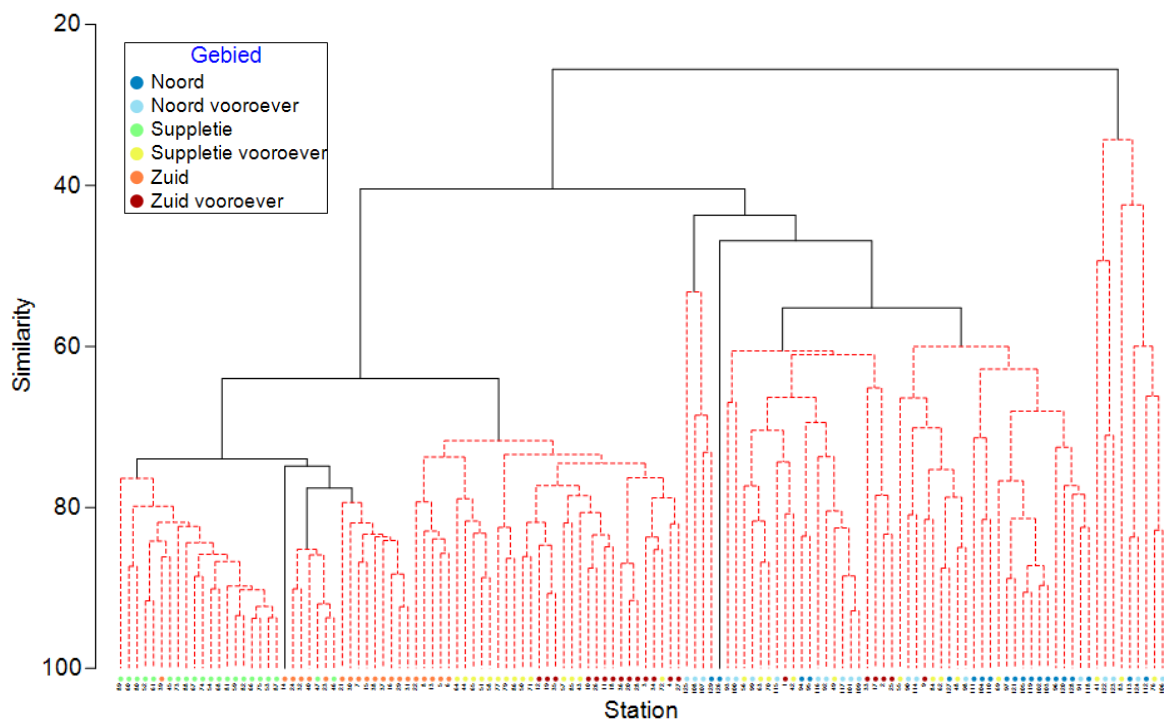
Allereerst is er een clusteranalyse uitgevoerd. Een clusteranalyse groepeerde de bemonsterde stations in groepen (clusters) op basis van de overeenkomsten in de bodemdiersamenstelling (Bray-Curtis similariteit). Stations binnen een cluster hebben dus een overeenkomstige bodemdiergemeenschap. De clusters 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 gebaseerd zijn op toeval of niet. In Figuur 13 zijn de significante clusters 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 berust op toeval. De labels onder aan de figuur geven aan in welk deelgebied betreffend station lag.

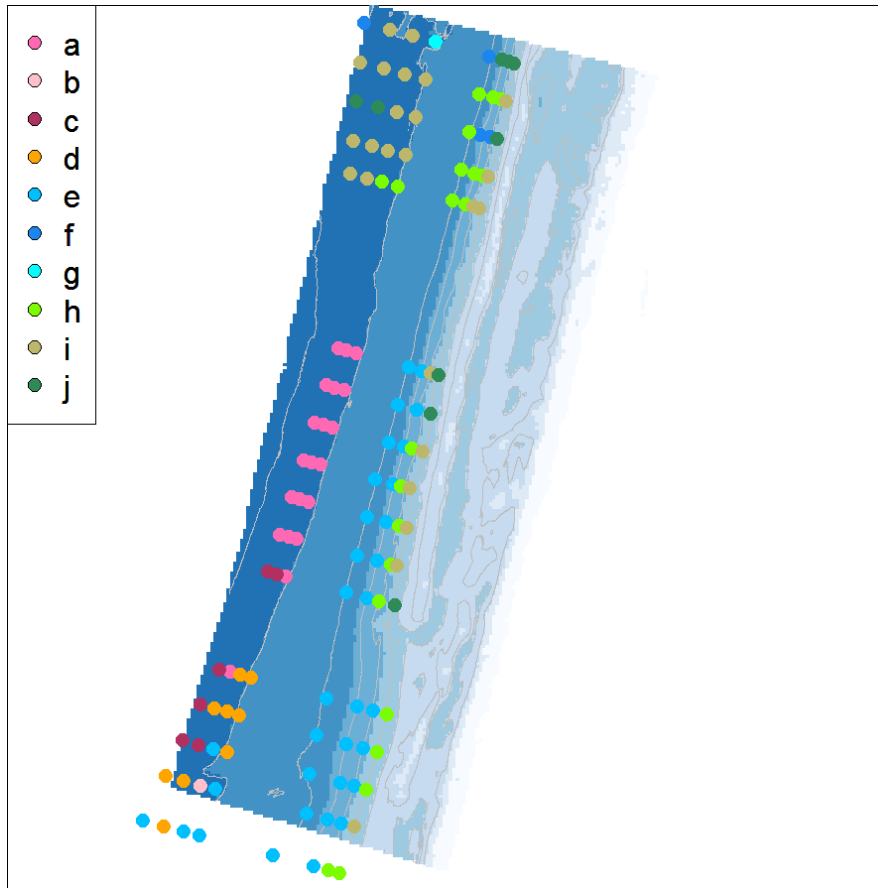
De clusteranalyse leidt tot 10 significante clusters (Tabel 3, Figuur 13), waarvan 2 clusters (b en g) slechts bestaan uit twee stations (respectievelijk stations 14 en 126). Cluster a bestaat voornamelijk uit stations in het suppletiegebied terwijl cluster d voornamelijk bestaat uit stations in het gebied Zuid (Figuur 14). Cluster c lijkt een overgangskluster met stations die zowel in het suppletiegebied als Zuid liggen. Het grote cluster e, met 33 stations is verspreid over de gebieden Zuid, Zuid vooroever en de Suppletie. Cluster f is een klein cluster met 4 stations verdeeld over de gebieden Noord en Noord vooroever. Clusters h en i bestaande uit respectievelijk 21 en 24 stations, verdeeld over de gebieden Noord, Noord vooroever, Suppletie vooroever en Zuid vooroever. Ten slotte cluster j bestaat uit 9 stations en is verdeeld over de gebieden Noord, Noord vooroever en Suppletie vooroever.

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

Cluster	Stations
a	39,45,52,53,54,59,60,61,66,67,68,73,74,75,80,81,82,87,88,89
b	14
c	23,24,32,40,46,47
d	7,15,16,21,29,30,31,37,38
e	3,4,5,6,8,10,11,12,13,18,19,20,22,26,27,28,34,35,36,43,44,50,51,57,58,64,65,71,72,77,79,85,86
f	107,108,125,129
g	126
h	1,2,17,25,33,42,49,56,63,70,92,93,94,95,99,100,101,109,115,116,117
i	9,48,55,62,69,84,90,91,96,97,98,102,103,104,105,110,111,114,118,119,120,121,127,128
j	41,76,83,106,112,122,123,113,124



Figuur 13: Clusterdiagram van de schaaflimonsters. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (SIMPROF test $\alpha = 0.05$). De kleuren van de markers geven de 6 deelgebieden weer.

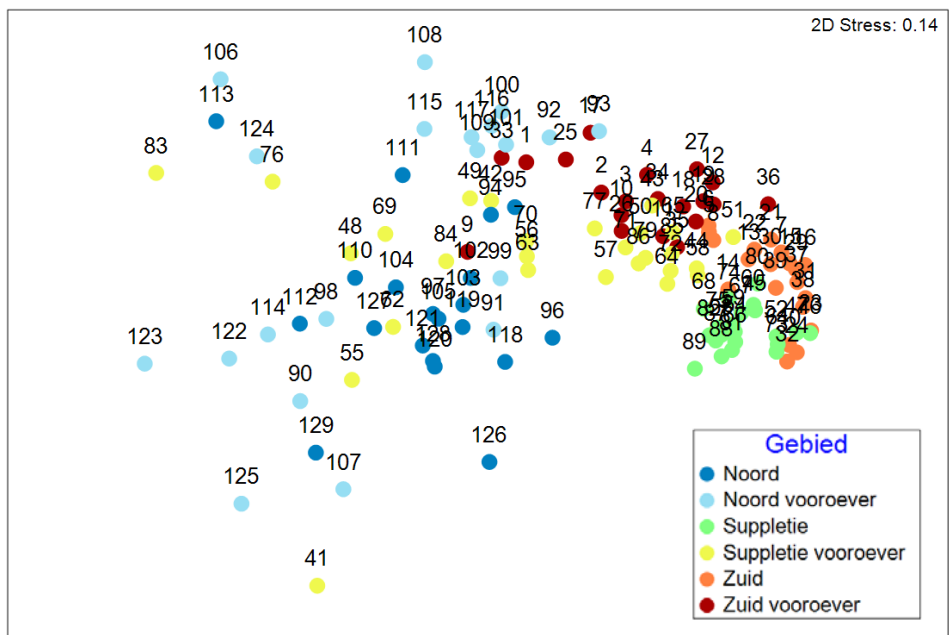


Figuur 14: Ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied. De kleuren van de markers geven aan in welk cluster het betreffende station is ingedeeld op basis van de clusteranalyse.

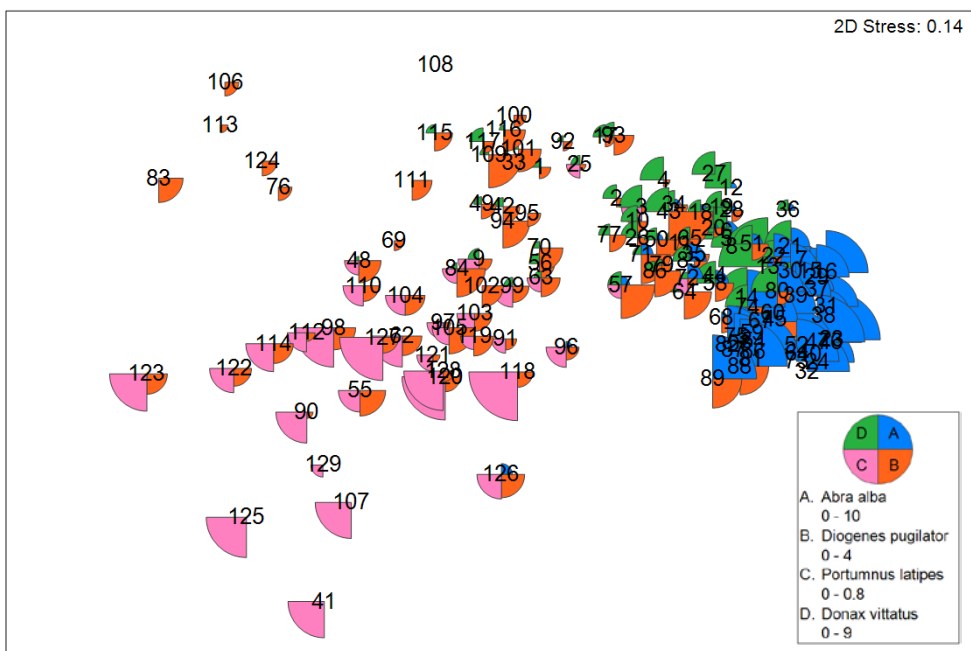
Een andere manier om de verschillen in bodemdiergemeenschap tussen de stations te visualiseren is via multidimensional scaling (MDS). Bij een MDS worden de dissimilariteiten (100 - similariteit) gevisualiseerd in een twee-dimensionale figuur, waarbij de afstand tussen twee locaties op de figuur overeenkomt 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.

Er is een nMDS analyse uitgevoerd met de gegevens van 2015 met behulp van PRIMER v7 (Figuur 15). Ook uit deze figuur blijkt dat er duidelijke verschillen te zien zijn in de bodemdiergemeenschap tussen de verschillende gebieden. De gebieden suppletie en Zuid zijn redelijk homogeen in bodemdiersamenstelling en komen sterk met elkaar overeen. In de gebieden Zuid vooroever en Suppletie vooroever liggen stations die vertonen sterke overeenkomsten met de dieper gelegen stations van Zuid en Zuid vooroever. Deze stations clusteren in de clusteranalyse in cluster e. Er zijn in de gebieden Suppletie vooroever en Zuid vooroever ook een aantal stations (voornamelijk de ondieper gelegen stations) die een lagere waarde hebben op de horizontale nMDS-as. Deze bodemdiergemeenschap op deze stations vertonen overeenkomsten met de bodemdiergemeenschap van de stations binnen de gebieden Noord en Noord-vooroever, welke beide een verspreid patroon laten zien op de nMDS figuur, met relatief lage waarden op de horizontale as.

Uit Figuur 16 blijkt dat *Abra alba* voornamelijk voorkomt in de gebieden Zuid en Suppletie. Andere soorten die hier voorkomen zijn *Macoma balthica* en *Ensis*. *Diogenes pugilator* is een soort die voornamelijk voorkomt in het vooroever gebied. Vooral Zuid vooroever, maar ook Suppletie vooroever en Noord vooroever. *Portumnus latipes* is een soort die veel wordt aangetroffen in de gebieden van de suppletie van 2013: Noord vooroever en Suppletie vooroever, maar ook komt de soort in relatief grote dichtheden voor in het gebied Noord. Ook de soort *Diogenes pugilator* wordt aangetroffen in deze deelgebieden maar lijkt zich ruimtelijk wel te onderscheiden van *Portumnus latipes* (Figuur 16).



Figuur 15: nMDS plot van de schaaflmonsters. De cijfers geven de stationnummers weer. De kleuren geven aan in welk deelgebied de betreffende stations liggen

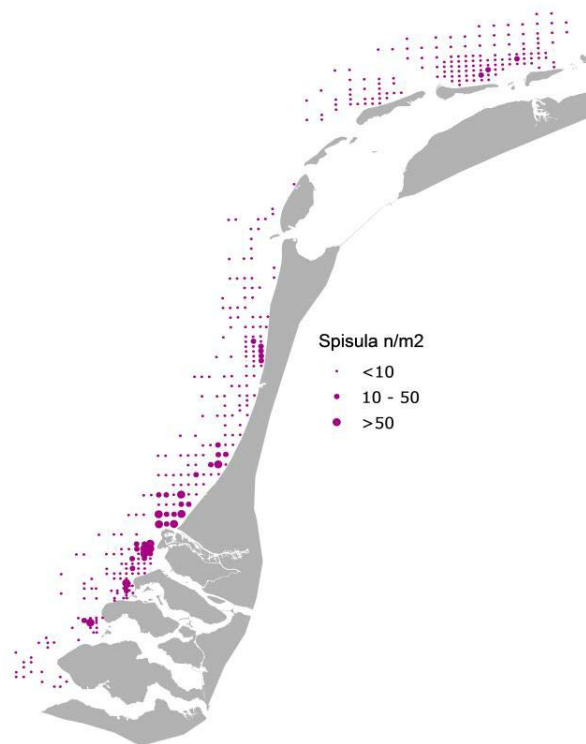


Figuur 16: nMDS plot van de schaaflmonsters. De nummers geven de locaties weer. Met de grootte van de taartpunten worden de relatieve dichtheden een aantal karakteristieke soorten weergegeven. De cijfers geven de stationnummers weer.

3.2.4 Spisulabanken

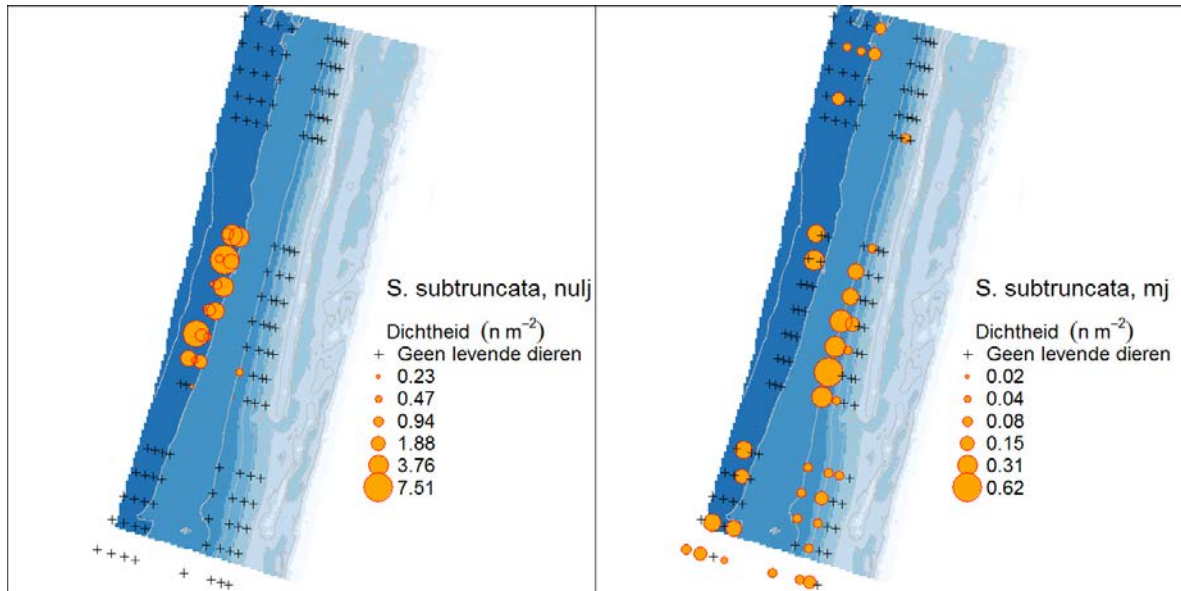
Een van de voorwaarden vanuit de NB-wet vergunning is dat de locatie van de vooroeverssuppletie voorafgaand aan de werkzaamheden dient te worden onderzocht op het voorkomen van *Spisula subtruncata* banken. Indien er tijdens de survey sprake is van een meerjarige *Spisula subtruncata* bank, met schelpdieren 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; Dijkma, 2015).

Uit de WOT survey die is uitgevoerd in 2015 (Troost e.a., 2015) blijkt dat er geen *Spisula*'s zijn aangetroffen rond Callantsoog met dichtheden van meer dan 10 m⁻² (Figuur 17). Echter, er is maar een beperkt aantal monsterpunten die in de buurt van de suppletielocatie liggen.

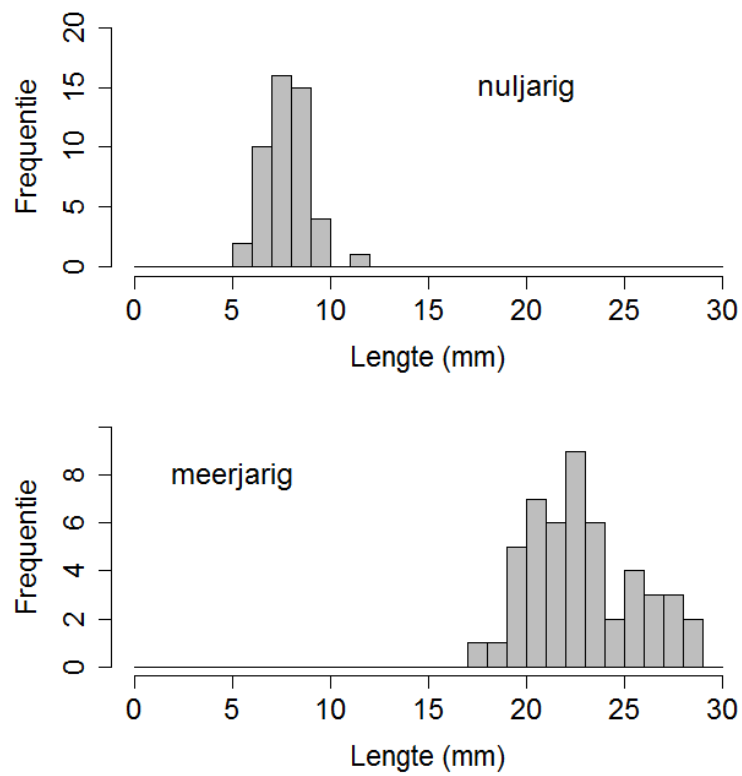


Figuur 17: Verspreiding halfgeknotte strandschelp in de Nederlandse kustzone in het voorjaar 2015 (Troost e.a., 2015).

Vanuit de schaaftbemonsteringen in het gebied uit september 2015 wordt een veel gedetailleerder beeld verkregen van het voorkomen van *Spisula subtruncata* in het gebied. De maximale dichtheid die is aangetroffen is 7.8 *Spisula*'s per m². Uit Figuur 30 (Bijlage 1) is af te lezen dat de grootste dichtheden *Spisula subtruncata* binnen het onderzoeksgebied worden gevonden in het suppletiegebied en de diepere delen van het gebied suppletie vooroever.. In Figuur 18 is te zien dat het merendeel van de *Spisula*'s die zijn aangetroffen op de suppletielocatie bestaat uit nuljarigen. De lengte van deze nuljarigen varieert tussen de 5.5 mm tot 11.8 mm (Figuur 19). De lengte van de meerjarigen in de monsters varieert tussen de 17.6 en 28.7 mm. De meerjarige individuen zijn vooral gevonden in de diepere delen van het gebied suppletie vooroever. De maximale dichtheid van meerjarige *Spisula*'s is 0.62 exemplaren per m².



Figuur 18: Verspreiding nuljarige (links) en meerjarige (rechts) *Spisula subtruncata*, bemonsterd met de schaaaf.



Figuur 19: Lengtefrequentieverdelingen van de nuljarige en meerjarige *spisula*'s in de bodemschaaf.

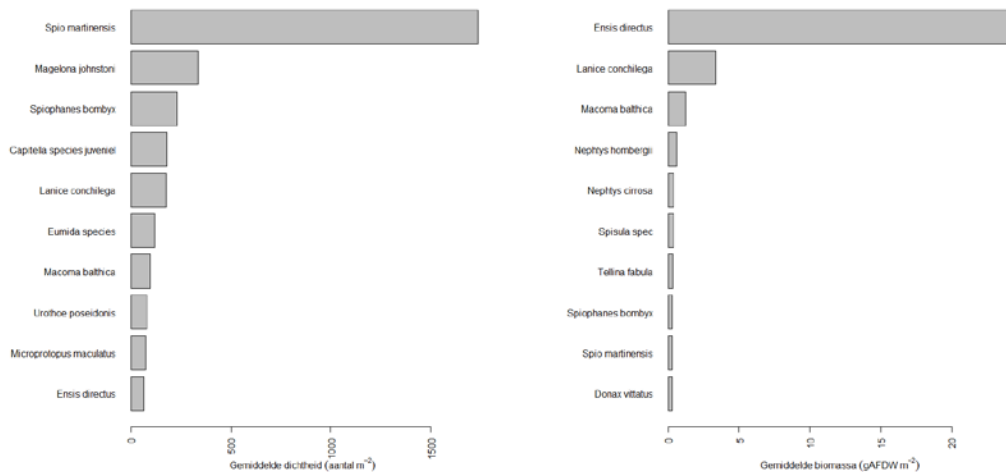
3.3 Boxcorer

3.3.1 Voorkomen van soorten

Alle 129 locaties zijn bemonsterd met de box-corer. Er zijn in totaal 104 verschillende taxa aangetroffen in de box-corer, waarvan 58 soorten (identificatie op species-niveau). Op 10 locaties werden minimaal 21 taxa aangetroffen. Het gemiddeld aantal taxa per locatie was 8. Maximaal zijn 24 taxa aangetroffen, op locatie 24. Slechts 3 soorten kwamen voor op meer dan 50 locaties: de borstelwormen *Magellona johnstoni*, *Spiophanes bombyx* en *Spio martinensis*. De verspreiding van de een aantal soorten over het gebied is weergegeven in Figuur 31 en Figuur 32 (Bijlage 2). Duidelijk is dat niet alle soorten op evenveel locaties gevonden zijn, en dat sommige soorten geografisch beperkt zijn in hun voorkomen. Zo is het kniksprietkreeftje *Bathyporeia elegans* vooral beperkt tot Noord en Noord vooroever, terwijl de borstelworm *Spio martinensis* daar juist praktisch niet aangetroffen is. Voor een aantal schelpdieren (*Donax vittatus*, *Ensis directus*) lijkt de verspreiding beperkter dan uit de data van de bodemschaaf blijkt. Dat is waarschijnlijk te wijten aan de kleinere monsteroppervlakte van de box-corer, waardoor meer nulwaarnemingen ontstaan.

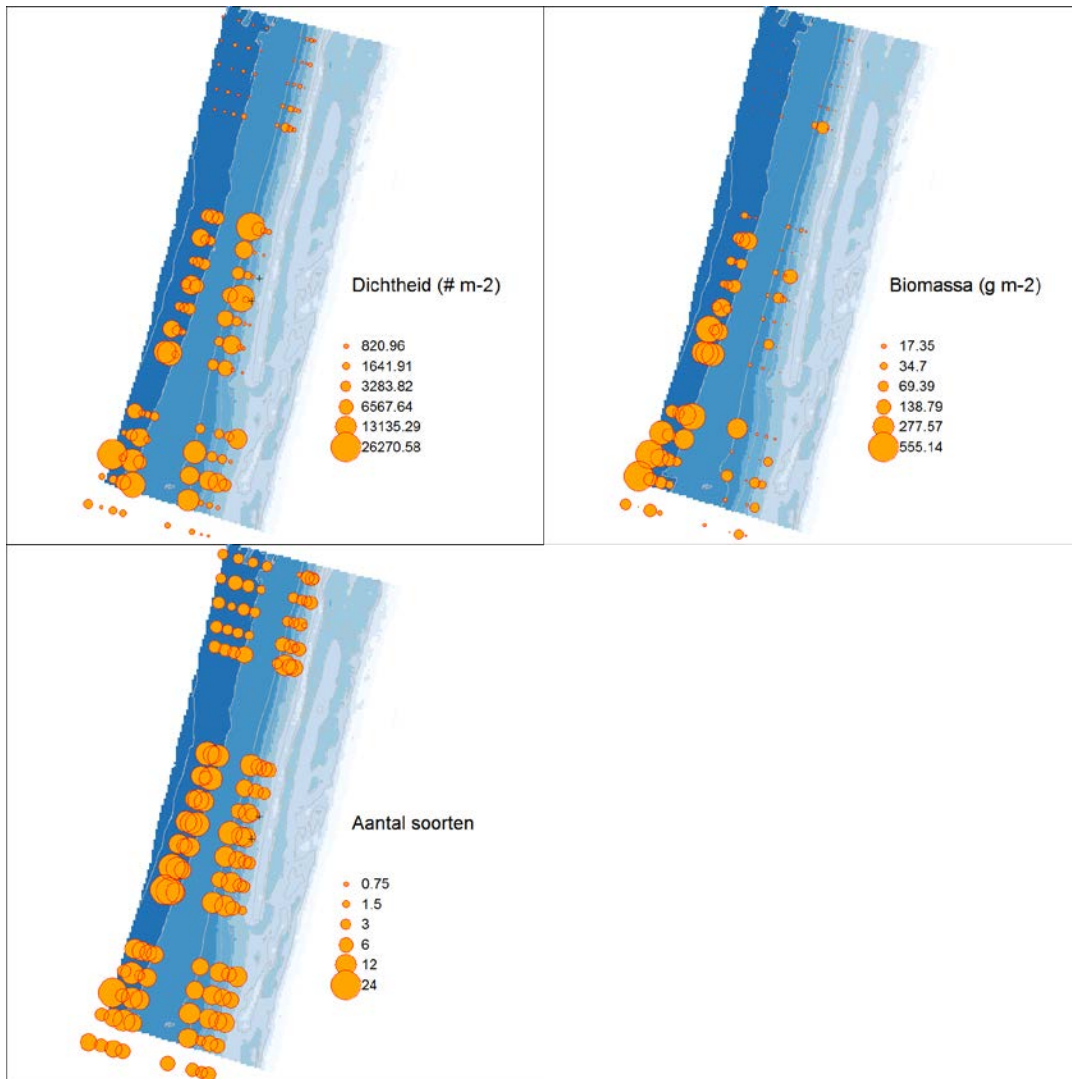
3.3.2 Dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie

De gemiddelde dichtheid was 3637 ind. m⁻², de maximale dichtheid 26270 ind. m⁻² (locatie 24). De meest dominante soorten in termen van dichtheid zijn *Spio martinensis*, *Magelona johnstoni* en *Spiophanes bombyx* (Figuur 20), de drie soorten die ook op het meest aantal locaties gevonden zijn. De gemiddelde biomassa was 60 g asvrij drooggewicht (AFDW) m⁻² en de maximale biomassa was 555 g AFDW m⁻² op locatie 16. De meest dominante soorten in termen van biomassa zijn *Ensis directus*, *Lanice conchilega* en *Macoma balthica*.

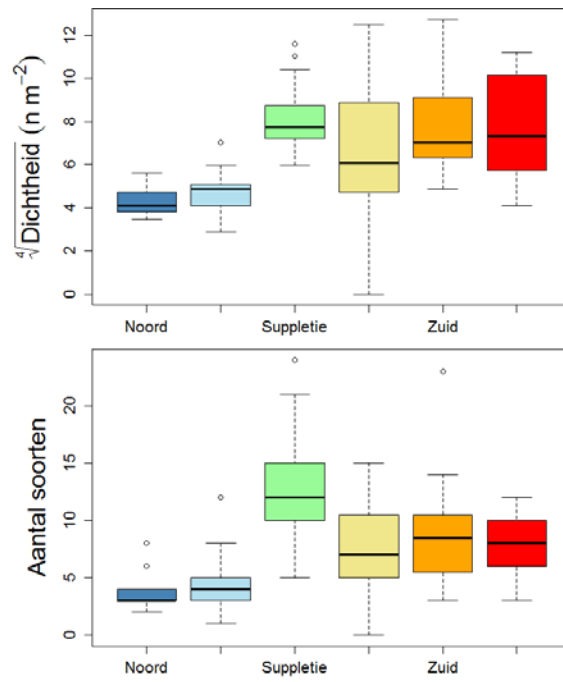


Figuur 20. Gemiddelde dichtheid en biomassa van de meest dominante soorten.

In Figuur 21 en Figuur 22 is, zoals bij de schaaftdata, te zien dat de bodemdieren niet gelijkmatig zijn verspreid over het gebied. De gebieden Noord en Noord vooroever zijn de armste gebieden, en het aantal soorten per locatie is wat gelijkmatiger verspreid met het meest aantal soorten per locatie in het suppletiegebied.



Figuur 21. Verspreiding van de dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g AFDW m^{-2}) en aantal soorten over het gebied.



Figuur 22. Boxplots van de vierdemachtswortel getransformeerde dichtheid en het aantal soorten per locatie verdeeld over de verschillende deelgebieden.

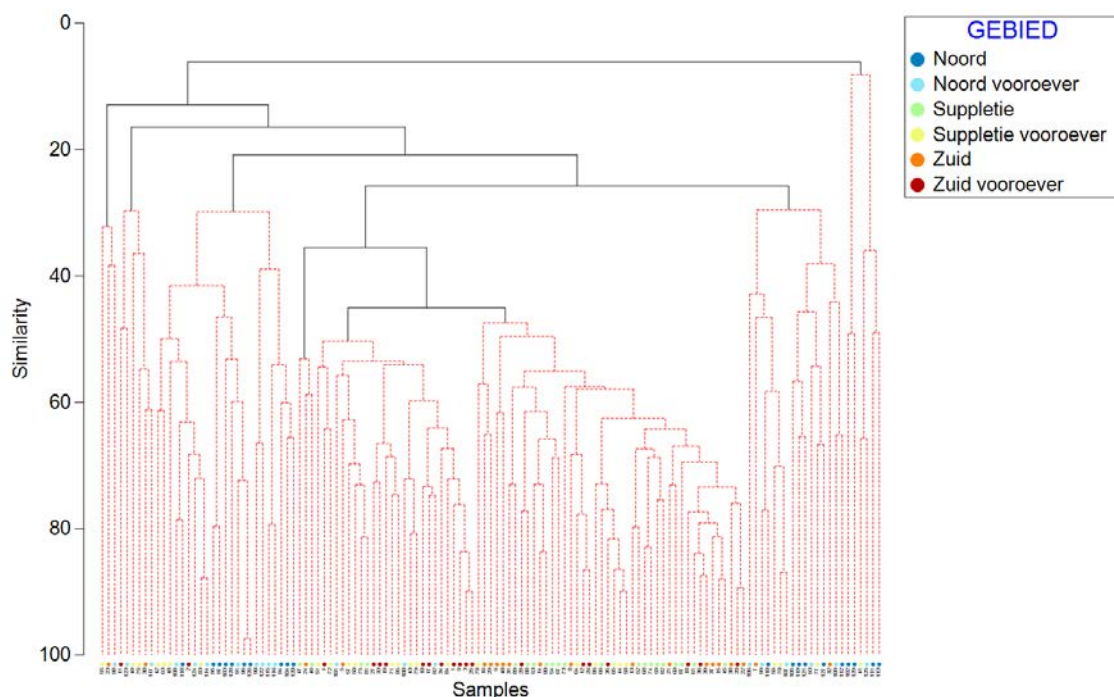
3.3.3 Gemeenschapsanalyse

Een gemeenschapsanalyses (clusteranalyse, nMDS) zijn uitgevoerd zoals voor de schaaftdata beschreven in 3.2.3. Bij deze analyses zijn een aantal taxa weggelaten (*Bivalvia*, *Decapoda*, *Spionida*, *Bathyporeia pelagica*, *Eteoninae*, *Nototropis falcatus*, *Paguroidea*, *Perioculodes longimanus*, *Phoronida*) of samengevoegd. In het geval in een enkel monster een specimen op genusniveau geïdentificeerd was en er verder ook specimen van datzelfde genus op een enkel soortniveau geïdentificeerd waren (bijv. *Nephtys* en *N. cirrosa*) de taxa samengevoegd tot een taxon.

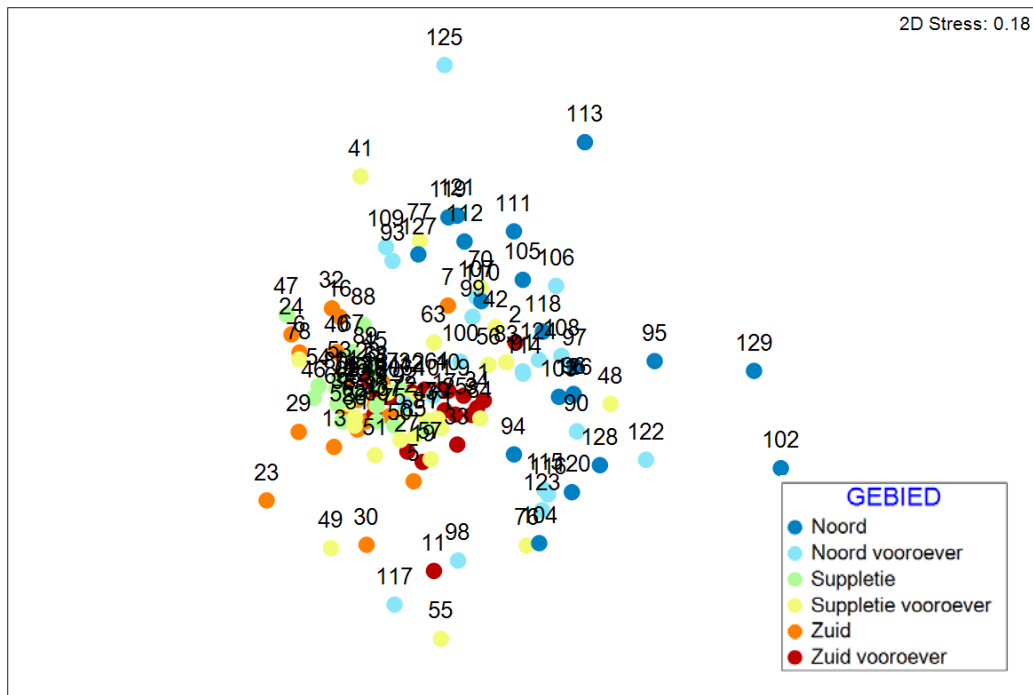
In Figuur 23 zijn de significante clusters aangegeven met zwarte lijnen. De clusteranalyse leidt tot 8 significante clusters (Figuur 23). Clusters 2, 3, 7 en 8 bestaan voornamelijk uit monsterpunten genomen in de gebieden Noord en Noord vooroever (Tabel 4). Dit wijst op een andere soortensamenstelling van deze gebieden in vergelijking met de overige gebieden. Dat blijkt ook uit de nMDS analyse: er is een duidelijke scheiding tussen Noord en Noord vooroever en de overige monsters. De overige gebieden lijken qua soortensamenstelling erg op elkaar.

Tabel 4: Significante clusters ($p < 0.05$) uit clusteranalyse. De cijfers geven de stationnummers weer die binnen betreffende clusters vallen.

Cluster	Stations
a	23,55,98
b	11,30,49,76,117,123
c	2,42,48,63,83,90,91,94,95,96,97,103,104,108,114,115,116,118,120,122,124,126,129
d	24,46,47
e	1,3,4,5,9,10,17,19,25,27,33,34,43,50,51,57,71,72,75,79,81,84,85,92,100,101
f	6,8,12,13,14,15,16,18,20,21,22,26,28,29,31,35,36,37,38,39,40,44,45,52,53,54,58,59,60,61,64,65,66,67,68,73,74,78,80,82,86,87,88,89
g	7,32,56,70,77,93,99,105,106,107,109,110,112,119,121,127
h	41,102,111,113,125,129



Figuur 23. Clusterdiagram van de box-corermonsters. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (SIMPROF test $\alpha = 0.05$). De kleuren van de markers geven de 6 deelgebieden weer.



Figuur 24. nMDS plot van de box-corermonsters. De nummers geven de stationnummers weer. De kleuren geven aan in welk deelgebied de betreffende stations liggen.

4 Discussie en conclusies

Uit de analyses is echter gebleken dat de bodemdiergemeenschap in het gebied Noord er in 2015 anders uitzag dan in de gebieden Suppletie en Zuid. Het is niet duidelijk waardoor deze verschillen zijn veroorzaakt en of deze verschillen zich over meerdere jaren voordoen. Het sediment is wel iets grover in het deelgebied Noord dan in Zuid en Suppletie. Het voorstel is om tijdens de tweede T_0 meting in september 2016, wat betreft de diepere delen, vast te houden aan het monitoringprogramma dat is uitgevoerd in 2015. Dit om een beter zicht te krijgen in de verhouding tussen de ruimtelijke en temporele variatie in de bodemdiergemeenschap.

De ondiepe stations van de vooroever zijn over het algemeen wat armer aan bodemdieren. In de gebieden Suppletie vooroever en Noord vooroever is in 2013 een vooroeversuppletie uitgevoerd. Het gebied waar deze suppletie is uitgevoerd heeft duidelijk een andere sedimentsamenstelling dan het omliggende gebied. De sedimentsamenstelling is over het algemeen grover en meer divers waar de suppletie van 2013 is aangebracht. Dit is ook duidelijk terug te zien in de bodemdiergemeenschap, die wordt gekenmerkt door opportunistische soorten die goed kunnen tegen verstoringen zoals *Diogenes pugillator* en *Portumnus latipes*.

Er zijn geen meerjarige spissulabanken van betekenis aangetroffen in het gebied. De dichtheden van meerjarige *Spisula subtruncata* varieert in het bemonsteringsgebied tussen de 0 en 0.62 individuen per m^2 , hetgeen niet is op te vatten als schelpdierbank van betekenis. De meeste van deze meerjarige spissula's zijn aangetroffen in het de ondiepere vooroever, ten oosten van het suppletiegebied.

Er is voor gekozen om de bemonstering in de vooroever bij Callantsoog (gebieden Zuid vooroever, Suppletie vooroever en Noord vooroever) niet verder voort te zetten, maar de vervolgmonitoring te beperken tot de gebieden in diepere zone (Zuid, Suppletie en Noord). Dit omdat de focus van het onderzoek ligt bij het al dan niet optreden van herstel op de suppletielocatie. De uitstralingseffecten van de diepe suppletie naar de ondiepere vooroever kunnen hierdoor niet worden onderzocht.

5 Kwaliteitsborging

IMARES 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 2017 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 bekwame 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 IMARES 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.
- Brinkman, A. G., T. P. Bult, N. Dankers, A. Meijboom, D. Den Os, M. R. Van Stralen en J. De Vlas (2003) Mosselbanken: kenmerken, oppervlaktebepaling en beoordeling van stabiliteit. Rapport voor deelproject F1 van EVA-II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Alterra, Rapport, 70 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. (1999) Uitwerking graadmeter 'stapelvoedsel': *Spisula subtruncata* in de Nederlandse kustzone (1993-1997). RIVO, Rapport nummer: C061/97, 9 pagina's.
- Craeymeersch, J. A., M. F. Leopold en M. O. Van Wijk (2001) Halfgeknotte strandschelp en Amerikaanse zwaardschede: een overzicht van bestaande kennis over visserij, economische betekenis, regelgeving, ecologie van de beviste soorten en effecten op het ecosysteem. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), Rapport, 34 pagina's.
- 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.
- De Mesel, I., J. Craeymeersch, T. Schellekens, C. Van Zweeden, J. W. M. Wijsman, M. Leopold, E. Dijkman en C. Cronin (2011) Kansenkaarten voor schelpdieren op basis van abiotiek en hun relatie tot het voorkomen van zwarte zee-eenden. Wageningen IMARES, Rapport, 85 + bijlagen 75p pagina's.
- Degraer, S., P. M. Meire en M. Vincx (2007) Spatial distribution, population dynamics and productivity of *Spisula subtruncata*: implications for *Spisula* fisheries in sea duck wintering areas. *Marine Biology* 152: 863-857.
- 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 Dalftsen en J. Reinders (2014) Ecologische effecten suppletie Ameland 2009-2012 Interim rapportage ihkv KPP B&O Kust Ecologie. Deltares, Rapport, 211 pagina's.
- Leopold, M. (1996) *Spisula subtruncata* als voedselbron voor zee-eenden in Nederland. Programma Bureau BEON, Rapport nummer: BEON Rapport nr. 96-2, 58 pagina's.
- Leopold, M., M. A. Van der Land en H. C. Welleman (1998) Leopold MF, van der Land MA, Welleman HC (1998) *Spisula* en zee-eenden in de strenge winter van 1995/96 in Nederland. Programma Bureau BEON, Rapport nummer: BEON Rapport nr. 98-6.
- Nehls, G., S. Witte, H. Büttger, N. Dankers, J. Jansen, G. Millat, M. Herlyn, A. Markert, P. Kristensen, M. Ruth, C. Buschbaum en A. Wehrmann (2009) Beds of blue mussels and Pacific oysters. Thematic Report No. 11. In: Marencic H, de Vlas J (eds) *in* H. Marencic, en J. De Vlas, eds. Quality Status Report 2009, Book WaddenSea Ecosystem No. 25. Wilhelmshaven, Germany, Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, .
- Perdon, K. J., J. Jol, A. Bakker en M. Van Asch (2014) Het bestand aan mesheften, halfgeknotte strandschelpen, kokkels, mosselen, otterschelpen en venusschelpen in de Nederlandse kustwateren in 2014. IMARES, Rapport nummer: C130/14, 44 pagina's.
- Poot, M. J. M., C. Heunks, T. J. Boudewijn, J. T. M. De Jong, P. W. Van Horsen, M. Japink, W. Lenkeek, S. Bouma, M. Leopold, R. Van Bemmelen, P. Pruijscher, K. Buijtelaar, P. Wolf, S. Lilipaly en A. F. Zuur (2014) Perceel Vogels, Rapport nummer: In: Prins T, van der Kolff G (eds) PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta Eindrapport 1e fase 2009-2013 deel B. rapport 1200672-ZKS-0043, 305-419 pagina's.
- Rijkswaterstaat (2014) Locatie specifieke passende beoordeling zandwinning, zandtransport & zandsuppletie Callantsoog. Deel II, Rapport, 36 pagina's.
- Schaeffer, K., K. McGourty en Cosentino-Manning (2007) Report on the subtidal habitats and associated biological taxa in San Francisco Bay. NOAA Santa Rosa Office, Rapport.

-
- Tonnon, P. K., L. Van der Valk, H. Holzhauer, 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, 154 pagina's.
- Troost, K., K. J. Perdon, J. Jol, M. Van Asch en D. Van den Ende (2015) Bestanden van mesheften, halfgeknotte strandschelpen en andere schelpdieren in de Nederlandse kustwateren in 2015. IMARES, Rapport nummer: C143/15, 37 pagina's.
- Tulp, I., J. Craeymeersch, M. F. Leopold, C. Van Damme, F. E. Fey en H. J. P. Verdaat (2010) The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone. *Estuarine Coastal And Shelf Science* 90: 116-128.
- Tulp, I. (2015) Analyse visgegevens DFS (Demersal Fish Survey) ten behoeve van de compensatiemonitoring Maasvlakte2. IMARES, Rapport nummer: C080/15, 47 pagina's.
- Van Dalftsen, 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., E. Elias, Q. Lodder en R. Hoogland (2015) Toekomstige suppletievolumes - Einrapport. Deltares, Rapport nummer: 1208140-005-ZKS-0001, 103 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.
- Van Kooten, T., K. Troost, M. Van Asch, M. A. M. Machiels en C. Chen (2014) T0 monitoringplan voor effectmeting van VIBEG maatregelen in Natura 2000 gebied Noordzeekustzone. IMARES, Rapport nummer: C208/13A, 45 pagina's.
- Wijsman, J. W. M., P. C. Goudswaard, V. Escaravage en S. Wijnhoven (2014) De macrobenthosgemeenschap van de Zeeuwse Banken na zandwinning. Een overzicht van drie T₀ jaren en een eerste jaar van rekolonisatie. IMARES, Rapport nummer: C164/13, 95 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.

Verantwoording

Rapport C058/16

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 IMARES.

Akkoord: M.J.C. Rozemeijer
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 09 juni 2016

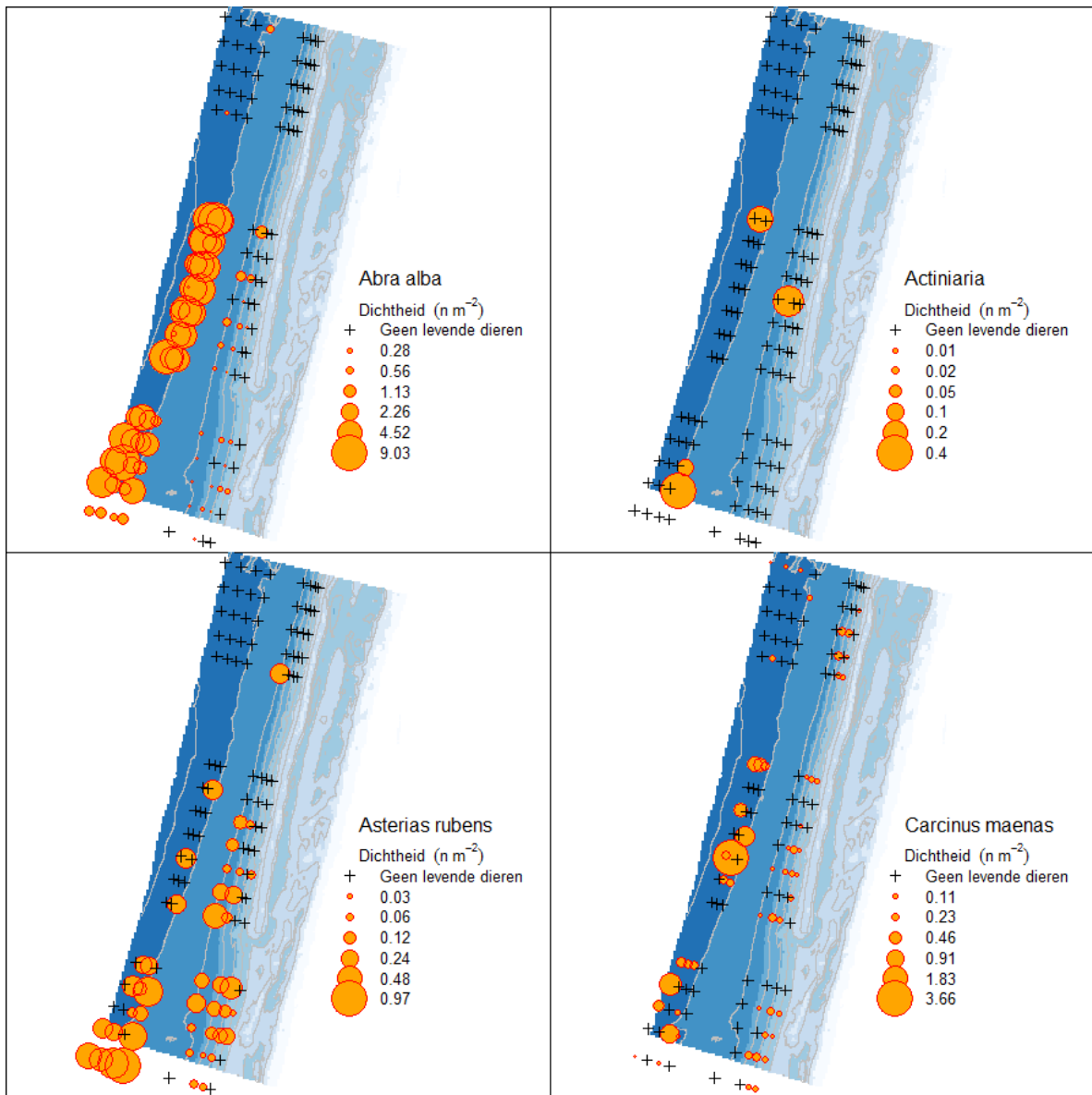
Akkoord: T. Bult
MT lid

Handtekening:

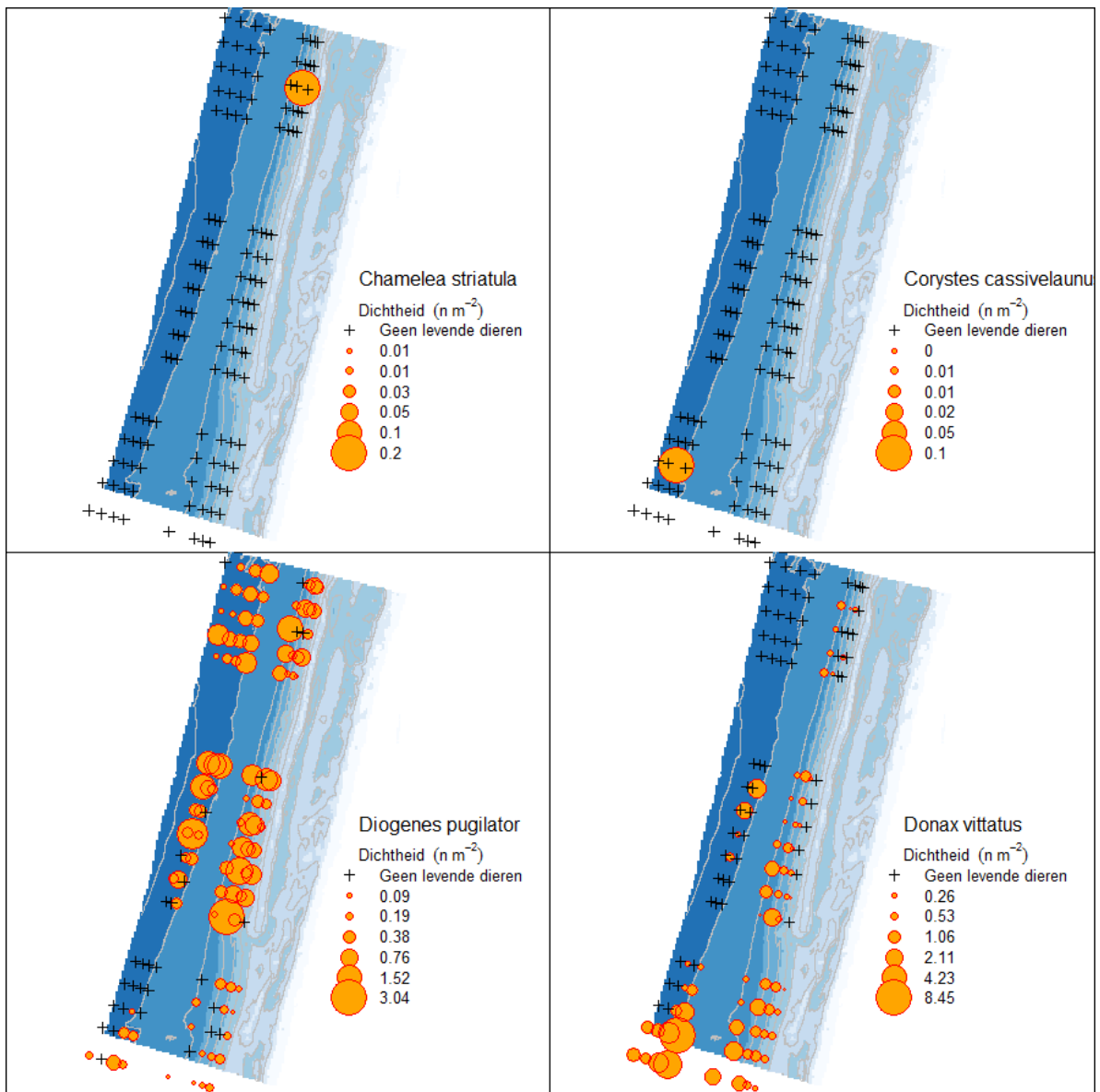


Datum: 09 juni 2016

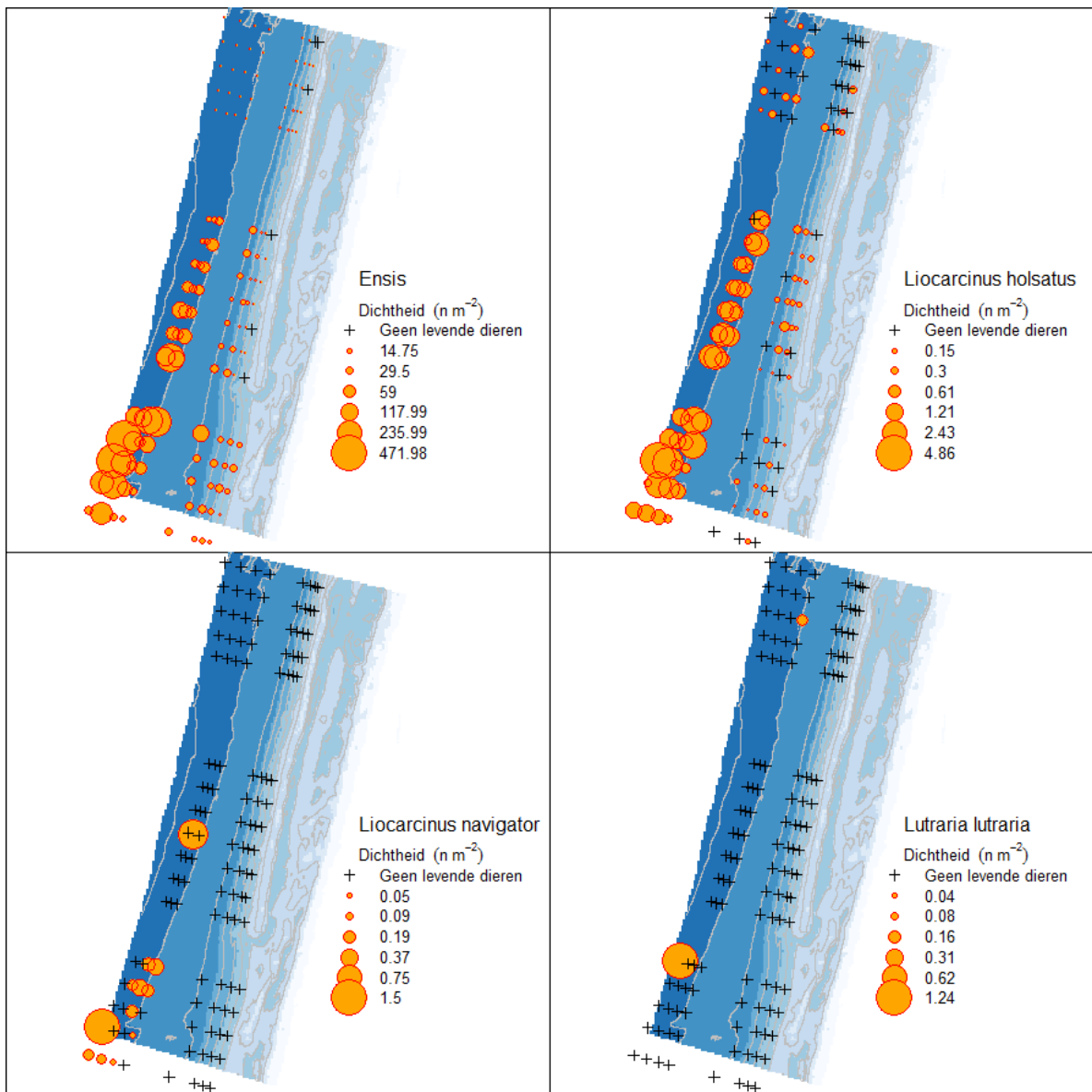
Bijlage 1 Verspreidingskaarten bodemdieren in de schaaaf



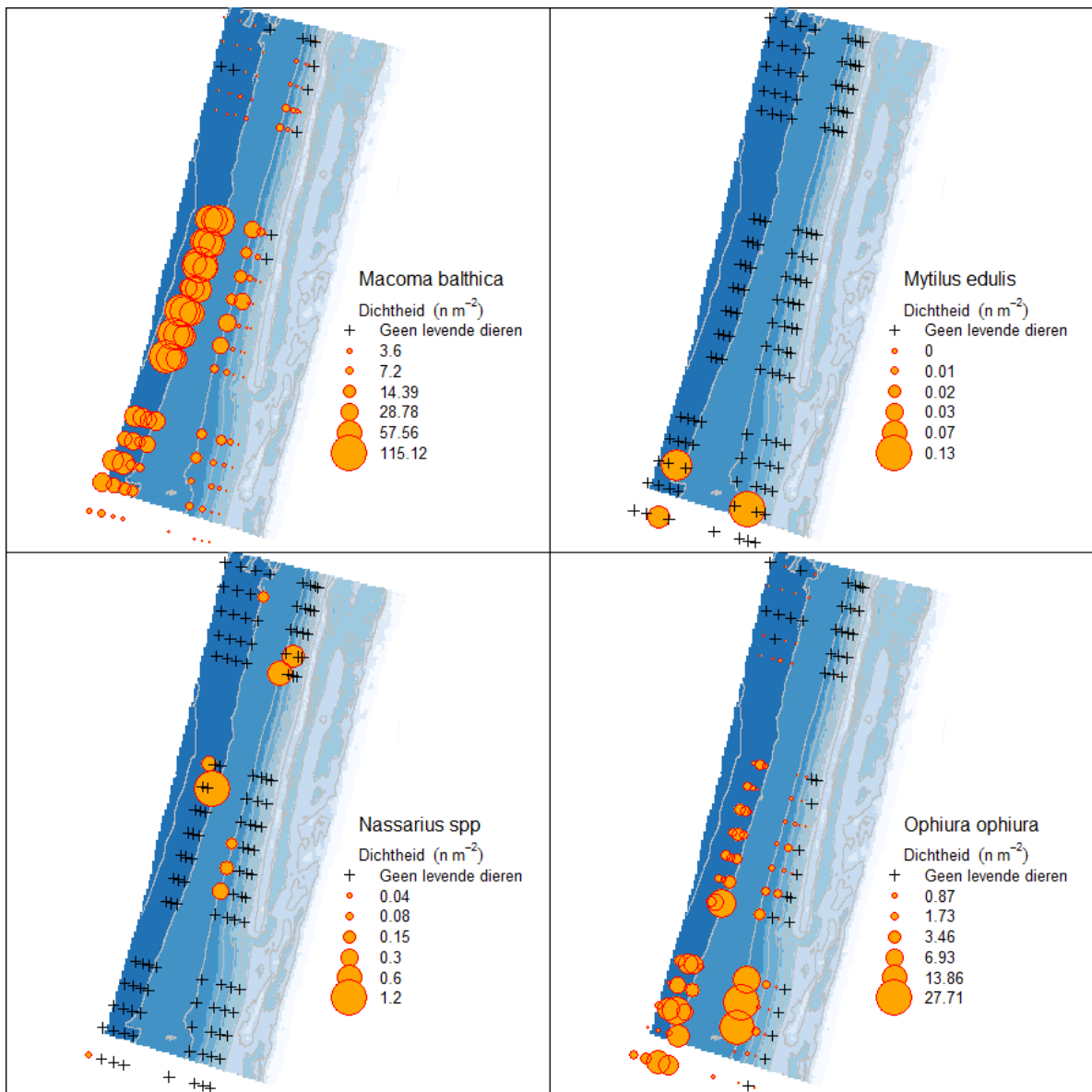
Figuur 25: Verspreiding van *Abra alba*, *Actinaria*, *Asterias rubens* en *Carcinus maenas* over het gebied



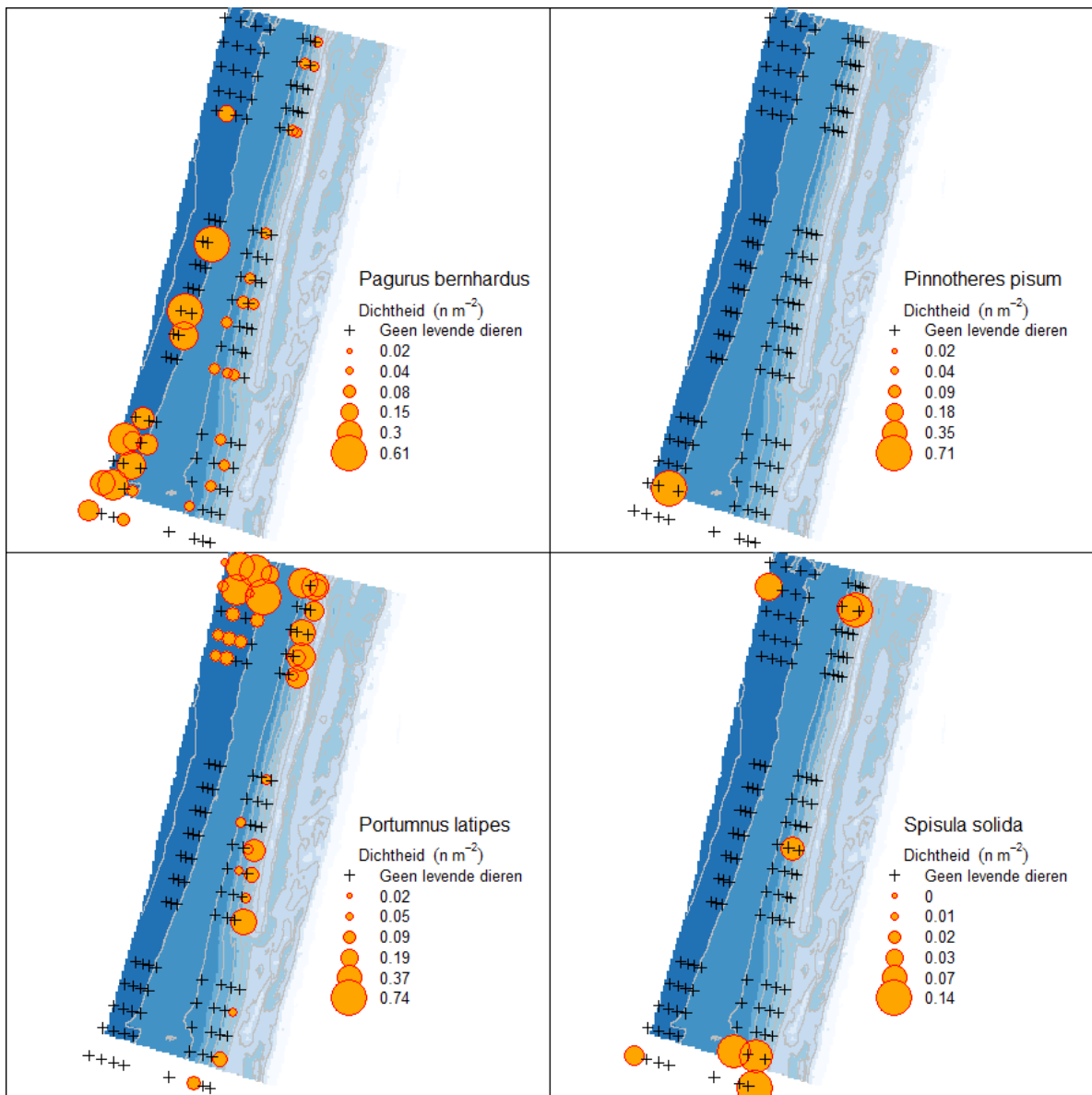
Figuur 26: Verspreiding van *Chamelea striatula*, *Corystes cassivelaunus*, *Diogenes pugilator* en *Donax vittatus* over het gebied



Figuur 27: Verspreiding van *Ensis*, *Liocarcinus holsatus*, *Liocarcinus navigator* en *Lutraria lutraria* over het gebied

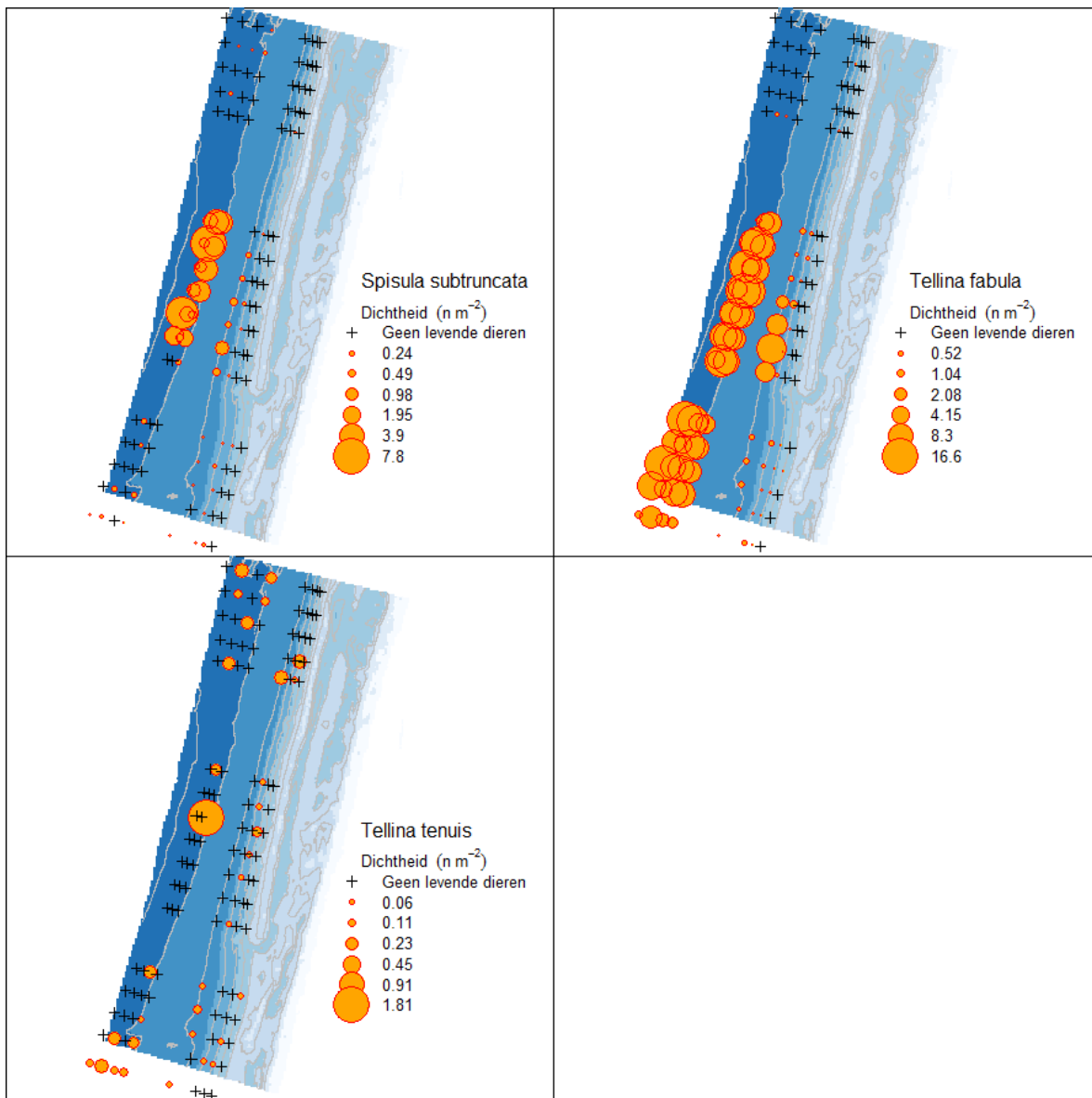


Figuur 28: Verspreiding van de *Macoma balthica*, *Mytilus edulis*, *Nassarius spp* en *Ophiura ophiura* over het gebied

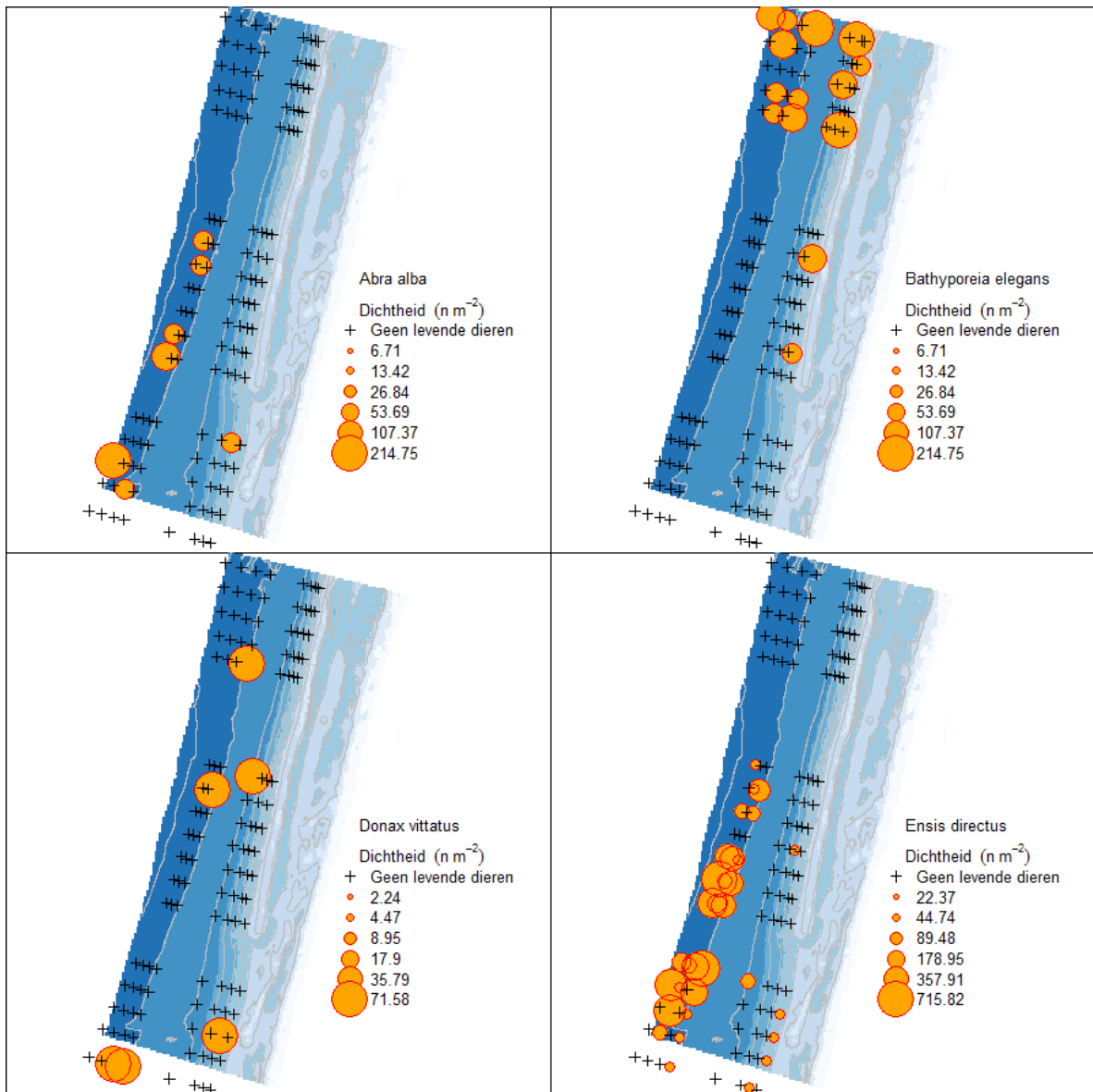


Figuur 29: Verspreiding van de *Pagurus bernhardus*, *Pinnotheres pisum*, *Portumnus latipes* en *Spisula solida* over het gebied

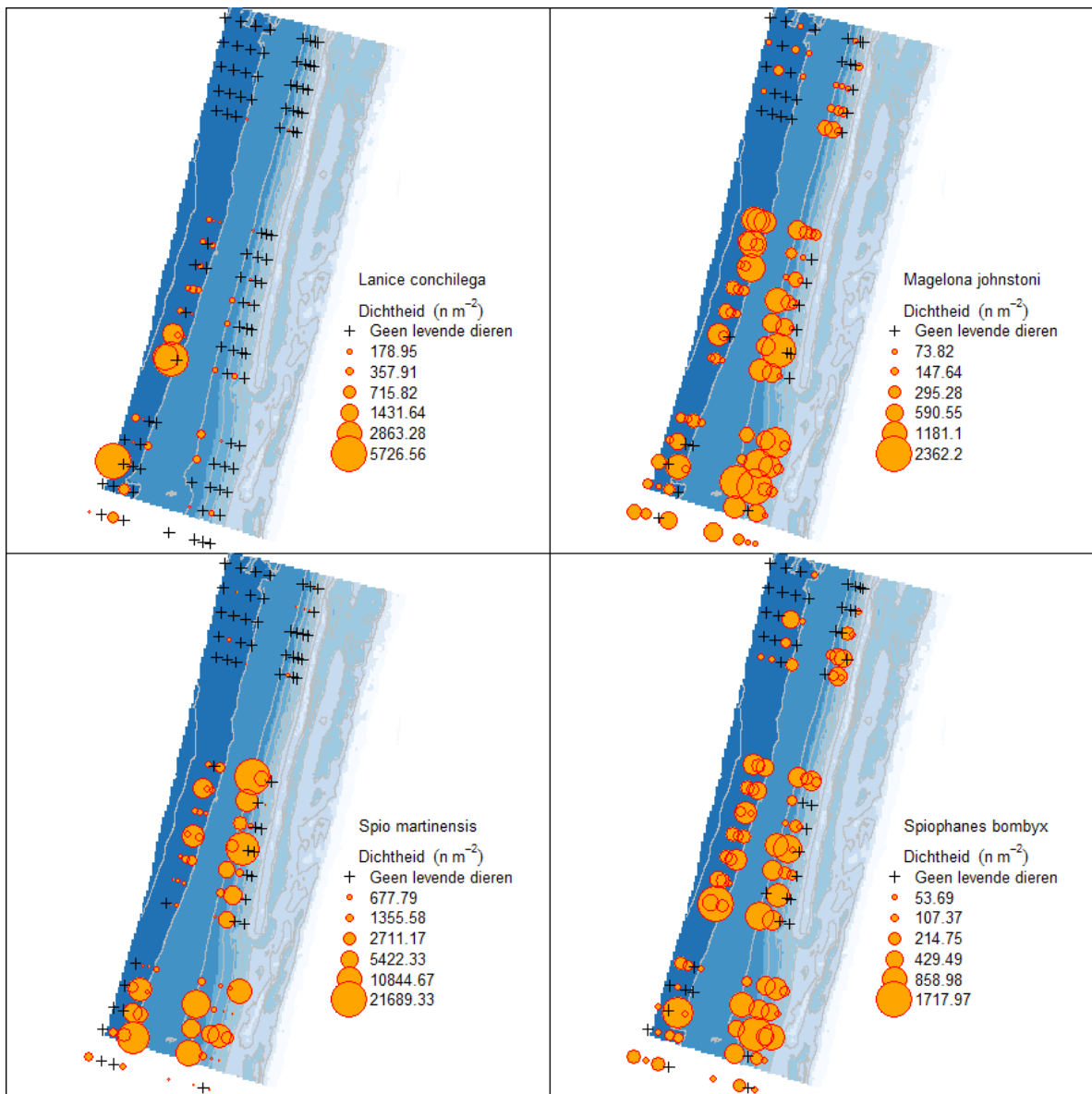
Figuur 30: Verspreiding van *Spisula subtruncata*, *Tellina fabula* en *Tellina tenuis* over het gebied



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



Figuur 31. Verspreiding van *Abra alba*, *Bathyporeia elegans*, *Donax vittatus* en *Ensis directus* over het gebied



Figuur 32. Verspreiding van *Lanice conchilega*, *Magelona johnstoni*, *Spio martinensis* en *Spiophanes bombyx* over het gebied

IMARES Wageningen UR
T +31 (0)317 48 09 00
E imares@wur.nl
www.imes.nl

Visitors address

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 5, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



IMARES (Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies) is the Netherlands research institute established to provide the scientific support that is essential for developing policies and innovation in respect of the marine environment, fishery activities, aquaculture and the maritime sector.

The IMARES vision

'To explore the potential of marine nature to improve the quality of life'

The IMARES mission

- To conduct research with the aim of acquiring knowledge and offering advice on the sustainable management and use of marine and coastal areas.
- IMARES is an independent, leading scientific research institute

IMARES Wageningen UR is part of the international knowledge organisation Wageningen UR (University & Research centre). Within Wageningen UR, nine specialised research institutes of the DLO Foundation have joined forces with Wageningen University to help answer the most important questions in the domain of healthy food and living environment.