

Bodemdiargemeenschap in de vooroever en op het natte strand van de zandmotor in het najaar 2017

Datarapport

Auteur(s): Jeroen Wijsman, Douwe van den Ende en Emiel Brummelhuis.

Wageningen University &
Research rapport C073/18

Bodemdiergemeenschap in de vooroever en op het natte strand van de Zandmotor in het najaar 2017

Datarapport

Auteur(s): Jeroen Wijsman, Douwe van den Ende en Emiel Brummelhuis

Publicatiedatum: 10-10-2018

Wageningen Marine Research Yerseke, oktober 2018

Wageningen Marine Research rapport C073/18

Jeroen Wijsman, Douwe van den Ende en Emiel Brummelhuis, 2018. *Bodemdiërgemeenschap in de vooroever en op het natte strand van de Zandmotor in het najaar 2017; Datarapport*. Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C073/18. 99 blz.;

Keywords: Zandmotor, Benthos, Sediment, Bodemschaaf, Van Veen happer, Strandbemonstering.

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat WVL
T.a.v.: Petra Damsma

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/461892>

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

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

Foto omslag: Jeroen Wijsman

© 2018 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
gevolg schade, 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.

A_4_3_1 V27

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Aanpak	7
1.3 Doelstelling	8
1.4 Dankwoord	8
2 Materiaal en methoden	9
2.1 Opzet monitoring	9
2.2 Weerscondities tijdens de bemonstering	13
2.3 Sedimentsamenstelling	15
2.4 Strand	15
2.4.1 Bemonstering	15
2.4.2 Verwerking	16
2.5 Bodemschaaf	16
2.5.1 Bemonstering	16
2.5.2 Verwerking	18
2.6 Van Veen happer	19
2.6.1 Bemonstering	19
2.6.2 Verwerking	19
2.7 Data analyse	20
3 Resultaten	22
3.1 Sediment	22
3.1.1 Korrelgrootteverdeling	22
3.1.2 Vergelijk voorgaande jaren	25
3.1.3 Organisch koolstof en totaal N	28
3.2 Bodemschaaf	30
3.2.1 Overzicht	30
3.2.2 Relatie met waterdiepte	33
3.2.3 Relatie met sedimentsamenstelling	36
3.2.4 Ruimtelijke verspreiding	37
3.2.5 Multivariate analyses	38
3.3 Van Veen bemonstering	44
3.3.1 Overzicht	44
3.3.2 Relatie met waterdiepte	48
3.3.3 Relatie met sedimentsamenstelling	50
3.3.4 Ruimtelijke verspreiding	51
3.3.5 Multivariate analyses	53
3.4 Strandbemonstering	58
3.4.1 Overzicht	58
3.4.2 Relatie met droogval	59
3.4.3 Ruimtelijke verspreiding	60
4 Conclusies en discussie	62
5 Kwaliteitsborging	64
Literatuur	65

Verantwoording	67
Bijlage 1 Bemonsteringslocaties Van Veen monsters	68
Bijlage 2 Bemonsteringslocaties strand	71
Bijlage 3 Bemonsteringslocaties bodemschaaf	73
Bijlage 4 Sedimentsamenstelling	76
Bijlage 5 Verspreiding enkele bodemdiersoorten uit de bodemschaaf	83
Bijlage 6 Clusteranalyse data bodemschaaf voorgaande jaren	88
Bijlage 7 Verspreiding enkele bodemdiersoorten uit de Van Veen bemonstering	92

Samenvatting

Van 25 september tot en met 12 oktober 2017 zijn er bemonsteringen uitgevoerd van de bodemdiergemeenschap en sedimentkarakteristieken op en rond de Zandmotor. In totaal zijn er 120 stations in de vooroever bemonsterd met zowel een Van Veen happer als een bodemschaaf. Tevens zijn er 70 stations bemonsterd op het strand tussen de hoog- en laagwater lijn. Aanvullend zijn er 330 sedimentmonsters genomen, deels op de stations waar ook bodemdieren zijn bemonsterd (190 stations), en deels op tussenliggende transecten (140 stations). De bemonsterde stations liggen op 12 parallelle transecten loodrecht op de voormalige kustlijn met een onderlinge afstand van 800 tot 1000 meter.

In voorliggende rapportage worden de resultaten van de analyses op sedimentsamenstelling (korrelgrootteverdeling en organisch stofgehalte) en bodemdiergemeenschap gepresenteerd en vergeleken met voorgaande jaren (2010, 2012, 2013 en 2015).

Er zijn duidelijke ruimtelijke patronen in sedimentsamenstelling met gebieden waar het sediment relatief grof is (kop van de Zandmotor en het meest noordelijk deel van onderzoeksgebied) en gebieden waar het sediment fijner is (net ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor en in het meest zuidelijke deel van het onderzoeksgebied). Deels zijn deze patronen het directe gevolg van de Zandmotor.

De gemiddelde biomassa aan bodemdieren in de bodemschaaf in 2017 (194 gram versgewicht m^{-2}) is hoger dan in de jaren 2010, 2012 en 2015 (respectievelijk 57, 91 en 161 gram versgewicht m^{-2}), maar lager dan in 2013 (430 gram versgewicht m^{-2}), als gevolg van een hoge biomassa *Ensis* spp. in dat jaar. Het gemiddeld aantal taxa per monster (6.8 taxa per monster) is vergelijkbaar met voorgaande jaren (tussen de 5 en 7 taxa per monster, maar hoger dan in 2010, voor de aanleg van de Zandmotor (2.7 taxa per monster). In de Van Veen bemonstering zijn gemiddeld meer taxa aangetroffen (in 2017, 14.4 taxa per monster) dan in de bodemschaaf. Dit komt door de fijnere maaswijdte van de zeef bij de Van Veen bemonstering (1 mm) ten opzichte van de bodemschaaf (5 mm). In het najaar van 2017 zijn er relatief veel zaagjes (*Donax vittatus*), halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*), nonnetjes (*Limecola balthica*) en *Nephtys* spp. aangetroffen in het onderzoeksgebied.

Het totale bestand aan bodemdieren (dichtheid, biomassa en aantal soorten) neemt toe met de waterdiepte. Vooral de ondiepe zone (tot en met -5 meter NAP) is arm en wordt gekenmerkt door specifieke soorten zoals de breedpootkrab (*Portumnus latipes*) en de gemshorenworm (*Scolelepis (Scolelepis) squamata*). Op grotere diepten (dieper dan -6 m NAP) neemt de dichtheid, biomassa en het aantal soorten per monster sterk toe, met de hoogste waarden op dieptes groter dan 11m.

De Zandmotor heeft geleid tot een ruimtelijke verdeling van de bodemdiergemeenschap in het onderzoeksgebied. Dit is waarschijnlijk het directe gevolg van de veranderde hydro- en morfodynamiek. Sinds de aanleg van de Zandmotor heeft de bodemdiergemeenschap zich ontwikkeld, niet alleen in het suppletiegebied, maar ook in de gebieden ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor. Zolang de Zandmotor de hydrodynamische en morfologische processen blijft beïnvloeden is de verwachting dat de bodemdiergemeenschap niet zal terugkeren naar de situatie van voor de aanleg.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Tussen maart en oktober 2011 is er in opdracht van Rijkswaterstaat en de Provincie Zuid-Holland een grootschalige strandsuppletie aangelegd tussen Ter Heijde en Kijkduin, de Zandmotor. De Zandmotor is aangelegd als een schiereiland in de vorm van een haak. Voor de aanleg is ongeveer 21.5 miljoen m³ (volumes in het beun) zand gebruikt, waarvan 19 miljoen m³ is gebruikt voor de aanleg van de haak en de rest voor additionele vooroeversuppleties ten noorden en ten zuiden van de zandhaak. Bij aanleg stak de Zandmotor 1.5 km de zee in en was aan het strand 2 km breed. De Zandmotor is het eerste experiment met een zogenaamde megasuppletie.

Het idee is dat de Zandmotor langzaam erodeert door wind, golven en getijdenbeweging en dat het zand de kustlijn ten noorden van de Zandmotor versterkt. De Zandmotor is een alternatief voor strand- en vooroeversuppleties die iedere 4-5 jaar dienen te worden herhaald. De doelstelling van dit experiment is om na te gaan of het eenmalig aanbrengen van een grote hoeveelheid zand uiteindelijk goedkoper, effectiever en natuurvriendelijker is dan het herhaaldelijk aanbrengen van kleinere hoeveelheden zoals gebeurt bij de reguliere vooroever- en strandsuppleties. Daarnaast is de vraag of een suppletie in deze vorm een aanwinst vormt voor de recreatie.

Het project Monitoring en Evaluatie Zandmotor is opgestart om de ontwikkelingen op en rond de Zandmotor te volgen en hier kennis en ervaring uit op te doen. Uitgangspunt van de monitoring zijn de vier hoofddoelstellingen en de beheerdoelstelling van de Zandmotor zoals geformuleerd in het MER (Fiselier, 2010):

- MER 1: Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen voor veiligheid, natuur en recreatie;
- MER 2: Het genereren van kennisontwikkeling en innovatie om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud meerwaarde voor recreatie en natuur kan opleveren;
- MER 3: Het toevoegen van aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied aan de Delflandse Kust.
- MER 4: Het vergaren van voldoende en adequate informatie om de Zandmotor en omgeving op een goede wijze te kunnen beheren;

Voorliggend meetrapport richt zich op de ontwikkeling van het benthos in de vooroever en het intergetijdenstrand van de Zandmotor, en daarmee op invulling van MER 2 en MER 3.

De Zandmotor kan op verschillende manieren effect hebben op de bodemdiergemeenschap op het strand en de vooroever. De verwachting is dat een Zandmotor een levensduur heeft van ca 20 jaar. Dat betekent dat bij kustsuppleties met een Zandmotor over een relatief klein oppervlak de bodemdiergemeenschap iedere 20 jaar bedekt zal worden met een dikke laag zand. Het ruimere gebied rondom de Zandmotor zal geleidelijk worden voorzien met zand dat erodeert van de Zandmotor. Aangenomen wordt dat een groter aantal normaliter in de kustzone voorkomende soorten bodemdieren om kan gaan met deze geleidelijke bedekking met zand. Bij reguliere vooroever- en strandsuppleties daarentegen wordt de bodemdiergemeenschap over een groter oppervlak iedere 4-5 jaar met een laag sediment bedekt. De verwachting is dat deze innovatieve vorm van kustsuppletie zich zal uiten in de samenstelling van de bodemdiergemeenschap waarbij er betere kansen zijn voor langlevende soorten. Daarnaast is de verwachting dat de vorm van de Zandmotor zal leiden tot een grotere diversiteit in habitats (stroomsnelheid, golfenergie en sedimentsamenstelling) dan normaliter voorkomt in het gebied. Dit kan een effect hebben op de ruimtelijke verdeling van de bodemdiergemeenschap en op het aantal soorten in de kustzone rondom de Zandmotor. Het benthos is een belangrijke voedselbron voor hogere trofische niveaus (vogels en vis en indirect zeezoogdieren) en daarmee kunnen effecten van de Zandmotor op de bodemdiergemeenschap (samenstelling en biomassa) ook effect hebben op de hogere trofische niveaus.

De hoge abstracte doelen en beheersdoelstellingen zijn vertaald in meer concrete evaluatievragen (Ebbens en Fiselier, 2010). Het project Monitoring- en Evaluatie Pilot Zandmotor is erop gericht om informatie te verzamelen om de evaluatievragen te kunnen adresseren. De opzet van de monitoring is beschreven in Tonnon et al. (2011) (Fase 2, 2011 t/m 2016) en Taal et al. (2017) (Fase 3, 2017 t/m 2021). De monitoring is reeds in 2010 gestart (Fase 1) met een T_0 meting (Tonnon en Baptist, 2011; Wijsman en Verduin, 2011). De resultaten van Fase 2 zijn geëvalueerd in een samenvattende rapportage (Taal et al., 2016a; b).

Voorliggend datarapport richt zich op de doelen en vragen die betrekking hebben op het benthos van het strand en de ondiepe kustzone van de Zandmotor. De relevante evaluatievragen behorende bij de MER doelen zijn de volgende (Taal et al., 2017):

MER doel 2:

- Evaluatievraag EF2-2: Heeft een megasuppletie als de Zandmotor een meerwaarde voor de natuur ten opzichte van reguliere suppleties? En waardoor wordt deze meerwaarde veroorzaakt?
 - Subvraag EF2-2a: Via welke mechanismen veroorzaakt de Zandmotor veranderingen in de gradiënten in sedimentsamenstelling (korrelgrootteverdeling en organisch stof gehalte) op het natte strand en de vooroever?
 - Subvraag EF2-2b: Helpt het eenmalig neerleggen van een grote hoeveelheid zand om een natuurlijkere bodemdiersamenstelling in de ondiepe kustzone te krijgen in vergelijking met een regulier suppletieschema en leidt dit ook tot langer levende soorten?

MER doel 3:

- Evaluatievraag EF3-1b: Hoe ontwikkelt de (tijdelijke) nieuwe natuur zich in de lagune¹ en op de vooroever van de Zandmotor?
 - subvraag EF3-1b1: Hoe heeft de diversiteit in sedimentsamenstelling zich ontwikkeld in de lagune en de vooroever?
 - subvraag EF3-1b2: Heeft de Zandmotor nieuwe habitats en meer variatie in habitats gecreëerd. Leiden deze tot hogere natuurwaarden in intergetijdegebied en ondiepe kustzone? Is dit te kwantificeren voor bodemdieren, vissen, vogels en zeezoogdieren?²
 - subvraag EF3-1b3: Hoe heeft de bodemdiergemeenschap zich ontwikkeld in de lagune en de vooroever?

1.2 Aanpak

Om de effecten van de Zandmotor op de bodemdiergemeenschap te onderzoeken, zijn er in het najaar bemonsteringen uitgevoerd van sediment en bodemdieren op het strand met een steekframe, in de ondiepe kustzone met een Van Veen happer en een bodemschaaf. De Van Veen happer is vooral geschikt voor het bemonsteren van de relatief kleinere (maaswijdte zeef is 1 mm), minder zeldzame, in de bodem levende dieren. Het bemonsterde oppervlak is echter beperkt (0.1 m²) ten opzichte van de bemonsterde oppervlakte met de bodemschaaf (ongeveer 15 m²). Grotere mobiele en sedentaire, relatief zeldzame dieren, worden daarom beter bemonsterd met een bodemschaaf. Omdat er bij de bodemschaaf gebruik wordt gemaakt van een grotere maaswijdte (5 mm) worden kleinere organismen zoals Polychaeten gemist. De bemonstering met de bodemschaaf en de Van Veen happer (of een vergelijkbare methode als de boxcorer) vullen elkaar goed aan (Ens et al., 2007) en worden vaker naast elkaar gebruikt (Wijsman et al., 2014).

¹ Omdat de lagune niet (meer) wordt bemonsterd zullen hier geen uitspraken over kunnen worden gedaan

² Voorliggende studie richt zich op de bodemdieren. Vis en zeezoogdieren worden niet meer gemonitord in Fase 3. Vogels worden gemonitord in een andere deelstudie

1.3 Doelstelling

Het doel van dit datarapport is een overzicht te geven van de resultaten van de bemonstering van het sediment en benthos op het strand en de ondiepe kustzone van de Zandmotor in het najaar van 2017 en een vergelijk met voorgaande jaren. Een dergelijke bemonstering is namelijk eerder uitgevoerd in 2010 (Wijsman en Verduin, 2011), 2011 (Boon en Wijsman, 2012), 2012 (Wijsman, 2014a), 2013 (Wijsman, 2014b) en 2015 (Wijsman, 2016). Door over meerdere jaren te monitoren, kan de jaarlijkse dynamiek in bodemdiersamenstelling worden gevolgd en kan de ontwikkeling van langlevende soorten in kaart worden gebracht. De resultaten van de bemonstering zullen worden gebruikt bij de evaluatie in 2021 waarbij de bovengenoemde evaluatievragen zullen worden geadresseerd.

1.4 Dankwoord

Een groot aantal mensen hebben meegewerkt aan de totstandkoming van dit rapport. Allereerst willen we de bemanning van de Ye-42 en de ms Zuiderhaaks en de veldmedewerkers van Wageningen Marine Research (Douwe vd Ende, Yoeri van Esch) voor hun inzet tijdens de bemonstering van de vooroever met de bodemschaaf en de Van Veen happer. De medewerkers van Shore hebben geholpen bij de strandbemonstering. Een groot aantal mensen van Eurofins Aquasense, Bureau Waardenburg en Wageningen Marine Research zijn betrokken bij het uitzoeken en determineren van de het benthos uit de Van Veen en Strandbemonstering. De sedimentanalyses zijn uitgevoerd door Peter van Breugel van het NIOZ in Yerseke. Babeth van der Weide en Margriet van Asch waren verantwoordelijk voor het databeheer bij Wageningen Marine Research. Hierbij willen de auteurs Petra Damsma (Rijkswaterstaat WVL) en vooral Joël Cuperus (Rijkswaterstaat CIV) danken voor hun waardevolle suggesties en aanvullingen op eerdere versies van dit rapport.

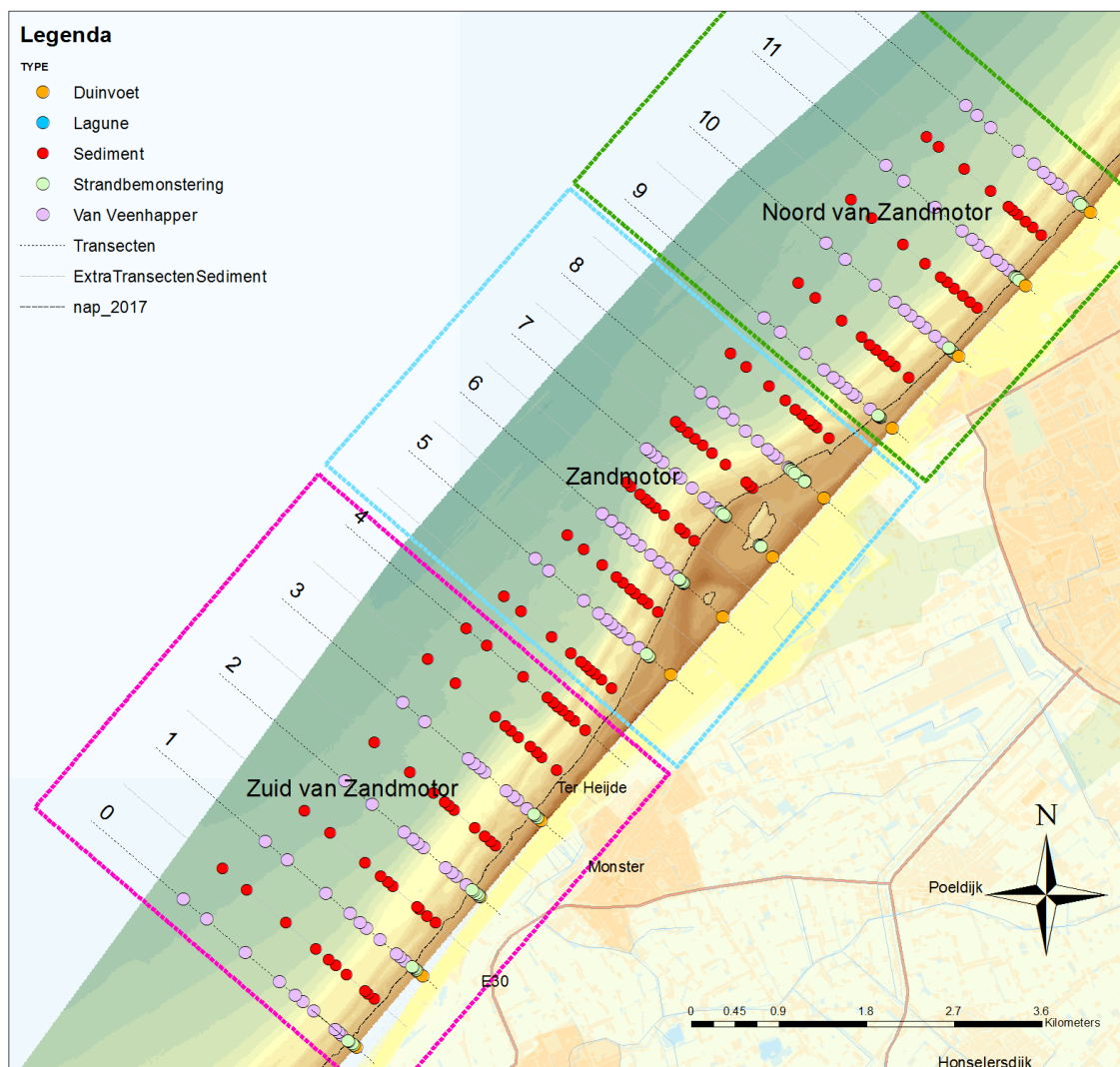
2 Materiaal en methoden

2.1 Opzet monitoring

De bodemdiergemeenschap (benthos) wordt op diverse manieren beïnvloed door strand- en vooroeversuppleties. Een belangrijke vorm van directe impact is dat de oorspronkelijke bodemdiergemeenschap wordt bedekt met een laag sediment waarna deze zich opnieuw kan ontwikkelen (Birklund en Wijsman, 2005; Goldsmit et al., 2014). Het zijn doorgaans de kortlevende, opportunistische soorten die zich als eerste zullen ontwikkelen. Suppleties kunnen ook via een verandering in sedimentsamenstelling effect hebben op de bodemdiergemeenschap (Van der Wal en Van Dalen, 2008; Baptist et al., 2009).

Het onderzoeksgebied van de Zandmotor kan grofweg ingedeeld worden in drie gebieden (Figuur 1)

- Zuid:** Het gebied ten zuiden van de Zandmotor (transect 0 tot en met transect 4, Figuur 1). Als gevolg van het netto kustlangs transport naar het noorden kan worden verwacht dat het zand van de Zandmotor slechts beperkt in dit gebied zal sedimenteren. Mogelijk zal de uitstralende werking van de Zandmotor leiden tot lagere stroomsnelheden in dit gebied waardoor het zal aanzanden met sediment uit het zuiden of vanuit dieper water. Reguliere suppleties zijn dan in de nabije toekomst niet nodig. Indien het gebied, ondanks de uitstralende werking van de Zandmotor blijft eroderen zal het mogelijk in de toekomst weer dienen te worden versterkt door middel van een reguliere (vooroever) suppletie. In dat geval kan het gebied worden beschouwd als een "referentiegebied".
- Zandmotor:** Dit is het gebied waar de Zandmotor is aangelegd (transect 5 tot en met transect 8, Figuur 1). De oorspronkelijke zeebodem is hier bedekt met een dikke laag zand dat deels permanent boven water uitsteekt. Aan de zeezijde is een sterke dieptegradiënt ontstaan en golven en stroming zorgen hier voor een dynamisch klimaat
- Noord:** Het gebied ten noorden van de Zandmotor (transect 9 tot en met transect 12, Figuur 1). Als gevolg van de dominante stroomrichting naar het noorden wordt verwacht dat het meeste zand van de Zandmotor ten noorden van de Zandmotor zal worden afgezet. Verwacht wordt dat het gebied als gevolg van de Zandmotor een depositiegebied zal worden met een sterk reliëf. Als gevolg van de geleidelijke aanzanding met zand afkomstig van de Zandmotor zullen reguliere suppleties in de nabije toekomst overbodig zijn en krijgt het bodemleven de kans zich te herstellen.



Figuur 1: Overzicht van de meetlocaties voor sediment en benthos bemonstering in het najaar van 2017. De roze locaties zijn bemonsterd met de Van Veen happer en de bodemschaaf. De groene locaties lagen op het strand en zijn bemonsterd met het steekframe en op de oranje (Duinvoet) en rode locaties is uitsluitend sediment verzameld. De monsterlocaties zijn geprojecteerd op een recente dieptekaart, waarbij het gebied van de Zandmotor is gemeten in juli 2017. De gekleurde gestippelde kaders geven de deelgebieden weer (Zuid van Zandmotor, Zandmotor en Noord van Zandmotor).

De monitoringslocaties die in het najaar van 2017 zijn bemonsterd voor het macrobenthos liggen op 12 transecten loodrecht op de voormalige kustlijn (Figuur 1). De ligging van deze transecten is vrijwel identiek aan de ligging van de transecten uit de bemonstering van 2010 (Wijsman en Verduin, 2011), 2012 (Wijsman, 2014a) en 2013 (Wijsman, 2014b). Het verschil is dat er vanaf 2013 een extra transect (transect 0) is bemonsterd aan de zuidwestzijde van het gebied. Dit is ten koste gegaan van de benthos bemonstering op transect 4. De reden om dit transect te verplaatsen, is dat er redelijk wat aanzanding is opgetreden op transect 4 door de aanleg van de Zandmotor waardoor dit transect niet meer kan worden beschouwd als een referentietransect. Het nieuwe transect 0 ligt 1000 meter verder van de Zandmotor vandaan waardoor de stations op dit transect minder zullen worden beïnvloed door de Zandmotor. Tussen de benthos transecten zijn ook nog additionele transecten gelegen (0-a, 1-a, 2-a enz.). De bemonsterde stations op deze transecten zijn aangegeven met rode stippen in Figuur 1. Op deze additionele transecten is alleen een bodemonmonster verzameld voor sedimentanalyse en is geen benthos verzameld. Transecten 0 tot en met 4 liggen in het gebied ten zuiden van de Zandmotor. De onderlinge afstand tussen de transecten is 1000 meter. Transecten 5 tot en met 8 liggen in het gebied van de Zandmotor. De onderlinge afstand tussen deze transecten is 800 meter.

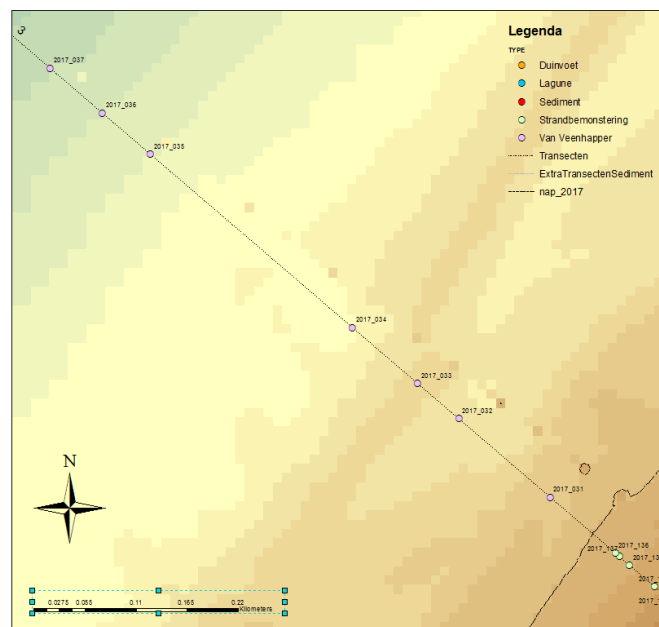
Transecten 9 tot en met 12 liggen in het invloedgebied van de Zandmotor, ten noorden van de Zandhaak. De onderlinge afstand tussen deze transecten is 1000 meter.

In 2011, direct na de aanleg van Zandmotor, is er ook een bemonstering van de bodemdiergemeenschap uitgevoerd (Boon en Wijsman, 2012). In dat jaar is er gekozen voor een andere bemonsteringsopzet van de bodemdiergemeenschap, waarbij de transecten loodrecht op de Zandmotor zijn gelegd. Wegens de werkzaamheden zijn op de raaien 1, 2 en 3 slechts 3 van de 10 stations per raai bemonsterd met de Van Veen happer. Om budgettaire redenen zijn in 2011 slechts de helft van de bemonsterde stations uitgezocht. Bemonstering met de bodemschaaf heeft in 2011 helemaal niet plaatsgevonden. In het vergelijk tussen de jaren is daarom 2011 buiten beschouwing gelaten in voorliggend rapport.

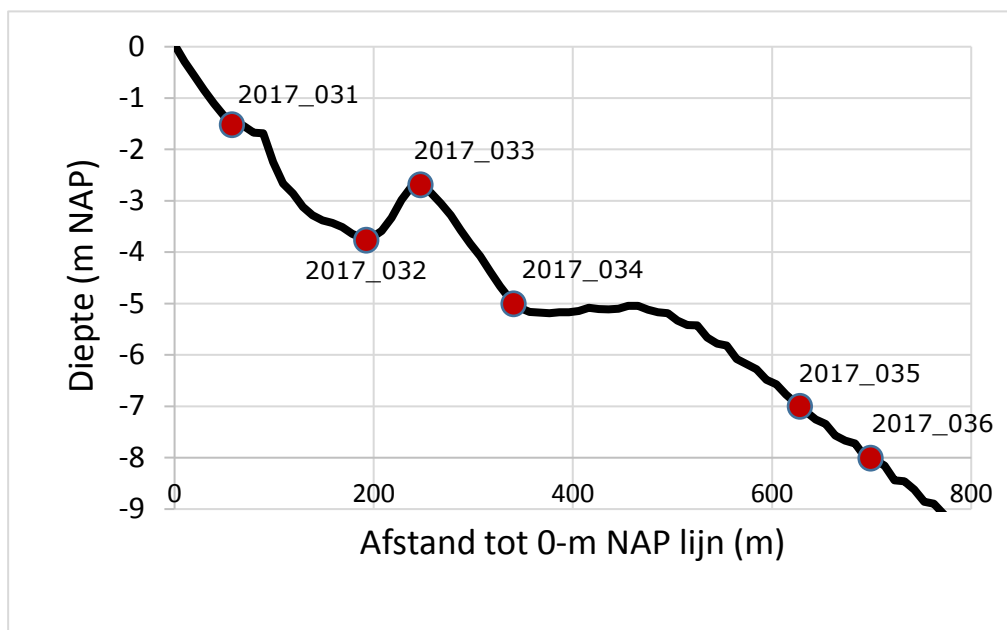
De monsterlocaties hebben ieder een unieke code die bestaat uit het jaar en volgnummer e.g. 2017_001. De locaties 2017_001 tot en met 2017_120 zijn de locaties in de vooroever waar zowel benthos als sediment is bemonsterd. De locaties 2017_121 tot en met 2017_180 en 2017_196 tot en met 2017_205 zijn de locaties op het strand waar zowel benthos als sediment is bemonsterd. Op de locaties 2017_215 tot en met 2017_344 in de vooroever en 2017_181 tot en met 2017_192 op het strand is alleen een sedimentmonster genomen.

Monsterlocaties in de vooroever

In de vooroever van ieder transect liggen 10 monsterlocaties die zijn bemonsterd met de Van Veen happer en met de bodemschaaf. Op het eerste transect (transect 0) liggen van het strand naar het diepe water de locaties 2017_001 tot en met 2017_010. Op het tweede transect (transect 1) liggen de locaties 2017_011 tot en met 2017_020, enzovoorts. De exacte ligging van de monsterlocaties op de transecten is bepaald aan de hand van een recente bathymetriekaart (juli 2017), waarbij rekening is gehouden met de diepteligging en de morfologie. In principe zijn de diepteklassen aangehouden zoals aangegeven in Tabel 1. Indien er een brekerbank aanwezig was op het transect zijn de bemonsterde locaties zo gekozen dat er een locatie ligt op de top van de brekerbank en een locatie in de trog aan de binnenkant van de brekerbank (Figuur 2 en Figuur 3). Indien er geen (duidelijke) brekerbank aanwezig was zijn de locaties gelegen op het snijpunt van de transecten met de dieptelijnen zoals aangegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Detailoverzicht van transect 3 uit de sediment en benthos bemonstering in het najaar van 2017.



Figuur 3: Detailoverzicht van transect 3 uit de sediment en benthos bemonstering in het najaar van 2017.

Tabel 1: Voorgenomen diepteligging (m t.o.v NAP) van de monsterlocaties in de vooroever.

Klasse	Diepteligging (m NAP)
1	-1.5
2	-3 ¹
3	-4 ²
4	-5
5	-7
6	-8
7	-9
8	-10
9	-11
10	-11.5

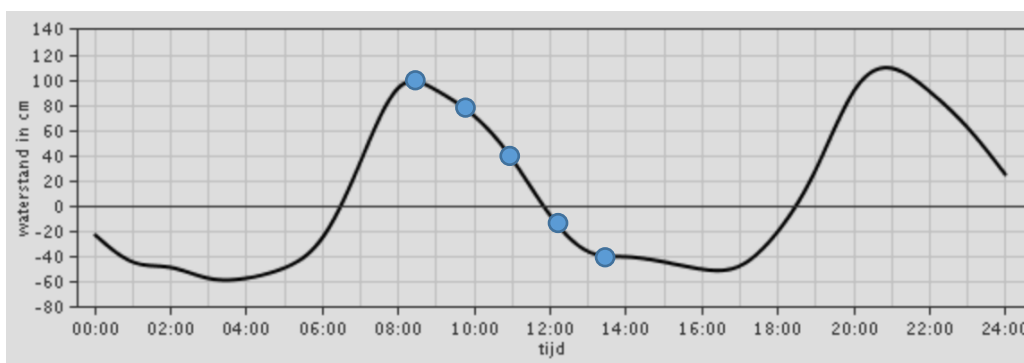
¹ Indien er een brekerbank ligt is deze monsterlocatie verplaatst naar de trog aan de binnenzijde van de brekerbank

² Indien er een brekerbank ligt is deze monsterlocatie verplaatst naar de top van de brekerbank

Monsterlocaties op het strand

Op het strand zijn telkens 5 monsterlocaties gelegen op dezelfde transecten. Op transect 0 liggen van de laagwaterlijn naar de hoogwaterlijn de locaties 2017_121 tot en met 2017_125. Op transect 1 liggen de locaties 2017_126 tot en met 2017_130, enzovoorts (Figuur 2). In het intergetijdengebied rond de lagune zijn twee aanvullende transecten bemonsterd. Op transect 8 zijn er aan de noordzijde van de lagune 5 stations bemonsterd (stations 2017_196 tot en met 2017_200). Op transect 7 zijn er aan de zuidzijde van de lagune 5 stations bemonsterd (stations 2017_201 tot en met 2017_205).

De exacte ligging van de monsterlocaties op het strand is afhankelijk van het getij. Bij Scheveningen is de tijd tussen hoogwater en laagwater ongeveer 5 uur (Figuur 4). Het blijft dan ongeveer drie uur laag waarbij het water nog een klein beetje afneemt voordat de vloed weer opkomt. Om de droogvalduur van de locaties per droogvalduurklasse uniform te houden zijn er iedere 1:15 uur monsters van de te bemonsteren transecten verzameld. De coördinaten van de monsterlocaties op het strand zijn geregistreerd met een handheld GPS (Garmin GPS 60).



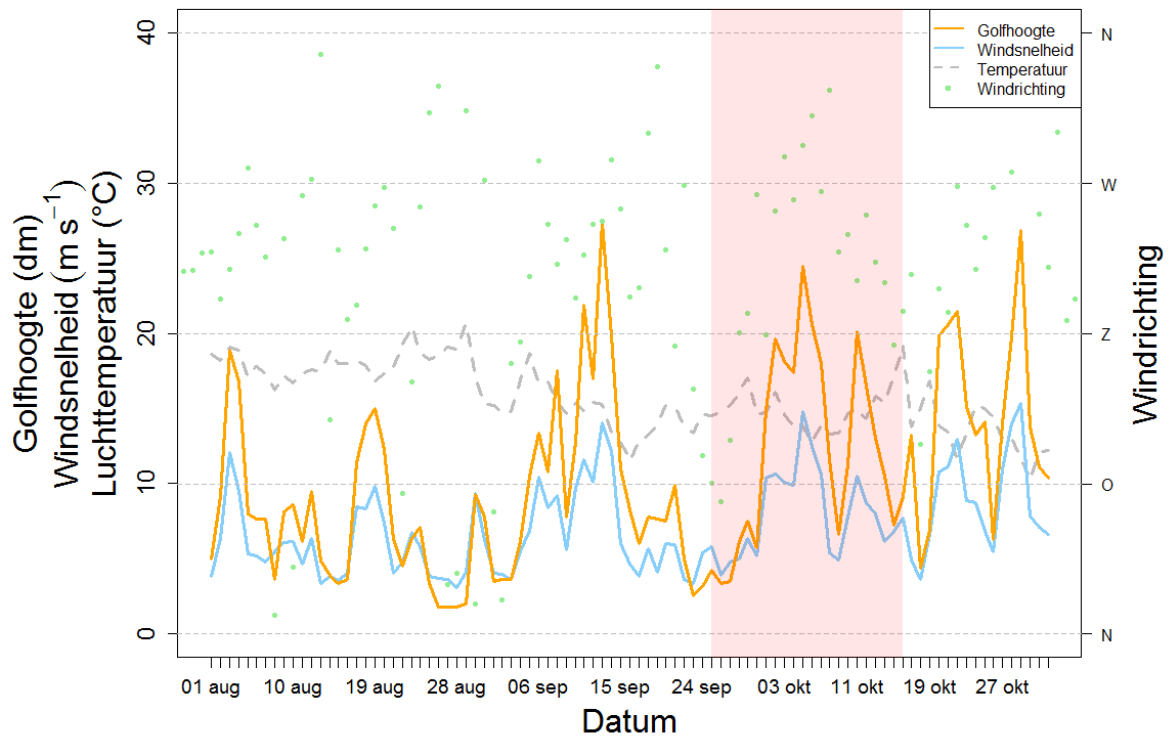
Figuur 4: Voorspelde getijcurve Scheveningen voor woensdag 11 oktober 2017. De blauwe stippen geven het moment van bemonstering weer.

Ten slotte is er op ieder transect ook nog een sedimentmonster genomen op de locatie waar het strand overgaat in het duin (Stationnummers 2017_181 tot en met 2017_192). Deze zijn door middel van oranje stippen aangegeven in Figuur 1.

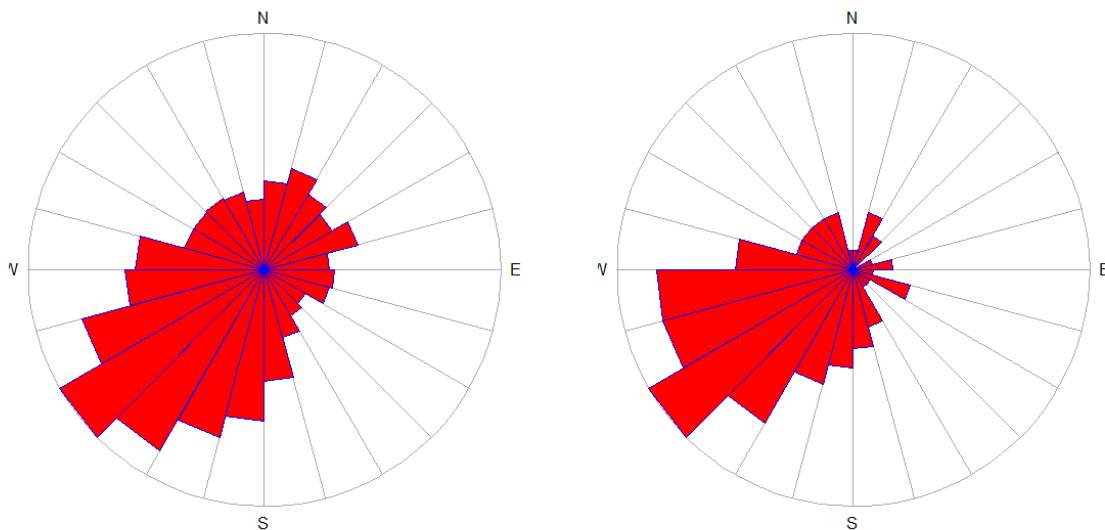
2.2 Weerscondities tijdens de bemonstering

In Figuur 5 zijn de weerscondities voor het najaar van 2017 weergegeven. Deze gegevens zijn afkomstig van KNMI (locatie Hoek van Holland) en Windguru (www.windguru.cz.nl locatie Ter Heijde). Deze gegevens zijn indicatief voor de werkelijk opgetreden weersomstandigheden bij de Zandmotor. De maand augustus was relatief rustig met weinig wind. Begin september is het stevig gaan waaien uit het zuidwesten waardoor er golven van meer dan 2 meter zijn opgetreden. Aan het eind van september was het weer rustig waarbij de wind is gedraaid naar het oosten. Begin oktober toen de bemonstering net was gestart is het weer hard gaan waaien uit het noordwesten waardoor de bemonstering is uitgesteld en is afgerond in de dagen met relatief weinig golven.

De overheersende windrichting bij Ter Heijde in de periode 2010 tot en met 2017 was uit het zuidwesten (Figuur 6). In het najaar van 2017 (tussen 1 augustus en 1 november) kwam de overheersende windrichting overeen met de langjarig gemiddelde windrichting.



Figuur 5: Overzicht weersgegevens (Hoek van Holland) en golfhoogte (Ter Heijde) in de periode tussen 1 augustus en 1 november 2017. De oranje lijnen geven de daggemiddelde golfhoogtes (dm), de blauwe lijn de daggemiddelde windsnelheid (m s^{-1}) en de gebroken grijze lijn de luchttemperatuur ($^{\circ}\text{C}$). De groene stippen geven de daggemiddelde windrichting aan. De bemonsteringsperiode is aangegeven door het oranje vlak. Data zijn afkomstig van KNMI (wind en temperatuur) en windguru.cz (golfhoogte).



Figuur 6: Windroos voor de locatie Hoek van Holland voor de periode 1 jan 2010 tot en met 31 december 2017 (links) en voor het najaar (1 augustus tot en met 1 november) van 2017. Weergegeven is het aantal dagen dat de wind uit een bepaalde hoek kwam. Het maximaal aantal dagen is respectievelijk 269 en 12 dagen voor de linker en rechter figuur.

2.3 Sedimentsamenstelling

In de periode van 28 september tot en met 16 oktober 2017 zijn in totaal 330 sedimentmonsters genomen voor de analyse van de korrelgrootteverdeling. Van 202 van deze stations is tevens het organisch stofgehalte (fractie organisch koolstof en totaal stikstof) bepaald. 248 locaties zijn bemonsterd in de ondiepe kustzone, 70 locaties op het strand en 12 locaties aan de rand van de duinvoet. Op de locaties 2017_220 (vistuig van een staandwantvisser) en 2017_295 (te ondiep) was het niet mogelijk om een sedimentmonster te nemen. In de ondiepe kustzone is een steekbuis (\varnothing 3 cm) vijf cm diep in het verzamelde sediment van de Van Veen happer gestoken. Op het strand is er een sedimentmonster genomen direct naast het steekframe. Gedurende de bemonstering zijn de sedimentmonsters bewaard in een koelbox en vervolgens in het laboratorium opgeslagen bij $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Alle 330 monsters zijn gevriesdroogd en vervolgens is een subsample geanalyseerd op de korrelgrootteverdeling. De korrelgrootteverdeling is geanalyseerd middels laser diffractie met een Malvern Mastersizer (detectie range $0.02 - 2000\text{ }\mu\text{m}$), op het laboratorium van het NIOZ in Yerseke. Het sediment is hierbij niet voorbehandeld. De korrelgrootteverdeling is geclassificeerd in 5 verschillende fracties (Tabel 2) volgens Wentworth (1922) en de mediane korrelgrootte (μm) is berekend.

Tabel 2: Klassegrenzen korrelgrootteverdeling (naar Wentworth, 1922).

Fractie	range (m NAP)
Silt	$< 63\text{ }\mu\text{m}$
Zeer fijn zand	$62.5 - 125\text{ }\mu\text{m}$
Fijn zand	$125 - 250\text{ }\mu\text{m}$
Medium zand	$250 - 500\text{ }\mu\text{m}$
Grof zand	$500 - 1000\text{ }\mu\text{m}$

Een deel (202) van de monsters is tevens geanalyseerd op organisch stofgehalte (total N en Org C) met een Carlo Erba elemental analyzer, type NA-1500. Als voorbehandeling is het monster na vriesdrogen gemaal. De analyses zijn uitgevoerd door het NIOZ in Yerseke. Van de extra stations (rode stippen in Figuur 1) zijn geen organisch stofgehalten bepaald.

2.4 Strand

2.4.1 Bemonstering

De bemonstering van het strand is door Wageningen Marine Research uitgevoerd op woensdag 11 oktober 2017 (transecten 8 tot en met 12) en donderdag 12 oktober 2017 (transecten 0 tot en met 7)(Bijlage 2, Tabel 10). In totaal zijn er 70 locaties op het strand bemonsterd voor benthos. Er zijn twee transecten bemonsterd rond de lagune op de transecten 7 en 8 (Stations 2017_196 tot en met 2017_205). Tijdens de strandbemonstering zijn ook de (12) sedimentmonsters aan de duinvoet verzameld.

De locaties zijn bezocht met een 4WD tijdens afgaand water. Op 11 september was het voorspelde hoogwater bij Scheveningen om 7:29 (116 cm NAP) en laagwater om 15:35 (-53 cm NAP). Op 12 september was het hoogwater om 8:25 (100 cm NAP) en laagwater om 16:25 (-52 cm NAP). Zodra de locatie droog kwam te staan is er een rvs frame (37 x 27 cm \approx 0,1 m²) de bodem ingedrukt tot een diepte van 13 cm (Figuur 7). Met een spade is de inhoud van het frame leeggeschept en in emmers overgebracht. De inhoud van de emmers is vervolgens gezeefd over een 1 mm zeef. Het residu dat op de zeef is achtergebleven is overgebracht in potten (500 ml) en geconserveerd in zeewater gebufferde formaline (4%).



Figuur 7: RVS frame voor strandbemonstering. NB op de foto is er water in het frame gestroomd. Tijdens de bemonstering zou deze opnieuw worden gestoken om te voorkomen dat bijvoorbeeld amphipoden weg kunnen zwemmen.

2.4.2 Verwerking

De verwerking van de benthosmonsters van het strand was identiek aan de verwerking van de Van Veen monsters. Een beschrijving is te vinden in paragraaf 2.6.2.

2.5 Bodemschaaf

2.5.1 Bemonstering

De bemonstering met de bodemschaaf is door Wageningen Marine Research uitgevoerd met de Ye-42 in de periode van 25 tot en met 28 september 2017. De bodemschaaf wordt gebruikt voor een kwantitatieve bemonstering van de grotere en relatief zeldzame epibenthos en endobenthos soorten. De bodemschaaf is een kooi (maaswijdte 0,5 cm) die aan de onderzijde is voorzien van een mes van 10 cm breed (Figuur 8). 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 organismen gevangen. Bepaalde vissen worden ook gevangen in de bodemschaaf (b.v. zandspiering), maar voor een kwantitatieve bemonstering van de vispopulaties zijn andere methodieken (bijvoorbeeld sleepnetten) meer geschikt. De kooi van de bodemschaaf fungeert tijdens het vissen als zeef. De bodemschaaf wordt achter een 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 (Figuur 8).

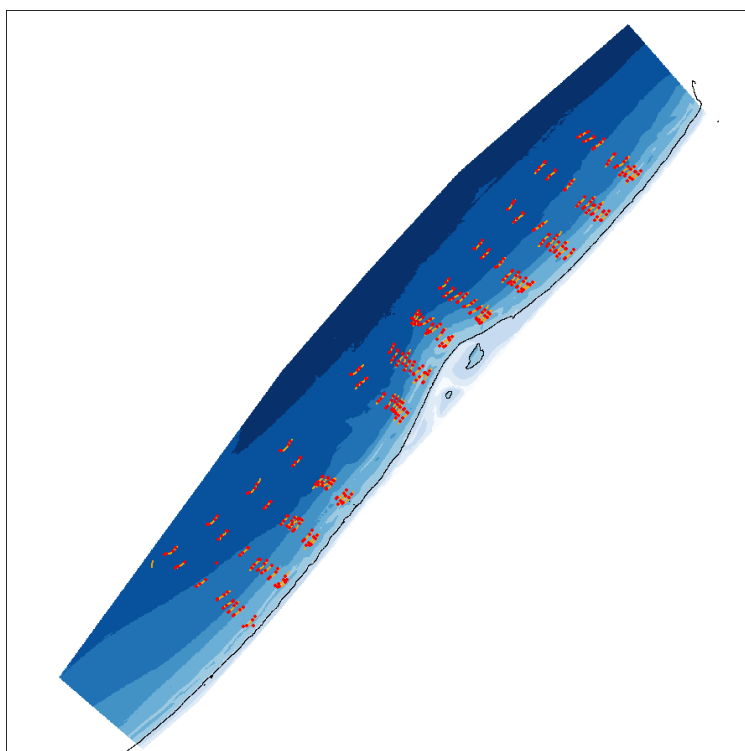


Figuur 8: Bodemschaaf. Links de bodemschaaf voordat deze overboord wordt gezet. Goed te zien is het wiel en de teller om het aantal omwentelingen te registreren waardoor de sleepafstand is te bepalen. Rechts is een gevulde bodemschaaf, voor driekwart gevuld met ruw monster. Het mes is op deze foto goed te zien.

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 ronddraaide 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.

De beoogde trek lengte bedroeg 150 m, resulterend in een bemonsterd oppervlakte van 15 m². Tevens werd het moment van het begin en einde van vieren en halen geregistreerd en de diepte en de kabellengte genoteerd. 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).

Alle slepen zijn genomen evenwijdig aan de kust (Figuur 9.) 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.



Figuur 9: Overzicht van de trekken met de bodemschaaf. De oranje lijn is de positie van het schip tijdens de sleep. De rode punten geven de momenten van begin vieren, eind vieren, begin halen en eind halen.

In verband met de ondiepte in combinatie met de golven was het niet mogelijk om alle stations te bemonsteren. In totaal konden 13 ondiepe stations (2017_001, 2017_002, 2017_011, 2017_021, 2017_031, 2017_041, 2017_051, 2017_061, 2017_071, 2017_081, 2017_091, 2017_101 en 2017_111) niet bemonsterd worden. De coördinaten van de bemonsterde stations zijn weergegeven in Bijlage 3, Tabel 11.

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.

2.5.2 Verwerking

Het totale volume van de vangst (liter) na het spoelen van het monster is genoteerd. Indien de vangst meer dan 6 liter was is er een subsample genomen van 6 liter welke in de container 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*), en de otterschelp (*Lutraria lutraria*)). Het versgewicht is bepaald door weging op een zeeweegschaal 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 otterschelpen (*Lutraria lutraria*), strandgapers (*Mya arenaria*) en zwaardschedes (*Ensis* spp.) worden door de bodemschaaf vaak alleen de siphonen bemonsterd. Van deze soorten konden daarom versgewicht niet direct worden bepaald.

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. zwaardschedes, 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 schelpen van zwaardschedes is zoveel mogelijk aan boord gemeten om via regressie de versgewichten te bepalen (Craeymeersch et al., 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 zwaardschedes, 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.

Met de bodemschaaf worden naast schelpdieren, stekelhuidigen en anemonen ook een aantal mobiele vissen en garnalen gevangen. De bodemschaaf is niet ontwikkeld voor de bemonstering van deze mobiele soorten. In de verdere analyses zijn dan ook de vissen, de inktvissen en ook de garnalen buiten beschouwing gelaten. De vangstgegevens zijn wel ingevoerd in de database.

2.6 Van Veen happer

2.6.1 Bemonstering

De bemonstering van het macrozoöbenthos en het sediment in de ondiepe kustzone met de Van Veen bodemhapper is uitgevoerd met de Ye-42 en de ms Zuiderhaaks in de periode van 28 september 2017 tot en met 9 oktober 2017. Alle beoogde 120 stations zijn in deze periode bemonsterd. In 2017 zijn er in tegenstelling met 2013 en 2015 geen benthosmonsters genomen met de Van Veen happer in de lagune. De coördinaten van de bemonsterde stations zijn weergegeven in Bijlage 1, Tabel 9.

De bemonstering is uitgevoerd met een verzwaarde Van Veen bodemhapper, met een oppervlakte van 0,1 m². Op iedere locatie is één monster genomen. Wanneer de Van Veen bodemhapper niet vol zat is het monster afgekeurd en is er een nieuw monster genomen.

De totale inhoud van de Van Veen bodemhapper is gezeefd over een 1 mm zeef en gefixeerd op zeewater gebufferde formaldehyde (4%). De monsters zijn gecodeerd en opgeslagen.

2.6.2 Verwerking

Alle benthosmonsters die zijn verzameld met de Van Veen bodemhapper in de vooroever alsmede de benthosmonsters die zijn verzameld op het strand zijn uitgezocht en de aangetroffen exemplaren zijn (indien mogelijk) tot op soort gebracht door taxonomen van Wageningen Marine Research (50% van de monsters) en het consortium Eurofins Aquasense/Bureau Waardenburg (overige 50% van de monsters). Alle monsters die door Eurofins Aquasense/Bureau Waardenburg zijn geanalyseerd zijn door Wageningen Marine Research nagelopen, en waar nodig gecorrigeerd alvorens deze zijn verast.

Per locatie per soort is het asvrijdrooggewicht (AFDW) bepaald met een PrepAsh. Deze verassingoven kan 12 tot maximaal 29 monsters (afhankelijk van de grootte van het monster) in een run analyseren. Tijdens het drogen en het verassen wordt het gewicht van het monster continu gemonitord. Wanneer de gewichten van de monsters tijdens het drogen respectievelijk verassen niet meer veranderen (< 0.1 % per 30 minuten) is de betreffende fase afgerond. Het drogen is uitgevoerd bij 100°C en het verassen bij 520°C. AFDW is bepaald uit het verschil tussen het drooggewicht en het gewicht na verassing.

Om de verschillen tussen de labs en effecten van veranderingen in naamgevingen te verminderen zijn de namen van een aantal taxa aangepast voordat de analyses zijn uitgevoerd (Tabel 3).

Tabel 3: Correcties namen Van Veen en Strandbemonstering.

Oorspronkelijke naam	Gebruikte naam
<i>Abra</i> spp.	<i>Abra alba</i>
<i>Aphelochaeta marioni</i>	Cirratulidae
<i>Capitella capitata</i>	<i>Capitella</i> spp.
Capitellidae	<i>Capitella</i> spp.
<i>Echinocardium</i> spp.	<i>Echinocardium cordatum</i>
<i>Ensis leei</i>	<i>Ensis</i> spp.
<i>Eteone longa</i>	<i>Eteone</i> spp.
<i>Eteone flava</i>	<i>Eteone</i> spp.
Eteoninae	<i>Eteone</i> spp.
<i>Euspira</i> spp.	<i>Euspira nitida</i>
<i>Fabulina</i> spp.	<i>Fabulina fabula</i>
<i>Grania</i> spp.	<i>Grania postclitellochaeta</i>
<i>Harmothoe imbricata</i>	<i>Harmothoe</i> spp.
<i>Harmothoe impar</i>	<i>Harmothoe</i> spp.
<i>Jaera</i> spp.	<i>Jaera (Jaera) albifrons</i>
<i>Lanice</i> spp.	<i>Lanice conchilega</i>
<i>Liocarcinus</i> spp.	<i>Liocarcinus holsatus</i>
<i>Lutraria</i> spp.	<i>Lutraria lutraria</i>
<i>Malmgreniella</i> spp.	<i>Malmgrenia</i> spp.
<i>Marenzelleria</i> spp.	<i>Marenzelleria viridis</i>
<i>Melita</i> spp.	Melitidae
<i>Microprotopus</i> spp.	<i>Microprotopus maculatus</i>
<i>Owenia fusiformis</i>	<i>Owenia</i> spp.
<i>Pectinaria</i> spp.	Pectinariidae
Polynoïnae	Polynoidae
<i>Processa parva</i>	<i>Processa modica modica</i>
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	<i>Pseudocuma simile</i>
<i>Scolecopsis</i> spp.	<i>Scolecopsis (Scolecopsis) squamata</i>
<i>Scoloplos</i> spp.	<i>Scoloplos armiger</i>
<i>Sipunculus nudus</i>	<i>Sipuncula</i> spp.
<i>Spio filicornis</i>	<i>Spio</i> spp.
<i>Stenothoe</i> spp.	<i>Stenothoe marina</i>
<i>Streblospio</i> spp.	<i>Streblospio benedicti</i>
<i>Streblospio shrubsolii</i>	<i>Streblospio benedicti</i>
<i>Tellina</i> spp.	Tellinidae
<i>Tharyx</i> spp.	Cirratulidae
<i>Urothoe</i> spp.	<i>Urothoe poseidonis</i>
<i>Venerupis</i> spp.	<i>Venerupis corrugata</i>

2.7 Data analyse

De bodemdiergegevens verzameld met de bodemschaaf en de Van Veen happer zijn afzonderlijk geanalyseerd met diverse univariate en multivariate technieken. Eventuele vissen, inktvissen, garnalen en insecten zijn in de analyses buiten beschouwing gelaten. Oligochaeten, Bryozoa, Hydrozoa, Anthozoa en Nemertea zijn samengevoegd tot op het niveau van Klasse of Phylum.

In de multivariate analyses over het jaar 2017 zijn taxa die slechts op één station zijn aangetroffen niet meegenomen in de analyses. In de analyses over alle jaren zijn alleen taxa meegenomen die vaker dan 5 keer zijn aangetroffen.

De multivariate analyses (cluster analyse en multi-dimensional scaling) zijn uitgevoerd op de dichtheden (aantal m⁻²) van de organismen met behulp van PRIMER (Clarke et al., 2014a; Clarke en Gorley, 2015). De data zijn vierdemachtswortel getransformeerd om ervoor te zorgen dat er een goede balans is tussen dominante soorten en minder abundante soorten in de variantieanalyses

(Clarke et al., 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).

Een clusteranalyse groepeert 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 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 cluster gebaseerd zijn op toeval of niet.

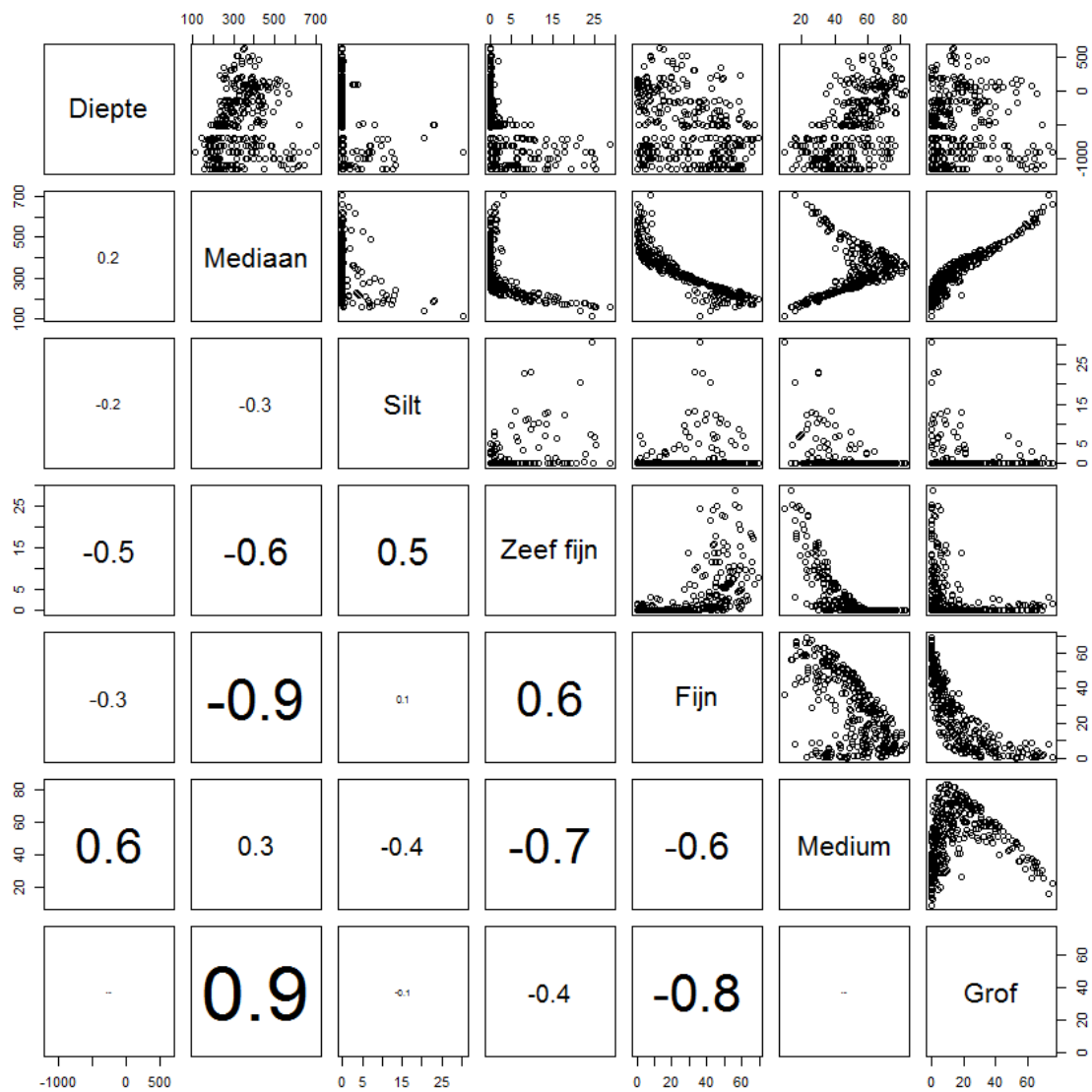
Een andere manier om de verschillen in bodemdiergemeenschap tussen de stations te visualiseren is via multidimensional scaling (MDS). Bij een MDS worden de dissimilariteiten (100 - similariteit) gevisualiseerd in een twee-dimensionale figuur, waarbij de afstand tussen twee locaties op de figuur overeenkomt 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. Om de ontwikkeling over de tijd in kaart te brengen zijn er aanvullende nMDS analyses uitgevoerd over geaggregeerde data (Jaar_Gebied en Jaar_Diepteklas).

3 Resultaten

3.1 Sediment

3.1.1 Korrelgrootteverdeling

Er zijn een groot aantal sedimentkarakteristieken gemeten met de Malvern Particle Sizer (zie Bijlage 4). Veel van deze parameters zijn aan elkaar gerelateerd. In Figuur 10 zijn deze parameters tegen elkaar uitgezet, samen met de diepte waar het monster is genomen (cm t.o.v. NAP). Uit de figuur is te zien dat veel van parameters sterk zijn gerelateerd aan de parameter mediane korrelgrootte. Daarom kan de mediane korrelgrootte worden gebruikt als proxy voor de overige parameters.



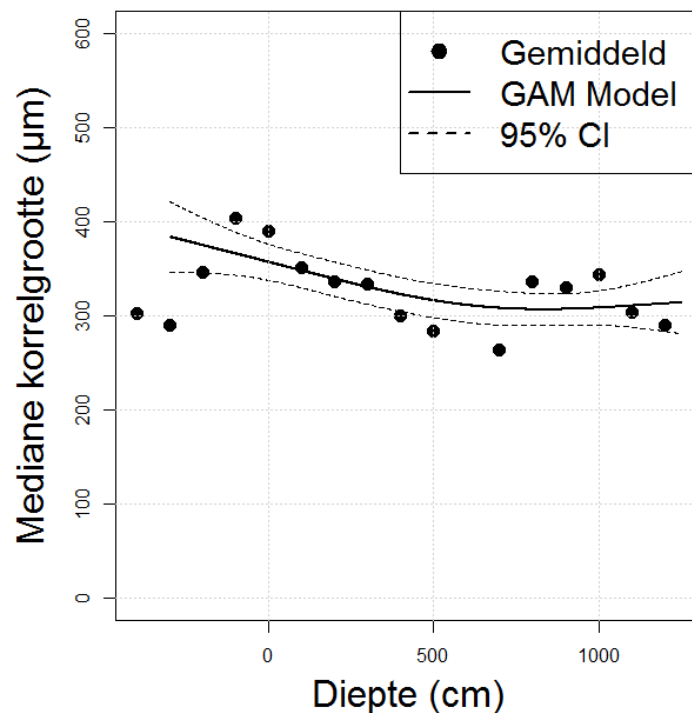
Figuur 10: Correlatiematrix tussen diepte (cm t.o.v. NAP), mediane korrelgrootte (μm) en percentages silt, zeer fijn zand, fijn zand, medium zand en grof zand in 2017. Onder de diagonaal zijn de correlatiecoëfficiënten gegeven.

De gemiddelde mediane korrelgrootte in 2017 was 329 μm (st.dev. 109 μm). De kleinste mediane korrelgrootte (113 μm) is gevonden op locatie 2017_087, iets ten noorden van de Zandmotor (transect 9) op een waterdiepte van ongeveer 8 meter, en de grootste mediane korrelgrootte (704 μm) is gevonden op locatie 2017_340, op transect 11-a op een waterdiepte van ongeveer 9 meter.

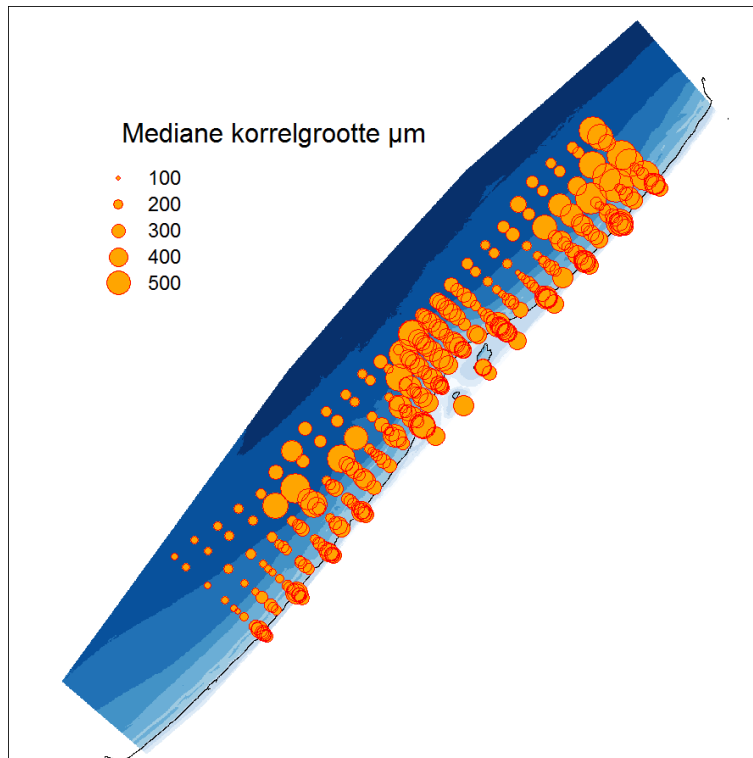
Diepte is een belangrijke co-variabele voor de mediane korrelgrootte. Een GAM (Generalised Additive Model) is gefit door alle metingen op het strand en de vooroever. Een GAM model bestaat uit verschillende componenten: een link functie van de verklarende variabelen (in dit geval diepte), een systematische component (smoother) en een random component (variatie). De smoother kan variëren van een rechte lijn (aantal vrijheidsgraden = 1) tot een interpolatie van alle datapunten (aantal vrijheidsgraden = n-1). In deze studie is de er voor de waarde van de smoother parameter k=4 gekozen. Bij de selectie van het beste model dient aan de ene kant het aantal vrijheidsgraden te worden geminimaliseerd en aan de andere kant dient de fit zo goed mogelijk te zijn. Deze optimalisatie wordt bereikt met behulp van een zogeheten "minimized generalized cross validation".

Het GAM model van Figuur 11 is significant ($p < 0.05$) en geeft aan dat er een significant effect is van waterdiepte op de mediane korrelgrootte. Op het strand (tot ongeveer 1 meter beneden NAP is de mediane korrelgrootte het grootst. Daarna neemt de mediane korrelgrootte af tot een diepte van ongeveer 7 meter beneden NAP. Op grotere dieptes neemt de mediane korrelgrootte weer iets toe. De zwarte stippen in Figuur 11 zijn de gemiddelde waarde per diepteklasse (iedere meter ten opzichte van NAP).

In het ruimtelijke verspreidingsplaatje (Figuur 12) is wel te zien dat er rond de Zandmotor gebieden zijn met grovere en gebieden met fijnere sedimenten. Zo lijken de sedimenten zeewaarts op de kop van de Zandmotor (transecten 5 tot en met 8) grover dan op dezelfde diepte in de gebieden iets ten noorden (transecten 8-a en 9) en ten zuiden (transecten 4 en 4-a) van de Zandmotor. Ook is er een gebied met relatief grove sedimenten helemaal in het Noorden (transecten 11, 11-a en 12). In de diepere delen van het zuidelijk gebied (transecten 0, 0-a, 1 en 1-a) zijn juist fijne sedimenten te vinden.

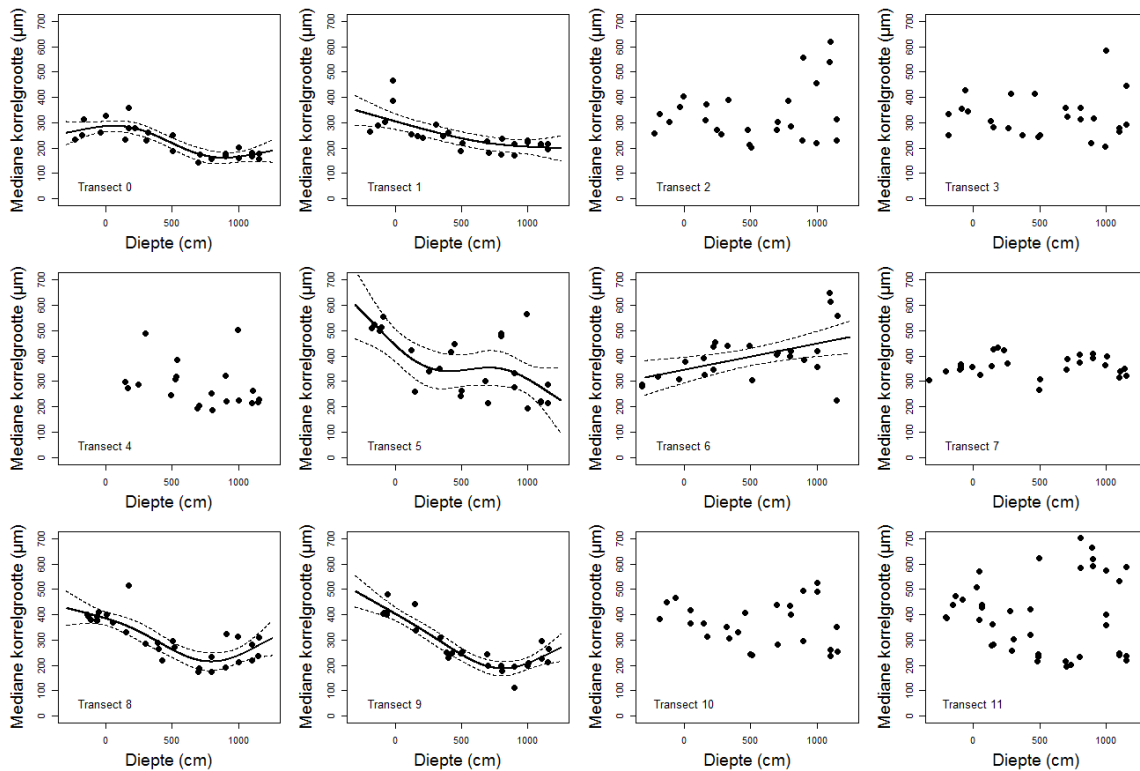


Figuur 11: Mediane korrelgrootte (μm) als functie van de waterdiepte (cm beneden NAP) voor de monsters die zijn verzameld op het strand en de vooroever. De getrokken lijn is de GAM-regressie en de gestippelde lijnen zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen.



Figuur 12: Ruimtelijke verdeling mediane korrelgrootte (μm) in het gebied van de Zandmotor.

In Figuur 13 is voor de verschillende transecten de relatie tussen mediane korrelgrootte en de waterdiepte weergegeven. Transecten 2, 3, 4, 7, 10 en 11 (en 12) vertonen geen duidelijke relatie met de diepte. Op de transecten 0, 1, 5, 8 en 9 neemt de mediane korrelgrootte af met de diepte. Op het strand is de mediane korrelgrootte vaak groter dan in de ondiepe vooroever. In de diepere delen (dieper dan 7 meter) is er dan een stabilisatie of een lichte stijging in de mediane korrelgrootte. Op transect 6 neemt de mediane korrelgrootte iets toe met de diepte. Dit komt deels door de relatief fijne monsters die zijn genomen op dit transect aan de zuidzijde van de lagune. Op transecten 11 (en 12) worden de grofste sedimenten echter gevonden op dieptes groter dan 7 meter beneden NAP.



Figuur 13: Resultaat GAM analyses voor de mediane korrelgrootte (μm) als functie van de diepteligging t.o.v. NAP voor de verschillende transecten. Iedere figuur bevat de gegevens van twee transecten, het transect zelf (x) en het bijbehorende aanvullende transect voor sediment (x-a). Alleen de figuur van transect 11 bevat de gegevens van drie transecten (transect 11, transect 11-a en transect 12). Alleen de significante ($p < 0.05$) GAM modellen zijn in de figuren geplott.

3.1.2 Vergelijk voorgaande jaren

In voorgaande jaren (2010, 2012, 2013 en 2015) zijn ook de sedimentkarakteristieken bepaald met dezelfde methode. Het aantal sedimentmonsters dat is geanalyseerd is niet in alle jaren gelijk (Tabel 4). In 2013 was het vanwege het weer niet mogelijk om een aantal ondiepe stations in de vooroever te bemonsteren. Vanaf 2013 zijn er naast de sedimentmonsters op de reguliere transecten ook nog een aantal (ca 13) monsters genomen op de tussengelegen transecten. Ook zijn er in 2013 en 2015 een aantal (slibrijke) monsters genomen in het sublitoraal deel van de lagune.

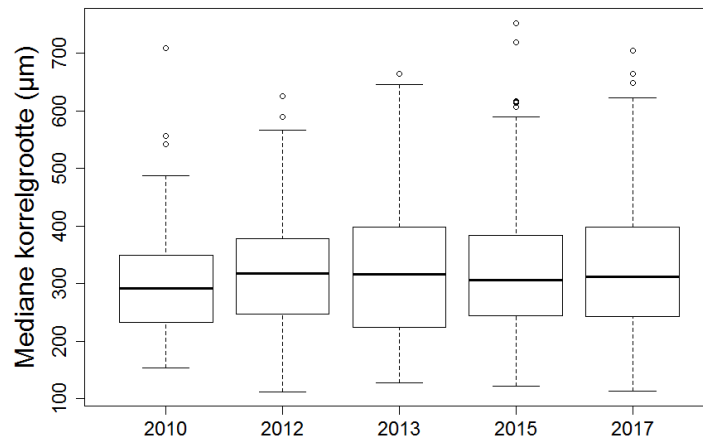
Tabel 4: Aantal sedimentmonsters dat is verzameld op en rond de Zandmotor in de verschillende jaren.

Jaar	Vooroever	Vooroever aanvullend ¹	Strand	Duinvoet	Lagune	Totaal
2010	61	0	60	12	0	133
2012	120	0	65	12	0	197
2013	97 ²	130	70	12	9	318
2015	120	130	70	12	9	341
2017	120	128	70	12	0	330

¹ Vanaf 2013 zijn er aanvullende sedimentmonsters genomen op de extra transecten

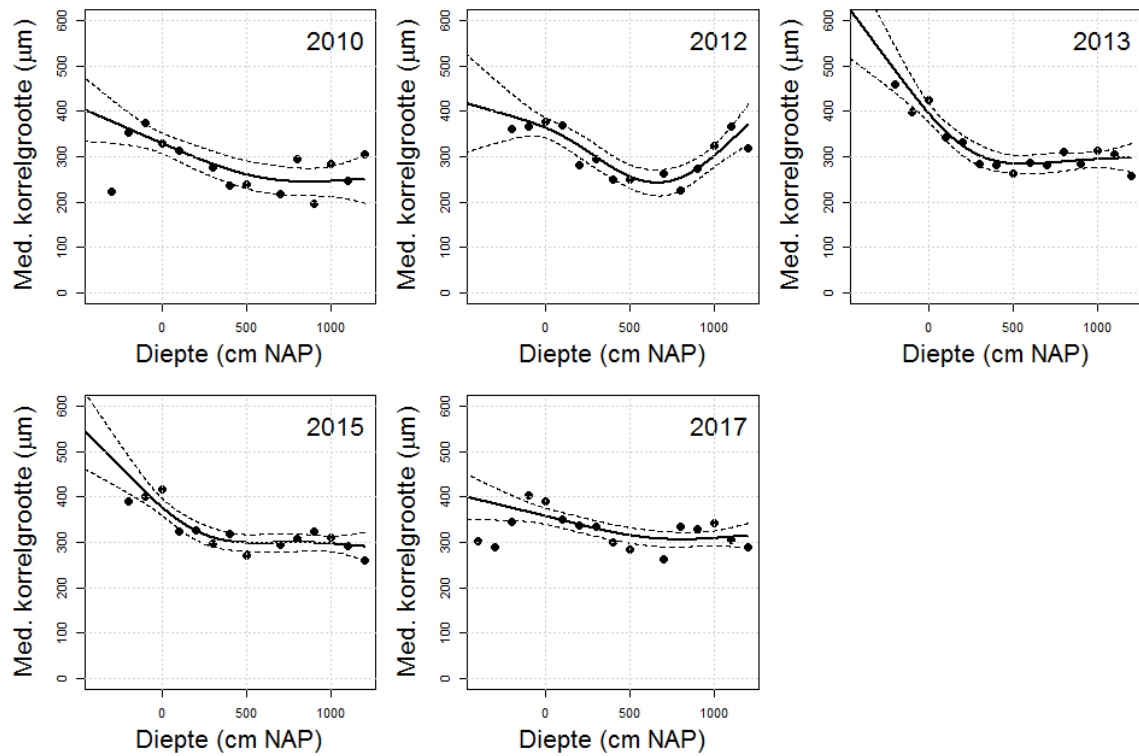
² In 2013 zijn een aantal ondiepe stations in de vooroever niet bemonsterd vanwege slecht weer

Er is geen duidelijke trend in de mediane korrelgrootte over de verschillende jaren (Figuur 14). De slibrijke monsters uit de lagune in de jaren 2013 en 2015 zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. De mediane korrelgrootte in 2010 lijkt iets lager dan in de overige jaren, maar dit verschil is niet significant (anova, $p > 0.05$).



Figuur 14: Boxplots van de mediane korrelgrootte over de verschillende jaren. De slibrijke monsters uit de lagune in de jaren 2013 en 2015 zijn buiten beschouwing gelaten.

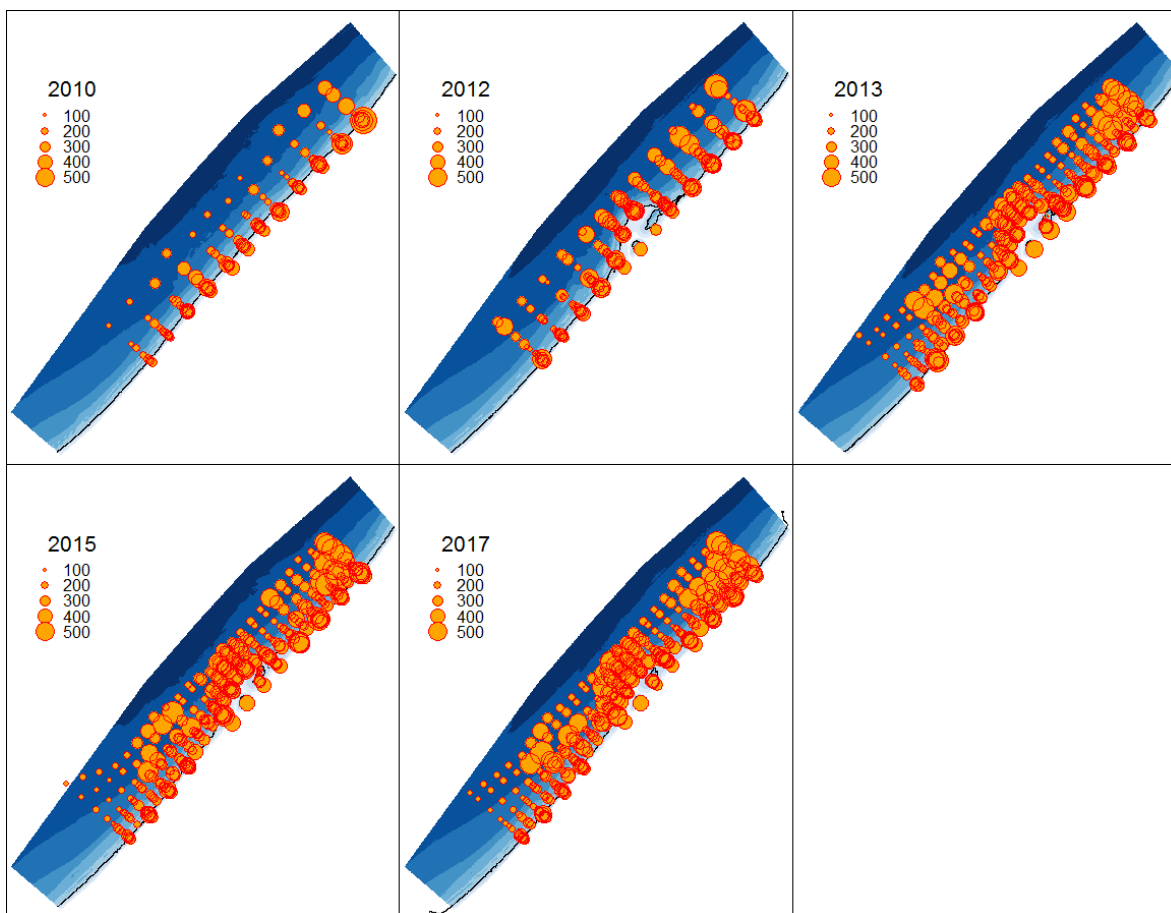
In Figuur 15 zijn de resultaten van de GAM regressies over de diepte voor de verschillende jaren weergegeven. Hoewel Figuur 13 liet zien dat er een grote variatie zit over de transecten geven de figuren over de jaren een gemiddeld patroon weer. Het jaar 2017 heeft een vergelijkbaar patroon als het jaar 2010. In 2012, 2013 en 2015 is er een duidelijkere afname in mediane korrelgrootte van het hoge deel van het strand naar de ondiepe vooroever (2-3 meter beneden NAP). In die jaren is er echter, vanwege de beperkte getijslag tijdens de bemonstering niet op de hoogste delen van het natte strand gemonsterd. In 2010 en 2017 blijkt dat daar de mediane korrelgrootte weer afneemt. In 2012 lijkt de mediane korrelgrootte weer toe te nemen in de diepere delen van de vooroever (> 8 meter beneden NAP). In 2017 is dit ook het geval in de transecten 8 en 9 (Figuur 13).



Figuur 15: Mediane korrelgrootte als functie van de diepte (cm beneden NAP) voor de verschillende jaren. De getrokken lijnen geven de resultaten van de GAM regressie en de stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheid intervallen weer. De stippen geven de gemiddelde korrelgrootte per meter-interval.

In Figuur 16 zijn de ruimtelijke patronen in mediane korrelgrootte gepresenteerd voor de verschillende jaren. Hoewel het beeld vertekend is door het verschil in het aantal bemonsterde stations lijkt er na 2012 een ruimtelijk patroon te zijn ontstaan in de vooroever met relatief grove sedimenten ter hoogte van de Zandmotor (tussen transect 5 en 8), ten zuiden van de Zandmotor (tussen transecten 2 en 4) en in het Noordelijk deel (vanaf transect 10). In de tussenliggende gebieden, aan weerszijden van de Zandmotor, is het sediment juist relatief fijn. Dit ruimtelijk patroon is mogelijk het gevolg van de Zandmotor. De ter hoogte van de Zandmotor is de dynamiek toegenomen waardoor het sediment daar grover is geworden. Juist ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor ontstaan wervelingen als gevolg van de kustlangse getijdenbeweging (Huisman et al., 2016). In deze wervelingen kan het fijnere sediment bezinken waardoor de mediane korrelgrootte afneemt.

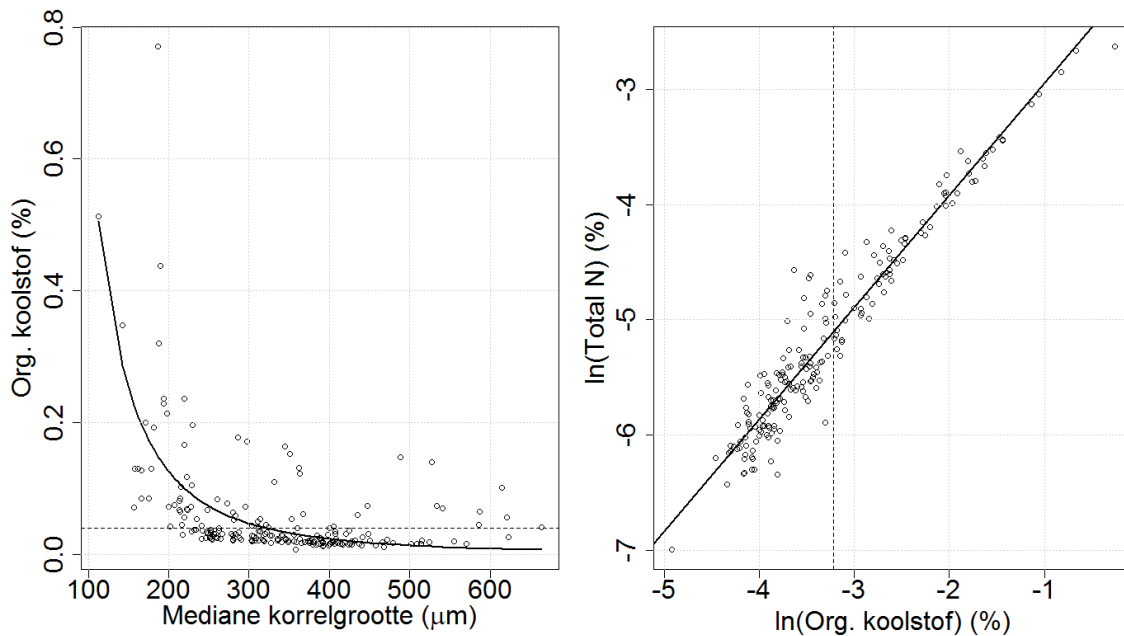
De relatief grove sedimenten in het noordelijk deel van het onderzoeksgebied (vanaf transect 10) zijn ook al waargenomen in 2010 en hebben waarschijnlijk geen relatie met de aanleg van de Zandmotor. Hetzelfde geldt voor de relatief fijne sedimenten in de diepere delen van de meest zuidelijke transecten. In 2012 echter zijn op transect 1 ook wat grovere sedimenten aangetroffen.



Figuur 16: Ruimtelijke verdeling mediane korrelgrootte (μm) in het gebied van de Zandmotor voor de jaren 2010, 2012, 2013, 2015 en 2017.

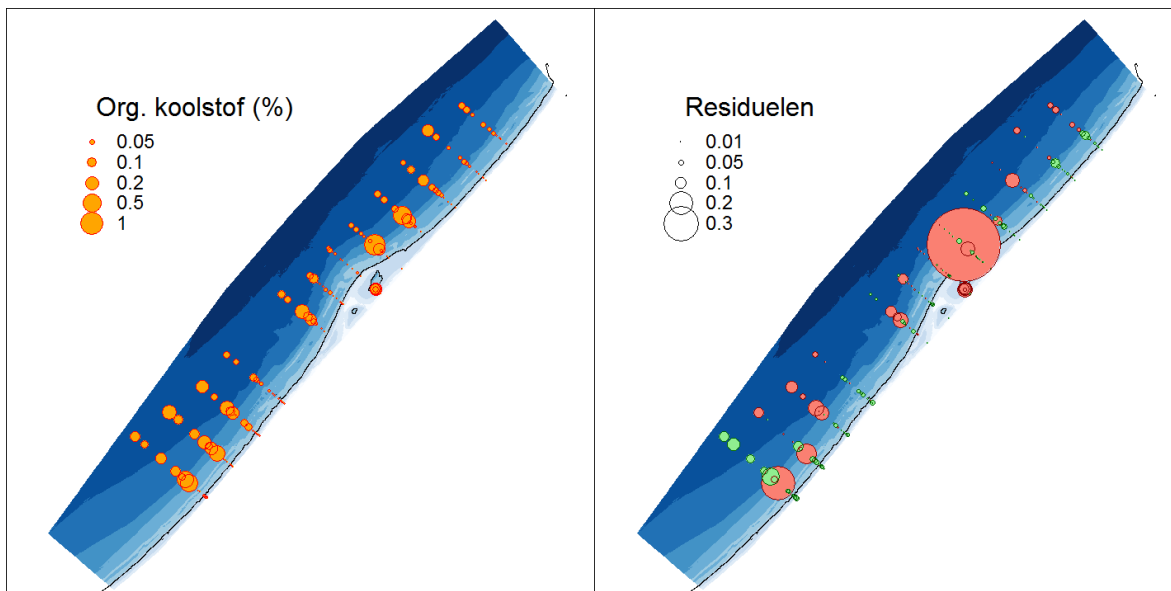
3.1.3 Organisch koolstof en totaal N

Er is een duidelijke relatie tussen de mediane korrelgrootte en het organisch koolstofgehalte (Figuur 17). Hoe fijner het sediment, hoe meer organisch stof. De hoogste organisch koolstoffracties worden gemeten in de fijne sedimenten met een mediane korrelgrootte minder dan $200 \mu\text{m}$. Ook zijn er nog een aantal uitbijters die een relatief hoge organisch koolstoffractie hebben in relatie tot de mediane korrelgrootte. Mogelijk heeft er een stukje plantaardig of dierlijk materiaal in deze monsters gezeten. Er is een exponentiele functie gefit door de data met behulp van de kleinste kwadraten methode ($OrgC = 49758 \cdot \text{MedianeKorrelgrootte}^{-2.432}$). Er is een lineair verband tussen de log-getransformeerde waarden van het organisch koolstof en de log-getransformeerde waarden van totaal N ($\ln(\text{TotalN}) = -1.971 + 0.973 \cdot \ln(\text{OrgC})$, Figuur 17). Van belang in deze figuren is dat de meeste metingen beneden de detectielimiet liggen voor het organisch koolstof (0.04%). Beneden deze waarde neemt de betrouwbaarheid van de analyse af.



Figuur 17: Relatie tussen het organisch koolstofgehalte en de mediane korrelgrootte (links) en totaal stikstof en organisch koolstof (rechts) voor de sedimentgegevens uit 2017. De getrokken lijnen geven de resultaten van de regressies (zie tekst). De stippellijnen geven de detectielimiet voor het organisch koolstofgehalte (0,04%).

In Figuur 18, linker figuur is te zien dat er een ruimtelijk patroon is in het organisch koolstof gehalte van de toplaag van het sediment op en rond de Zandmotor. De hoogste gehalten worden aangetroffen in de ondiepe vooroever, ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor bij een waterdiepte van ca 5 meter maar ook in de ondiepe vooroever van Transecten 0, 1 en 2. Ook zijn er relatief hoge gehalten aan organisch koolstof aangetroffen op de stations aan het strand langs de zuidoever van de lagune. De overige stations op het strand en ook in de ondiepe brandingszone zijn relatief arm aan organisch koolstof. In het rechter deel van Figuur 18 is het absolute verschil in het percentage organisch koolstof tussen het model (getrokken lijn in Figuur 17, linker figuur) en de observaties. De locaties met de zalmkleurige stippen zijn de positieve residuen. Op die locaties is dus een hoger gehalte aan organisch koolstof gemeten dan voorspeld met het model. De groene stippen zijn de negatieve residuen en op die locaties is dus een lager gehalte aan organisch koolstof aangetroffen dan voorspeld met model. De positieve residuen liggen voornamelijk in de ondiepe vooroever bij een diepte van 5 tot 10 meter en op het strand langs de zuidrand van de lagune. Opvallend is dat de stations op transect 0 op twee stations na relatief arm zijn aan organisch materiaal, gezien het sediment relatief fijn is (Figuur 12).

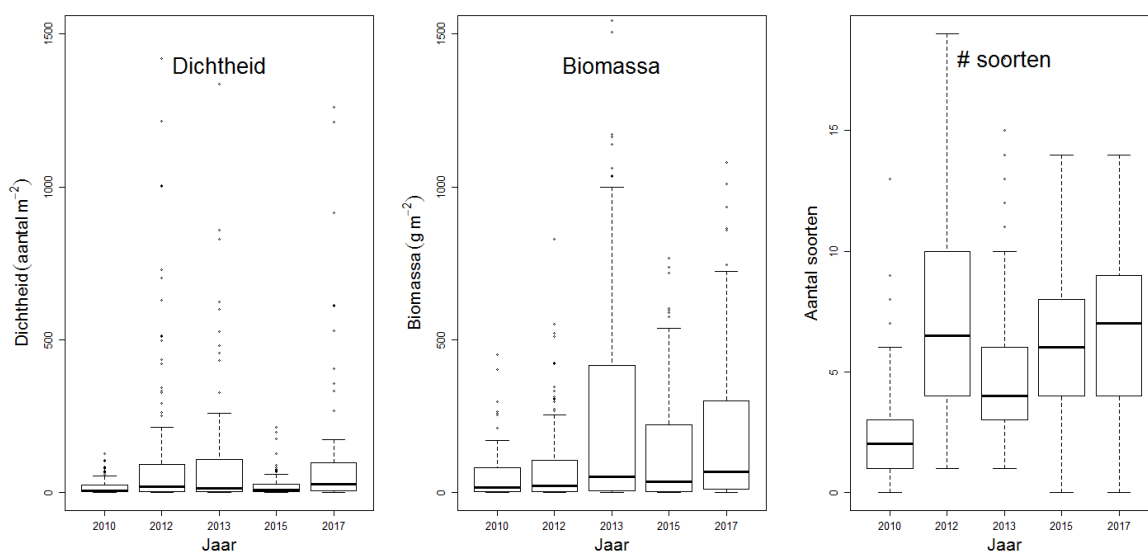


Figuur 18: Ruimtelijke verspreiding van het gehalte organisch Koolstof (%) (links). In de rechter figuur zijn de residuen uitgezet tussen het model (getrokken lijn in Figuur 17, linker panel) en de observaties. De locaties met de zalmkleurige stippen zijn positieve residuen en hebben een hoger gehalte aan organisch koolstof dan voorspeld met het model. De groene stippen zijn negatieve residuen en hebben lager gehalte aan organisch koolstof dan voorspeld met model.

3.2 Bodemschaaf

3.2.1 Overzicht

In totaal zijn er in 2017 120 locaties in de vooroever bemonsterd met de bodemschaaf. De minimale trek lengte was 113 meter en de maximale trek lengte was 260 meter (gemiddeld 178 meter, standaard deviatie 25 meter). Op locaties 2017_112 en 2017_52 zijn geen levende bodemdieren aangetroffen. De gemiddelde biomassa (versgewicht) van bodemdieren per monster is 194 g m^{-2} (stdev 251 g m^{-2}). De maximale biomassa is aangetroffen op locatie 2017_074 (1080 g m^{-2}). De biomassa's van de heremietkreeften (*Diogenes pugilator* en *Pagurus bernhardus*) en de otterschelpen (*Lutraria lutraria*) zijn hierbij niet meegenomen.



Figuur 19: Boxplots van dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g versgewicht m^{-2}) en het aantal soorten per locatie over de jaren 2010 tot en met 2017.

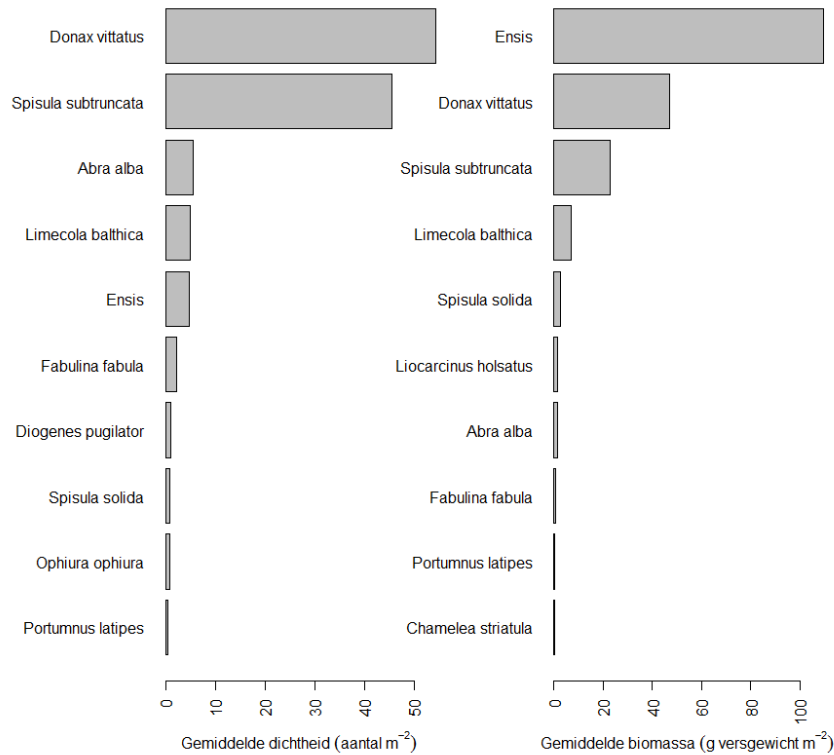
De hoogste gemiddelde dichtheid (136 ± 286 ind. m^{-2}) is aangetroffen in 2012, terwijl de hoogste gemiddelde biomassa (430 ± 1013 g versgewicht m^{-2}) het jaar erop (2013) is gevonden (Figuur 19). Het jaar voor de aanleg van de Zandmotor (2010) was het armste jaar zowel qua dichtheid (18 ± 27 ind. m^{-2}), biomassa (57 ± 84 g versgewicht m^{-2}) en het aantal soorten (2.7 ± 2.1 soorten) per bemonsterde locatie.

In totaal zijn in 2017 27 taxa aangetroffen in de monsters. De meest verspreide taxa zijn het zaagje (*Donax vittatus*), kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*), *Ensis* spp., halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*), het nonnetje (*Limecola balthica*), gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*), breedpootkrab (*Portumnus latipes*) en witte dunschaal (*Abra alba*). Deze taxa zijn op meer dan 35% van de stations aangetroffen. De helmkrab (*Corystes cassivelaunus*), gewone tepelhoren (*Euspira catena*), hooiwagenkrab (*Macropodia* spp.) en gewone tapijtschelp *Venerupis corrugata* zijn slechts op 1 station aangetroffen (Tabel 5).

Tabel 5: Aantal stations dat taxon is aangetroffen in een monster met de bodemschaaf. In 2010, 2012, 2013, 2015 en 2017 zijn er respectievelijk 114, 120, 113, 109 en 107 locaties bemonsterd.

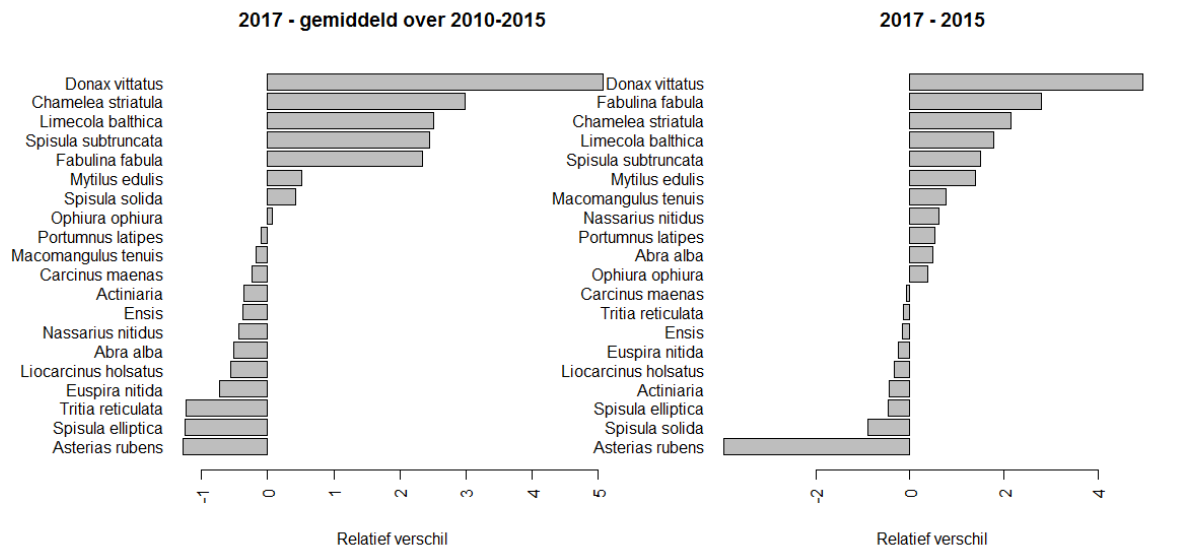
Taxon	2010	2012	2013	2015	2017	Totaal
<i>Ensis</i> spp.	91	106	86	82	70	435
<i>Diogenes pugilator</i>	50	114	57	86	80	387
<i>Liocarcinus holsatus</i>	5	104	82	72	55	318
<i>Spisula subtruncata</i>	18	68	41	65	69	261
<i>Portumnus latipes</i>	39	69	41	44	43	236
<i>Pagurus bernhardus</i>	6	59	28	69	24	186
<i>Donax vittatus</i>	6	9	19	54	92	180
<i>Limecola balthica</i>	0	25	20	41	63	149
<i>Abra alba</i>	15	50	22	20	40	147
<i>Spisula solida</i>	5	43	18	29	28	123
<i>Ophiura ophiura</i>	9	33	15	17	32	106
<i>Fabulina fabula</i>	1	30	19	12	36	98
<i>Actiniaria</i> spp.	21	21	7	16	9	74
<i>Euspira nitida</i>	12	27	14	15	4	72
<i>Lutraria lutraria</i>	6	4	6	25	23	64
<i>Nassarius nitidus</i>	7	33	8	0	15	63
<i>Chamelea striatula</i>	1	2	8	18	17	46
<i>Tritia reticulata</i>	0	8	25	2	0	35
<i>Carcinus maenas</i>	8	9	3	4	4	28
<i>Spisula elliptica</i>	0	10	11	5	0	26
<i>Macomangulus tenuis</i>	0	2	8	1	6	17
<i>Mytilus edulis</i>	1	7	3	0	6	17
<i>Ophiura albida</i>	1	8	2	0	2	13
<i>Asterias rubens</i>	0	2	7	3	0	12
<i>Echinocardium cordatum</i>	0	0	6	0	2	8
<i>Corystes cassivelaunus</i>	3	1	1	1	1	7
<i>Crepidula fornicata</i>	0	0	2	0	2	4
<i>Liocarcinus navigator</i>	2	1	0	1	0	4
<i>Sagartia troglodytes</i>	0	0	4	0	0	4
<i>Thia scutellata</i>	1	1	0	0	0	2
<i>Venerupis corrugata</i>	0	1	0	0	1	2
<i>Acanthocardia echinata</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Euspira catena</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Liocarcinus depurator</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Macropodia</i> spp.	0	0	0	0	1	1
<i>Mya arenaria</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Petricolaria pholadiformis</i>	0	0	0	1	0	1

De meest dominante soorten in de bodemschaafmonsters van 2017 zijn in dichtheden het zaagje (*Donax vittatus*) en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) en met gemiddelde dichtheden van respectievelijk 54 en 46 individuen per m² (Figuur 20). Uit de jaarlijkse schelpdierinventarisatie van Wageningen Marine Research in de Nederlandse kustzone (Troost et al., 2017) is te zien dat 2017 over het algemeen een extreem goed jaar was voor de halfgeknotte strandschelp en (in mindere mate) voor het zaagje.



Figuur 20: Gemiddelde dichtheden en biomassa's van de 10 meest dominante soorten bij de bemonstering met de bodemschaaf in 2017. Van de soorten *Diogenes pugilator*, *Pagurus bernhardus*, *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* zijn geen versgewichten bepaald.

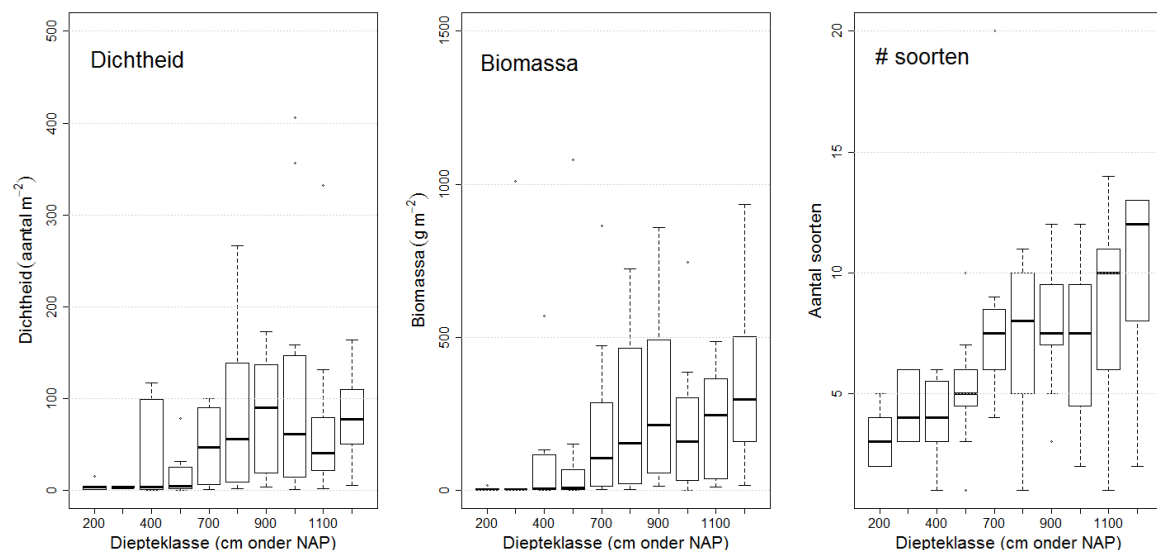
In Figuur 21 zijn de relatieve veranderingen in biomassa weergegeven voor de 20 meest dominante taxa. De linker figuur geeft het verschil tussen de gemiddelde biomassa in 2017 en de gemiddelde biomassa over de periode 2010 tot en met 2015. Te zien is dat de gemiddelde biomassa van het zaagje (*Donax vitatus*) in 2017 ruim 5 keer zo hoog was (47.5 g m⁻²) dan gemiddeld over de periode 2010 tot en met 2017 (9.3 g m⁻²). Ook van de soorten venusschelp (*Chamelea striatula*), nonnetje (*Limecola balthica*), de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) en de rechtsgestreepte platschelp (*Fabulina fabula*) zijn de biomassa's in 2017 aanzienlijk hoger dan gemiddeld over de gehele periode. De biomassa's van soorten als de gewone zeester (*Asterias rubens*), de ovale strandschelp (*Spisula elliptica*) en de gevlochten fuikhoren (*Tritia reticulata*) daarentegen waren in 2017 juist relatief laag. Ten opzichte van 2015 zijn vooral de soorten als zaagje (*Donax vitatus*), de rechtsgestreepte platschelp (*Fabulina fabula*), venusschelp (*Chamelea striatula*), het nonnetje (*Limecola balthica*) en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) in biomassa toegenomen (Figuur 21, rechter panel). Soorten als de gewone zeester (*Asterias rubens*), de stevige strandschelp *Spisula solida* en de ovale strandschelp (*Spisula elliptica*) zijn in 2017 minder aangetroffen dan in 2015.



Figuur 21: Relatieve veranderingen in gemiddelde biomassa van de 20 meest dominante soorten qua biomassa. In de linker figuur is de gemiddelde biomassa in 2017 vergeleken met de gemiddelde biomassa over de periode 2010 – 2015. In de rechter figuur is het verschil in biomassa weergegeven tussen 2017 en 2015. De verschillen zijn gewogen naar het gemiddelde gewicht per soort over alle jaren.

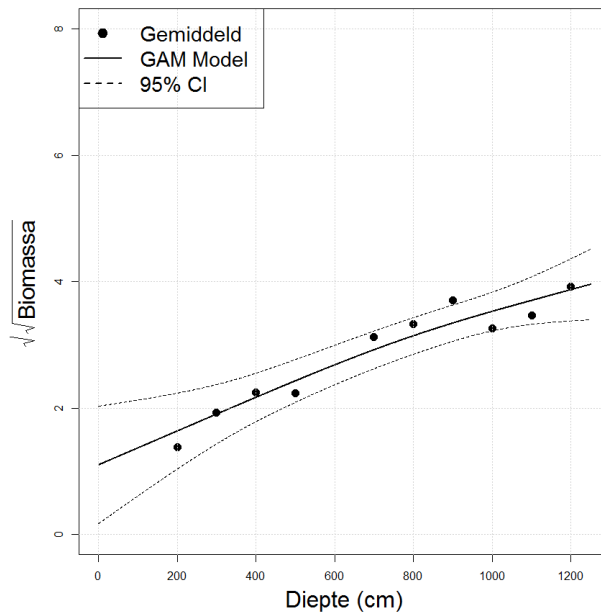
3.2.2 Relatie met waterdiepte

Er is een duidelijke relatie tussen de dichtheid en biomassa aan bodemdieren in de bodemschaaf met de waterdiepte (Figuur 22). In het ondiepe deel van de vooroever (< 6 meter onder NAP) is de dichtheid en biomassa van de bodemdieren in de bodemschaaf zeer laag. Vanaf een diepte van 6 á 7 meter nemen zowel de gemiddelde biomassa als de dichtheid toe met de diepte. Ook het aantal soorten dat is aangetroffen neemt toe met de waterdiepte, van gemiddeld minder dan 5 soorten bij een diepte van minder dan 5 meter tot gemiddeld bijna 10 soorten per locatie bij een diepte van 11.5 meter beneden NAP.



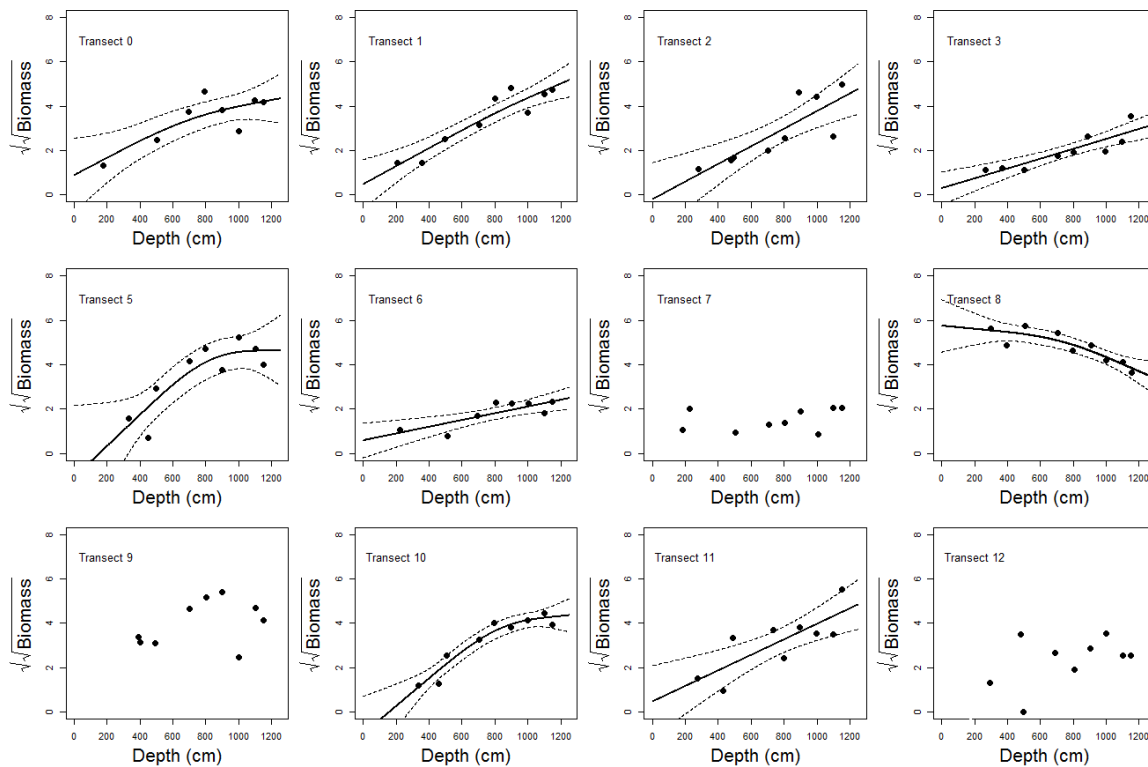
Figuur 22: Boxplots van dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g versgewicht m^{-2}) en aantal soorten in 2017 als functie van de waterdiepte.

Hetzelfde beeld is te zien in de resultaten van de GAM analyse voor biomassa (Figuur 23). Het GAM model is significant ($p < 0.05$) en geeft aan dat er een significant effect is van waterdiepte op de biomassa. De punten in de figuur geven de gemiddelde biomassa aan bodemdieren per diepteklasse weer.



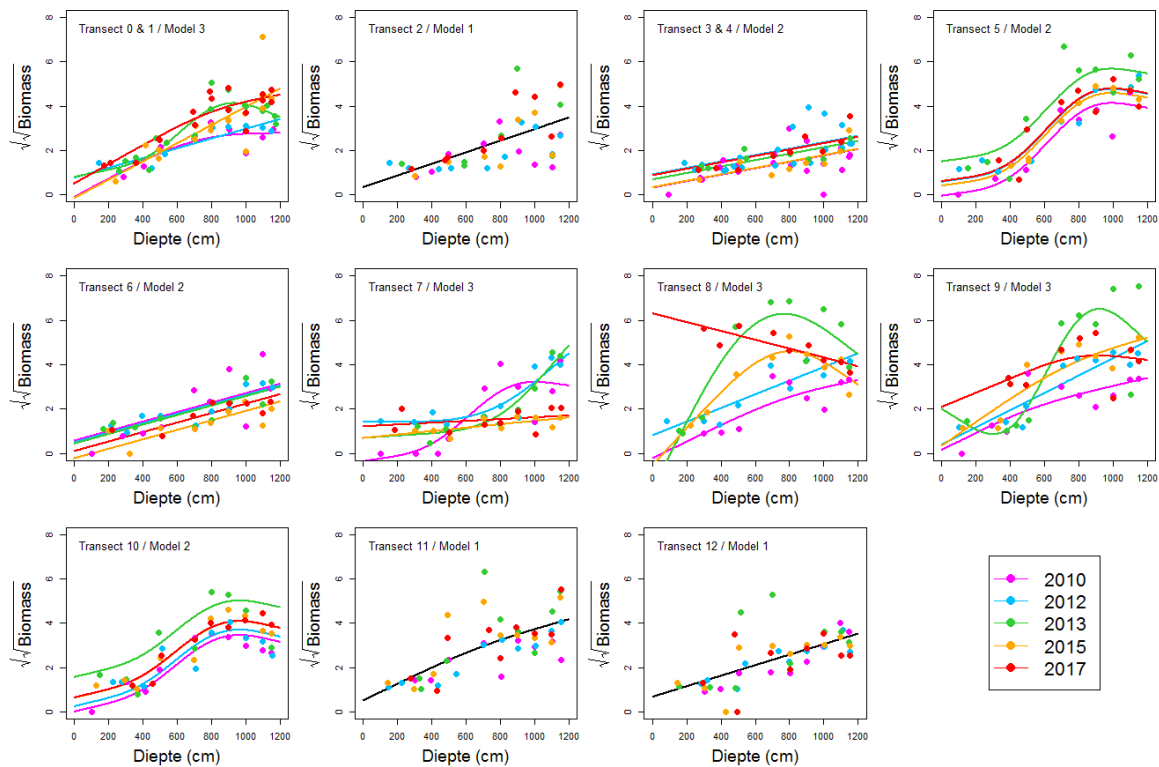
Figuur 23: Vierdemachtswortel-getransformeerde biomassa ($\text{g versgewicht m}^{-2}$) als functie van de diepte (centimeter beneden NAP) van het benthos verzameld met de bodemschaaf. De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model als functie van de diepte en de stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheid intervallen weer.

Uit Figuur 24 blijkt dat er niet voor alle transecten een toename van de biomassa is met de waterdiepte. Op de transecten 7, 9 en 12 was het GAM model niet significant en op transect 8 blijkt er een juist een afname te zijn in biomassa met de waterdiepte. Deze afname met de waterdiepte op transect 8 wordt voornamelijk veroorzaakt door hoge biomassa's aan zaagjes (*Donax vittatus*) in de ondiepe stations van het transect (2017_072, 2017_73, 2017_74 en 2017_75) (Figuur 60).



Figuur 24: GAM regressiemodellen voor de vierdemachtswortel-getransformeerde biomassa als functie van de waterdiepte (cm beneden NAP) voor de 12 transecten. Alleen de significante GAM modellen zijn geplot.

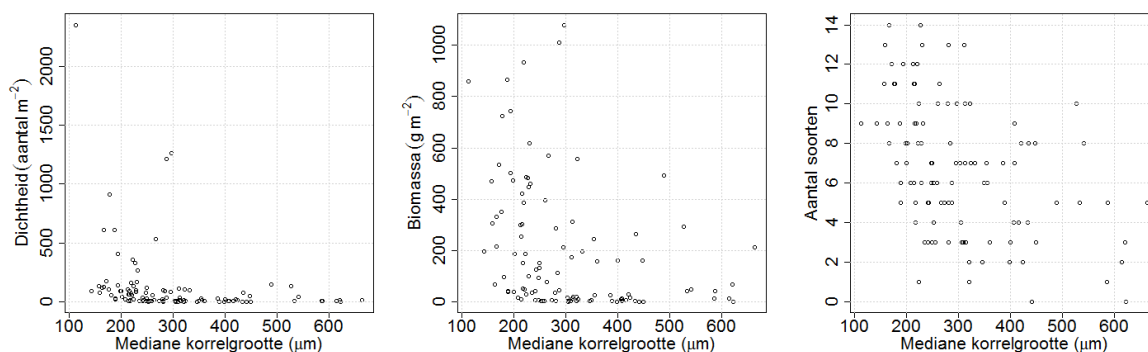
Op de transecten 2, 11 en 12 is er geen duidelijk effect van de jaren op de relatie van de biomassa en waterdiepte (Model 1, Figuur 25). Voor een aantal transecten (3&4, 5, 6 en 10) zijn de patronen hetzelfde maar zijn er wel verschillen over de jaren (Model 2). Op de transecten 5 en 10 waren de biomassa's in 2010 het laagste en in 2013 het hoogste. Op de transecten 3&4 en 6 was juist de biomassa in 2015 het laagst. Op de transecten 0&1, 7, 9 en 9 varieert het patroon met de diepte over de jaren (Model 3).



Figuur 25: Biomassa bodemdieren (g m^{-2}) als functie van de diepte (cm beneden NAP) met jaar als factor voor de verschillende transecten. Bij Model 1 (getrokken zwarte lijnen) is er geen significant verschil tussen de jaren. Bij model 2 is er wel een significant verschil in het patroon met de diepte tussen de verschillende jaren. Bij model 3 is er ook een significant verschil in het patroon met de diepte tussen de verschillende jaren.

3.2.3 Relatie met sedimentsamenstelling

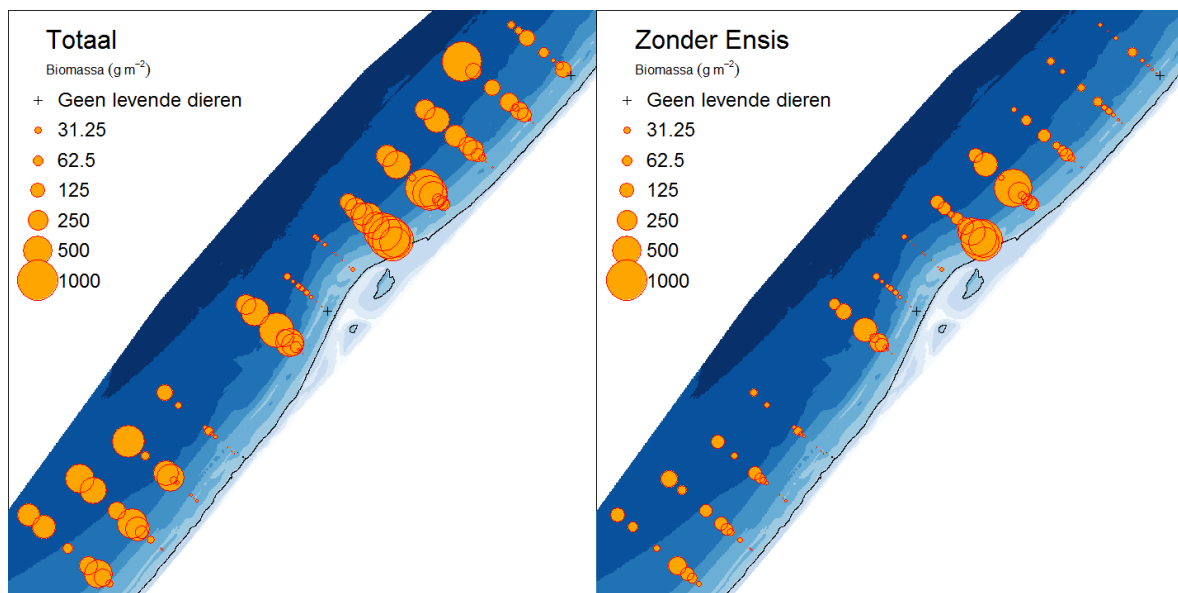
Zoals verwacht is er een relatie tussen de bodemdiergemeenschap en de sedimentsamenstelling (Figuur 26). De hoogste dichtheden en biomassa's worden gevonden bij een mediane korrelgrootte van minder dan $300 \mu\text{m}$, hoewel er ook op enkele stations met een mediane korrelgrootte van $400 \mu\text{m}$ en meer biomassa's van meer dan 200 g versgewicht m^{-2} zijn aangetroffen. Ook worden er per station meer soorten aangetroffen op de locaties met de fijnere sedimenten.



Figuur 26: Relatie tussen dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie op de verticale as en mediane korrelgrootte op de horizontale as voor de bodemschaafbemonstering in 2017.

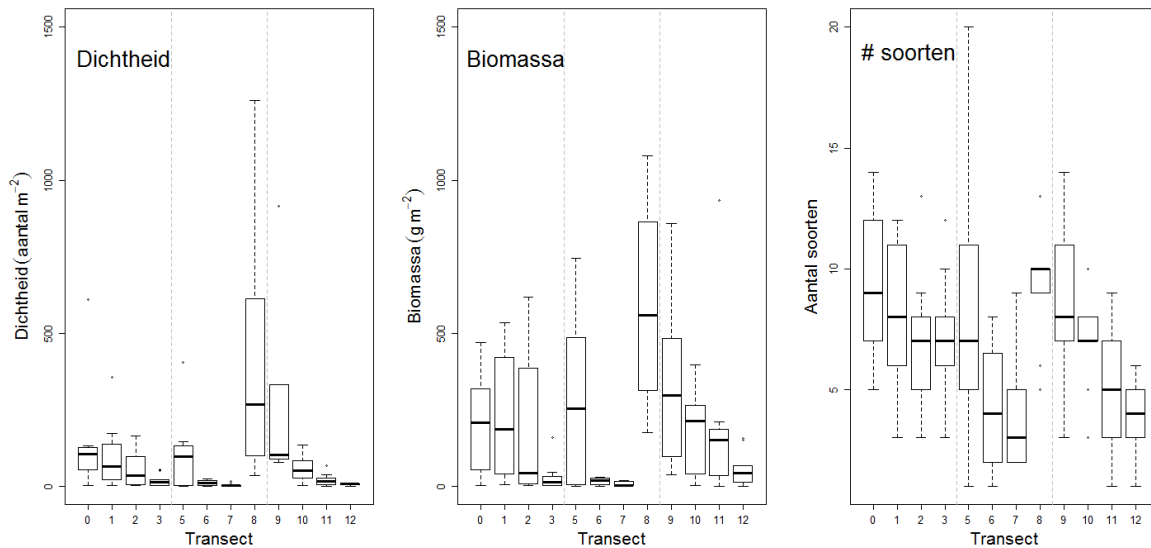
3.2.4 Ruimtelijke verspreiding

In Figuur 27, linker deel, is de ruimtelijke verspreiding van de totale biomassa weergegeven. In Bijlage 5 is de verspreiding weergegeven van een aantal dominanten soorten. Omdat *Ensis* sp. het meest dominante genus is in biomassa vertoont de verspreiding van dit genus (Figuur 61) veel overeenkomsten met de verspreiding van de totale biomassa. In de ondiepe brandingszone komen *Ensis* spp. niet of in zeer lage biomassa's voor. Ook op transect 3, ten zuiden van de Zandmotor en op de transecten 6 en 7, voor de Zandmotor komen *Ensis* spp. zeer beperkt voor. Stevige strandschelpen (*Spisula solida*), zijn voornamelijk aangetroffen in de diepere, relatief grove sedimenten in het noorden van het onderzoeksgebied (Figuur 65), terwijl de halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*) meer zijn aangetroffen in de diepere delen van de Zandmotor in het zuidelijk gebied en ook op de transecten 5 en 9 (Figuur 66). Het zaagje (*Donax vittatus*) lijkt een voorkeur te hebben voor de relatief ondiepe delen (Figuur 60). Dit geldt ook voor het nonnetje (*Limecola balthica*, Figuur 63). De witte dunschaal (*Abra alba*, Figuur 59) komt voornamelijk voor in de diepere delen. De breedpootkrab (*Portumnus latipes*) is een karakteristieke soort voor de ondiepe brandingszone (Figuur 68). In de rechterdeel van Figuur 27 is de totale biomassa van bodemdieren zonder *Ensis* spp. weergegeven. Opvallend in de figuur is dat twee transecten rond de Zandmotor (transecten 6 en 7) een relatief lage biomassa hebben. Op deze transecten is vrijwel geen *Ensis* spp. aangetroffen (Figuur 61) maar ook de biomassa van de andere soorten is laag. Transecten 8 en 9 hebben een relatief hoge biomassa, ook met weglating van *Ensis* spp. Deze hoge biomassa's worden vooral veroorzaakt door de aanwezigheid van het zaagje (*Donax vittatus*) en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*).

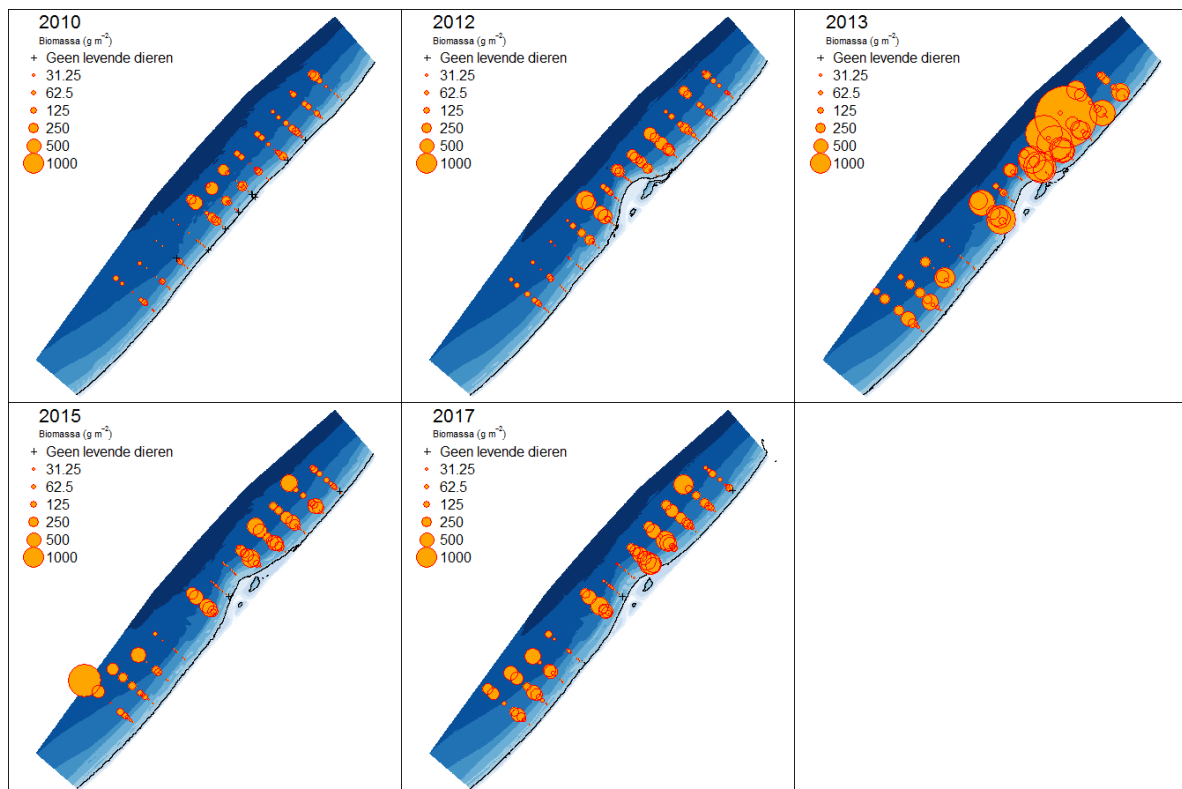


Figuur 27: Verspreidingskaart totale bodemdierbiomassa (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017. De linker figuur geeft de totale biomassa en de rechterfiguur geeft de biomassa met weglating van *Ensis* spp.

In Figuur 28 zijn respectievelijk de dichtheden, biomassa's en het aantal soorten per locatie uitgezet tegen het transect. Ook in deze figuur is te zien dat de transecten 8 en 9 een hoge dichtheid en biomassa hebben, terwijl de transecten 6 en 7, maar ook transecten 3 en 12 een relatief lage biomassa en dichtheid hebben. Er lijkt een duidelijke gradiënt te zijn in afname van zowel de dichtheid als biomassa gaande van transect 8 naar transect 12. Het aantal aangetroffen soorten per station is relatief hoog in de meest zuidelijke transecten (0 tot en met 5) en net ten noorden van de Zandmotor (transecten 8, 9 en 10).



Figuur 28: Boxplots van dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g versgewicht m⁻²) en aantal soorten in 2017 over de verschillende transecten van het meest zuidelijke (transect 0) naar het meest noordelijke (transect 12). De verticale stippellijnen geven de scheiding tussen de verschillende deelgebieden.

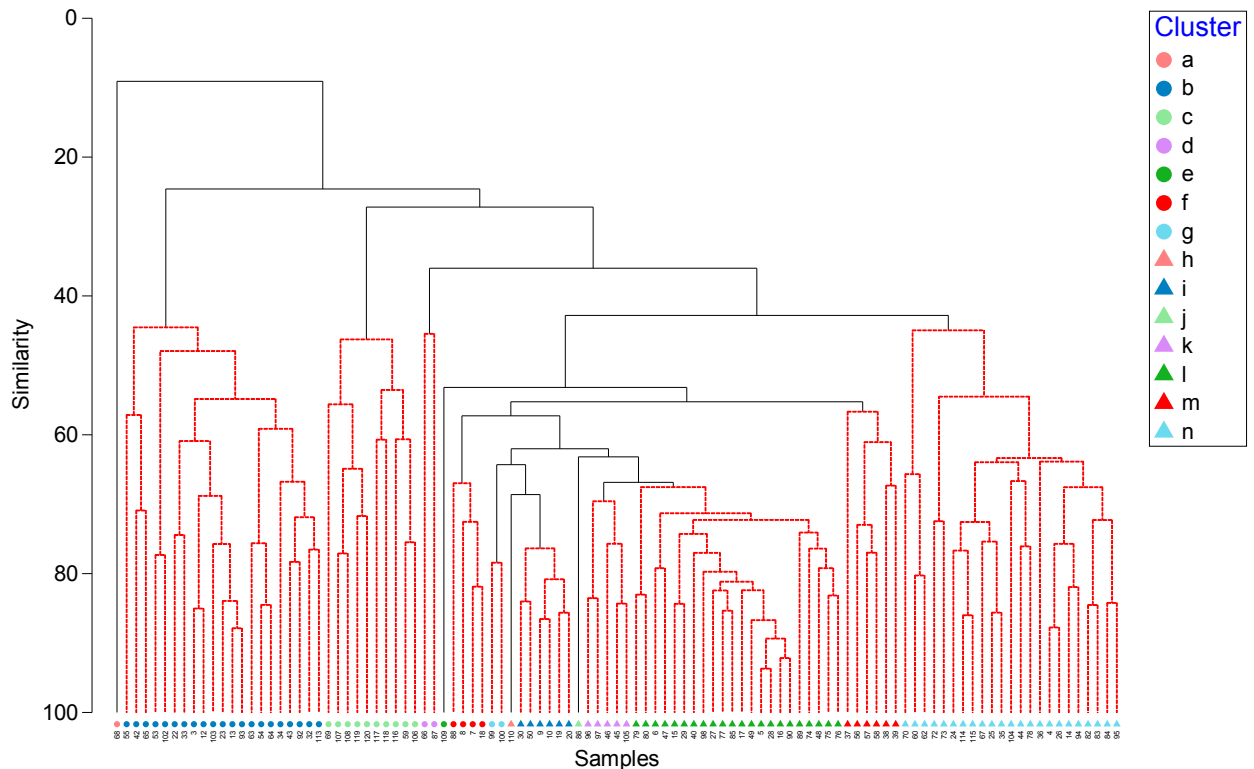


Figuur 29: Verspreidingskaart totale bodemdierbiomassa (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2010, 2012, 2013, 2015 en 2017.

3.2.5 Multivariate analyses

In Figuur 30 is het resultaat van de clusteranalyse weergegeven voor de data van de bodemschaaf uit 2017. 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 zijn gebaseerd op toeval of niet. In Figuur 30 zijn de significante clusters aangegeven door middel van de zwarte lijnen. De

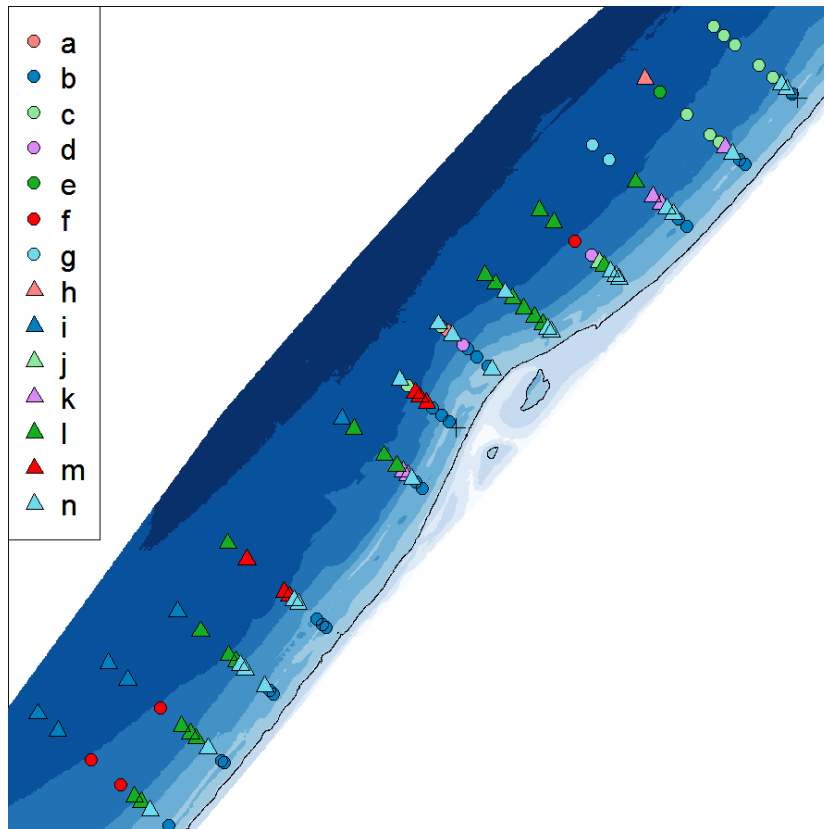
clusters die aangegeven zijn met de rode lijnen zijn niet significant ($p > 0.05$). Dit wil zeggen dat de verschillen in bodemdiergemeenschap die zijn aangetroffen tussen deze clusters waarschijnlijk berust op toeval (variatie binnen de groep). De labels die zijn gebruikt geven het cluster aan.



Figuur 30: Clusterdiagram van bodemdieren in de bodemschaaf in 2017. De zwarte lijnen geven de significante clusters (Simprof test, $p < 0.05$)

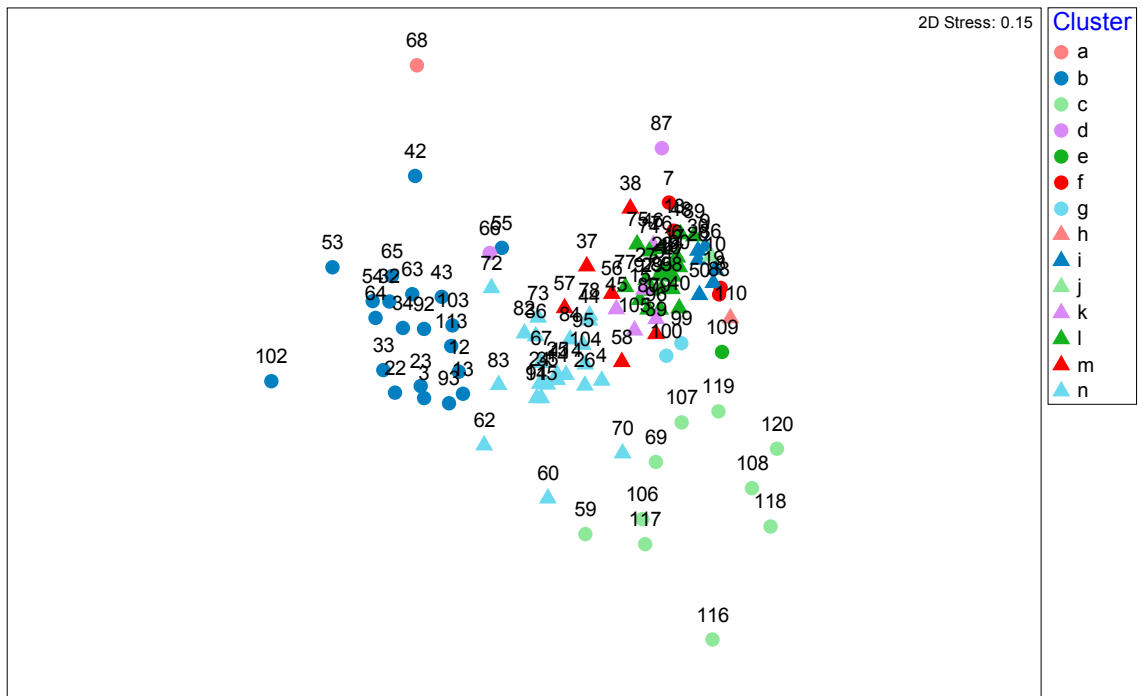
In Figuur 31 is de ruimtelijke verspreiding weergegeven van de 14 significante clusters over het gebied rond de Zandmotor. Clusters a, e, h en j zijn clusters bestaande uit een enkel station (respectievelijk 2017_68, 2017_109, 2017_110 en 2017_86). Cluster b bestaat uit 21 ondiepe stations. Op de kop van de Zandmotor (transecten 6 en 7) zijn er ook nog wat diepere stations die binnen dit cluster vallen. Cluster c is een groep van 10 stations die zich voornamelijk bevinden op de diepere delen van de transecten 11 en 12. Het sediment op deze stations is relatief grof (Figuur 12) en de bodemdiergemeenschap wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van de stevige strandschelp (*Spisula solida*). De 23 stations van cluster n bevinden zich voornamelijk in de ondiepe vooroever, iets dieper van de stations uit cluster b, maar ook op de diepere delen van de transecten op de Zandmotor (transecten 6, 7 en 8). De clusters l (22 stations) en m (6 stations) liggen weer op grotere diepte dan de stations van cluster n. Cluster l ontbreekt opvallend op de transecten 6 en 7 alsook op de transecten 11 en 12. De 6 stations van cluster i bevinden zich uitsluitend op de grotere diepten van de transecten ten zuiden van de Zandmotor. Drie van de 4 stations van cluster f liggen ruimtelijk dicht bij elkaar op de transecten 0 en 1. Het vierde station ligt op transect 9.

Dezelfde clusteranalyse is tevens uitgevoerd voor de jaren 2010, 2012, 2013 en 2015 afzonderlijk. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in Bijlage 6 (Figuur 69 tot en met Figuur 72). De (ruimtelijke) patronen die zijn gevonden in 2017 komen overeen met de patronen die zijn gevonden in 2012, 2013 en 2017. Het patroon in 2010 echter was wel afwijkend. Ten eerste zijn er in 2010 slechts 5 clusters aangetroffen, wat wijst op een mindere ruimtelijke variëteit in bodemdiergemeenschappen. Ook in 2010 was er, naast de diepte gradiënt in de clusters ook al een kustlangse gradiënt. Zo namen de clusters b en d af, en het cluster e toe gaande van transect 1 naar transect 12.

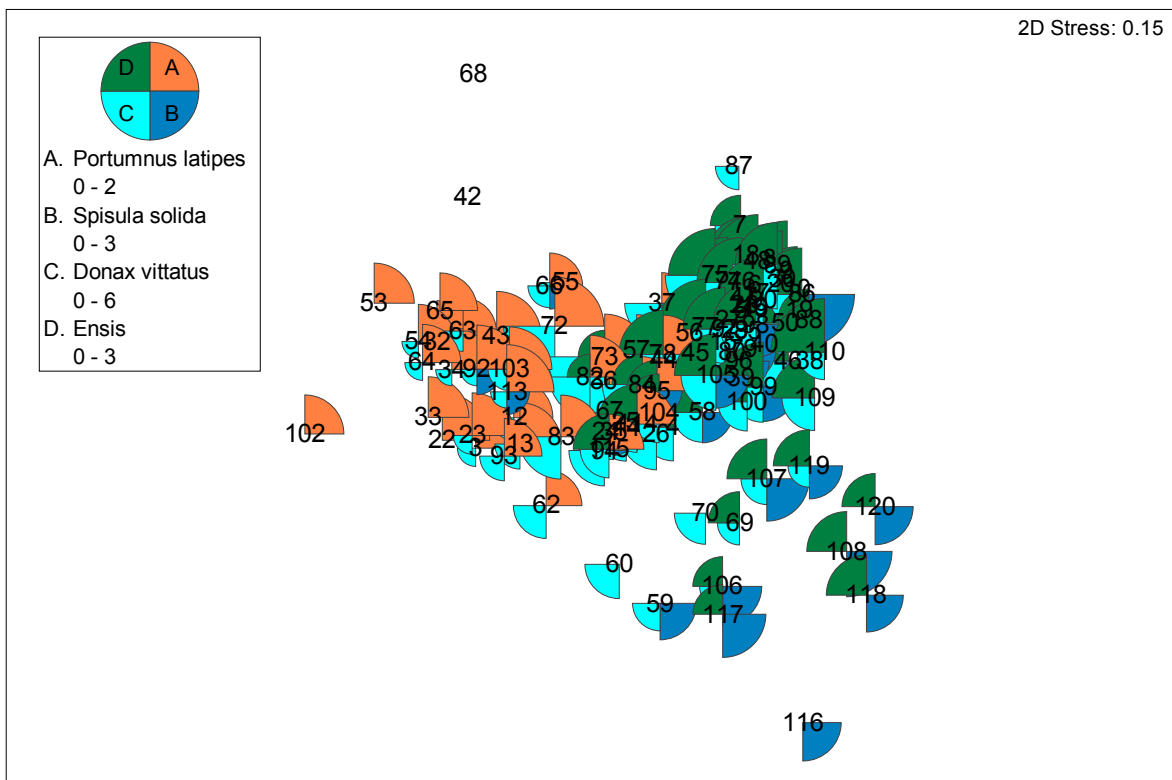


Figuur 31: Verspreidingskaart significante clusters bodemdiergemeenschappen bodemschaaf 2017

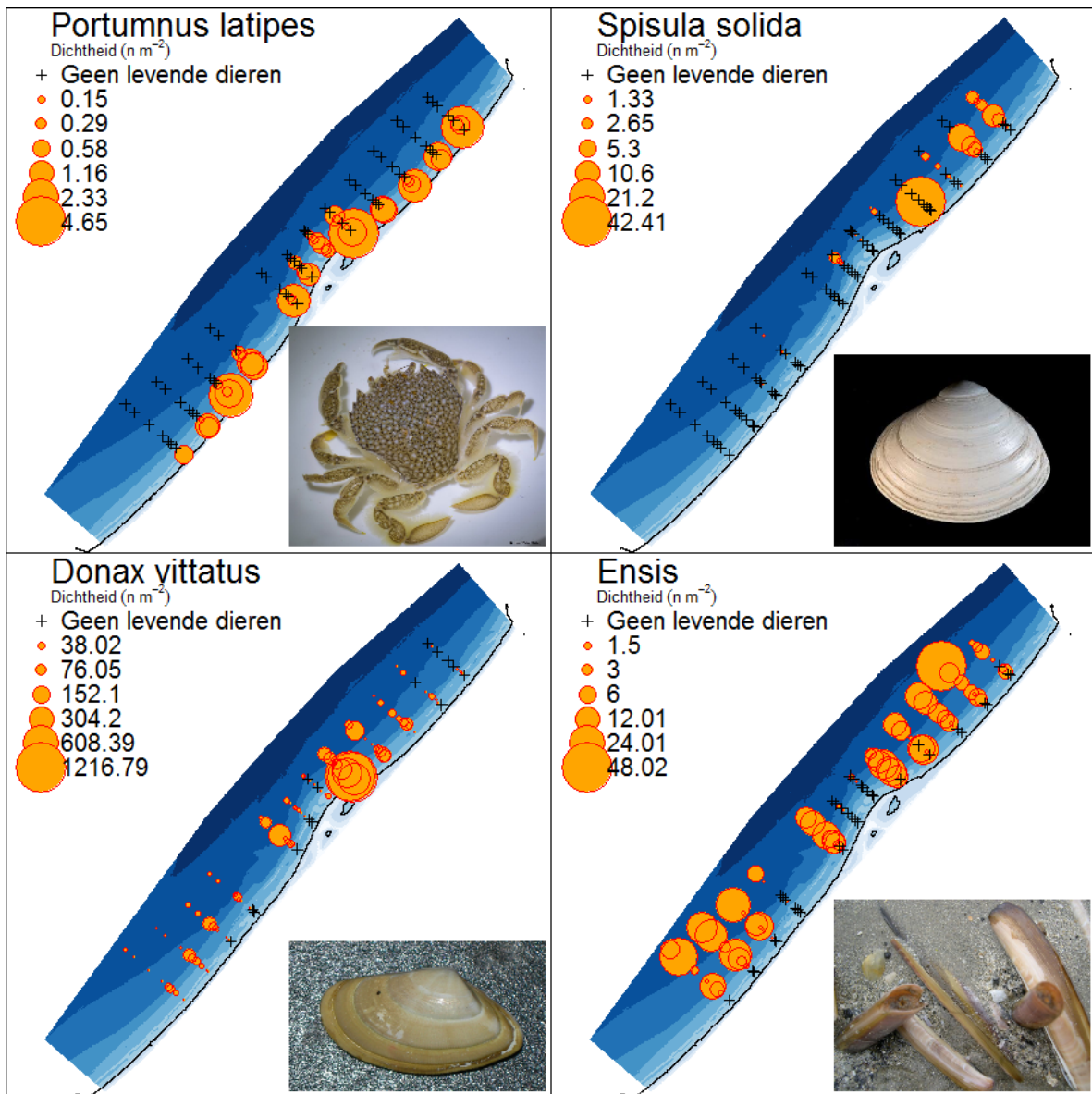
In Figuur 32 is de nMDS plot van de data van de bodemschaaf uit 2017 weergegeven. De markers geven de clusters uit de clusteranalyse (Figuur 30) weer. In de figuur is duidelijk te zien dat de clusters b, c en g zich ook op de nMDS duidelijk onderscheiden van de overige clusters. In Figuur 33 zijn de markers van de nMDS vervangen door taartdiagrammen voor de breedpootkrab (*Portumnus latipes*), de stevige strandschelp (*Spisula solida*), het zaagje (*Donax vittatus*) en *Ensis* spp. als karakteristieke soorten voor de verschillende clusters. In Figuur 34 ten slotte is de verspreiding van de dichtheden van deze soorten over het gebied rond de Zandmotor weergegeven.



Figuur 32: nMDS plot data bodemschaaf voor 2017. De labels geven de nummers van de bemonsteringslocaties weer. De kleur van de markers representeren de clusters uit de clusteranalyse.

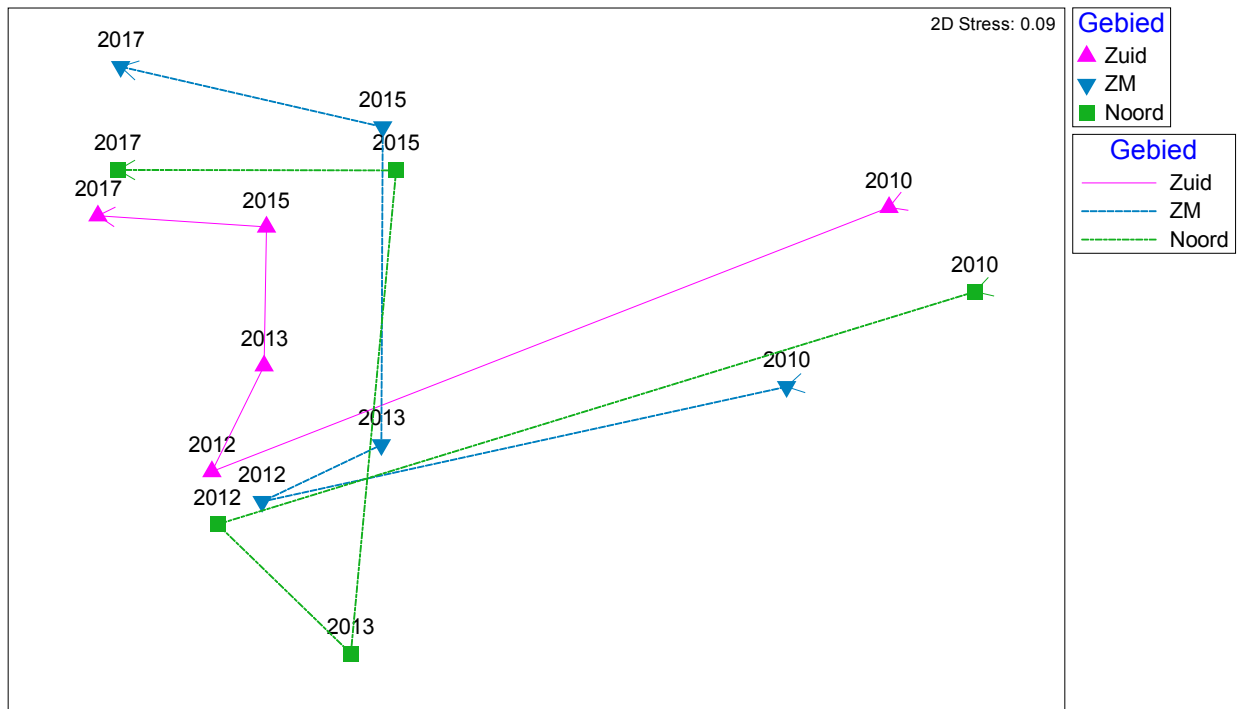


Figuur 33: nMDS plot data bodemschaaf 2017, als in Figuur 32. De markers geven nu het relatieve aandeel van de belangrijkste soorten weer. De verspreiding van deze soorten is weergegeven in Figuur 34.



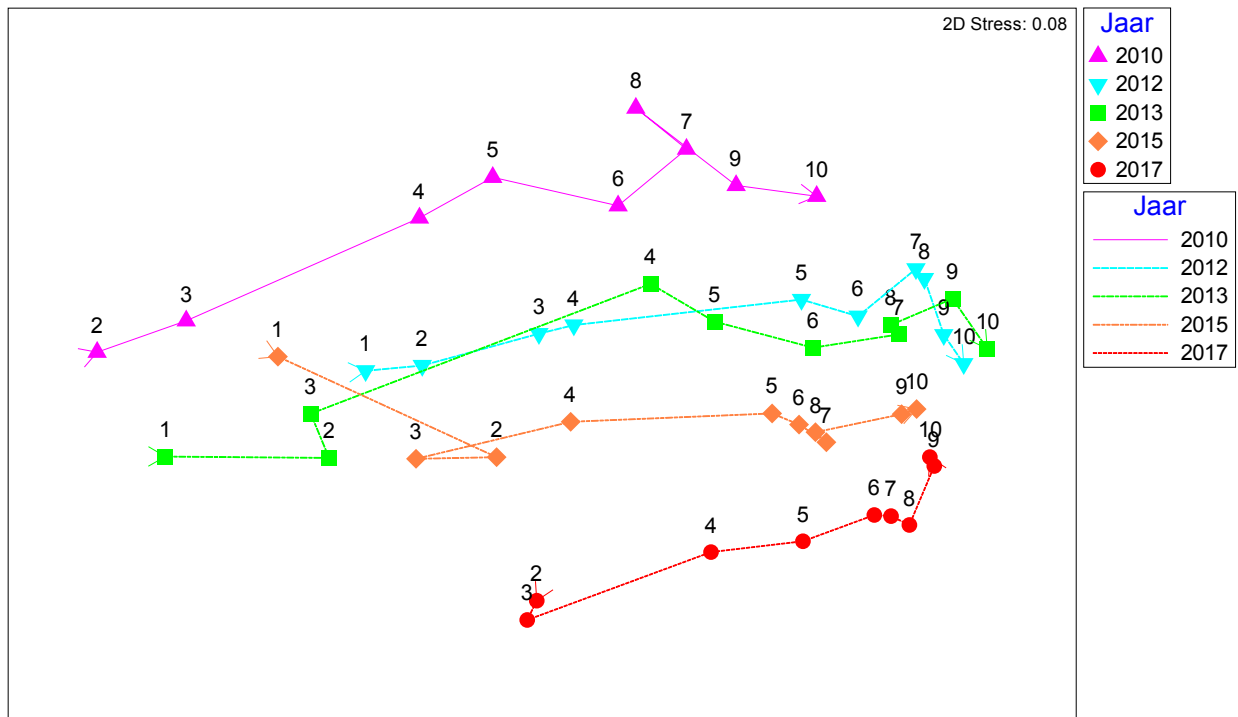
Figuur 34: Verspreiding van dichtheden van de soorten *Portumnus latipes*, *Spisula solida*, *Donax vittatus* en *Ensis* spp. in 2017.

Om de ontwikkeling in de tijd te visualiseren zijn er niet-metrische MDS plots gemaakt op geaggregeerde data over alle jaren. De dichtheden zijn hiervoor gemiddeld per jaar en gebied (Zuid, Zandmotor, Noord, Figuur 35) en per jaar en dieptestratum (Figuur 36). Voor alle gebieden is er een vergelijkbaar patroon over de tijd (2010 naar 2017). Het jaar 2010 wijkt hierbij het sterkst af van de overige jaren. Het jaar 2012 lijkt relatief uniform wat aangeeft dat er in dat jaar relatief weinig verschil is tussen de gebieden Zuid, Zandmotor en Noord. In 2015 vertonen de gebieden Noord en Zandmotor sterke overeenkomsten terwijl het gebied Zuid hiervan afweek. Uit de figuur is af te leiden dat er een ontwikkeling in de bodemdiergemeenschap heeft plaatsgevonden in alle drie de deelgebieden en dat het de jaarlijkse verschillen groter zijn dan de verschillen tussen de drie deelgebieden. De bodemdiergemeenschap gaat steeds meer afwijken van de bodemdiergemeenschap die in 2010 is aangetroffen. Dit geldt voor alle drie de deelgebieden. Uit de figuur is duidelijk te zien dat de bodemdiergemeenschap in het onderzoeksgebied zich aan het ontwikkelen is na de aanleg van de Zandmotor. De gemeenschap heeft zich niet ontwikkeld naar de situatie van voor de aanleg (2010).



Figuur 35: nMDS plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap over de tijd voor de drie verschillende deelgebieden (Zuid, Zandmotor en Noord). De afstand tussen de punten is een maat voor de dissimilariteit in de bodemdiersamenstelling

In Figuur 36 is eenzelfde figuur gemaakt waarbij de data zijn geaggregeerd voor de factoren diepte en jaar. Met de kleuren zijn de jaren aangegeven en de getallen geven het dieptestratum aan (zie ook Tabel 1). Uit de figuur is duidelijk af te leiden dat er een diepte gradiënt zit in de bodemdiergemeenschap, waarbij de ondiepte stations een relatieve lage waarde op de horizontale as van het nMDS plot. Het jaareffect zit voornamelijk op de verticale as, waarbij er een duidelijke gradiënt is van 2010 naar 2017. Ook uit deze figuur blijkt dat de bodemdiergemeenschap zich nog steeds aan het ontwikkelen is en niet terug is in de situatie van 2010.

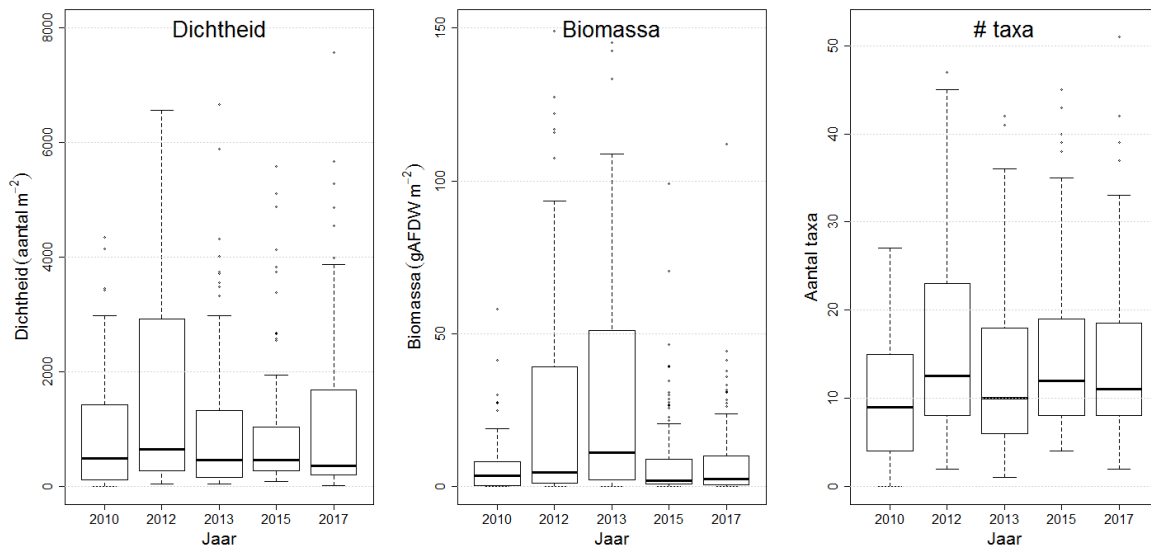


Figuur 36: nMDS plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap als functie van de diepte voor de verschillende jaren. De afstand tussen de punten is een maat voor de dissimilariteit in de bodemdiersoortenstelling

3.3 Van Veen bemonstering

3.3.1 Overzicht

In totaal zijn er in 2017 120 locaties bemonsterd met de Van Veen happer. De gemiddelde totale dichtheid aan bodemdieren in 2017 was 1031 individuen m^{-2} (stdev 1377 individuen m^{-2}) en is vergelijkbaar met 2013 en 2015 (respectievelijk 1357 en 874 ind. m^{-2}) maar lager dan in 2012 (2166 ind. m^{-2}) (Figuur 37). De hoogste dichtheid in 2017 was 7570 individuen m^{-2} (voornamelijk *Spisula subtruncata*) op locatie 2017_087. De gemiddelde biomassa aan bodemdieren was 15.2 g AFDW m^{-2} (stdev 77 g AFDW m^{-2}) en het gemiddeld aantal aangetroffen taxa per monster was 14.4. Het maximaal aantal taxa (51) is aangetroffen op locatie 2017_109. Wat betreft gemiddelde dichtheid, biomassa en aantal taxa was 2010 het armste jaar (gemiddeld 9.6 taxa per station).



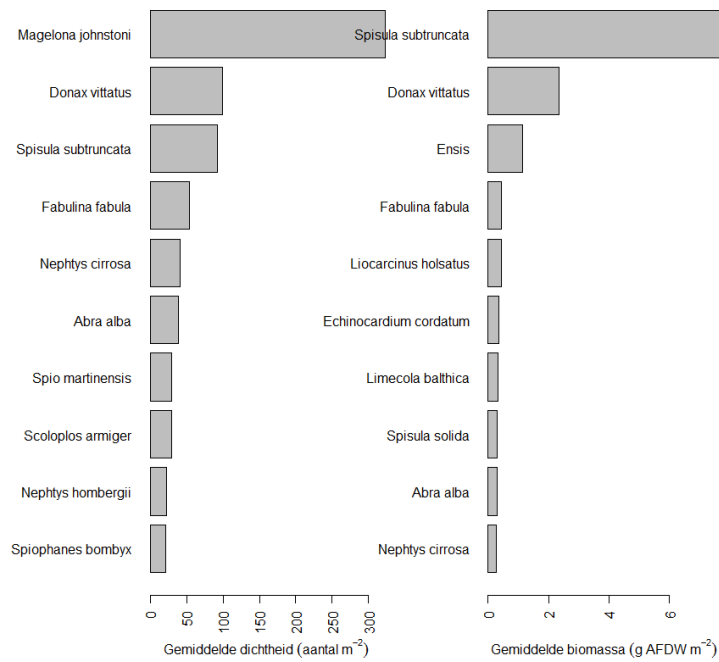
Figuur 37: Boxplots van dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g AFDW m⁻²) en het aantal taxa per locatie over de jaren 2010 tot en met 2017 in de Van Veen bemonstering. Voor de overzichtelijkheid van de figuur zijn de y-assen voor dichtheid en biomassa afgebroken bij respectievelijk 8000 en 150.

In totaal zijn er in 2017 162 taxa aangetroffen in de monsters. 47 van deze taxa zijn slechts op 1 station gevonden. In totaal zijn er over alle jaren 238 taxa aangetroffen. In 2017 zijn er op opvallend veel stations *Donax vitatus* aangetroffen (53.3 % van de bemonsterde stations). In de jaren 2010, 2012, 2013 en 2015 was *Donax vitatus* op respectievelijk 0, 13.3, 4.1 en 13.3 % van de bemonsterde stations aangetroffen. Andere soorten die in 2017 veelvuldig zijn aangetroffen zijn *Nephtys cirrosa*, *Magelona johnstoni*, *Spiophanes bombyx* en *Spio martinensis* (Tabel 6). Soorten die in 2017 relatief weinig zijn aangetroffen zijn *Ensis* spp., *Nephtys* en *Lanice conchilega*.

Tabel 6: Percentage van de stations dat een taxon is aangetroffen in de Van Veen monsters. In de tabel zijn alleen de taxa aangegeven die in meer dan 25% van de monsters zijn aangetroffen.

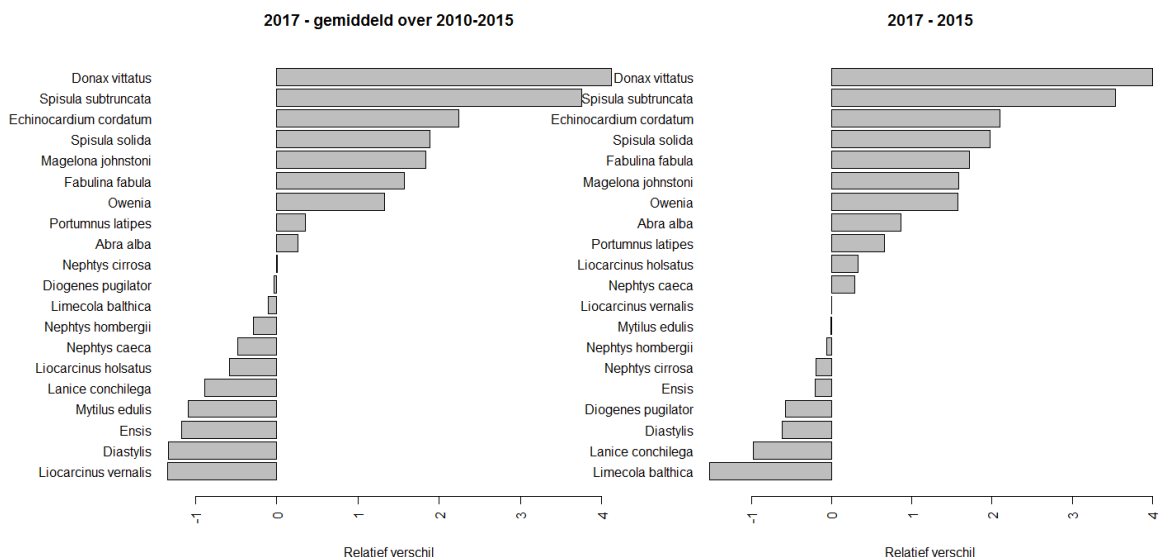
Taxon	2010	2012	2013	2015	2017	Totaal
<i>Nephtys cirrosa</i>	69.4	40	66	68.3	78.3	63.8
<i>Spiophanes bombyx</i>	38.7	64.2	54.6	55.8	46.7	53.4
<i>Ensis</i> spp.	71	69.2	71.1	34.2	22.5	50.9
<i>Spio martinensis</i>	51.6	60.8	34	60	40.8	49.9
<i>Magelona johnstoni</i>	53.2	49.2	23.7	46.7	55	45.7
<i>Nephtys hombergii</i>	27.4	43.3	53.6	32.5	34.2	38.7
<i>Capitella</i> spp.	50	45	22.7	29.2	34.2	35.3
<i>Nephtys</i> spp.	16.1	54.2	41.2	40.8	9.2	33.7
<i>Scoloplos armiger</i>	25.8	37.5	42.3	32.5	25.8	33.1
<i>Scoelelepis (Scoelelepis) squamata</i>	38.7	30.8	18.6	40.8	35.8	32.9
<i>Eteone</i> spp.	27.4	44.2	8.2	43.3	27.5	31.4
<i>Diogenes pugilator</i>	35.5	32.5	13.4	38.3	35	31.2
<i>Fabulina fabula</i>	8.1	27.5	28.9	42.5	36.7	31
<i>Lanice conchilega</i>	25.8	34.2	38.1	35.8	17.5	30.4
<i>Nemertea</i>	27.4	45.8	19.6	28.3	27.5	30.4
<i>Magelona mirabilis</i>	33.9	20.8	26.8	44.2	25	29.9
<i>Spisula subtruncata</i>	9.7	29.2	27.8	30	39.2	29.1
<i>Abra alba</i>	17.7	36.7	23.7	22.5	24.2	25.8
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1.6	21.7	5.2	54.2	30	25.6
<i>Limecola balthica</i>	1.6	28.3	15.5	37.5	30	25.2

De borstelworm *Magelona johnstoni* had in 2017 de grootste gemiddelde dichtheid (gemiddeld 323 ind. m⁻²) (Figuur 38). Ook de schelpdieren *Donax vittatus*, *Spisula subtruncata* en *Fabulina fabula* waren relatief talrijk (gemiddelde dichtheid respectievelijk 99, 92 en 54 individuen m⁻²). Wat betreft biomassa was *Spisula subtruncata* de meest dominante soort in 2017 (7.8 g AFDW m⁻²). Andere belangrijke soorten qua biomassa zijn *Donax vittatus* (2.4 g AFDW m⁻²) en *Ensis* spp. (1.1 g AFDW m⁻²). Hoewel de dichtheid van *Echinocardium cordatum* beperkt is (1.6 m⁻²) hebben ze vanwege hun grootte toch een aanzienlijke bijdrage aan de totale biomassa (0.34 g AFDW m⁻²).



Figuur 38: Gemiddelde dichtheden en biomassa's van de 10 meest dominante soorten bij de bemonstering met de Van Veen happer in 2017.

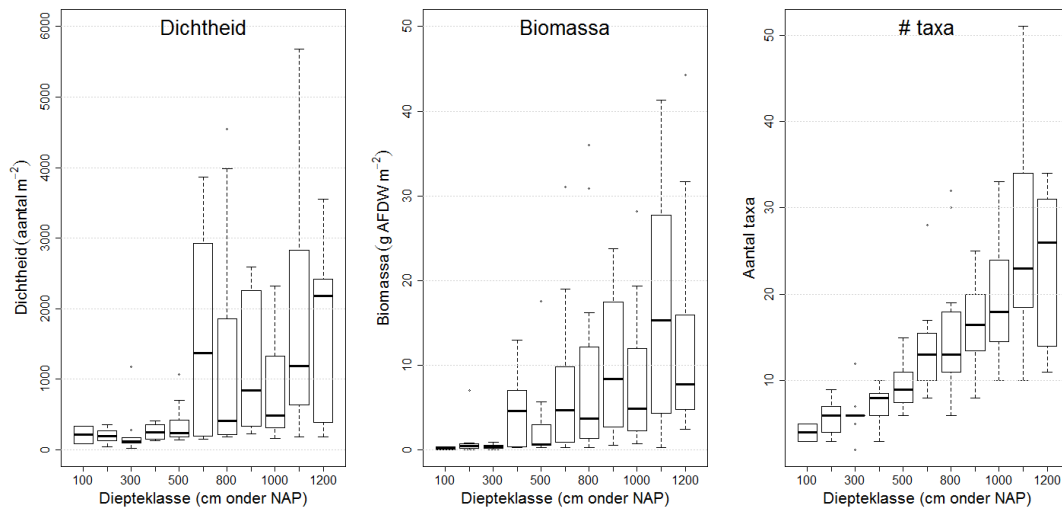
In Figuur 39 is te zien dat vooral de dichtheden van de soorten *Donax vittatus*, *Spisula subtruncata*, *Echinocardium cordatum*, *Spisula solida*, *Magelona johnstoni*, *Fabulina fabula* en *Owenia* spp. in 2017 hoger waren dan gemiddeld in 2010 tot en met 2015 en ook hoger dan in 2015. De soorten *Liocarcinus vernalis*, *Diastylis* spp., *Ensis* spp., *Mytilus edulis* en *Lanice conchilega* kwamen relatief in lagere dichtheden voor dan gemiddeld in de jaren 2010 - 2015.



Figuur 39: Relatieve veranderingen in gemiddelde dichtheden van de 20 meest dominante soorten qua dichtheid. In de linker figuur is de gemiddelde dichtheid in 2017 vergeleken met de gemiddelde dichtheid over de periode 2010 - 2015. In de rechter figuur is het verschil in dichtheid weergegeven tussen 2017 en 2015. De verschillen zijn gewogen naar de gemiddelde dichtheid per soort over alle jaren.

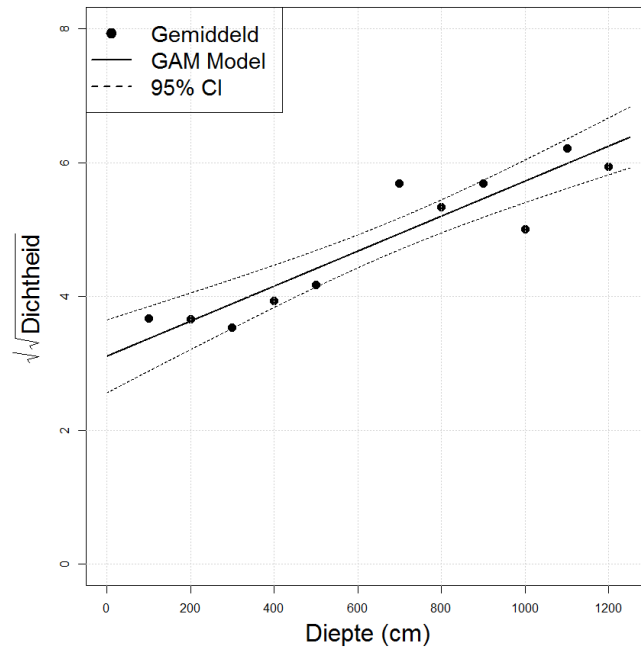
3.3.2 Relatie met waterdiepte

In Figuur 40 is te zien dat er een duidelijk effect is van diepte op zowel de dichtheid, biomassa als het aantal taxa. De dichtheid neemt sterk toe bij dieptes groter dan -5 meter NAP en de biomassa neemt al toe bij dieptes groter dan -3 meter NAP. Het aantal soorten neemt vrijwel lineair toe met de waterdiepte.

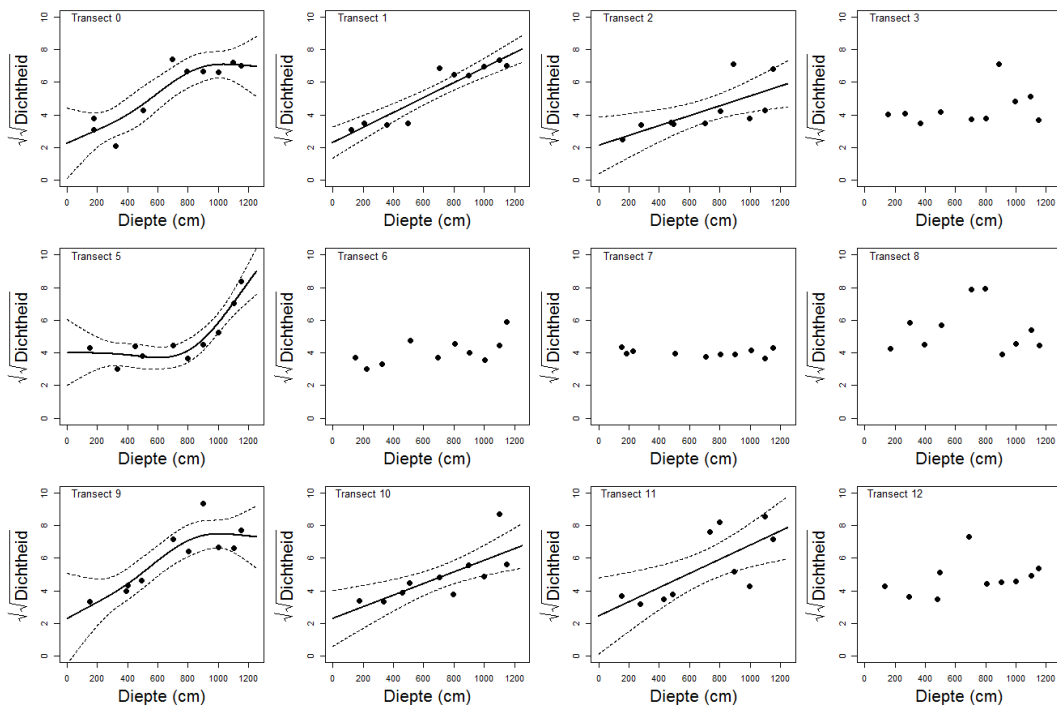


Figuur 40: Boxplots van dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g AFDW m⁻²) en aantal taxa in 2017 als functie van de waterdiepte.

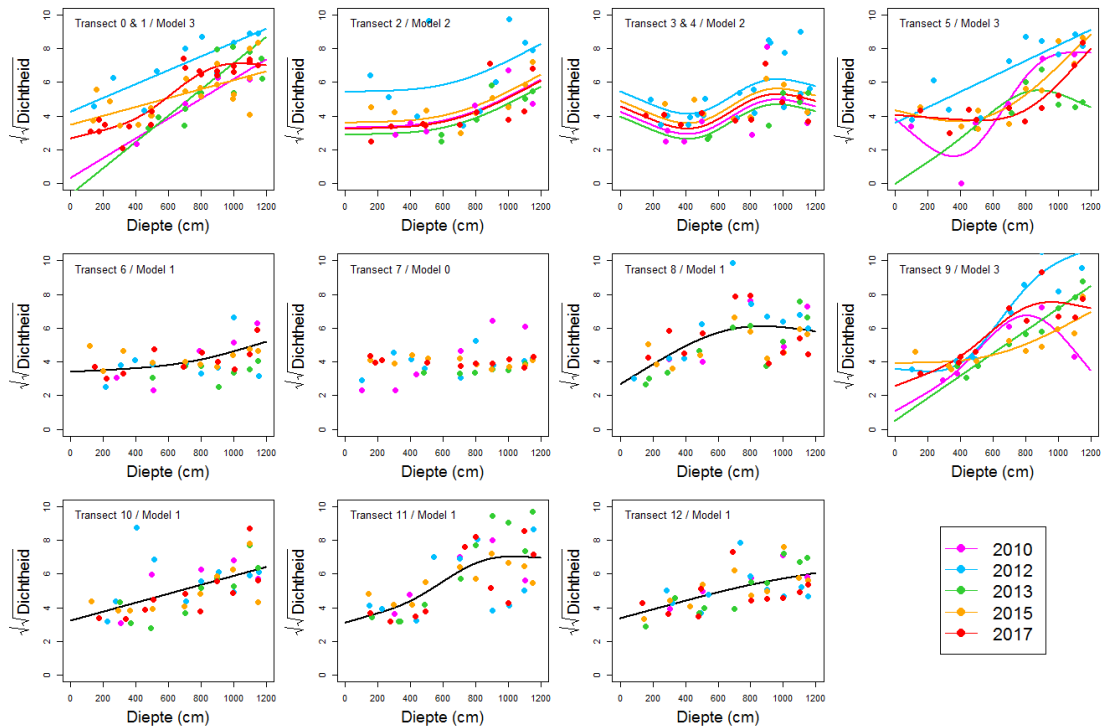
Het GAM-model laat een lineaire relatie zien tussen de waterdiepte en de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid aan bodemdieren (Figuur 41). De punten geven de geaggregeerde (gemiddeld over de diepteklassen) waarden weer, terwijl het GAM-model is gebaseerd op de individuele metingen. De lineaire toename van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid met de waterdiepte is niet in elk individueel transect terug te vinden. De dichtheden op de transecten 3, 6, 7, 8 en 12 vertoonden geen significante relatie met de waterdiepte (Figuur 42). Op transecten 1, 2, 10 en 11 was er een lineaire relatie tussen de vierdemachtswortel getransformeerde dichtheid en de waterdiepte en op de transecten 0, 5 en 9 was deze relatie niet-lineair. In Figuur 43 zijn de GAM modellen gepresenteerd met jaar als co-variabele. Vooral in de meest zuidelijke transecten (0 tot en met 5) is er een duidelijk effect van de jaren, waarbij vooral 2012 afweek van de overige jaren op basis van hogere dichtheden over de hele diepterange. Op de overige transecten (m.u.v. transect 9) is er geen significant verschil tussen de jaren.



Figuur 41: Vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) als functie van de diepte (centimeter beneden NAP) van het benthos verzameld met de Van Veen happer. getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model als functie van de diepte en de stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheid intervallen weer. Het model is gefit op individuele metingen, voor de overzichtelijkheid geven de punten de geaggregeerde data weer.



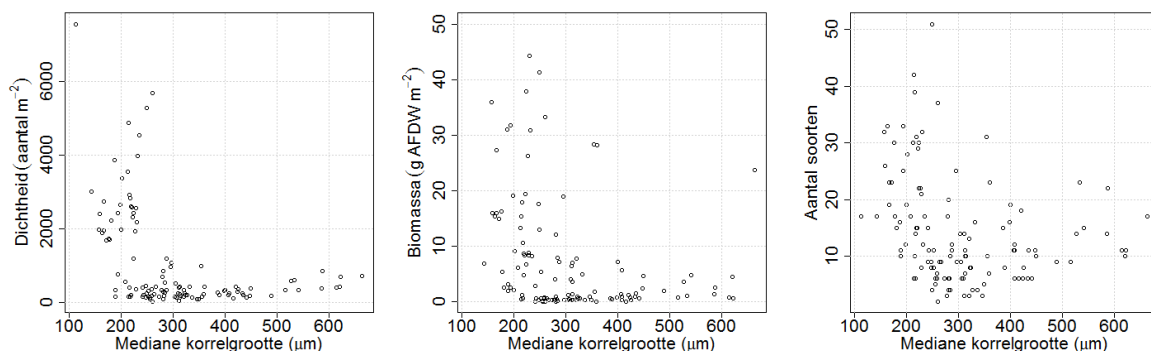
Figuur 42: GAM regressiemodellen voor de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid als functie van de waterdiepte (cm beneden NAP) voor de 12 transecten. Alleen de significante GAM modellen zijn geplot.



Figuur 43: GAM modellen van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid bodemdieren (aantal m^{-2}) als functie van de diepte (cm beneden NAP) met jaar als factor voor de verschillende transecten. Bij Model 1 (getrokken zwarte lijnen) is er geen significant verschil tussen de jaren. Bij model 2 is er wel een significant verschil tussen de jaren, maar is er geen verschil in het patroon met de diepte. Bij model 3 is er ook een significant verschil in het patroon met de diepte tussen de verschillende jaren. Bij Model 0 is er geen significante relatie.

3.3.3 Relatie met sedimentsamenstelling

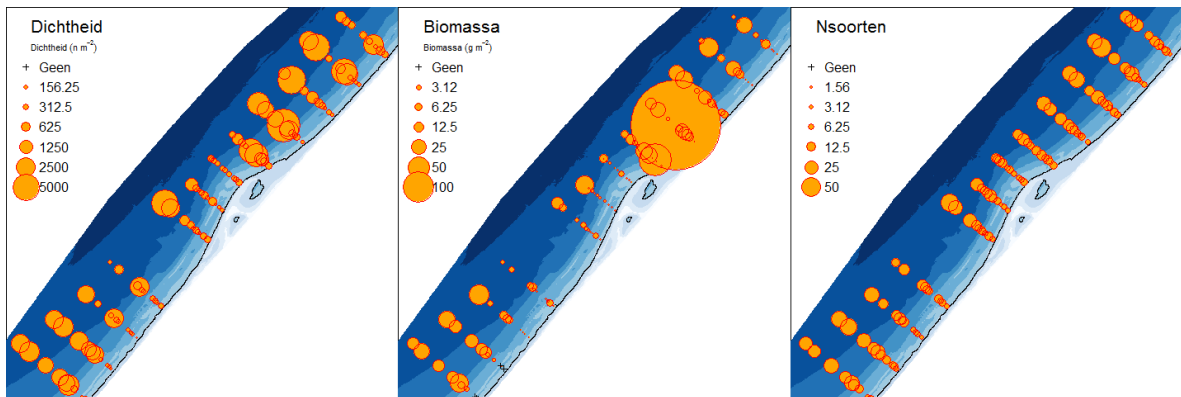
Er is een duidelijke relatie tussen het voorkomen van bodemdieren in de Van Veen monsters en de sedimentsamenstelling. In Figuur 44 zijn de dichtheid, biomassa en het aantal soorten uitgezet tegen de mediane korrelgrootte. De hoogste biomassa's en dichtheden worden aangetroffen bij een mediane korrelgrootte van minder dan 300 μm . Zoals eerder is aangetoond (Figuur 11) is de mediane korrelgrootte ook sterk gecorreleerd met de waterdiepte.



Figuur 44: Relatie tussen dichtheid, biomassa en aantal soorten per locatie op de verticale as en mediane korrelgrootte op de horizontale as voor de Van Veen bemonstering in 2017. De y-as van biomassa is afgekapt bij 50 g AFDW m^{-2} . Twee waarden waren aanzienlijk hoger.

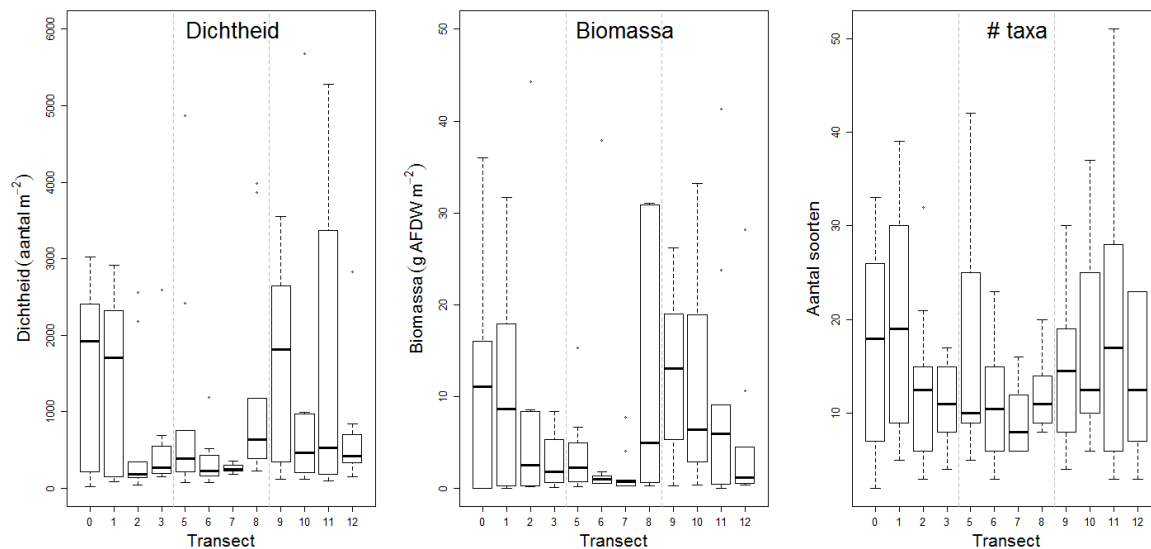
3.3.4 Ruimtelijke verspreiding

Ook in Figuur 45 is te zien dat de dichtheid en biomassa aan bodemdieren in de ondiepe delen van het onderzoeksgebied laag zijn. De hogere waarden worden gevonden verder van het strand vandaan. De biomassa van bodemdieren op de kop en iets ten zuiden van de kop van de Zandmotor (transecten 3, 5, 6 en 7) zijn laag. Hogere dichtheden worden aangetroffen ten noorden van de Zandmotor en op de twee meest zuidelijke transecten. Opvallend is dat er een station uitspringt qua biomassa. Dit is station 2017_087, waar heel veel *Spisula subtruncata* is aangetroffen (6750 ind. m⁻² met een biomassa van 834 g AFDW m⁻²). Dit komt overeen met de resultaten uit de bemonstering met de bodemschaaf. Op de locatie 2017_086 is *Spisula subtruncata* aangetroffen met een dichtheid van 800 m⁻² en op 2017_087 met een dichtheid van ruim 2300 m⁻². Dat deze getallen iets lager zijn dan de Van Veen happer kan het gevolg zijn van het grotere bemonsterd oppervlak met de bodemschaaf.



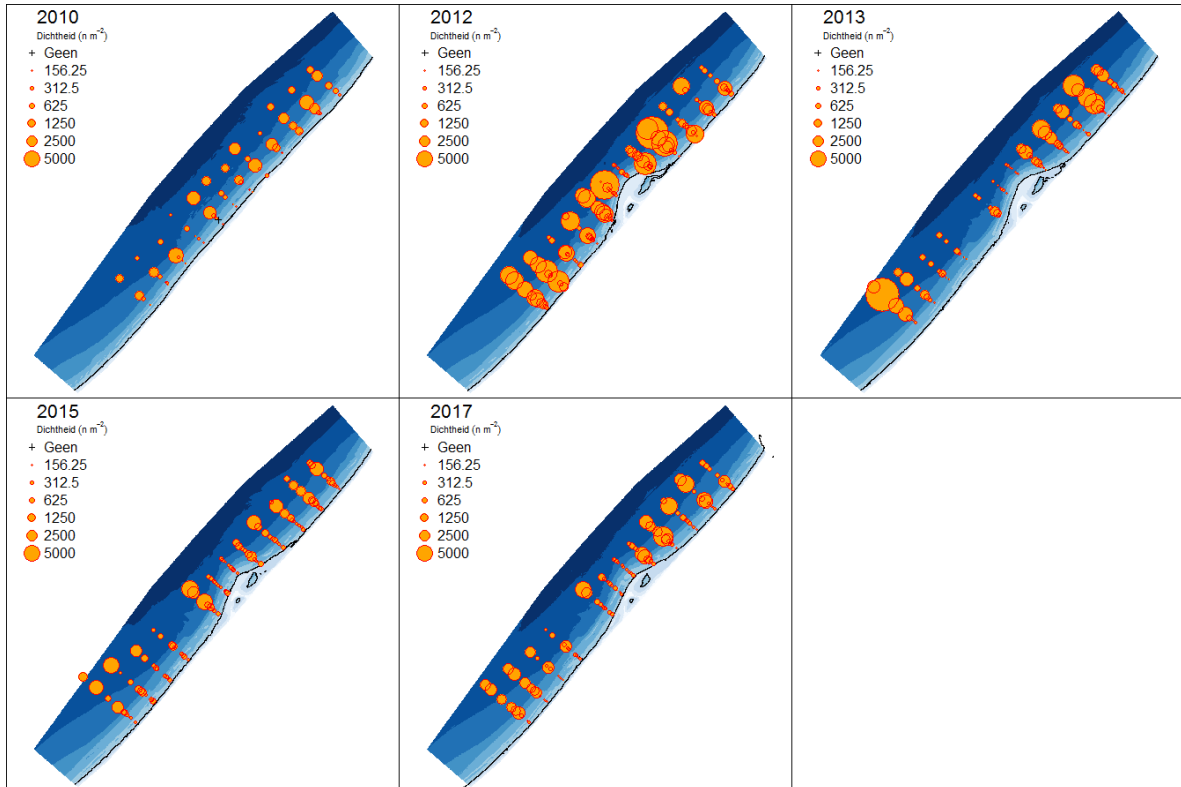
Figuur 45: Verspreidingskaart totale dichtheid (aantal m⁻²), en bodemdierbiomassa (g AFDW m⁻²) en aantal soorten per monster in de Van Veen bemonstering 2017.

In Figuur 46 zijn de dichtheden, biomassa's en het aantal soorten voor de Van Veen bemonstering in 2017 uitgezet voor de verschillende transecten. De transecten 2 tot en met 7 en 12 zijn relatief laag in dichtheid en biomassa, terwijl de transecten 0, 1 en 9 een relatief hoge dichtheid en biomassa hebben. Ook het aantal taxa dat is aangetroffen is relatief laag op de transecten op en ten zuiden van de Zandmotor (transecten 2 tot en met 8).

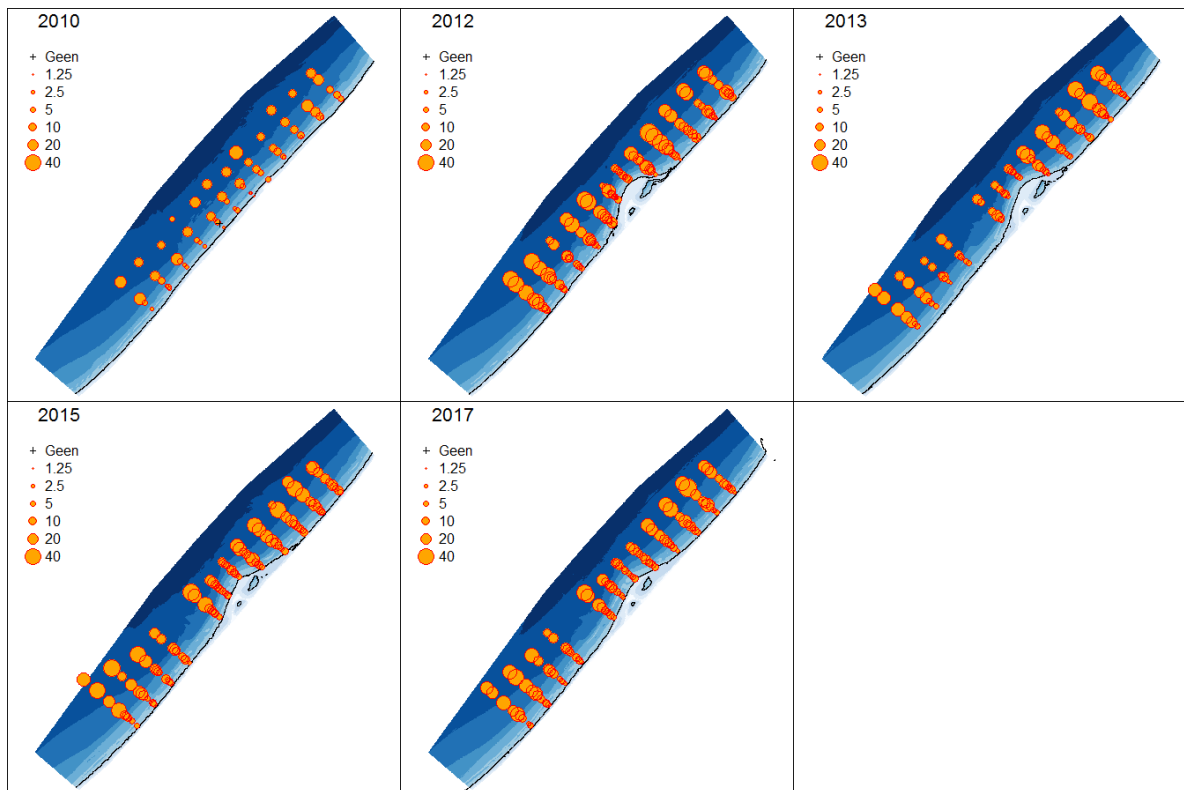


Figuur 46: Boxplots van dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g AFDW m⁻²) en aantal soorten in 2017 over de verschillende transecten van het meest zuidelijke (transect 0) naar het meest noordelijke (transect 12). De verticale stippellijnen geven de scheiding tussen de verschillende deelgebieden.

In Figuur 47 is de verspreiding van de totale dichtheid aan bodemdieren (aantal m^{-2}) in de Van Veen bemonstering uitgezet voor de verschillende jaren. De figuur laat zien dat 2010 een relatief arm jaar is en 2012 juist een rijk jaar wat betreft de dichtheid aan bodemdieren. Over de tijd lijkt er een ruimtelijke ontwikkeling op te treden waarbij de dichtheden van bodemdieren op de transecten op en ten zuiden van de Zandmotor (transecten 3, 5, 6 en 7) afnemen. In Bijlage 7 zijn dezelfde figuren gemaakt voor een aantal specifieke soorten. Zo is te zien dat het zaagje, dat in 2017 massaal is aangetroffen in 2010 helemaal niet is aangetroffen en in 2013 slechts op een 4-tal locaties (Figuur 73). *Scolelepis (Scolelepis) squamata* is een soort die voornamelijk in de dynamische ondiepe gebieden voorkomt (Figuur 78). Deze soort is ook een van de belangrijkste soorten (in voorkomen) op het strand. In Figuur 48 is het aantal taxa per locatie weergegeven over de verschillende jaren. In deze figuren is ook de toename in diversiteit met de diepte te zien. Ook is te zien dat de stations op de kop van de Zandmotor (transecten 6 en 7) relatief arm zijn qua aantal soorten dat er wordt aangetroffen.



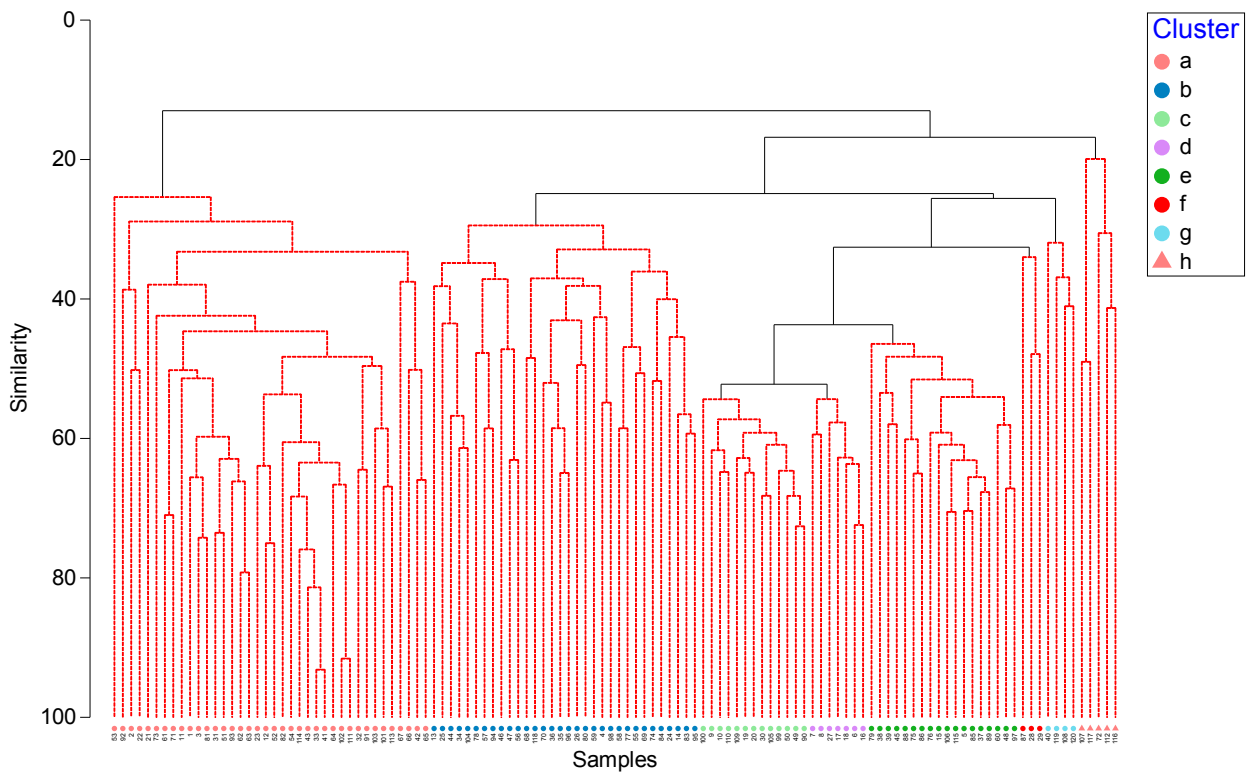
Figuur 47: Verspreidingskaart totale bodemdierdichtheid (aantal m^{-2}) bemonsterd met de Van Veen happer in 2010, 2012, 2013, 2015 en 2017.



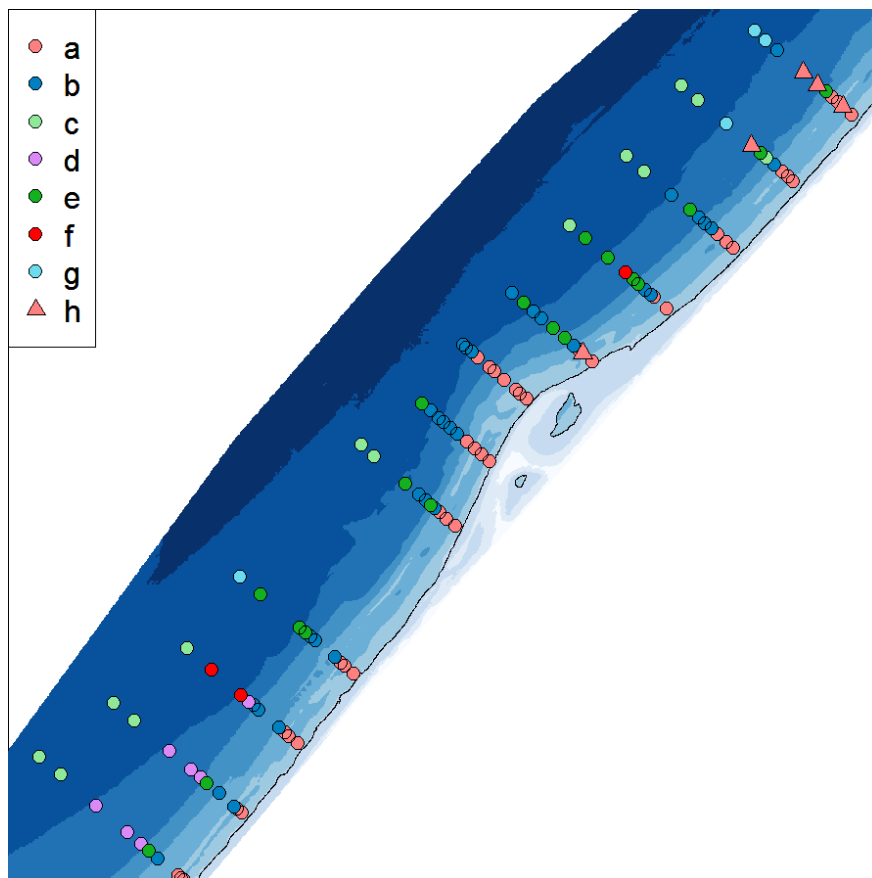
Figuur 48: Verspreidingskaart aantal taxa per locatie ($\# \text{ m}^{-2}$) bemonsterd met de Van Veen happer in 2010, 2012, 2013, 2015 en 2017.

3.3.5 Multivariate analyses

De clusteranalyse op de data van 2017 resulteerde in 8 significante clusters (Figuur 49). Cluster a is een groot cluster van 38 stations die allemaal zijn gelegen in de ondiepe brandingszone (Figuur 50). Deze stations liggen allen op een diepte van 5 meter of minder beneden NAP en op de kop van de Zandmotor (transecten 6 en 7) op grotere diepten. Dit cluster vertoont overeenkomsten met de stations uit cluster b van de bodemschaafbemonstering (Figuur 31). De stations van cluster b (32 stations) bevinden zich net op iets grotere diepten dan de stations van cluster a. De 7 stations van cluster e (donkergroene bolletjes) liggen weer op grotere diepten dan de clusters a en b. De stations van cluster c liggen voornamelijk op de diepste stations (dieper dan -10 meter NAP). De stations van cluster d bevinden zich op de transecten 0, 1 en 2 op een diepte tussen de -8 en -10 m NAP. De ligging van de stations komt overeen met de ligging van de stations binnen cluster f van de bodemschaafbemonstering. De stations van cluster g en h liggen voornamelijk in het noordelijk gebied (transecten 11 en 12) en vertonen ruimtelijk overeenkomsten met cluster c uit de bodemschaafbemonstering (Figuur 31).



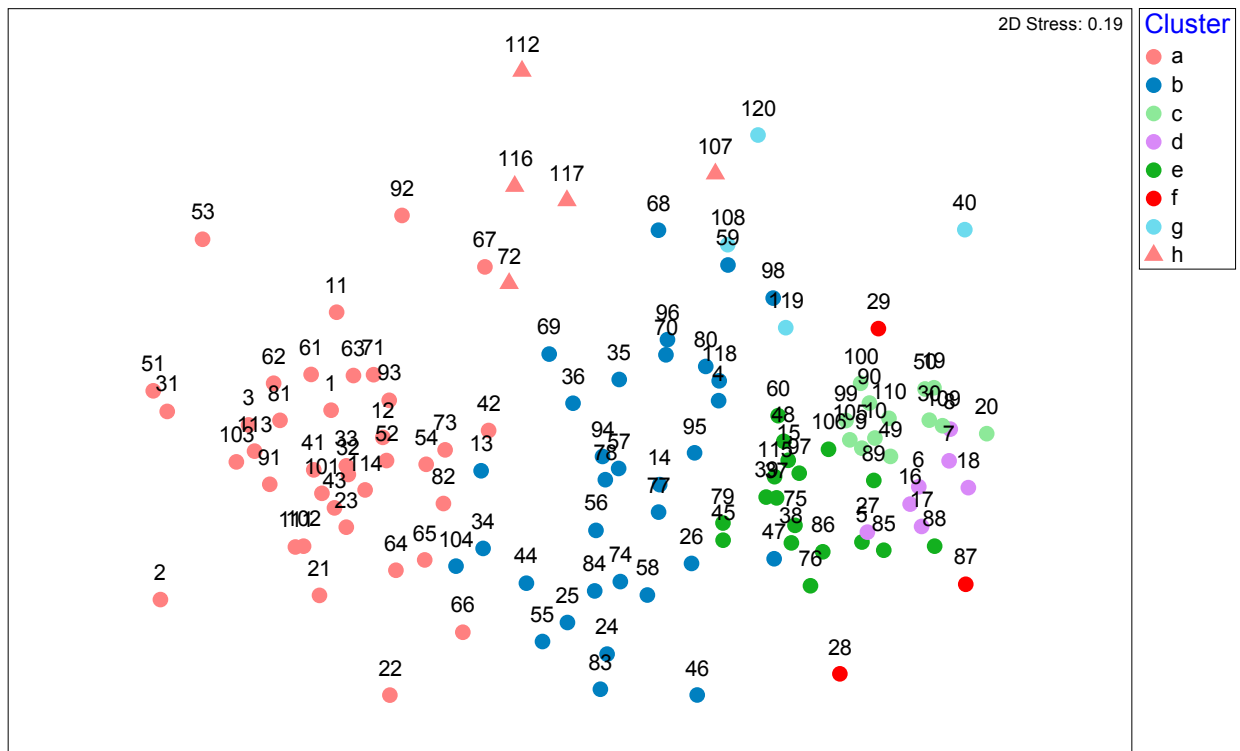
Figuur 49: Clusterdiagram van bodemdieren in de Van Veen bemonstering in 2017. De zwarte lijnen geven de significante clusters (Simprof test, $p < 0.05$)



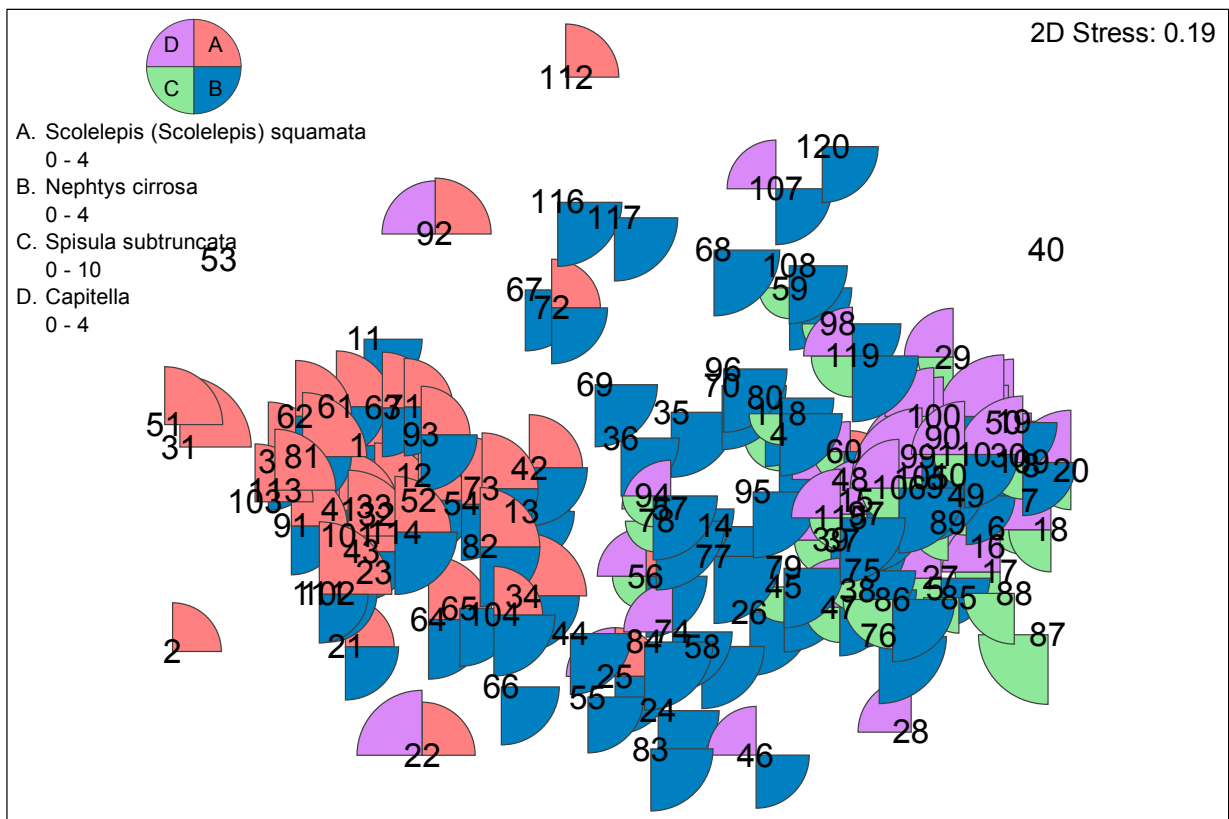
Figuur 50: Verspreidingskaart significante clusters bodemdiërgemeenschappen Van Veen bemonstering 2017. De markers corresponderen met de markers uit de clusteranalyse (Figuur 49).

In Figuur 51 is de nMDS plot, gebaseerd op de data van de Van Veen-bemonstering weergegeven. De markers geven de significante clusters weer uit de clusteranalyse (Figuur 49). In de figuur is duidelijk te zien dat de grote clusters a en b zich ruimtelijk onderscheiden van de clusters c, d, e, f en g op de horizontale as van de nMDS plot. De clusters g en h liggen hoger op de verticale nMDS-as. Uit de nMDS plot blijkt ook dat er overeenkomsten zijn in soortensamenstelling tussen de stations uit de clusters c, d en e.

In Figuur 52 is dezelfde nMDS plot weergegeven als in Figuur 51, echter nu zijn met de markers het relatieve aandeel van een 4-tal kenmerkende soorten weergegeven: *Scolelepis (Scolelepis) squamata*, *Nephtys cirrosa*, *Spisula subtruncata* en *Capitella* spp. *Scolelepis (Scolelepis) squamata* komt voornamelijk voor op de relatief dynamische stations van clusters a en gedeeltelijk binnen cluster b. *Spisula subtruncata* komt voor binnen de clusters c, d en e evenals een deel van de stations van cluster b. *Nephtys cirrosa* is wijd verspreid over de clusters maar is vooral een belangrijke soort binnen het cluster b.

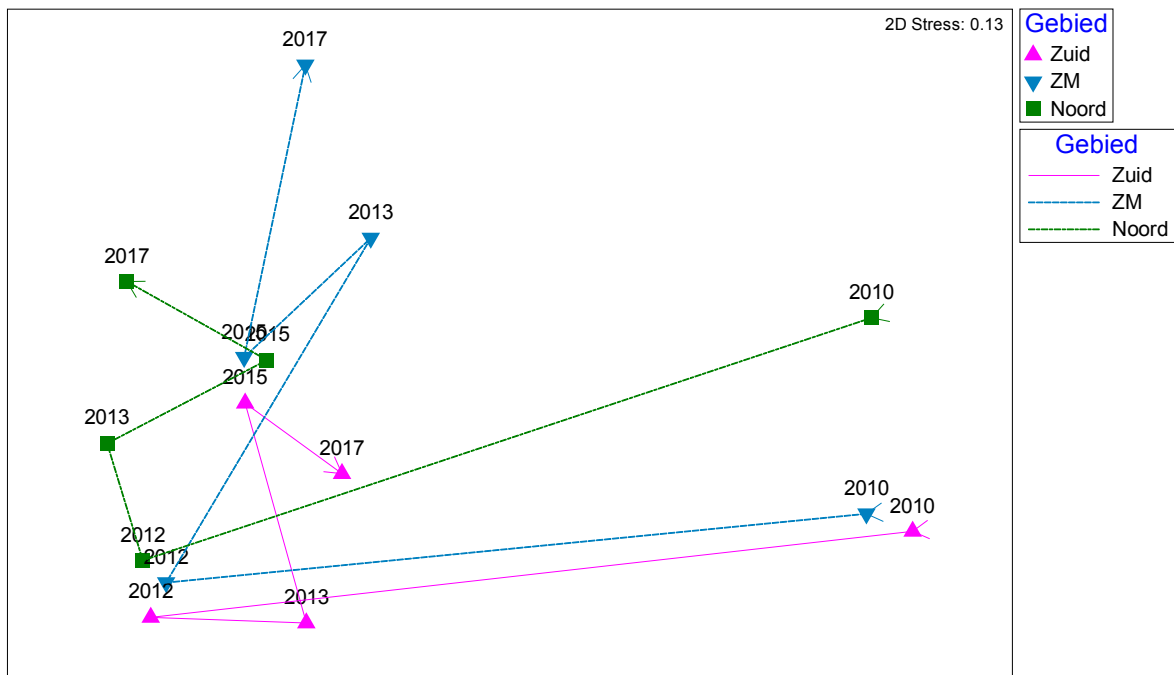


Figuur 51: nMDS plot Van Veen gegevens 2017. De labels geven de nummers van de bemonsteringslocaties weer. De kleur van de markers representeren de clusters uit de clusteranalyse.



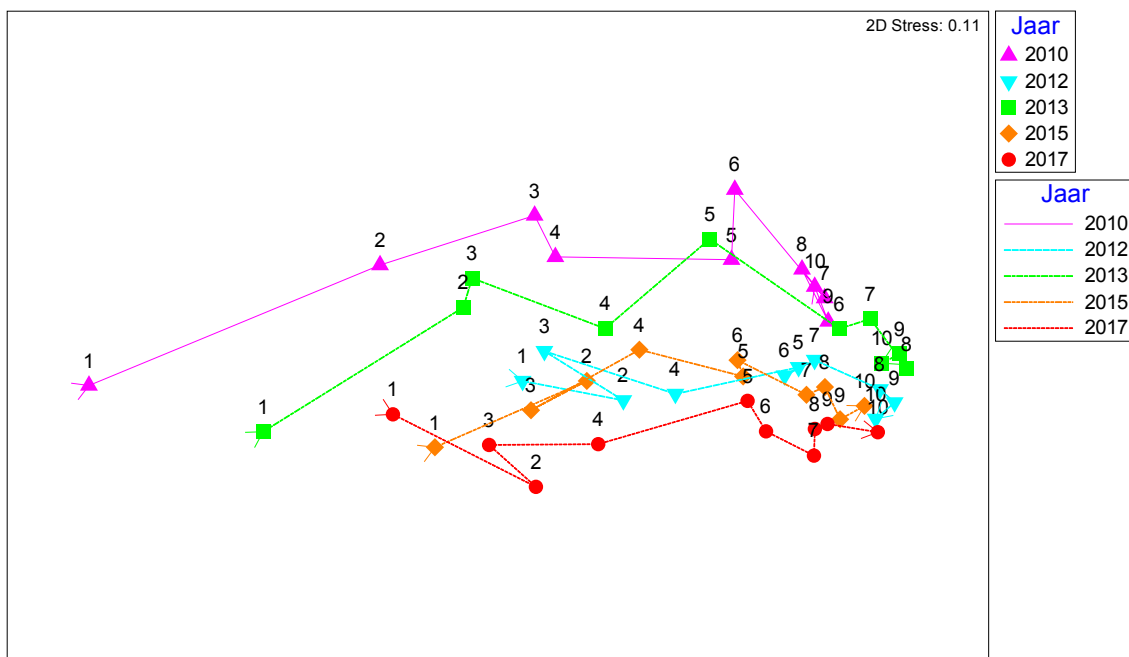
Figuur 52: nMDS plot Van Veen gegevens 2017, als in Figuur 51. De markers geven nu het relatieve aantal van een aantal karakteristieke soorten weer. De labels geven de nummers van de bemonsteringslocaties weer. De kleur van de markers representeren de clusters uit de clusteranalyse.

Om de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de tijd te visualiseren zijn er niet-metrische MDS plots gemaakt op de geaggregeerde data over alle jaren. De dichtheden zijn hiervoor gemiddeld per jaar en gebied (Figuur 53) en per jaar en dieptestratum (Figuur 54). In de figuur is duidelijk te zien dat de bodemdiergemeenschap in alle drie de gebieden na de aanleg van de Zandmotor anders was dan voor de aanleg (2010). In 2013 is er een duidelijk verschil in bodemdiergemeenschap tussen de gebieden Zuid, Zandmotor en Noord, waarbij vooral het gebied Zandmotor afwijkt van de overige twee. In 2015 is het verschil tussen de gebieden minder, maar in 2017 wijken ze weer van elkaar af. Op basis van deze figuur kan worden geconcludeerd dat de bodemdiergemeenschap zich aan het ontwikkelen is binnen het onderzoeksgebied en dat deze nog niet is teruggekeerd naar de situatie van voor de aanleg. De ontwikkeling binnen de deelgebieden is verschillend over de jaren.



Figuur 53: nMDS plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap over de tijd voor de drie verschillende deelgebieden (Zuid, Zandmotor en Noord). De afstand tussen de punten is een maat voor de dissimilariteit in de bodemdiersamenstelling.

Ook in Figuur 54 is er een duidelijk effect van diepte te zien op de bodemdiergemeenschap over de horizontale as van de nMDS plot. De diepteklassen 1 tot en met 4 (tot een diepte van ongeveer -5 meter NAP) onderscheiden zich duidelijk van de diepteklassen 5 tot en met 10 (vanaf -7 meter NAP). Ook is de ontwikkeling in de tijd te zien over de verticale as van nMDS plot, al is deze minder duidelijk dan bij de data van de bodemschaaf (Figuur 36). De ontwikkeling is niet alleen beperkt tot de ondiepe gebieden, waar het effect van de Zandmotor op de morfologie het grootst is, maar is ook terug te vinden op de grotere dieptes.

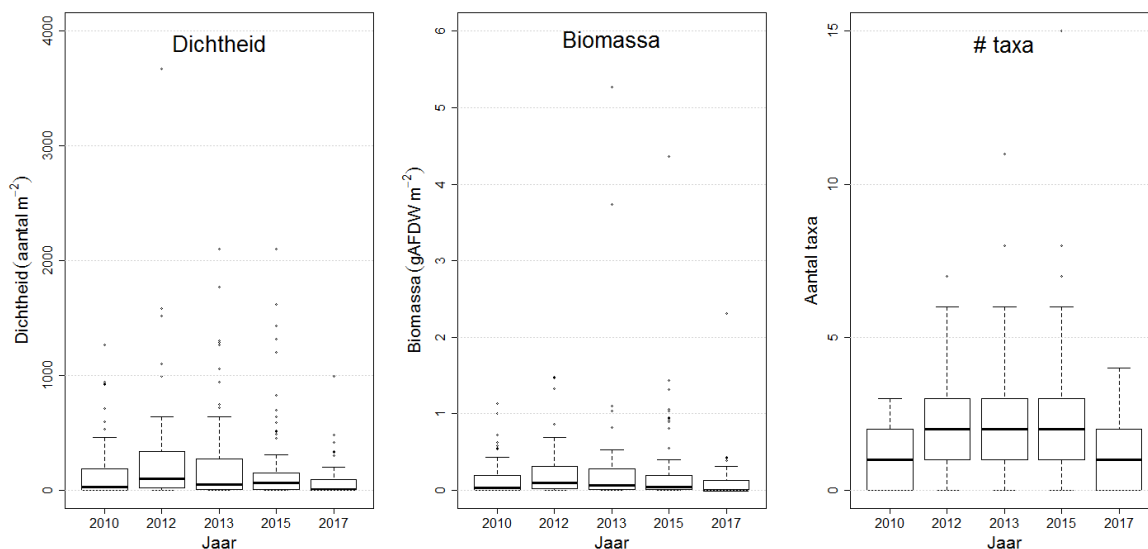


Figuur 54: nMDS plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap als functie van diepte voor de verschillende jaren. De afstand tussen de punten is een maat voor de dissimilariteit in de bodemdiersamenstelling.

3.4 Strandbemonstering

3.4.1 Overzicht

In totaal zijn er in 2017 70 benthosmonsters genomen op het strand. Op 27 stations zijn geen levende bodemdieren aangetroffen. In totaal zijn er 21 taxa aangetroffen. Dit is minder dan in voorgaande jaren. In 2013 en 2015 zijn er nog respectievelijk 39 en 47 taxa in de strandmonsters aangetroffen. Zowel de gemiddelde dichtheid (74 ± 151 individuen m^{-2}), biomassa (0.098 ± 0.29 g AFDW m^{-2}) als het aantal taxa per locatie (1.14 ± 1.2) was lager dan in voorgaande jaren (Figuur 55).



Figuur 55: Boxplots van dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g vergewicht m^{-2}) en het aantal soorten per locatie voor de strandmonsters over de jaren 2010 tot en met 2017.

De meest voorkomende soorten in de strandmonsters zijn *Scolelepis (Scolelepis) squamata*, *Haustorius arenarius*, *Eteone* spp. en *Pontocrates arenarius* (Tabel 7). In 2017 was het relatieve voorkomen van deze soorten minder dan gemiddeld in andere jaren. De soort *Eurydice pulchra* daarentegen is in 2017 relatief vaak aangetroffen in de strandmonsters (10 % van de monsters).

Tabel 7: Relatieve voorkomen (% van de stations aangetroffen) van de 10 meest voorkomende taxa in de strandmonsters voor de jaren 2010, 2012, 2013, 2015 en 2017.

Taxon	2010	2012	2013	2015	2017	Totaal
<i>Scolelepis (Scolelepis) squamata</i>	58.3	78.5	71.4	74.3	38.6	64.2
<i>Haustorius arenarius</i>	31.7	36.9	32.9	42.9	17.1	32.2
<i>Eteone</i> spp.	0	32.3	12.9	10	1.4	11.3
<i>Pontocrates arenarius</i>	0	20	10	18.6	4.3	10.7
<i>Eurydice pulchra</i>	6.7	10.8	4.3	4.3	10	7.2
<i>Mytilus edulis</i>	1.7	10.8	7.1	1.4	0	4.2
<i>Nemertea</i>	0	4.6	7.1	8.6	0	4.2
<i>Capitella</i> spp.	0	3.1	5.7	2.9	7.1	3.9
<i>Pygospio elegans</i>	0	4.6	4.3	5.7	1.4	3.3
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	3.1	2.9	4.3	2.9	2.7

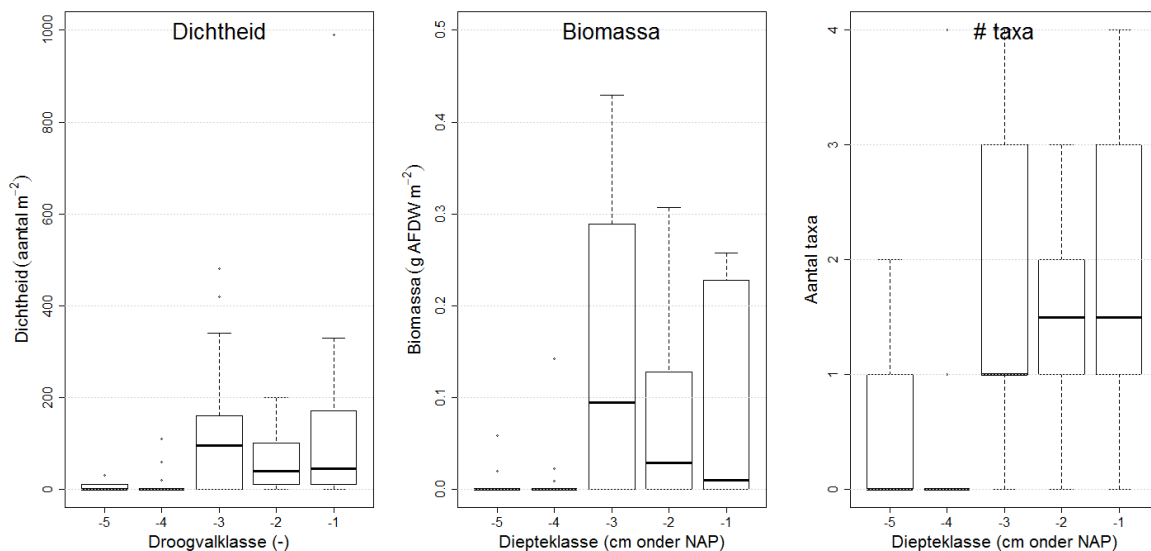
Op basis van dichtheden zijn ook *Scolelepis (Scolelepis) squamata* en *Haustorius arenarius* de meest voorkomende soorten in de strandmonsters (Tabel 8). In 2017 zijn de dichtheden over het algemeen minder dan in voorgaande jaren, met uitzondering van de soorten *Capitella* spp., *Eurydice pulchra* en *Heteromastus filiformis* waarvan de dichtheden overeenkwamen met de gemiddelde dichtheid in voorgaande jaren en *Polydora cornuta* die alleen in 2013 in vergelijkbare dichtheden is aangetroffen.

Tabel 8: Gemiddelde dichtheden van de meest dominante soorten (gemiddelde dichtheid in alle monsters > 1 m⁻²) die zijn verzameld op het strand over de jaren 2010, 2012, 2013, 2015 en 2017.

Taxon	2010	2012	2013	2015	2017	Totaal
<i>Scolelepis (Scolelepis) squamata</i>	157.3	200.5	145.7	132.4	47.7	135.2
<i>Haustorius arenarius</i>	10.3	26.3	22.7	31	11.1	20.5
<i>Capitella</i> spp.	0	14.3	15	4.4	6.1	8.1
<i>Pontocrates arenarius</i>	0	18	7.6	7.3	0.6	6.7
<i>Nemertea</i>	0	1.1	26.6	1.7	0	6.1
<i>Pygospio elegans</i>	0	2.8	8.7	14.4	0.1	5.4
<i>Spiophanes bombyx</i>	0	0	0.1	20.3	0	4.3
<i>Eteone</i> spp.	0	6	3.1	1.6	0.1	2.2
<i>Eurydice pulchra</i>	1.5	1.5	1.1	1.1	1.3	1.3
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	2	0.9	1	1.6	1.1
<i>Polydora cornuta</i>	0	0	3.1	0	2.3	1.1

3.4.2 Relatie met droogval

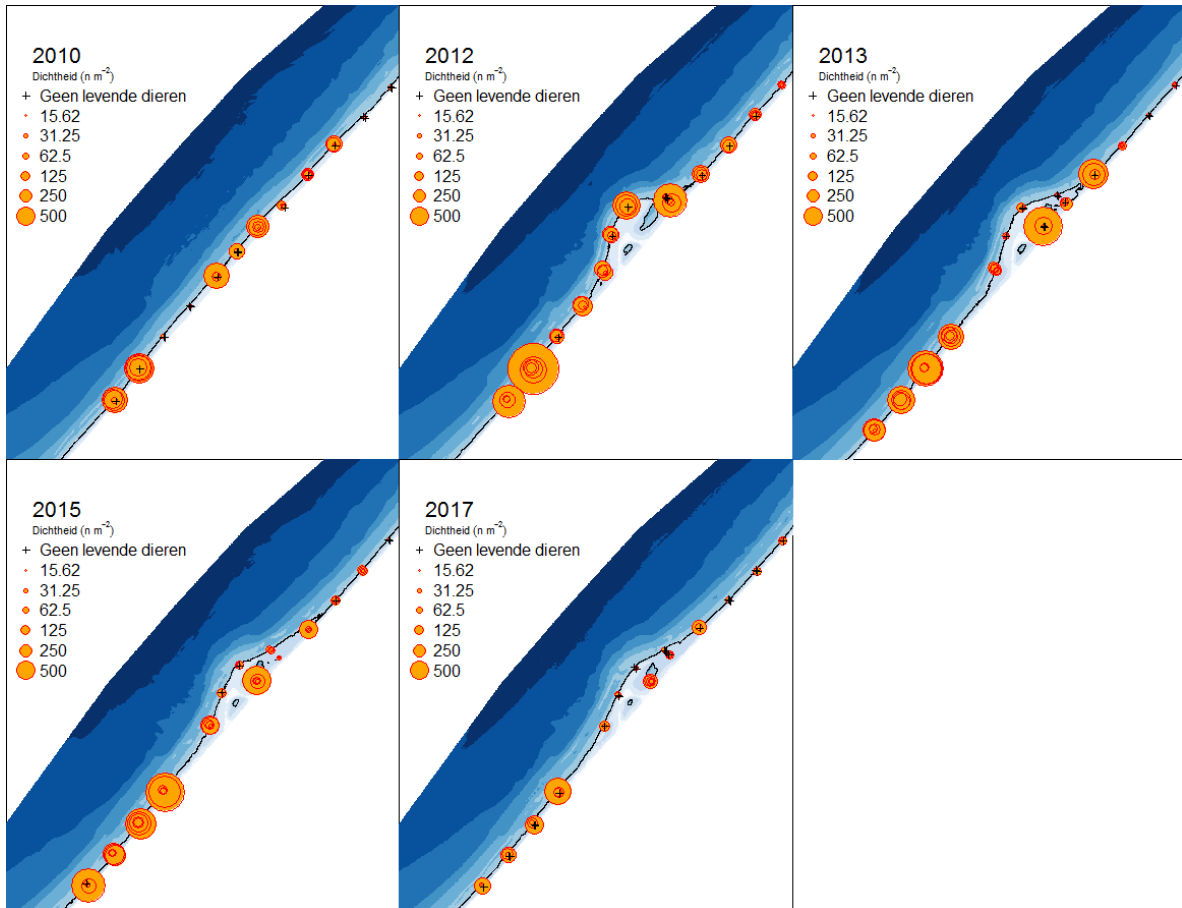
Zowel de dichtheid, biomassa als het aantal aangetroffen taxa van de monsters op het strand heeft een relatie met de droogvalduur. In Figuur 56 zijn er 5 droogvalklassen gedefinieerd, overeenkomend met -5: monsterpunten op de hoogst gelegen delen van het strand (nabij de hoogwaterlijn) en -1: monsterpunten die het kortste droogvallen (nabij de laagwaterlijn). De armste monsters zijn aangetroffen in droogvalklasse -5 en -4, hoog in het intergetijdengebied. Deze locaties staan minder 20% van de tijd onder water. Op droogvalklassen -3, -2 en -1 (meer dan 20% van de tijd onder water) is zowel de dichtheid als biomassa en het aantal aangetroffen taxa aanzienlijk hoger dan op de hoger gelegen delen van het strand. Deze patronen komen overeen met de patronen die eerder zijn gevonden en kan worden toegeschreven aan de moeilijke omstandigheden hoog in het intergetijdengebied voor de mariene organismen (Van Egmond et al., 2018).



Figuur 56: Boxplots van dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g versgewicht m⁻²) en het aantal soorten per locatie voor de strandmonsters in 2017 als functie van de droogvalklasse.

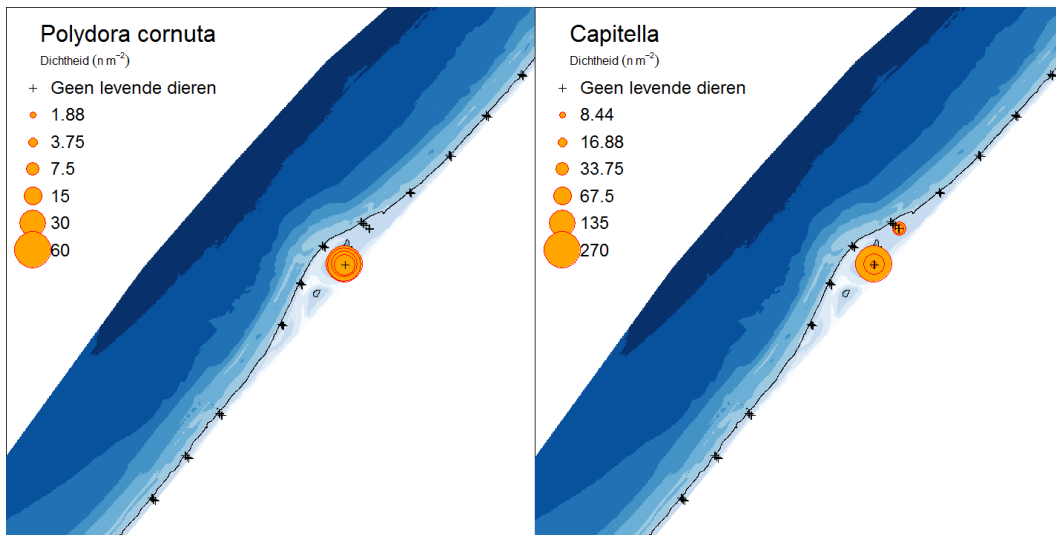
3.4.3 Ruimtelijke verspreiding

In 2017 zijn de hoogste totale dichtheden aan bodemdieren aangetroffen in de zuidelijkste transecten (transecten 0, 1, 2 en 3). Ook op het strand langs de zuidkant van de beschutte lagune en op transect 9 was de dichtheid relatief hoog. Lage dichtheden zijn aangetroffen aan de geëxponeerde zijde van de Zandmotor en op de noordelijk gelegen transecten (transecten 10, 11 en 12). Dit patroon is vergelijkbaar met de patronen uit de voorgaande jaren, hoewel de dichtheden toen hoger waren. In 2010, 2012, 2013 en 2015 waren de gemiddelde totale dichtheden respectievelijk 173, 283, 255 en 228 individuen m^{-2} , terwijl de gemiddelde dichtheid in 2017 slechts 74 individuen m^{-2} was.



Figuur 57: Ruimtelijke verspreiding van dichtheid (aantal m^{-2}) bodemdieren in de strandmonsters over de jaren 2010 tot en met 2017.

De soortensamenstelling op het beschutte strand langs de lagune was anders dan op de overige locaties op de stranden. Soorten als *Polydora cornuta*, *Capitella* spp., *Heteromastus filiformis*, *Corophium arenarium*, *Corophium volutator*, *Pygospio elegans*, *Monocorophium acherusicum*, *Peringia ulvae* zijn op het strand uitsluitend aangetroffen rond de beschutte lagune. In Figuur 58 is de verspreiding van de soorten *Polydora cornuta* en *Capitella* spp. weergegeven voor de strandmonsters uit 2017.



Figuur 58: Ruimtelijke verspreiding van de soorten *Polydora cornuta* (links) en *Capitella* spp. (rechts) in de strandmonsters.

4 Conclusies en discussie

Het doel van de bodemdierbemonstering binnen het project "monitoring en evaluatie pilot Zandmotor" is te onderzoeken wat het effect is van de aanleg van de Zandmotor op de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap. Een megasuppletie zoals de Zandmotor verschilt van reguliere strand- en vooroeversuppleties door zijn langere levensduur (ca 20 jaar in vergelijking tot de 3-5 jaar voor reguliere suppleties) en de schaal, waardoor een Zandmotor een groter effect heeft op de fysica en morfologie in het gebied op en rond de suppletie. Omdat de bodemdiergemeenschap in belangrijke mate afhankelijk is van de abiotiek (sedimentsamenstelling, getijstrooming, golven) zal mogelijk ook de bodemdiergemeenschap zich aanpassen aan de verander(en)de situatie. Dit onderzoek richt zich op de temporele en ruimtelijke ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap op en rond de Zandmotor om zo de invloed van de Zandmotor te onderzoeken.

In het najaar van 2017 is er door Wageningen Marine Research voor de 5^e keer, na de bemonsteringen van 2010, 2012, 2013 en 2015, een bodemdierbemonstering uitgevoerd op en rond de Zandmotor. In totaal zijn er 120 stations bemonsterd in de vooroever met de bodemschaaf en de Van Veen happer. Tevens zijn er 70 stations bemonsterd op het strand tussen de hoog- en laagwaterlijn. Aanvullend zijn er 330 sedimentmonsters genomen, deels op de stations waar ook bodemdieren zijn bemonsterd (190 stations), en deels op tussenliggende transecten (140 stations).

Er is zijn duidelijke ruimtelijke patronen in de sedimentsamenstelling (mediane korrelgrootte) in het onderzoeksgebied op en rond de Zandmotor. Deels zijn deze patronen het directe gevolg van de Zandmotor. Zo is het sediment in de vooroever aan de kop van de Zandmotor relatief grof en zijn er gebieden met relatief fijn sediment ontstaan net ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor. Het relatief grove zand aan de kop van de Zandmotor is waarschijnlijk het gevolg van de grote dynamiek (getijstrooming en golven). Het fijnere materiaal net ten noorden en ten zuiden is mogelijk het gevolg van het bezinken van fijner materiaal in deze wat luwere zones (Huisman et al., 2016).

De gemiddelde biomassa aan de bodemdieren in de bodemschaaf in 2017 (194 gram m⁻²) is hoger dan in de jaren 2010, 2012 en 2015 (respectievelijk 57, 91 en 161 gram m⁻²), maar lager dan in 2013 (430 gram m⁻²), als gevolg van een hoge biomassa *Ensis* spp. in dat jaar. Het gemiddeld aantal taxa per monster (6.8 taxa per monster) is vergelijkbaar met voorgaande jaren (tussen de 5 en 7 taxa per monster, maar hoger dan in 2010, voor de aanleg van de Zandmotor (2.7 taxa per monster). In het najaar van 2017 zijn er relatief veel zaagjes (*Donax vittatus*), halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*), nonnetjes (*Limecola balthica*) en *Nephtys cirrosa* aangetroffen in de monsters van de bodemschaaf en de Van Veen happer. Wat betreft de halfgeknotte strandschelpen en zaagjes is dit overeenkomstig de patronen die zijn aangetroffen in de WOT bestandsopname in de kustzone (Troost et al., 2017). Het bestand aan *Ensis* spp. dat in 2017 is aangetroffen rond de Zandmotor is minder groot dan voorgaande jaren, terwijl het totaal bestand aan *Ensis* spp. in de Nederlandse kustzone in aantallen het hoogst is dat ooit is gemeten sinds 1995 (Troost et al., 2017). Het totale bestand aan bodemdieren (dichtheid, biomassa en aantal soorten) neemt toe met de waterdiepte. Vooral de ondiepe zone (tot en met -5 meter NAP) is arm en is gekenmerkt door specifieke soorten zoals de breedpootkrab (*Portumnus latipes*) en de gemshorenworm (*Scolelepis (Scolelepis) squamata*). Op grotere diepten (dieper dan -6 m NAP) neemt de dichtheid, biomassa en het aantal soorten per monster sterk toe, met de hoogste waarden op dieptes groter dan 11m.

De nMDS plots van zowel de bodemschaaf als van de Van Veen monsters laten, naast een dieptepatroon ook een sterk van jaar tot jaar effect zien. Na de aanleg in 2011 is de bodemdiergemeenschap sterk veranderd, zowel binnen het suppletiegebied als ten noorden en ten zuiden van de suppletie. Vanaf die tijd heeft het gebied zich verder ontwikkeld maar is niet teruggekeerd naar de situatie van voor de aanleg (2010). De Van Veen bemonstering laat wel een afwijking zien van de bodemdiergemeenschap in het suppletiegebied (transecten 5 tot en met 12) voor de jaren 2013 en 2017 ten opzichte van de gebieden noord en zuid van de suppletie. Dit is niet

duidelijk te zien in de nMDS plot van de bodemschaaf. In de Van Veen bemonstering worden soorten bemonsterd zoals borstelwormen en kleine crustaceeën die niet met de bodemschaaf worden bemonsterd.

De resultaten van de bodemschaaf en de Van Veen bemonstering zijn tot op zekere hoogte goed met elkaar te vergelijken. Dit terwijl beide methodieken een ander type bodemdieren wordt bemonsterd. De bodemschaaf heeft een grotere maaswijdte (5 mm) zodat wormen en kleinere kreeftachtigen niet worden meegenomen. De bodemschaaf is dan ook vooral een geschikt monstertuig voor schelpdieren. Omdat deze schelpdieren een belangrijke bron zijn voor vogels, zijn in dit rapport dan ook voornamelijk verspreidingskaartjes van de biomassa uit de bodemschaaf opgenomen. Met de Van Veen happer worden juist de zeldzame grotere en mobiele dieren minder goed bemonsterd (Ens et al., 2007). Met de bodemschaaf wordt een groter bodemoppervlak bemonsterd dan met de Van Veen happer en is daarom minder gevoelig voor toevalligheden. De Van Veen happer is een geschikter monstertuig om iets te kunnen zeggen over de biodiversiteit. De verspreidingskaartjes van bodemdieren uit de Van Veen happer in dit rapport zijn daarom voornamelijk gebaseerd op de dichtheden.

De bodemdiergemeenschap van het strand, tussen de hoog- en laagwaterlijn, is aanzienlijk armer (vooral hoog in het intergetijdengebied) dan de bodemgemeenschap in de vooroever en wordt voornamelijk gekenmerkt door soorten als de *Scolelepis (Scolelepis) squamata* en *Haustorius arenarius*. Vooral de soortensamenstelling op het relatief beschutte strand langs de lagune wijkt af van de overige stations op het strand. Deze stations kenmerken zich bijvoorbeeld door de aanwezigheid van soorten als de borstelwormen *Polydora cornuta* en *Capitella* spp.

De aanleg van de Zandmotor heeft geleid tot meer diversiteit in abiotiek (bodemschuifspanning door getij en golven, sedimentsamenstelling, sedimentatie/erosie) in het onderzoeksgebied. De bodemdiergemeenschap lijkt zich hierop te hebben aangepast. Om het effect van de Zandmotor op de bodemdiergemeenschap goed te kunnen begrijpen, is het van belang de relatie met de abiotiek te analyseren en te begrijpen. Het zou daarom interessant zijn om de ruimtelijke en temporele patronen in de bodemdiergemeenschap te vergelijken met abiotische parameters die worden beïnvloedt door de Zandmotor zoals sedimentsamenstelling, golfenergie getijdenstroming en sedimentatie/erosie. Om dit te kunnen doen zullen resultaten van modelberekeningen (bodemschuifspanning golven en stroming), bathymetrieopnames (sedimentatie/erosie) en sedimentsamenstelling moeten worden vergeleken met de resultaten van de bodemdierbemonstering. Deze kennis kan nuttig zijn in het ontwerp van toekomstige mega-suppleties zoals de Zandmotor.

De laatste bemonstering van bodemdieren zal worden uitgevoerd in het najaar van 2019. Het is de verwachting dat de bodemdiergemeenschap zich dan nog niet heeft herstelt naar de situatie van voor de aanleg (2010). Dit zou nog jaren kunnen duren, aangezien de verwachting is dat de Zandmotor pas na 20 jaar zal zijn verdwenen. Tot die tijd zal de Zandmotor de hydro- en morfodynamiek in het gebied en daarmee de bodemdiersamenstelling blijven beïnvloeden.

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 december 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., J. E. Tamis, B. W. Borsje en J. J. Van der Werf (2009) Review of the geomorphological, benthic ecological and biogeomorphological effects of nourishments on the shoreface and surf zone of the Dutch coast. Wageningen IMARES / Deltares, Rapport nummer: Report IMARES C113/08, Deltares Z4582.50.
- Birklund, J. en J. W. M. Wijsman (2005) Ecological effects of aggregate extraction, Pages J1-J11 in L. C. Van Rijn, R. L. Soulsby, P. Hoekstra, en A. G. Davies, eds. Sandpit. Sand transport and morphology of offshore sand mining pits. Process knowledge and guidelines for coastal management. Amersfoort, Aqua Publications.
- Boon, A. R. en J. W. M. Wijsman (2012) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 - Meetrapportage monsternamen najaar 2011 van benthos, vis vooroever, lagune en strand. Deltares / IMARES, Rapport nummer: C049/12, 28 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.
- Ebbens, E. en J. Fiselier (2010) Monitoring- en evaluatieplan Zandmotor. DHV, Rapport, 38 pagina's.
- Ens, B. J., J. A. Craeymeersch, F. E. Fey, H. J. L. Heessen, A. C. Smaal, A. G. Brinkman, R. Dekker, J. R. Van Der Meer en M. Van Stralen (2007) Sublitorale natuurwaarden in de Waddenzee. Een overzicht van bestaande kennis en een beschrijving van de onderzoeksopzet voor een studie naar het effect van mosselzaadvissersrij en mosselkweek op sublitorale natuurwaarden. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C077/07, 117 pagina's.
- Fiselier, J. (2010) Projectnota/ MER. Aanleg en zandwinning Zandmotor Delflandse kust. DHV, Rapport nummer: C6158-01.001, 303 pagina's.
- Goldsmith, J., K. L. Howland en P. Archambault (2014) Establishing a baseline for early detection of non-indigenous species in ports of the Canadian Arctic. *Aquatic Invasions* 9: 327-342.
- Huisman, B. J. A., M. A. De Schipper en B. G. Ruessink (2016) Sediment sorting at the Sand Motor at storm and annual time scales. *Marine Geology* 381: 209-226.
- Taal, M., B. Arens, K. Kuijper, P. K. Tonnon, B. Van Der Valk, C. T. M. Vertegaal en J. W. M. Wijsman (2017) Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor. Fase 3: periode 2017 t/m 2021. Deltares, Rapport nummer: 11200028-000-ZKS-0003, 68 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 (2016a) Ontwikkeling van de Zandmotor. Samenvattende rapportage over de eerste vier jaar van het Monitoringen Evaluatie Programma (MEP). Deltares, Rapport, 61 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 (2016b) Development of the Sand Motor Concise report describing the first four years of the Monitoring and Evaluation Programme (MEP). Deltares, Rapport, 61 pagina's.
- Tonnon, P. K. en M. J. Baptist (2011) T₀-rapportage Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor. Deltares/IMARES, Rapport nummer: Deltares 1203519-000 / IMARES C016/11, 198 pagina's.
- Tonnon, P. K., L. Van der Valk, H. Holzauer, 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.
- Troost, K., K. J. Perdon, J. Van Zwol, J. Jol en M. Van Asch (2017) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2017. Wageningen Marine Research, Rapport nummer: CVO Rapport 17.014, 39 pagina's.
- Van der Wal, J. T. en J. A. Van Dalfsen (2008) Monitoring kustsuppleties. Wageningen IMARES, Rapport, 114 pagina's.
- Van Egmond, E., M., P. M. Van Bodegom, M. P. Berg, J. W. M. Wijsman, L. Leewis, G. M. Janssen en R. Aerts (2018) A mega-nourishment creates novel habitat for intertidal macroinvertebrates by enhancing habitat relief on the sandy beach. *Estuarine Coastal And Shelf Science* 207: 232-241.
- Wentworth, C. K. (1922) A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30: 377-392.

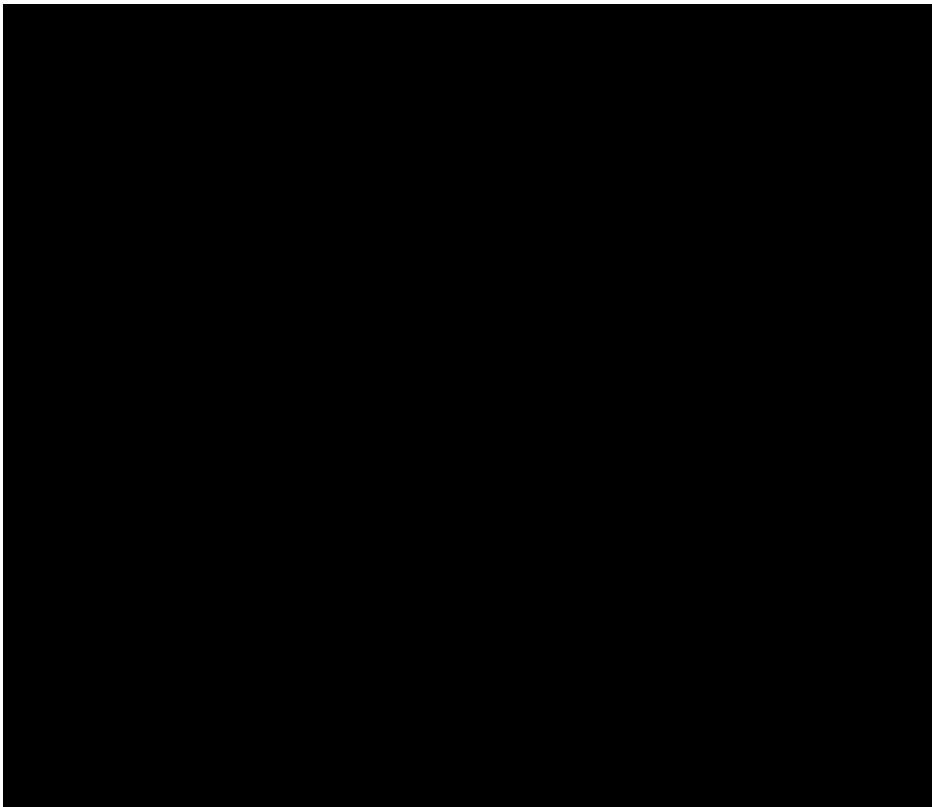
-
- Wijsman, J. W. M. en E. Verduin (2011) T₀ monitoring Zandmotor Delflandse kust: Benthos ondiepe kustzone en natte strand. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C039/11, 75 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. (2014a) Monitoring en Evaluatie Pilot zandmotor Fase 2: Datarapport benthos bemonstering vooroever en natte strand najaar 2012. Deltares / IMARES, Rapport nummer: C149/14, 49 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. (2014b) Monitoring en Evaluatie Pilot zandmotor Fase 2: Datarapport benthos bemonstering vooroever en natte strand najaar 2013. Deltares / IMARES, Rapport nummer: C150/14, 57 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. (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 C073/18

Projectnummer: 4313100069

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



Bijlage 1 Bemonsteringslocaties Van Veen monsters

Tabel 9: Locaties bemonsterd met de Van Veen happer in 2017. De cöördinaten van de locaties zijn gegeven in decimale graden (WGS84). De hoogteligging (cm t.o.v. NAP) is bepaald aan de hand van de ligging van de locaties op de dieptekaart van juni 2017. Op deze locaties zijn tevens sedimentmonsters genomen. In de laatste kolom is aangegeven welk lab het benthos heeft uitgezocht.

StationNr	Datum	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Transect	Diepte (cm NAP)	Lab
2017_001	9-10-2017	52.00800	4.131378	0	-175	WMR
2017_002	9-10-2017	52.00825	4.1309	0	-320	Eurofins
2017_003	9-10-2017	52.0085	4.130411	0	-175	WMR
2017_004	28-9-2017	52.01018	4.127111	0	-501	Eurofins
2017_005	28-9-2017	52.011	4.125512	0	-695	WMR
2017_006	28-9-2017	52.01159	4.12435	0	-793	Eurofins
2017_007	28-9-2017	52.01283	4.121933	0	-900	WMR
2017_008	28-9-2017	52.01542	4.116844	0	-1000	Eurofins
2017_009	28-9-2017	52.01845	4.11092	0	-1098	WMR
2017_010	28-9-2017	52.02025	4.107396	0	-1151	Eurofins
2017_011	9-10-2017	52.01492	4.140682	1	-124	WMR
2017_012	9-10-2017	52.01533	4.139884	1	-359	Eurofins
2017_013	9-10-2017	52.01558	4.139385	1	-209	WMR
2017_014	28-9-2017	52.01685	4.136906	1	-496	Eurofins
2017_015	28-9-2017	52.01789	4.134865	1	-704	WMR
2017_016	28-9-2017	52.01842	4.13383	1	-801	Eurofins
2017_017	28-9-2017	52.0192	4.132299	1	-898	WMR
2017_018	28-9-2017	52.02104	4.128699	1	-1001	Eurofins
2017_019	28-9-2017	52.02404	4.122817	1	-1099	WMR
2017_020	28-9-2017	52.02575	4.119466	1	-1151	Eurofins
2017_021	9-10-2017	52.02203	4.149606	2	-158	WMR
2017_022	29-9-2017	52.02279	4.148125	2	-476	Eurofins
2017_023	29-9-2017	52.02311	4.147499	2	-280	WMR
2017_024	29-9-2017	52.02361	4.14652	2	-494	Eurofins
2017_025	29-9-2017	52.02535	4.143096	2	-702	WMR
2017_026	29-9-2017	52.02578	4.142253	2	-806	Eurofins
2017_027	29-9-2017	52.02616	4.141525	2	-889	WMR
2017_028	29-9-2017	52.02681	4.140237	2	-998	Eurofins
2017_029	29-9-2017	52.02933	4.135314	2	-1098	WMR
2017_030	29-9-2017	52.0314	4.131256	2	-1150	Eurofins
2017_031	9-10-2017	52.02917	4.158468	3	-153	WMR
2017_032	9-10-2017	52.02991	4.157015	3	-370	Eurofins
2017_033	29-9-2017	52.03025	4.156364	3	-266	WMR
2017_034	29-9-2017	52.03077	4.155329	3	-502	Eurofins
2017_035	29-9-2017	52.03241	4.152119	3	-705	WMR
2017_036	29-9-2017	52.0328	4.151357	3	-804	Eurofins
2017_037	29-9-2017	52.03323	4.150524	3	-889	WMR
2017_038	29-9-2017	52.03368	4.14964	3	-992	Eurofins
2017_039	29-9-2017	52.03704	4.14307	3	-1098	WMR
2017_040	29-9-2017	52.03875	4.139717	3	-1151	Eurofins

StationNr	Datum	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Transect	Diepte (cm NAP)	Lab
2017_041	9-10-2017	52.04418	4.174784	5	-152	WMR
2017_042	29-9-2017	52.04494	4.173298	5	-450	Eurofins
2017_043	29-9-2017	52.04558	4.172039	5	-333	WMR
2017_044	29-9-2017	52.04593	4.171358	5	-498	Eurofins
2017_045	29-9-2017	52.04629	4.17064	5	-700	WMR
2017_046	29-9-2017	52.04669	4.169872	5	-797	Eurofins
2017_047	29-9-2017	52.04728	4.16872	5	-900	WMR
2017_048	29-9-2017	52.04841	4.166506	5	-1000	Eurofins
2017_049	29-9-2017	52.05113	4.161175	5	-1100	WMR
2017_050	29-9-2017	52.0522	4.159072	5	-1149	Eurofins
2017_051	9-10-2017	52.05079	4.180128	6	-150	WMR
2017_052	9-10-2017	52.05147	4.178792	6	-324	Eurofins
2017_053	9-10-2017	52.05204	4.177668	6	-221	WMR
2017_054	29-9-2017	52.05271	4.176357	6	-512	Eurofins
2017_055	29-9-2017	52.05352	4.174766	6	-695	WMR
2017_056	29-9-2017	52.05407	4.173693	6	-805	Eurofins
2017_057	29-9-2017	52.05468	4.172498	6	-903	WMR
2017_058	29-9-2017	52.05508	4.171715	6	-1005	Eurofins
2017_059	29-9-2017	52.05577	4.17036	6	-1102	WMR
2017_060	29-9-2017	52.05647	4.169007	6	-1146	Eurofins
2017_061	9-10-2017	52.05712	4.185998	7	-152	WMR
2017_062	9-10-2017	52.05768	4.18492	7	-227	Eurofins
2017_063	9-10-2017	52.05805	4.184186	7	-182	WMR
2017_064	29-9-2017	52.05897	4.182384	7	-503	Eurofins
2017_065	29-9-2017	52.05985	4.180672	7	-707	WMR
2017_066	29-9-2017	52.06023	4.179925	7	-802	Eurofins
2017_067	29-9-2017	52.06126	4.177909	7	-900	WMR
2017_068	29-9-2017	52.06177	4.1769	7	-1005	Eurofins
2017_069	29-9-2017	52.06223	4.176011	7	-1097	WMR
2017_070	29-9-2017	52.06249	4.175491	7	-1154	Eurofins
2017_071	9-10-2017	52.061	4.196696	8	-169	WMR
2017_072	9-10-2017	52.06186	4.195018	8	-394	Eurofins
2017_073	29-9-2017	52.06216	4.194413	8	-301	WMR
2017_074	29-9-2017	52.06261	4.193544	8	-505	Eurofins
2017_075	29-9-2017	52.06337	4.192044	8	-704	WMR
2017_076	29-9-2017	52.0643	4.190224	8	-798	Eurofins
2017_077	29-9-2017	52.06531	4.188262	8	-908	WMR
2017_078	29-9-2017	52.06597	4.186963	8	-997	Eurofins
2017_079	29-9-2017	52.06684	4.185258	8	-1100	WMR
2017_080	29-9-2017	52.06779	4.183397	8	-1153	Eurofins
2017_081	9-10-2017	52.06651	4.208754	9	-153	WMR
2017_082	29-9-2017	52.06759	4.206638	9	-402	Eurofins
2017_083	29-9-2017	52.06787	4.206101	9	-390	WMR
2017_084	28-9-2017	52.06834	4.205168	9	-491	Eurofins
2017_085	28-9-2017	52.06893	4.204011	9	-699	WMR
2017_086	28-9-2017	52.06936	4.203178	9	-804	Eurofins
2017_087	28-9-2017	52.07007	4.201787	9	-900	WMR
2017_088	28-9-2017	52.07153	4.198935	9	-1000	Eurofins
2017_089	28-9-2017	52.07347	4.195137	9	-1101	WMR
2017_090	28-9-2017	52.07472	4.192681	9	-1150	Eurofins
2017_091	9-10-2017	52.07273	4.219438	10	-174	WMR
2017_092	9-10-2017	52.07329	4.218329	10	-458	Eurofins
2017_093	29-9-2017	52.07405	4.21684	10	-337	WMR

StationNr	Datum	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Transect	Diepte (cm NAP)	Lab
2017_094	28-9-2017	52.07458	4.215817	10	-508	Eurofins
2017_095	28-9-2017	52.07515	4.214688	10	-706	WMR
2017_096	28-9-2017	52.07566	4.213699	10	-798	Eurofins
2017_097	28-9-2017	52.07642	4.21221	10	-897	WMR
2017_098	28-9-2017	52.07794	4.209245	10	-999	Eurofins
2017_099	28-9-2017	52.08025	4.204719	10	-1100	WMR
2017_100	28-9-2017	52.08176	4.201759	10	-1149	Eurofins
2017_101	9-10-2017	52.07948	4.229072	11	-151	WMR
2017_102	9-10-2017	52.07996	4.228141	11	-432	Eurofins
2017_103	9-10-2017	52.08042	4.22724	11	-277	WMR
2017_104	29-9-2017	52.08113	4.225843	11	-491	Eurofins
2017_105	29-9-2017	52.08177	4.2246	11	-735	WMR
2017_106	29-9-2017	52.08227	4.223622	11	-799	Eurofins
2017_107	29-9-2017	52.08305	4.222097	11	-893	WMR
2017_108	29-9-2017	52.08516	4.217961	11	-999	Eurofins
2017_109	28-9-2017	52.08756	4.213261	11	-1099	WMR
2017_110	28-9-2017	52.08896	4.21053	11	-1152	Eurofins
2017_111	9-10-2017	52.08634	4.238499	12	-135	WMR
2017_112	9-10-2017	52.08715	4.236909	12	-495	Eurofins
2017_113	29-9-2017	52.08752	4.236195	12	-292	WMR
2017_114	29-9-2017	52.08806	4.23513	12	-481	Eurofins
2017_115	29-9-2017	52.08857	4.234133	12	-692	WMR
2017_116	29-9-2017	52.0893	4.232702	12	-805	Eurofins
2017_117	29-9-2017	52.09051	4.230343	12	-902	WMR
2017_118	28-9-2017	52.09265	4.226162	12	-997	Eurofins
2017_119	28-9-2017	52.09369	4.224115	12	-1099	WMR
2017_120	28-9-2017	52.09461	4.222316	12	-1152	Eurofins

Bijlage 2 Bemonsteringslocaties strand

Tabel 10: Bemonsteringslocaties op het strand in 2017. De coördinaten van de locaties zijn gegeven in decimale graden (WGS84). Op deze locaties zijn tevens de sedimentmonsters genomen. In de laatste kolom is aangegeven welk lab, Wageningen Marine Research (WMR) of Eurofins AquaSense / Bureau Waardenburg (Eurofins) het benthos heeft uitgezocht.

StationNr	Datum	Latitude	Longitude	Transect	Lab
2017_121	12-10-2017	52.0075	4.132367	0	WMR
2017_122	12-10-2017	52.00744	4.132486	0	Eurofins
2017_123	12-10-2017	52.00721	4.132942	0	WMR
2017_124	12-10-2017	52.00706	4.133233	0	Eurofins
2017_125	12-10-2017	52.007	4.133344	0	WMR
2017_126	12-10-2017	52.0144	4.141705	1	Eurofins
2017_127	12-10-2017	52.01435	4.1418	1	WMR
2017_128	12-10-2017	52.01418	4.142134	1	Eurofins
2017_129	12-10-2017	52.01406	4.142369	1	WMR
2017_130	12-10-2017	52.01389	4.142692	1	Eurofins
2017_131	12-10-2017	52.02157	4.1505	2	WMR
2017_132	12-10-2017	52.02149	4.150669	2	Eurofins
2017_133	12-10-2017	52.02125	4.151129	2	WMR
2017_134	12-10-2017	52.02111	4.151414	2	Eurofins
2017_135	12-10-2017	52.02102	4.151579	2	WMR
2017_136	12-10-2017	52.02864	4.159501	3	Eurofins
2017_137	12-10-2017	52.02861	4.159565	3	WMR
2017_138	12-10-2017	52.02853	4.159732	3	Eurofins
2017_139	12-10-2017	52.02832	4.160127	3	WMR
2017_140	12-10-2017	52.02826	4.160256	3	Eurofins
2017_141	12-10-2017	52.04359	4.175933	5	WMR
2017_142	12-10-2017	52.04353	4.176049	5	Eurofins
2017_143	12-10-2017	52.04348	4.176142	5	WMR
2017_144	12-10-2017	52.04341	4.176285	5	Eurofins
2017_145	12-10-2017	52.04336	4.176391	5	WMR
2017_146	12-10-2017	52.05053	4.18063	6	Eurofins
2017_147	12-10-2017	52.05046	4.180765	6	WMR
2017_148	12-10-2017	52.05028	4.181114	6	Eurofins
2017_149	12-10-2017	52.05021	4.181263	6	WMR
2017_150	12-10-2017	52.05016	4.181348	6	Eurofins
2017_151	12-10-2017	52.05683	4.186565	7	WMR
2017_152	12-10-2017	52.05674	4.186757	7	Eurofins
2017_153	12-10-2017	52.05654	4.187136	7	WMR
2017_154	12-10-2017	52.05647	4.187286	7	Eurofins
2017_155	12-10-2017	52.0564	4.187408	7	WMR
2017_156	11-10-2017	52.06088	4.196918	8	Eurofins
2017_157	11-10-2017	52.06083	4.197019	8	WMR
2017_158	11-10-2017	52.06067	4.197336	8	Eurofins
2017_159	11-10-2017	52.06049	4.197698	8	WMR
2017_160	11-10-2017	52.06021	4.198236	8	Eurofins
2017_161	11-10-2017	52.0659	4.209943	9	WMR
2017_162	11-10-2017	52.06589	4.209972	9	Eurofins
2017_163	11-10-2017	52.06584	4.210058	9	WMR

StationNr	Datum	Latitude	Longitude	Transect	Lab
2017_164	11-10-2017	52.06577	4.210202	9	Eurofins
2017_165	11-10-2017	52.06571	4.210311	9	WMR
2017_166	11-10-2017	52.07225	4.220377	10	Eurofins
2017_167	11-10-2017	52.07223	4.220407	10	WMR
2017_168	11-10-2017	52.07217	4.22052	10	Eurofins
2017_169	11-10-2017	52.07203	4.220809	10	WMR
2017_170	11-10-2017	52.07191	4.22104	10	Eurofins
2017_171	11-10-2017	52.07896	4.230084	11	WMR
2017_172	11-10-2017	52.07894	4.23013	11	Eurofins
2017_173	11-10-2017	52.0789	4.230212	11	WMR
2017_174	11-10-2017	52.07878	4.230448	11	Eurofins
2017_175	11-10-2017	52.07864	4.230716	11	WMR
2017_176	11-10-2017	52.08585	4.239455	12	Eurofins
2017_177	11-10-2017	52.08583	4.239486	12	WMR
2017_178	11-10-2017	52.08569	4.23977	12	Eurofins
2017_179	11-10-2017	52.08563	4.239883	12	WMR
2017_180	11-10-2017	52.08553	4.240076	12	Eurofins
2017_196	11-10-2017	52.05972	4.1992	8	Eurofins
2017_197	11-10-2017	52.05973	4.199185	8	WMR
2017_198	11-10-2017	52.05974	4.199161	8	Eurofins
2017_199	11-10-2017	52.05975	4.199138	8	WMR
2017_200	11-10-2017	52.05976	4.19912	8	Eurofins
2017_201	11-10-2017	52.05378	4.192539	7	WMR
2017_202	11-10-2017	52.05376	4.192586	7	Eurofins
2017_203	11-10-2017	52.05373	4.192641	7	WMR
2017_204	11-10-2017	52.0537	4.192698	7	Eurofins
2017_205	11-10-2017	52.05365	4.192807	7	WMR

Bijlage 3 Bemonsteringslocaties bodemschaaf

Tabel 11: Bemonsteringslocaties met de bodemschaaf in 2017. De coördinaten van de vooraf bepaalde locaties zijn gegeven in decimale graden(WGS84). De diepte is gebaseerd op de dieptekaart van juni 2017.

StationNr	Datum	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Transect	Diepte (cm NAP)
2017_003	27-9-2017	52.0085	4.130411	0	-175
2017_004	27-9-2017	52.01018	4.127111	0	-501
2017_005	28-9-2017	52.011	4.125512	0	-695
2017_006	28-9-2017	52.01159	4.12435	0	-793
2017_007	28-9-2017	52.01283	4.121933	0	-900
2017_008	25-9-2017	52.01542	4.116844	0	-1000
2017_009	25-9-2017	52.01845	4.11092	0	-1098
2017_010	25-9-2017	52.02025	4.107396	0	-1151
2017_012	27-9-2017	52.01533	4.139884	1	-359
2017_013	27-9-2017	52.01558	4.139385	1	-209
2017_014	27-9-2017	52.01685	4.136906	1	-496
2017_015	28-9-2017	52.01789	4.134865	1	-704
2017_016	28-9-2017	52.01842	4.13383	1	-801
2017_017	27-9-2017	52.0192	4.132299	1	-898
2017_018	27-9-2017	52.02104	4.128699	1	-1001
2017_019	25-9-2017	52.02404	4.122817	1	-1099
2017_020	25-9-2017	52.02575	4.119466	1	-1151
2017_022	27-9-2017	52.02279	4.148125	2	-476
2017_023	27-9-2017	52.02311	4.147499	2	-280
2017_024	27-9-2017	52.02361	4.14652	2	-494
2017_025	28-9-2017	52.02535	4.143096	2	-702
2017_026	28-9-2017	52.02578	4.142253	2	-806
2017_027	28-9-2017	52.02616	4.141525	2	-889
2017_028	27-9-2017	52.02681	4.140237	2	-998
2017_029	25-9-2017	52.02933	4.135314	2	-1098
2017_030	25-9-2017	52.0314	4.131256	2	-1150
2017_032	27-9-2017	52.02991	4.157015	3	-370
2017_033	27-9-2017	52.03025	4.156364	3	-266
2017_034	27-9-2017	52.03077	4.155329	3	-502
2017_035	28-9-2017	52.03241	4.152119	3	-705
2017_036	28-9-2017	52.0328	4.151357	3	-804
2017_037	28-9-2017	52.03323	4.150524	3	-889
2017_038	27-9-2017	52.03368	4.14964	3	-992
2017_039	25-9-2017	52.03704	4.14307	3	-1098
2017_040	25-9-2017	52.03875	4.139717	3	-1151
2017_042	27-9-2017	52.04494	4.173298	5	-450
2017_043	27-9-2017	52.04558	4.172039	5	-333
2017_044	28-9-2017	52.04593	4.171358	5	-498
2017_045	25-9-2017	52.04629	4.17064	5	-700
2017_046	28-9-2017	52.04669	4.169872	5	-797
2017_047	28-9-2017	52.04728	4.16872	5	-900
2017_048	27-9-2017	52.04841	4.166506	5	-1000
2017_049	25-9-2017	52.05113	4.161175	5	-1100

StationNr	Datum	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Transect	Diepte (cm NAP)
2017_050	25-9-2017	52.0522	4.159072	5	-1149
2017_052	27-9-2017	52.05147	4.178792	6	-324
2017_053	27-9-2017	52.05204	4.177668	6	-221
2017_054	27-9-2017	52.05271	4.176357	6	-512
2017_055	28-9-2017	52.05352	4.174766	6	-695
2017_056	27-9-2017	52.05407	4.173693	6	-805
2017_057	26-9-2017	52.05468	4.172498	6	-903
2017_058	26-9-2017	52.05508	4.171715	6	-1005
2017_059	25-9-2017	52.05577	4.17036	6	-1102
2017_060	25-9-2017	52.05647	4.169007	6	-1146
2017_062	27-9-2017	52.05768	4.18492	7	-227
2017_063	27-9-2017	52.05805	4.184186	7	-182
2017_064	27-9-2017	52.05897	4.182384	7	-503
2017_065	28-9-2017	52.05985	4.180672	7	-707
2017_066	27-9-2017	52.06023	4.179925	7	-802
2017_067	26-9-2017	52.06126	4.177909	7	-900
2017_068	26-9-2017	52.06177	4.1769	7	-1005
2017_069	25-9-2017	52.06223	4.176011	7	-1097
2017_070	25-9-2017	52.06249	4.175491	7	-1154
2017_072	27-9-2017	52.06186	4.195018	8	-394
2017_073	27-9-2017	52.06216	4.194413	8	-301
2017_074	27-9-2017	52.06261	4.193544	8	-505
2017_075	26-9-2017	52.06337	4.192044	8	-704
2017_076	26-9-2017	52.0643	4.190224	8	-798
2017_077	26-9-2017	52.06531	4.188262	8	-908
2017_078	26-9-2017	52.06597	4.186963	8	-997
2017_079	25-9-2017	52.06684	4.185258	8	-1100
2017_080	25-9-2017	52.06779	4.183397	8	-1153
2017_082	26-9-2017	52.06759	4.206638	9	-402
2017_083	26-9-2017	52.06787	4.206101	9	-390
2017_084	26-9-2017	52.06834	4.205168	9	-491
2017_085	26-9-2017	52.06893	4.204011	9	-699
2017_086	26-9-2017	52.06936	4.203178	9	-804
2017_087	26-9-2017	52.07007	4.201787	9	-900
2017_088	26-9-2017	52.07153	4.198935	9	-1000
2017_089	25-9-2017	52.07347	4.195137	9	-1101
2017_090	25-9-2017	52.07472	4.192681	9	-1150
2017_092	26-9-2017	52.07329	4.218329	10	-458
2017_093	26-9-2017	52.07405	4.21684	10	-337
2017_094	26-9-2017	52.07458	4.215817	10	-508
2017_095	26-9-2017	52.07515	4.214688	10	-706
2017_096	26-9-2017	52.07566	4.213699	10	-798
2017_097	26-9-2017	52.07642	4.21221	10	-897
2017_098	26-9-2017	52.07794	4.209245	10	-999
2017_099	25-9-2017	52.08025	4.204719	10	-1100
2017_100	25-9-2017	52.08176	4.201759	10	-1149
2017_102	26-9-2017	52.07996	4.228141	11	-432
2017_103	26-9-2017	52.08042	4.22724	11	-277
2017_104	26-9-2017	52.08113	4.225843	11	-491
2017_105	26-9-2017	52.08177	4.2246	11	-735
2017_106	26-9-2017	52.08227	4.223622	11	-799
2017_107	26-9-2017	52.08305	4.222097	11	-893
2017_108	26-9-2017	52.08516	4.217961	11	-999

StationNr	Datum	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Transect	Diepte (cm NAP)
2017_109	25-9-2017	52.08756	4.213261	11	-1099
2017_110	25-9-2017	52.08896	4.21053	11	-1152
2017_112	26-9-2017	52.08715	4.236909	12	-495
2017_113	26-9-2017	52.08752	4.236195	12	-292
2017_114	26-9-2017	52.08806	4.23513	12	-481
2017_115	26-9-2017	52.08857	4.234133	12	-692
2017_116	26-9-2017	52.0893	4.232702	12	-805
2017_117	26-9-2017	52.09051	4.230343	12	-902
2017_118	26-9-2017	52.09265	4.226162	12	-997
2017_119	25-9-2017	52.09369	4.224115	12	-1099
2017_120	25-9-2017	52.09461	4.222316	12	-1152

Bijlage 4 Sedimentsamenstelling

Tabel 12: Overzicht resultaten sedimentsamenstelling 2017. Aangegeven zijn de parameters mediane korrelgrootte (μm), percentage silt ($< 63 \mu\text{m}$), percentage zeer fijn zand ($63\text{-}125 \mu\text{m}$), percentage fijn zand ($125\text{-}250 \mu\text{m}$), percentage medium zand ($250\text{-}500 \mu\text{m}$) en percentage grof zand ($500\text{-}1000 \mu\text{m}$).

StationNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (μm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2017_001	52.00800	4.13138	358.5	0.00	0.20	21.76	53.67	24.37
2017_002	52.00825	4.13090	260.4	0.00	0.56	44.59	52.95	1.91
2017_003	52.00850	4.13041	280.4	0.00	0.14	36.32	60.20	3.34
2017_004	52.01018	4.12711	189.2	23.25	9.85	32.95	29.84	4.18
2017_005	52.01100	4.12551	142.7	20.57	21.54	42.25	15.45	0.27
2017_006	52.01159	4.12435	157.0	0.24	28.98	56.56	12.90	1.35
2017_007	52.01283	4.12193	165.9	7.46	24.14	43.42	19.56	5.50
2017_008	52.01542	4.11684	162.3	6.77	25.05	46.13	17.96	4.17
2017_009	52.01845	4.11092	166.1	0.10	24.68	58.80	16.43	0.01
2017_010	52.02025	4.10740	157.9	4.78	25.28	56.05	13.92	0.00
2017_011	52.01492	4.14068	254.5	0.00	0.71	47.17	50.45	1.67
2017_012	52.01533	4.13988	246.6	0.00	0.60	51.21	47.66	0.53
2017_013	52.01558	4.13939	241.0	0.00	1.17	53.31	44.92	0.59
2017_014	52.01685	4.13691	188.0	22.76	8.23	37.62	29.60	1.83
2017_015	52.01789	4.13487	181.3	9.94	13.54	52.09	23.89	0.54
2017_016	52.01842	4.13383	175.5	0.01	20.77	58.71	20.34	0.17
2017_017	52.01920	4.13230	170.9	12.43	17.79	45.29	23.10	1.43
2017_018	52.02104	4.12870	222.1	3.94	11.66	42.55	34.11	7.74
2017_019	52.02404	4.12282	215.6	1.55	14.01	44.39	30.33	9.72
2017_020	52.02575	4.11947	193.8	12.76	13.26	40.02	28.50	5.49
2017_021	52.02203	4.14961	311.5	0.00	0.67	30.64	53.51	15.18
2017_022	52.02279	4.14813	272.6	5.20	0.28	35.17	55.84	3.52
2017_023	52.02311	4.14750	254.4	0.00	0.80	47.14	50.36	1.70
2017_024	52.02361	4.14652	214.3	4.22	2.34	62.37	31.04	0.03
2017_025	52.02535	4.14310	303.1	0.00	1.41	31.86	54.84	11.89
2017_026	52.02578	4.14225	286.7	9.56	5.11	27.28	40.42	17.64
2017_027	52.02616	4.14153	228.5	3.42	8.05	45.45	36.57	6.50
2017_028	52.02681	4.14024	219.3	12.84	13.73	29.07	26.05	18.37
2017_029	52.02933	4.13531	540.4	0.39	1.50	3.13	38.30	56.71
2017_030	52.03140	4.13126	229.2	10.05	10.56	34.78	35.70	8.95
2017_031	52.02917	4.15847	283.3	0.00	0.16	35.46	60.24	4.14
2017_032	52.02991	4.15702	252.5	0.00	0.82	47.98	49.83	1.37
2017_033	52.03025	4.15636	280.4	0.00	0.46	37.38	57.06	5.11
2017_034	52.03077	4.15533	252.2	0.00	1.83	47.23	48.58	2.35
2017_035	52.03241	4.15212	324.0	0.00	0.24	26.17	60.06	13.52
2017_036	52.03280	4.15136	312.1	0.00	0.59	29.36	57.83	12.22
2017_037	52.03323	4.15052	219.7	0.00	7.53	54.53	36.35	1.59
2017_038	52.03368	4.14964	207.2	0.01	14.60	49.17	28.32	7.90
2017_039	52.03704	4.14307	279.6	0.00	1.83	37.89	52.30	7.98
2017_040	52.03875	4.13972	446.8	1.79	2.72	13.31	40.15	42.04
2017_041	52.04418	4.17478	258.8	0.00	2.09	44.48	48.79	4.64
2017_042	52.04494	4.17330	448.7	0.00	0.00	6.49	54.22	39.28

StationNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (µm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2017_043	52.04558	4.17204	348.9	0.00	0.00	12.02	77.83	10.15
2017_044	52.04593	4.17136	262.4	0.00	0.54	43.66	54.20	1.60
2017_045	52.04629	4.17064	214.8	0.00	10.49	52.25	33.47	3.79
2017_046	52.04669	4.16987	488.1	7.15	1.16	1.56	42.56	47.60
2017_047	52.04728	4.16872	331.0	4.66	0.88	24.02	49.88	20.56
2017_048	52.04841	4.16651	193.3	10.34	11.83	47.40	28.99	1.46
2017_049	52.05113	4.16118	222.7	0.00	4.66	57.54	36.88	0.92
2017_050	52.05220	4.15907	213.3	0.00	9.32	54.85	32.63	3.20
2017_051	52.05079	4.18013	326.6	0.00	0.06	23.69	63.93	12.33
2017_052	52.05147	4.17879	441.1	0.00	0.00	5.44	57.75	36.81
2017_053	52.05204	4.17767	346.1	0.00	0.00	12.86	77.20	9.93
2017_054	52.05271	4.17636	303.7	0.00	0.08	29.27	63.25	7.40
2017_055	52.05352	4.17477	405.2	0.00	0.00	10.36	59.96	29.67
2017_056	52.05407	4.17369	420.3	0.00	0.00	6.23	62.65	31.12
2017_057	52.05468	4.17250	384.8	0.00	0.00	11.83	64.34	23.83
2017_058	52.05508	4.17172	355.8	0.00	0.01	19.00	61.46	19.53
2017_059	52.05577	4.17036	614.5	3.03	1.01	8.34	25.60	62.03
2017_060	52.05647	4.16901	223.4	0.00	2.78	60.69	36.35	0.18
2017_061	52.05712	4.18600	425.2	0.00	0.00	7.14	59.58	33.28
2017_062	52.05768	4.18492	423.2	0.00	0.00	2.79	68.84	28.37
2017_063	52.05805	4.18419	432.4	0.00	0.00	2.29	66.76	30.95
2017_064	52.05897	4.18238	309.1	0.00	0.01	25.64	68.31	6.04
2017_065	52.05985	4.18067	389.0	0.00	0.00	5.90	74.63	19.46
2017_066	52.06023	4.17993	406.8	0.00	0.00	3.84	72.60	23.56
2017_067	52.06126	4.17791	407.5	0.00	0.00	6.02	67.40	26.58
2017_068	52.06177	4.17690	398.3	0.00	0.00	6.76	69.31	23.93
2017_069	52.06223	4.17601	314.3	0.00	0.05	26.18	64.51	9.25
2017_070	52.06249	4.17549	320.8	0.00	0.36	28.20	54.78	16.66
2017_071	52.06100	4.19670	514.9	0.00	0.00	0.58	45.85	53.57
2017_072	52.06186	4.19502	266.2	0.00	0.39	42.10	55.55	1.96
2017_073	52.06216	4.19441	287.0	0.00	0.41	35.22	58.25	6.13
2017_074	52.06261	4.19354	297.2	8.17	1.10	27.58	49.67	13.49
2017_075	52.06337	4.19204	186.9	8.78	9.77	58.32	23.10	0.04
2017_076	52.06430	4.19022	231.8	0.00	1.98	57.17	40.55	0.30
2017_077	52.06531	4.18826	322.3	0.00	0.00	20.65	71.99	7.35
2017_078	52.06597	4.18696	312.2	0.00	0.00	21.77	73.98	4.24
2017_079	52.06684	4.18526	280.7	0.00	0.09	35.88	61.13	2.91
2017_080	52.06779	4.18340	311.0	0.00	0.40	30.03	56.25	13.32
2017_081	52.06651	4.20875	336.4	0.00	0.00	17.95	71.40	10.65
2017_082	52.06759	4.20664	228.9	0.00	2.37	58.15	39.20	0.28
2017_083	52.06787	4.20610	249.2	0.00	2.05	48.30	47.44	2.21
2017_084	52.06834	4.20517	247.1	0.00	2.44	48.81	46.51	2.24
2017_085	52.06893	4.20401	198.1	11.44	9.30	47.82	30.50	0.95
2017_086	52.06936	4.20318	178.1	6.91	13.30	60.77	19.02	0.00
2017_087	52.07007	4.20179	112.9	30.53	24.44	36.16	9.01	0.00
2017_088	52.07153	4.19894	200.1	0.00	9.85	61.95	27.82	0.37
2017_089	52.07347	4.19514	227.2	0.00	6.72	51.97	38.39	2.92
2017_090	52.07472	4.19268	212.8	0.00	8.50	56.65	33.77	1.07
2017_091	52.07273	4.21944	312.0	0.00	0.01	25.08	67.92	6.98
2017_092	52.07329	4.21833	407.8	0.00	0.00	11.27	57.87	30.85
2017_093	52.07405	4.21684	305.5	0.00	0.15	29.46	61.70	8.68
2017_094	52.07458	4.21582	240.7	0.00	2.34	51.77	44.37	1.53
2017_095	52.07515	4.21469	283.0	0.00	3.74	36.70	46.65	12.90

StationNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (µm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2017_096	52.07566	4.21370	434.8	0.30	2.90	11.74	46.70	38.38
2017_097	52.07642	4.21221	295.2	0.00	2.40	34.01	51.30	12.30
2017_098	52.07794	4.20925	526.9	5.17	1.77	3.34	35.70	54.05
2017_099	52.08025	4.20472	260.4	1.14	4.41	41.04	45.66	7.76
2017_100	52.08176	4.20176	353.1	0.00	0.06	19.66	61.00	19.29
2017_101	52.07948	4.22907	281.7	0.00	0.15	35.92	60.15	3.77
2017_102	52.07996	4.22814	320.2	0.00	0.12	25.97	61.80	12.12
2017_103	52.08042	4.22724	415.0	0.00	0.00	3.73	69.76	26.52
2017_104	52.08113	4.22584	242.0	0.00	2.52	50.94	44.57	1.97
2017_105	52.08177	4.22460	201.6	0.00	10.76	58.91	27.70	2.64
2017_106	52.08227	4.22362	234.5	0.00	5.46	50.40	39.55	4.58
2017_107	52.08305	4.22210	663.6	0.01	1.74	0.67	22.66	74.93
2017_108	52.08516	4.21796	399.9	0.00	0.43	18.16	47.74	33.66
2017_109	52.08756	4.21326	248.0	0.00	5.90	44.76	41.67	7.67
2017_110	52.08896	4.21053	219.4	10.86	8.70	39.14	32.80	8.50
2017_111	52.08634	4.23850	277.9	0.00	0.48	38.16	56.78	4.58
2017_112	52.08715	4.23691	622.4	0.00	0.00	1.35	29.99	68.66
2017_113	52.08752	4.23620	258.1	0.00	0.67	45.55	52.10	1.68
2017_114	52.08806	4.23513	217.2	0.00	3.54	63.00	33.32	0.13
2017_115	52.08857	4.23413	216.9	0.00	7.49	55.74	33.19	3.57
2017_116	52.08930	4.23270	586.0	0.02	1.80	3.06	31.82	63.31
2017_117	52.09051	4.23034	620.7	0.01	1.39	2.85	28.72	67.03
2017_118	52.09265	4.22616	359.6	0.00	0.67	22.80	51.39	25.13
2017_119	52.09369	4.22412	533.0	2.06	1.46	5.49	35.96	55.04
2017_120	52.09461	4.22232	587.0	0.32	1.26	0.54	32.89	65.01
2017_121	52.00750	4.13237	328.5	0.00	0.00	20.20	70.57	9.24
2017_122	52.00744	4.13249	262.9	0.00	0.14	43.11	55.82	0.92
2017_123	52.00721	4.13294	313.8	0.00	0.08	26.76	63.42	9.73
2017_124	52.00706	4.13323	252.0	0.00	0.07	48.70	51.13	0.09
2017_125	52.00700	4.13334	234.0	0.00	0.39	59.50	40.10	0.02
2017_126	52.01440	4.14171	387.6	0.00	0.00	11.10	64.76	24.13
2017_127	52.01435	4.14180	465.6	0.00	0.00	1.95	56.83	41.22
2017_128	52.01418	4.14213	302.3	0.00	0.04	28.47	65.30	6.19
2017_129	52.01406	4.14237	289.8	0.00	0.00	28.64	70.18	1.18
2017_130	52.01389	4.14269	264.5	0.00	0.13	42.34	56.50	1.04
2017_131	52.02157	4.15050	404.0	0.00	0.00	11.48	58.77	29.76
2017_132	52.02149	4.15067	362.9	0.00	0.00	12.45	71.42	16.13
2017_133	52.02125	4.15113	303.0	0.00	0.06	28.44	65.16	6.33
2017_134	52.02111	4.15141	335.9	0.00	0.00	14.89	77.49	7.61
2017_135	52.02102	4.15158	256.4	0.00	0.09	46.10	53.64	0.17
2017_136	52.02864	4.15950	345.7	0.00	0.00	19.17	64.64	16.19
2017_137	52.02861	4.15957	427.6	0.00	0.00	6.59	59.78	33.63
2017_138	52.02853	4.15973	355.7	0.00	0.00	13.90	71.60	14.50
2017_139	52.02832	4.16013	335.3	0.00	0.00	12.80	81.37	5.83
2017_140	52.02826	4.16026	251.1	0.00	0.08	49.23	50.60	0.08
2017_141	52.04359	4.17593	555.0	0.00	0.00	0.14	37.35	62.51
2017_142	52.04353	4.17605	513.9	0.00	0.00	0.50	46.12	53.38
2017_143	52.04348	4.17614	501.2	0.00	0.00	1.06	48.65	50.28
2017_144	52.04341	4.17629	523.9	0.00	0.00	0.51	43.85	55.64
2017_145	52.04336	4.17639	508.6	0.00	0.00	0.27	47.44	52.29
2017_146	52.05053	4.18063	376.5	0.00	0.00	10.27	70.49	19.24
2017_147	52.05046	4.18077	307.8	0.00	0.00	23.62	72.33	4.04
2017_148	52.05028	4.18111	318.1	0.00	0.00	19.96	75.03	5.01

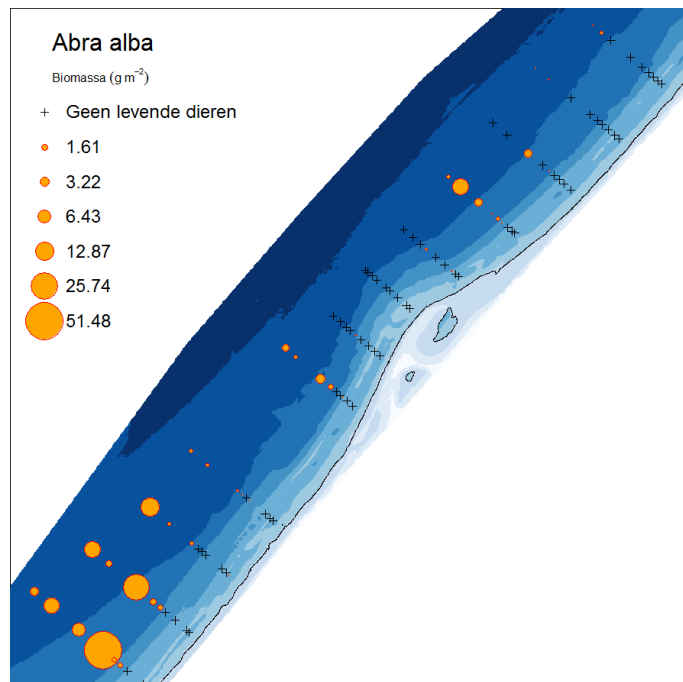
StationNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (µm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2017_149	52.05021	4.18126	279.7	0.00	0.00	33.49	65.75	0.76
2017_150	52.05016	4.18135	287.8	0.00	0.04	32.11	65.22	2.63
2017_151	52.05683	4.18657	326.8	0.00	0.00	14.67	80.72	4.62
2017_152	52.05674	4.18676	358.0	0.00	0.00	7.63	83.11	9.26
2017_153	52.05654	4.18714	340.6	0.00	0.00	19.53	66.83	13.63
2017_154	52.05647	4.18729	303.3	0.00	0.00	22.97	74.80	2.22
2017_155	52.05640	4.18741	303.1	0.00	0.00	25.45	70.90	3.65
2017_156	52.06088	4.19692	369.6	0.00	0.00	6.19	82.21	11.60
2017_157	52.06083	4.19702	398.8	0.00	0.00	2.93	78.13	18.94
2017_158	52.06067	4.19734	380.1	0.00	0.00	6.48	76.96	16.57
2017_159	52.06049	4.19770	391.8	0.00	0.00	5.59	74.43	19.98
2017_160	52.06021	4.19824	401.1	0.00	0.00	6.13	69.74	24.13
2017_161	52.06590	4.20994	413.9	0.00	0.00	5.23	66.95	27.82
2017_162	52.06589	4.20997	478.6	0.00	0.00	1.35	54.04	44.61
2017_163	52.06584	4.21006	399.9	0.00	0.00	6.64	68.84	24.52
2017_164	52.06577	4.21020	405.8	0.00	0.00	2.48	76.61	20.91
2017_165	52.06571	4.21031	403.0	0.00	0.00	3.64	74.59	21.77
2017_166	52.07225	4.22038	365.0	0.00	0.00	6.73	82.61	10.66
2017_167	52.07223	4.22041	416.2	0.00	0.00	3.22	70.39	26.39
2017_168	52.07217	4.22052	467.4	0.00	0.00	0.30	60.12	39.58
2017_169	52.07203	4.22081	450.0	0.00	0.00	2.60	60.14	37.26
2017_170	52.07191	4.22104	383.4	0.00	0.00	4.33	81.18	14.49
2017_171	52.07896	4.23008	379.2	0.00	0.00	5.00	81.14	13.86
2017_172	52.07894	4.23013	570.6	0.00	0.00	0.15	34.76	65.09
2017_173	52.07890	4.23021	509.3	0.00	0.00	0.07	47.16	52.77
2017_174	52.07878	4.23045	471.9	0.00	0.00	0.83	57.07	42.10
2017_175	52.07864	4.23072	389.5	0.00	0.00	5.26	75.95	18.79
2017_176	52.08585	4.23946	427.5	0.00	0.00	1.25	71.61	27.13
2017_177	52.08583	4.23949	437.3	0.00	0.00	0.86	69.00	30.15
2017_178	52.08569	4.23977	458.0	0.00	0.00	2.54	57.95	39.51
2017_179	52.08563	4.23988	440.1	0.00	0.00	0.78	68.28	30.94
2017_180	52.08553	4.24008	387.0	0.00	0.00	5.52	76.36	18.12
2017_181	52.00687	4.13360	252.9	0.00	0.31	48.13	51.03	0.54
2017_182	52.01358	4.14331	319.2	0.00	0.09	26.01	62.42	11.48
2017_183	52.02091	4.15180	341.9	0.00	0.02	20.59	63.62	15.77
2017_184	52.02809	4.16059	340.7	0.00	0.00	17.42	70.69	11.89
2017_185	52.04170	4.17963	402.2	0.00	0.00	4.40	72.97	22.63
2017_186	52.04713	4.18728	425.6	0.00	0.00	8.40	57.42	34.18
2017_187	52.05273	4.19460	317.2	0.00	0.62	28.41	57.26	13.71
2017_188	52.05825	4.20207	375.9	0.20	1.95	20.29	48.57	28.98
2017_189	52.06479	4.21213	391.6	0.00	0.00	7.82	69.75	22.44
2017_190	52.07148	4.22187	373.6	0.00	0.00	7.89	76.46	15.65
2017_191	52.07812	4.23173	355.6	0.00	0.00	13.23	72.92	13.85
2017_192	52.08495	4.24121	348.5	0.00	0.00	15.36	71.26	13.38
2017_196	52.05972	4.19920	392.0	0.00	0.00	7.26	70.75	21.98
2017_197	52.05973	4.19919	392.9	0.00	0.00	7.25	70.44	22.31
2017_198	52.05974	4.19916	379.8	0.00	0.00	9.04	71.78	19.18
2017_199	52.05975	4.19914	375.7	0.00	0.00	7.43	76.53	16.04
2017_200	52.05976	4.19912	410.5	0.00	0.00	5.33	67.81	26.86
2017_201	52.05378	4.19254	362.9	2.45	0.07	16.44	59.64	21.40
2017_202	52.05376	4.19259	361.8	2.66	0.11	16.35	59.72	21.17
2017_203	52.05373	4.19264	350.5	3.07	0.13	15.89	64.24	16.69
2017_204	52.05370	4.19270	367.3	0.00	0.00	12.94	68.54	18.53

StationNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (µm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2017_205	52.05365	4.19281	345.1	3.71	1.21	21.18	52.62	21.29
2017_215	52.01140	4.13615	233.7	0.00	0.90	58.26	40.77	0.07
2017_216	52.01186	4.13525	229.3	0.00	1.22	60.22	38.46	0.10
2017_217	52.01212	4.13474	280.1	0.00	0.68	37.81	54.76	6.75
2017_218	52.01354	4.13195	252.5	0.00	3.47	45.59	45.88	5.06
2017_219	52.01438	4.13032	173.6	0.01	18.62	64.80	16.56	0.01
2017_221	52.01592	4.12730	176.7	2.43	22.85	49.05	23.80	1.93
2017_222	52.01824	4.12276	201.1	0.41	16.35	49.46	30.04	3.75
2017_223	52.02124	4.11687	179.9	0.47	22.67	50.59	23.70	2.62
2017_224	52.02312	4.11319	178.0	0.01	19.63	59.41	20.88	0.08
2017_225	52.01850	4.14509	248.0	0.00	0.39	50.72	48.46	0.43
2017_226	52.01912	4.14389	293.3	0.00	0.42	33.45	58.64	7.50
2017_227	52.01974	4.14267	260.2	0.00	0.93	44.63	51.63	2.80
2017_228	52.01989	4.14237	219.8	0.00	2.59	63.32	34.01	0.08
2017_229	52.02179	4.13865	228.2	0.00	6.37	52.11	39.23	2.30
2017_230	52.02218	4.13788	236.4	0.00	5.86	49.26	41.80	3.08
2017_231	52.02272	4.13683	215.9	0.00	9.62	53.48	35.17	1.73
2017_232	52.02392	4.13449	229.3	0.02	11.57	44.71	35.90	7.81
2017_233	52.02662	4.12920	211.8	1.41	15.77	43.57	29.86	9.41
2017_234	52.02861	4.12530	216.6	0.01	14.02	46.29	33.54	6.14
2017_235	52.02567	4.15390	371.9	0.00	0.27	21.00	50.33	28.39
2017_236	52.02609	4.15307	389.2	0.00	0.00	14.12	58.89	26.99
2017_237	52.02653	4.15221	272.2	0.00	0.34	39.75	57.08	2.84
2017_238	52.02729	4.15074	201.9	0.00	6.37	67.71	25.89	0.02
2017_239	52.02890	4.14758	272.7	0.00	2.22	39.83	50.80	7.15
2017_240	52.02927	4.14684	388.0	0.00	0.06	15.95	56.02	27.96
2017_241	52.02962	4.14617	556.7	0.00	0.00	2.23	38.18	59.60
2017_242	52.03047	4.14450	456.1	0.00	0.00	7.66	50.73	41.61
2017_243	52.03233	4.14086	618.8	0.22	1.22	4.37	28.77	65.42
2017_244	52.03505	4.13553	313.9	3.73	1.76	27.72	49.32	17.47
2017_245	52.03276	4.16286	306.4	0.00	0.06	27.79	64.92	7.23
2017_246	52.03392	4.16060	414.3	0.00	0.00	10.52	57.19	32.28
2017_247	52.03434	4.15977	415.6	0.00	0.00	4.86	67.13	28.01
2017_248	52.03484	4.15879	243.1	0.00	2.46	50.51	45.26	1.76
2017_249	52.03573	4.15704	357.2	0.00	0.08	19.39	60.06	20.46
2017_250	52.03630	4.15593	359.0	0.00	0.04	18.82	60.55	20.59
2017_251	52.03676	4.15504	317.1	0.00	0.33	28.08	58.65	12.94
2017_252	52.03755	4.15349	585.1	0.00	0.00	1.21	34.84	63.95
2017_253	52.04060	4.14752	266.5	0.00	0.89	42.16	53.64	3.31
2017_254	52.04275	4.14329	291.6	0.00	1.50	34.91	52.66	10.92
2017_255	52.03649	4.16698	297.5	0.00	0.09	30.15	64.20	5.56
2017_256	52.03729	4.16542	319.4	0.00	0.25	27.24	59.82	12.69
2017_257	52.03777	4.16447	285.8	0.00	0.46	35.56	58.28	5.70
2017_258	52.03825	4.16355	245.6	0.00	3.35	48.39	44.97	3.30
2017_259	52.03861	4.16283	195.1	0.00	8.02	69.28	22.69	0.01
2017_260	52.03898	4.16211	187.9	0.00	15.31	59.21	21.96	3.51
2017_261	52.03942	4.16126	221.4	0.00	8.00	52.63	35.91	3.45
2017_262	52.04129	4.15759	502.0	0.00	0.00	6.02	43.66	50.32
2017_263	52.04410	4.15210	264.1	0.00	2.84	42.24	47.09	7.83
2017_264	52.04568	4.14899	226.6	0.00	6.68	52.41	38.34	2.57
2017_265	52.04035	4.17085	273.8	0.00	0.75	39.74	54.71	4.79
2017_266	52.04116	4.16927	384.1	0.00	0.05	15.51	57.98	26.46
2017_267	52.04166	4.16829	490.4	0.00	0.00	1.14	51.23	47.63

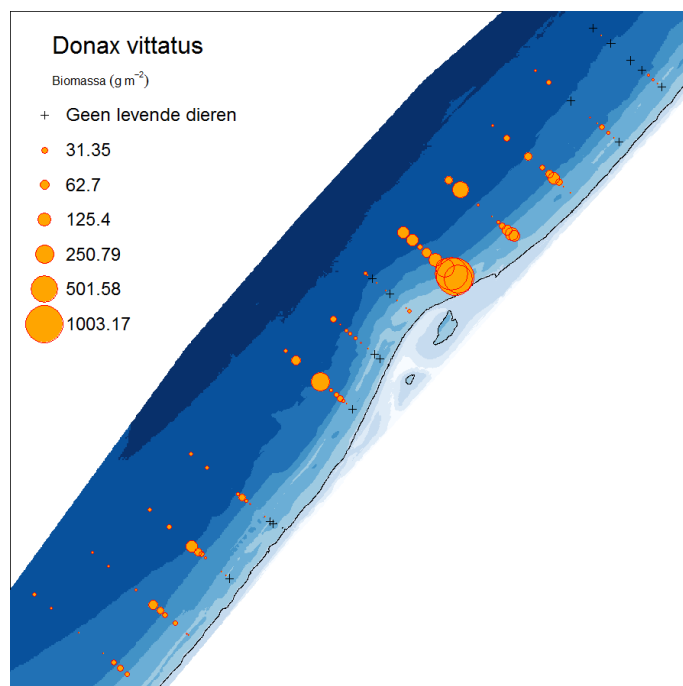
StationNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (µm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2017_268	52.04200	4.16762	307.6	0.00	0.19	29.00	61.77	9.04
2017_269	52.04235	4.16694	204.5	0.00	7.79	62.99	29.00	0.21
2017_270	52.04274	4.16617	250.9	0.00	3.88	45.77	45.85	4.49
2017_271	52.04350	4.16468	320.5	0.00	0.07	24.88	64.22	10.83
2017_272	52.04499	4.16177	225.4	0.00	6.43	53.55	38.55	1.47
2017_273	52.04736	4.15714	213.2	0.00	6.50	59.97	33.03	0.51
2017_274	52.04870	4.15450	217.3	0.00	7.71	55.49	35.23	1.58
2017_275	52.04744	4.17753	421.4	0.00	0.00	7.84	59.51	32.65
2017_276	52.04822	4.17600	416.3	0.00	0.00	7.62	61.58	30.79
2017_277	52.04866	4.17516	339.5	0.00	0.00	17.38	71.28	11.35
2017_278	52.04918	4.17413	242.5	0.00	2.46	50.81	45.10	1.63
2017_279	52.04956	4.17340	301.2	0.00	0.67	32.08	56.95	10.30
2017_280	52.05014	4.17225	476.9	0.00	0.00	5.58	48.83	45.59
2017_281	52.05065	4.17125	277.9	6.79	6.25	30.42	40.37	16.19
2017_282	52.05171	4.16917	565.8	0.00	1.47	8.89	31.08	58.56
2017_283	52.05315	4.16635	216.6	0.00	5.24	60.12	34.18	0.45
2017_284	52.05442	4.16387	287.5	0.00	2.55	36.61	44.04	16.79
2017_285	52.05408	4.18281	392.2	0.00	0.02	15.00	55.99	28.99
2017_286	52.05481	4.18139	455.3	0.00	0.00	3.98	56.12	39.90
2017_287	52.05520	4.18062	435.8	0.00	0.00	0.99	69.22	29.79
2017_288	52.05638	4.17831	439.0	0.00	0.00	5.02	59.01	35.97
2017_289	52.05707	4.17696	412.8	0.00	0.00	5.17	67.25	27.58
2017_290	52.05749	4.17615	398.9	0.00	0.00	6.82	68.96	24.22
2017_291	52.05784	4.17547	383.3	0.00	0.00	8.98	70.47	20.56
2017_292	52.05829	4.17458	420.7	0.00	0.00	13.79	50.05	36.16
2017_293	52.05901	4.17318	647.8	1.51	1.20	1.66	25.81	69.83
2017_294	52.05934	4.17251	559.5	0.00	0.00	4.67	36.45	58.88
2017_296	52.05924	4.19096	371.9	0.00	0.00	10.18	72.54	17.28
2017_297	52.05953	4.19043	360.8	0.00	0.00	15.23	67.00	17.77
2017_298	52.06115	4.18726	265.2	0.00	1.14	42.61	52.64	3.61
2017_299	52.06218	4.18524	347.4	0.00	0.00	15.29	72.09	12.62
2017_300	52.06288	4.18387	374.1	0.00	0.00	7.60	76.92	15.48
2017_301	52.06349	4.18268	391.9	0.00	0.00	5.29	74.90	19.81
2017_302	52.06403	4.18162	363.1	0.00	0.00	11.94	72.23	15.83
2017_303	52.06460	4.18050	340.0	0.00	0.00	17.59	70.06	12.34
2017_304	52.06502	4.17969	349.8	0.00	0.15	22.41	55.34	22.10
2017_305	52.06378	4.20268	331.7	0.00	0.00	19.33	70.73	9.94
2017_306	52.06474	4.20080	220.3	0.00	4.88	58.60	36.01	0.50
2017_307	52.06499	4.20030	287.7	0.00	0.11	33.47	62.66	3.75
2017_308	52.06533	4.19964	271.7	0.00	2.16	40.11	51.24	6.48
2017_309	52.06585	4.19862	175.0	0.00	17.29	66.50	16.21	0.00
2017_310	52.06636	4.19763	174.6	0.00	17.79	66.09	16.11	0.00
2017_311	52.06716	4.19607	190.0	0.00	11.76	65.99	22.25	0.00
2017_312	52.06844	4.19356	211.0	5.68	6.60	53.83	33.27	0.62
2017_313	52.07018	4.19015	220.5	0.00	4.69	58.81	35.96	0.54
2017_314	52.07140	4.18780	236.9	0.00	3.08	52.59	42.52	1.81
2017_315	52.06942	4.21448	442.6	0.00	0.00	3.22	61.23	35.54
2017_316	52.07046	4.21246	246.1	0.00	1.11	50.80	47.22	0.88
2017_317	52.07094	4.21151	310.9	0.00	0.15	28.22	61.30	10.33
2017_318	52.07142	4.21057	254.6	0.00	1.53	46.51	49.47	2.49
2017_319	52.07198	4.20947	244.2	0.00	6.85	45.00	40.05	8.11
2017_320	52.07245	4.20856	199.5	0.00	15.52	51.63	28.35	4.50
2017_321	52.07309	4.20729	194.3	6.45	16.18	44.15	28.70	4.54

StationNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (μm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2017_322	52.07460	4.20435	208.3	0.00	10.67	55.53	32.27	1.53
2017_323	52.07665	4.20033	294.4	1.21	3.49	32.68	49.31	13.32
2017_324	52.07800	4.19770	264.0	0.00	3.63	41.53	48.34	6.51
2017_325	52.07597	4.22452	366.1	0.00	0.00	14.95	64.99	20.06
2017_326	52.07651	4.22345	332.0	0.00	0.00	21.73	65.77	12.50
2017_327	52.07708	4.22235	351.4	0.00	0.00	11.93	76.85	11.22
2017_328	52.07775	4.22103	242.9	0.00	2.65	50.39	44.82	2.14
2017_329	52.07830	4.21997	439.0	0.34	0.92	9.77	50.60	38.39
2017_330	52.07877	4.21904	399.8	0.00	0.53	16.64	50.73	32.10
2017_331	52.07997	4.21669	492.5	0.29	0.76	6.94	43.26	48.75
2017_332	52.08169	4.21333	492.3	0.00	0.01	8.24	42.99	48.76
2017_333	52.08412	4.20857	237.0	0.00	5.57	49.34	41.55	3.55
2017_334	52.08575	4.20537	253.7	0.00	3.87	44.80	45.78	5.54
2017_335	52.08281	4.23399	361.8	0.00	0.00	18.42	59.47	22.11
2017_336	52.08348	4.23268	421.8	0.00	0.02	12.30	52.18	35.50
2017_337	52.08402	4.23161	303.2	0.00	0.01	27.49	67.14	5.36
2017_338	52.08465	4.23037	232.8	0.00	5.53	51.14	40.38	2.96
2017_339	52.08504	4.22961	195.6	0.00	9.50	66.01	24.48	0.01
2017_340	52.08535	4.22901	704.4	0.00	3.42	7.58	15.95	73.05
2017_341	52.08675	4.22628	591.3	0.00	0.00	1.81	33.69	64.50
2017_342	52.08879	4.22228	575.7	0.00	0.00	0.85	35.54	63.61
2017_343	52.09078	4.21839	240.8	13.24	6.12	33.14	37.61	9.95
2017_344	52.09170	4.21660	238.4	0.00	5.71	48.43	39.47	6.39

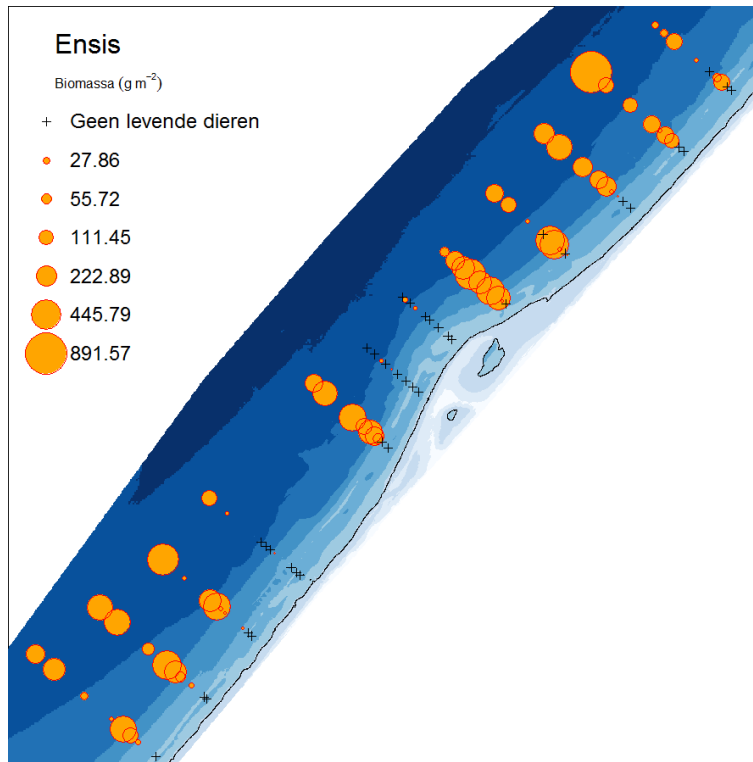
Bijlage 5 Verspreiding enkele bodemdiersoorten uit de bodemschaaf



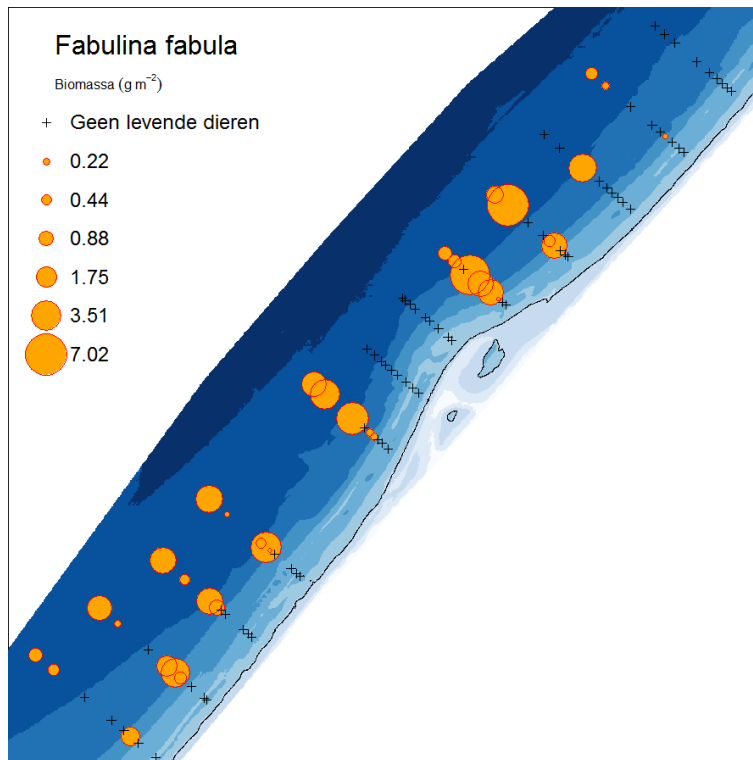
Figuur 59: Verspreidingskaart *Abra alba* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.



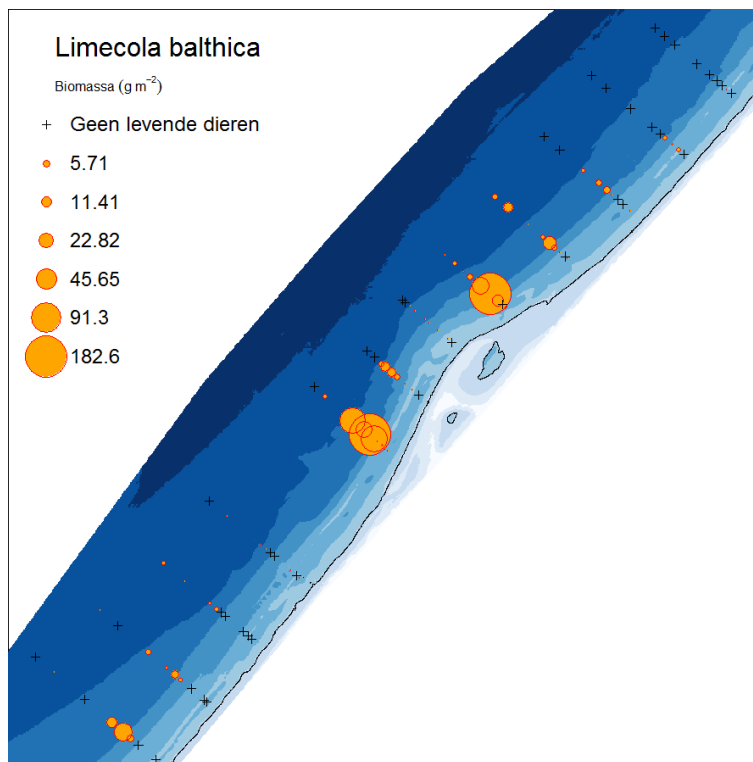
Figuur 60: Verspreidingskaart *Donax vittatus* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.



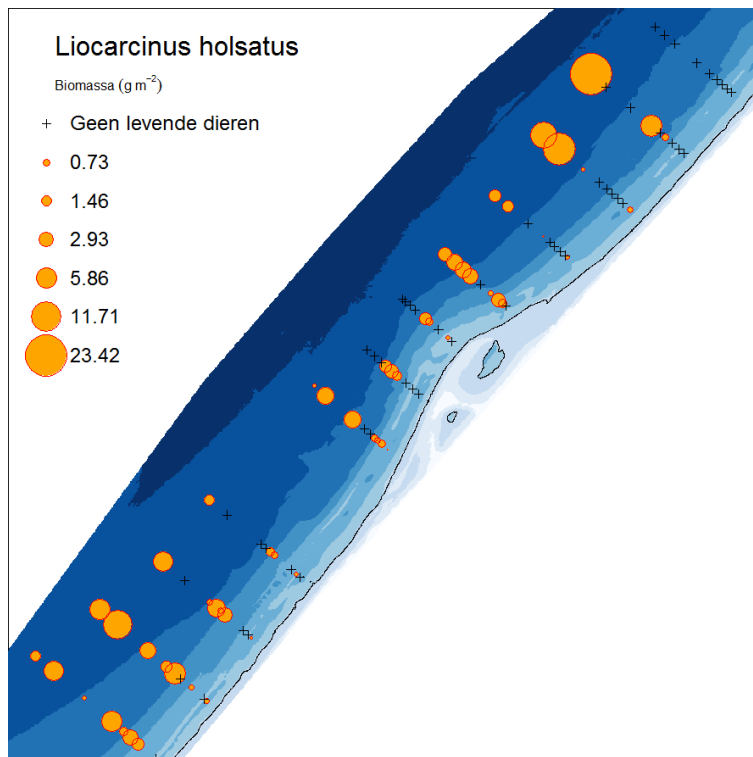
Figuur 61: Verspreidingskaart *Ensis* spp. (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.



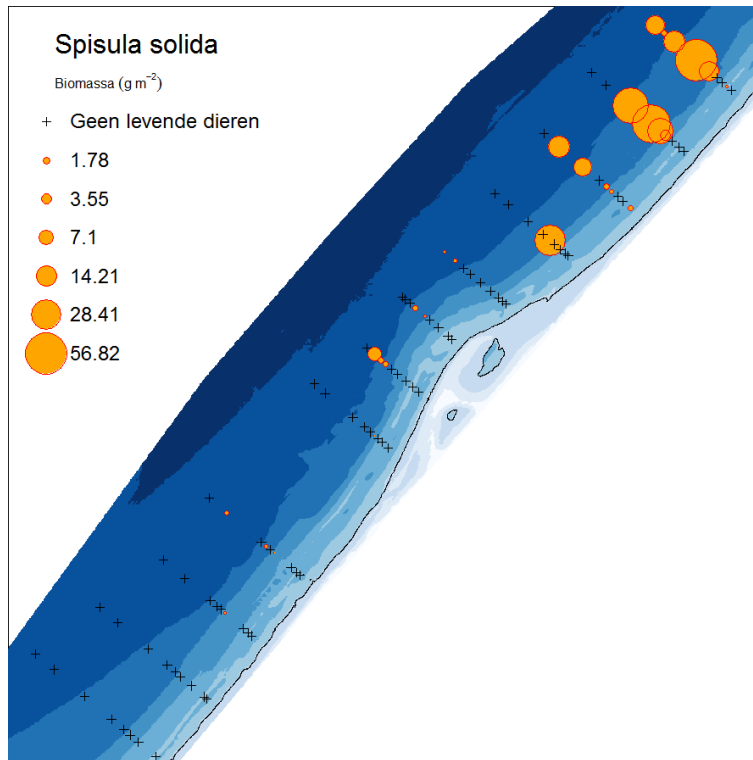
Figuur 62: Verspreidingskaart *Fabulina fabula* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.



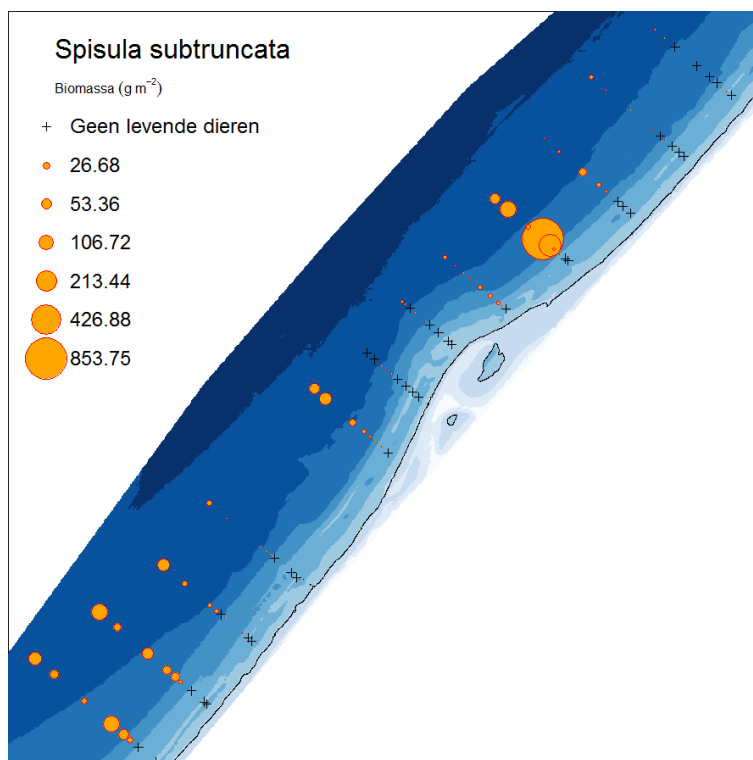
Figuur 63: Verspreidingskaart *Limecola balthica* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.



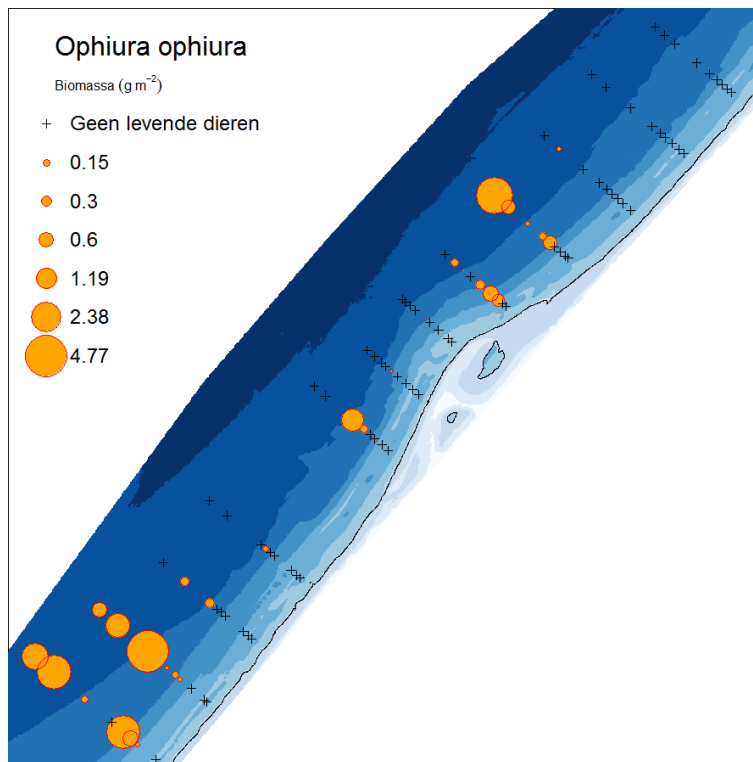
Figuur 64: Verspreidingskaart *Liocarcinus holsatus* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.



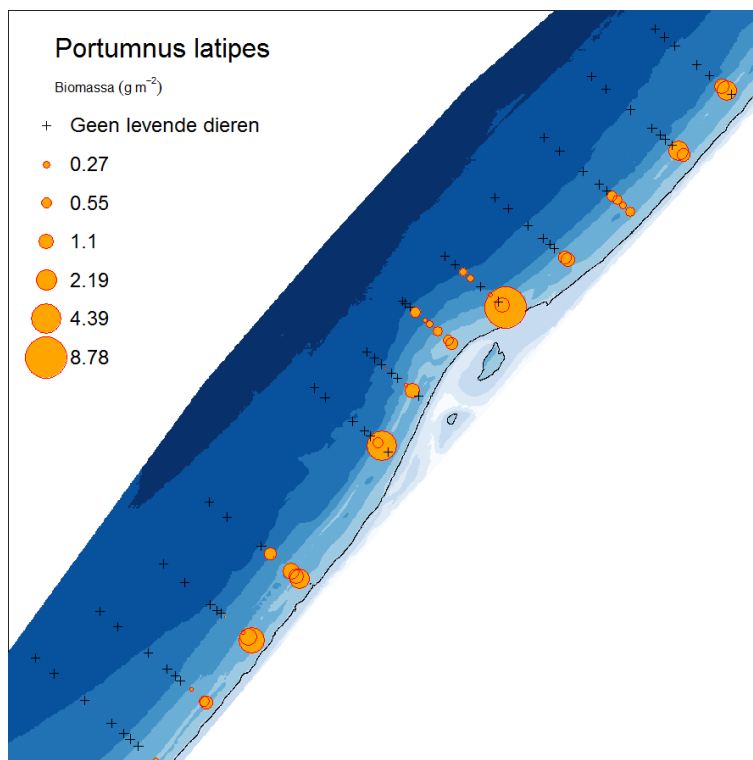
Figuur 65: Verspreidingskaart *Spisula solida* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.



Figuur 66: Verspreidingskaart *Spisula subtruncata* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.

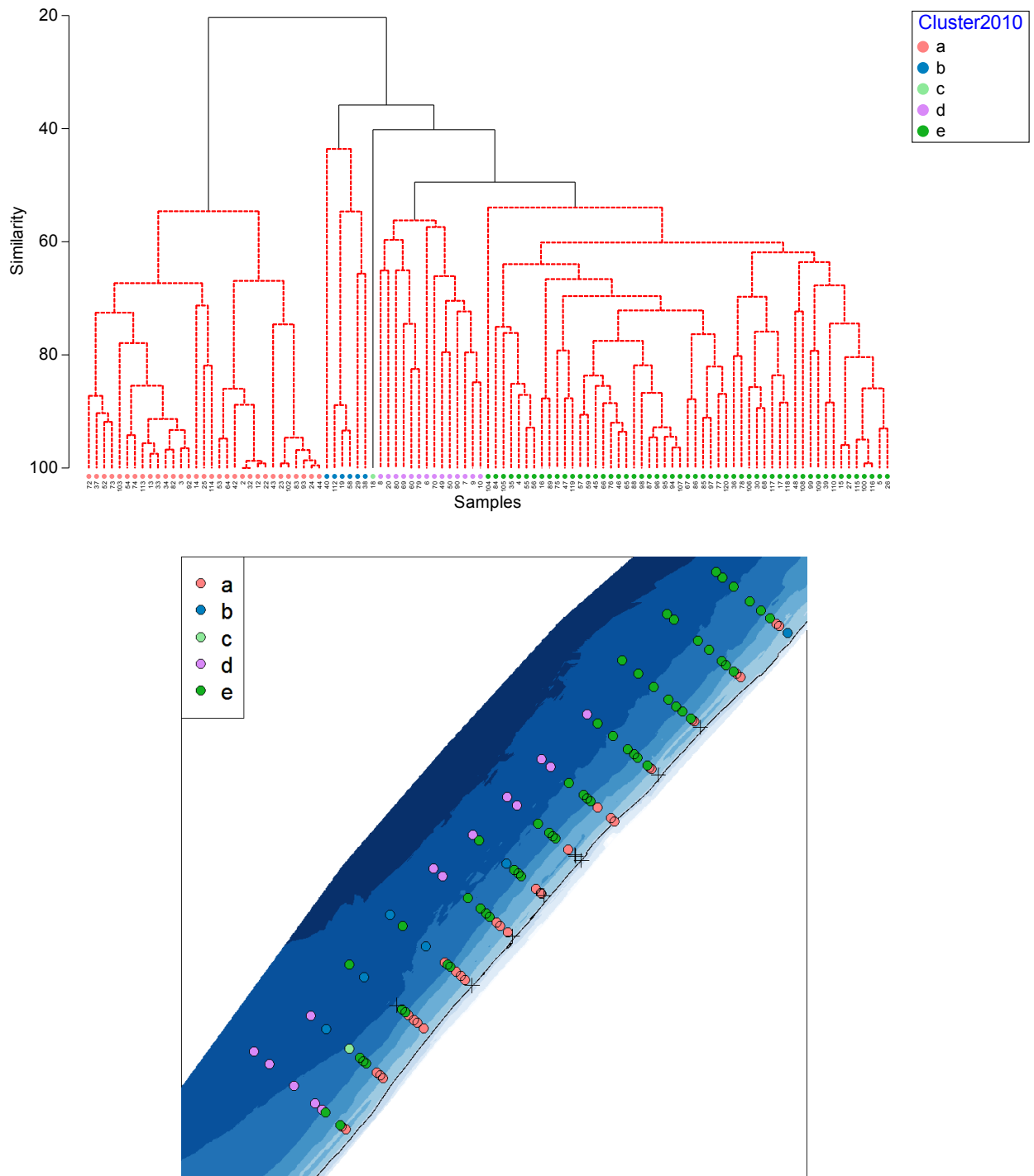


Figuur 67: Verspreidingskaart *Ophiura ophiura* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.

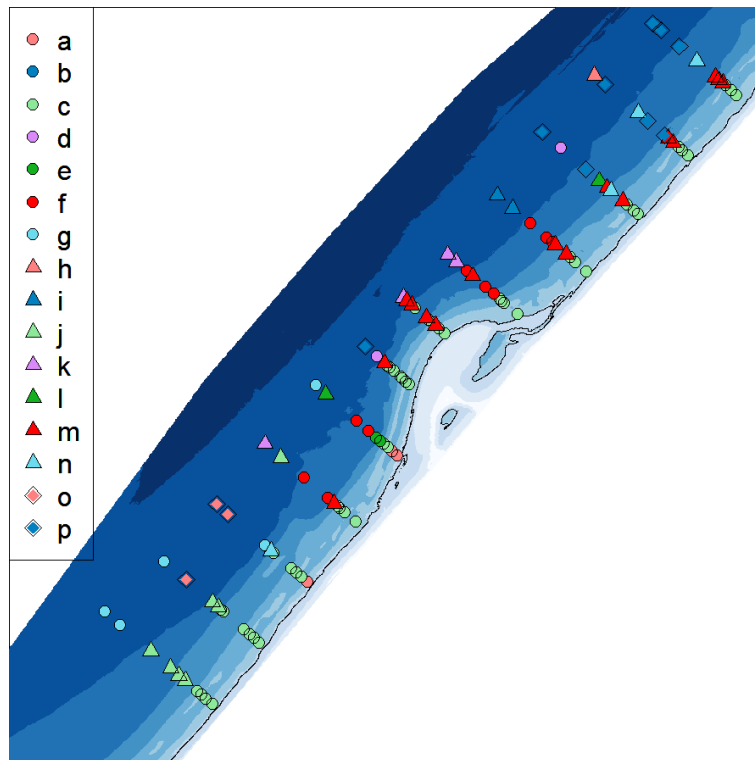
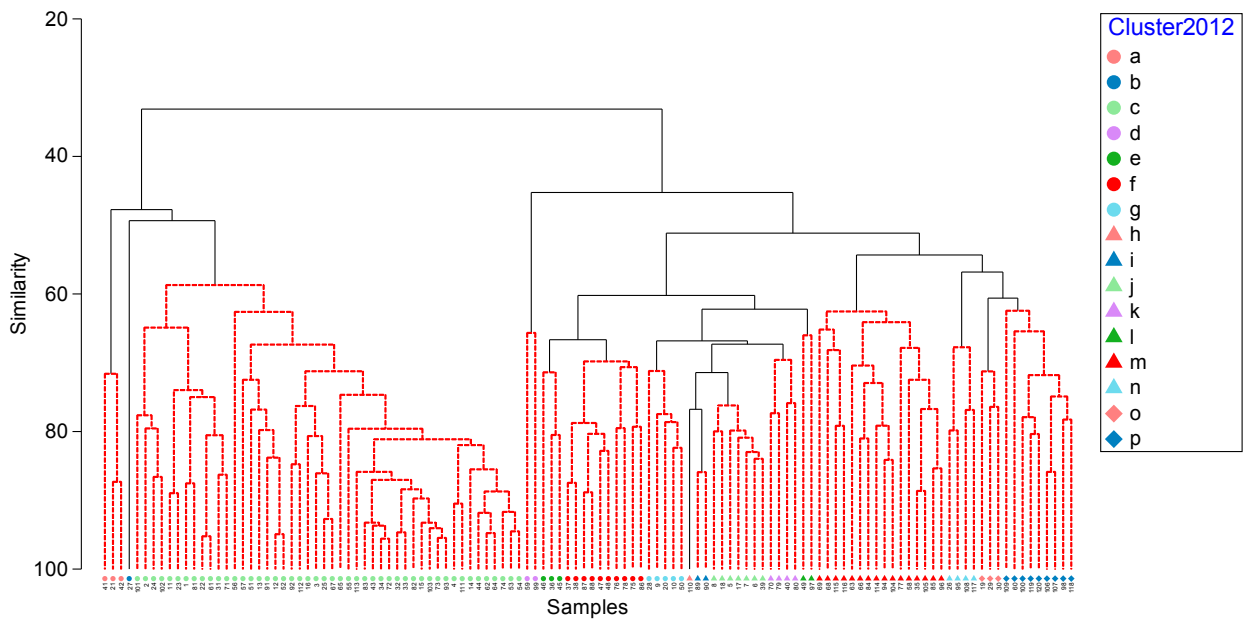


Figuur 68: Verspreidingskaart *Portumnus latipes* (g versgewicht m⁻²) bemonsterd met de bodemschaaf in 2017.

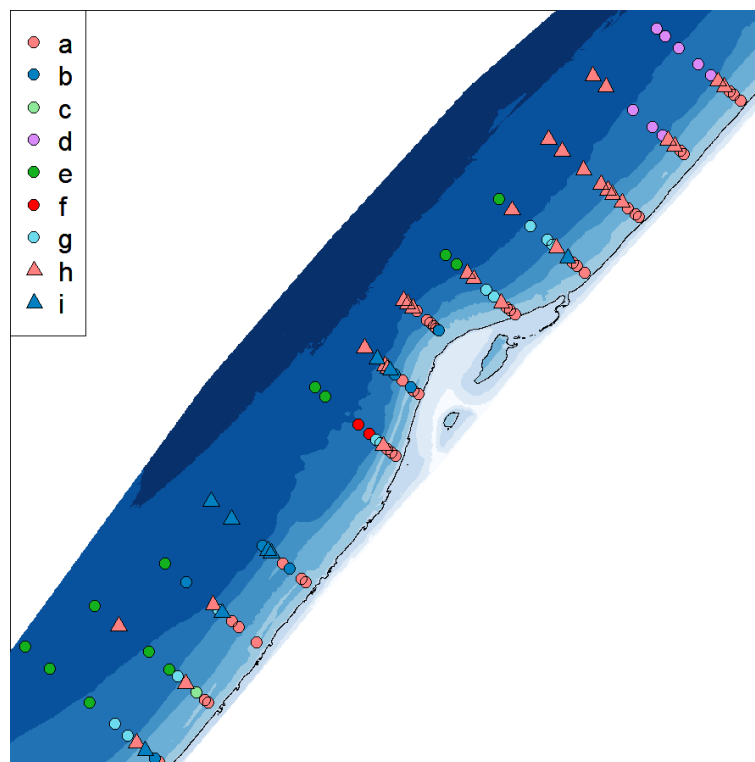
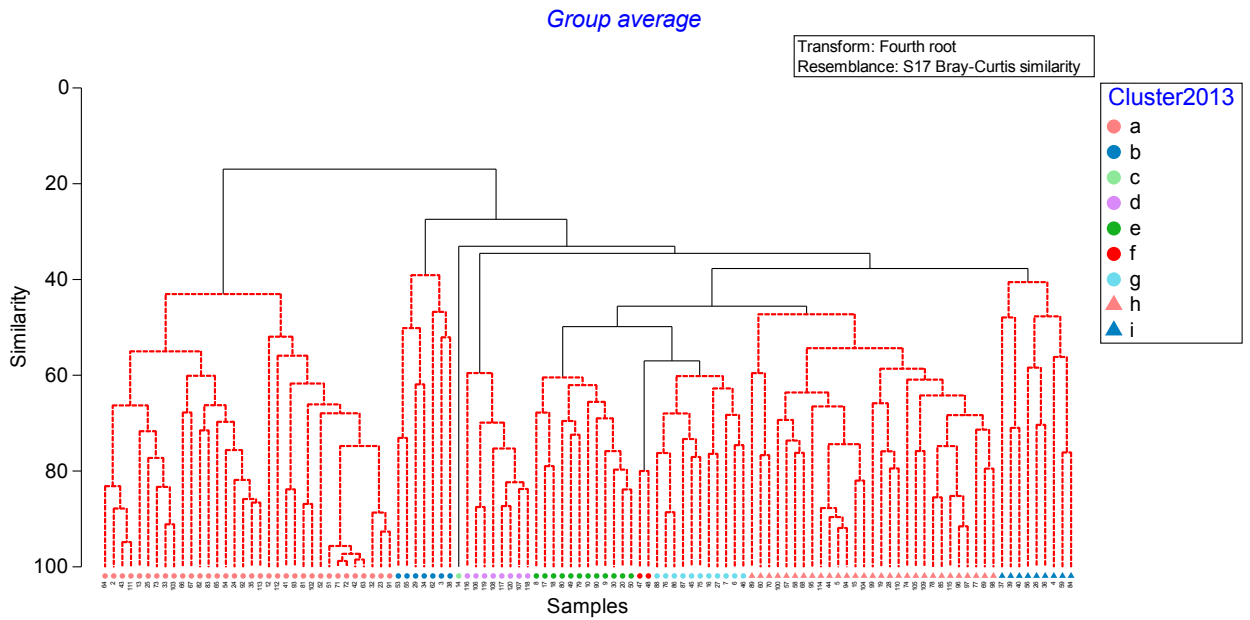
Bijlage 6 Clusteranalyse data bodemschaaf voorgaande jaren



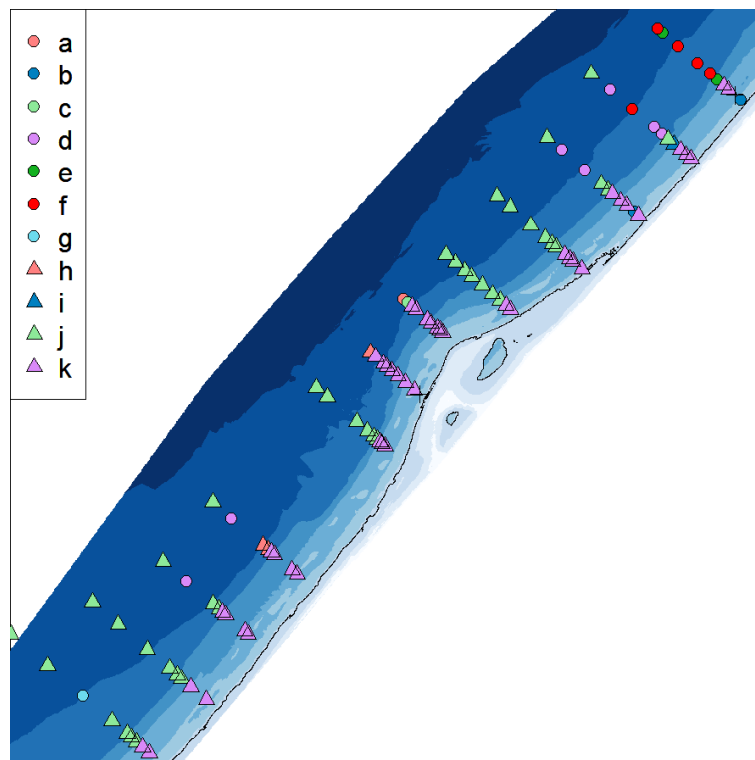
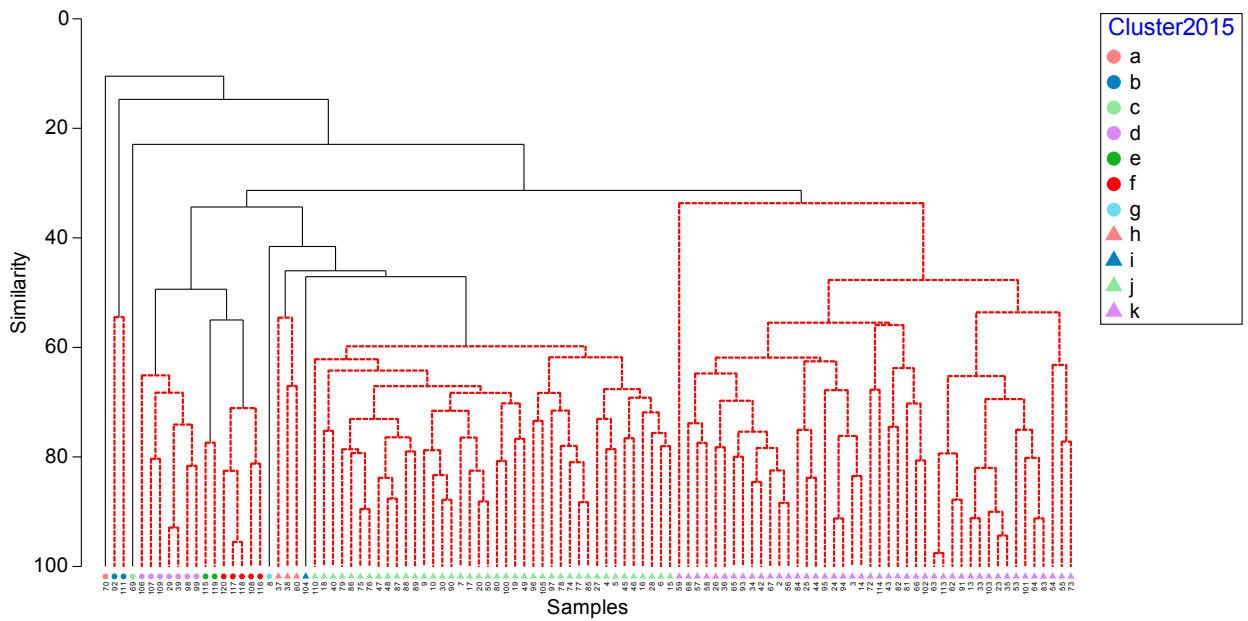
Figuur 69: Clusteranalyse data bodemschaaf 2010. Bovenste plot het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



Figuur 70: Clusteranalyse data bodemschaaf 2012. Bovenste plot het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



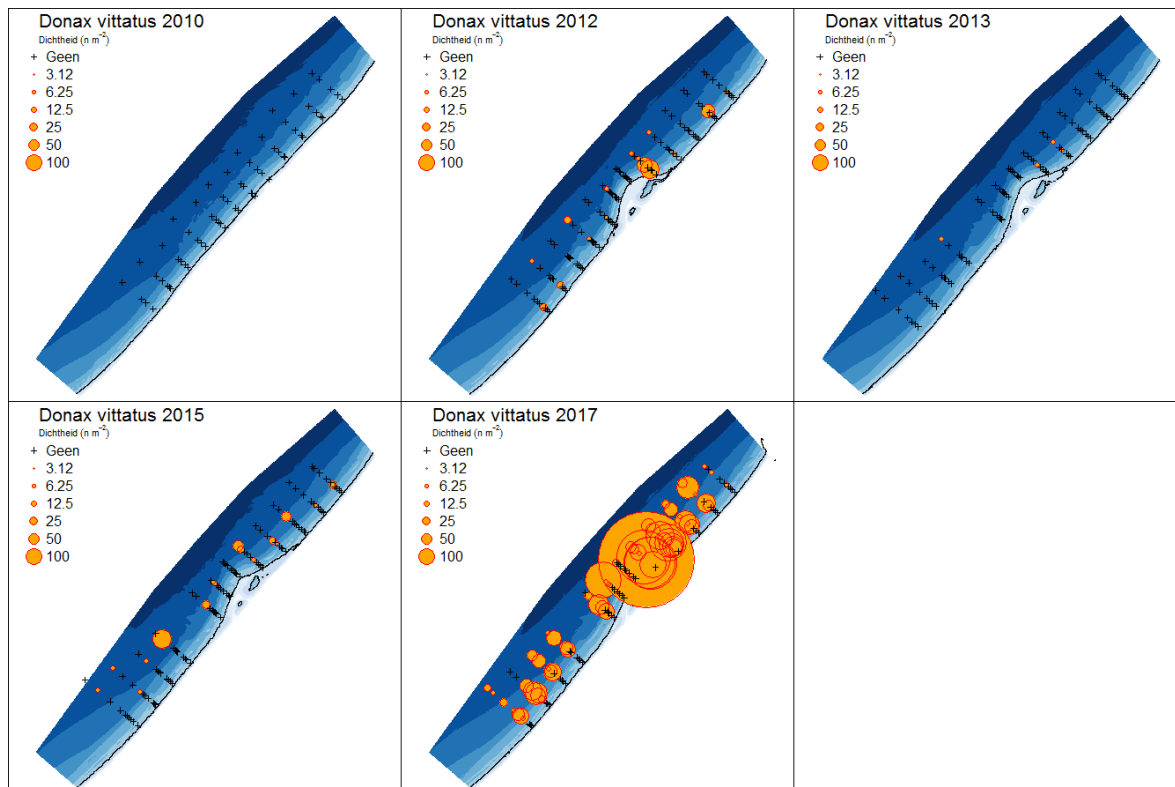
Figuur 71: Clusteranalyse data bodemschaaf 2013. Bovenste plot het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



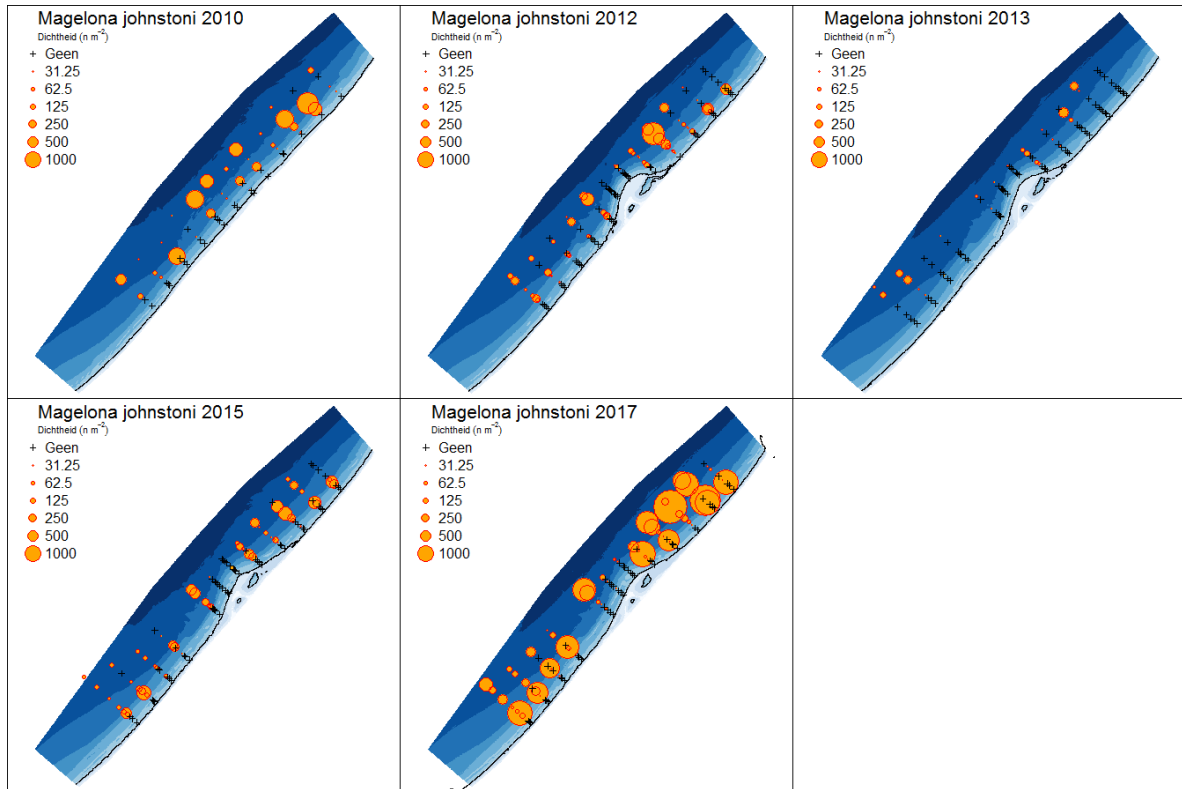
Figuur 72: Clusteranalyse data bodemschaaf 2015. Bovenste plot het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.

Bijlage 7 Verspreiding enkele bodemdiersoorten uit de Van Veen bemonstering

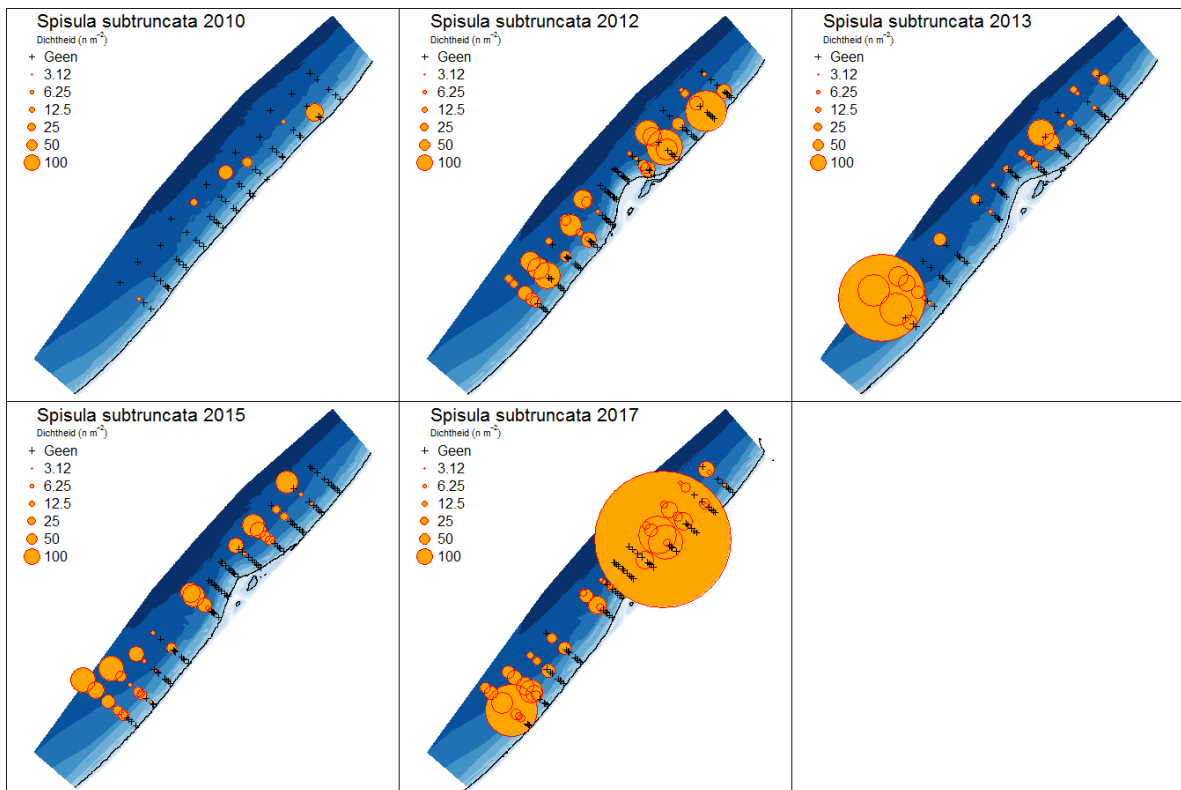
In onderstaande figuren zijn de verspreidingskaarten gepresenteerd van een aantal kenmerkende bodemdiersoorten uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010, 2012, 2013, 2015 en 2017. Deze figuren geven een beeld van de ruimtelijke en temporele ontwikkeling van de betreffende soorten.



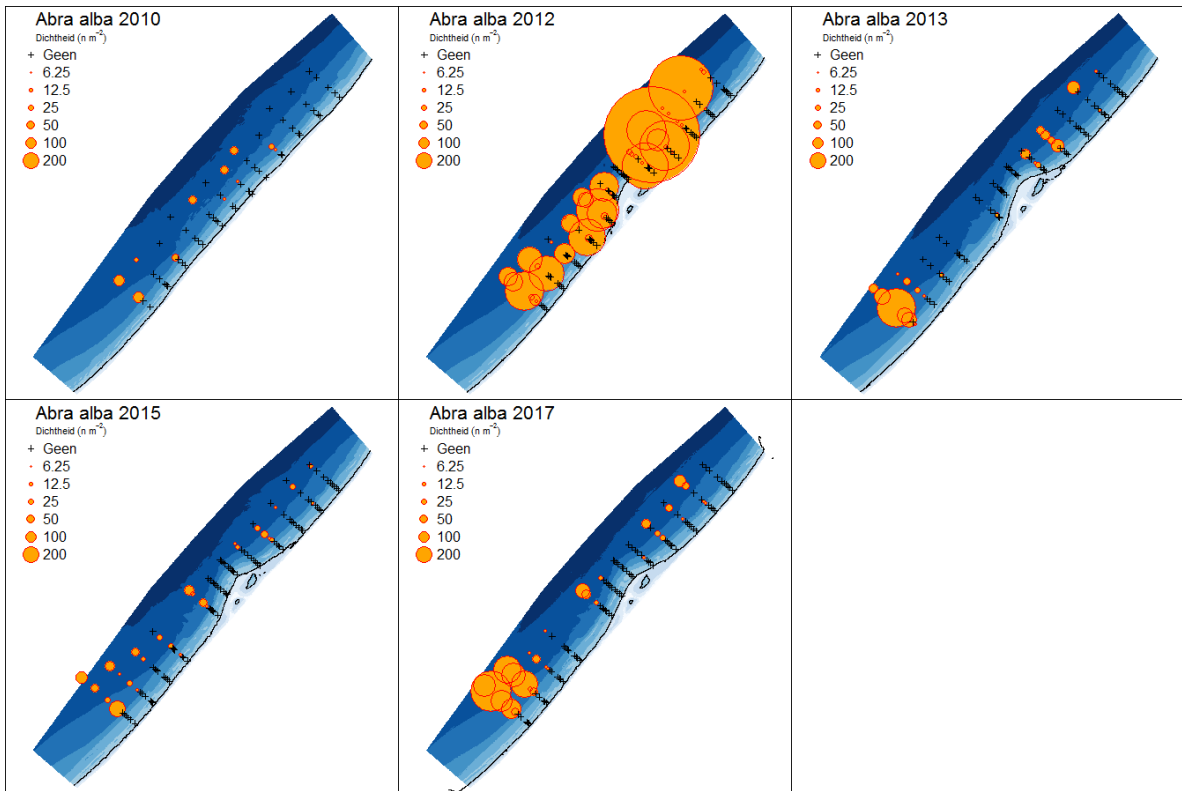
Figuur 73: Verspreidingskaarten *Donax vittatus* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



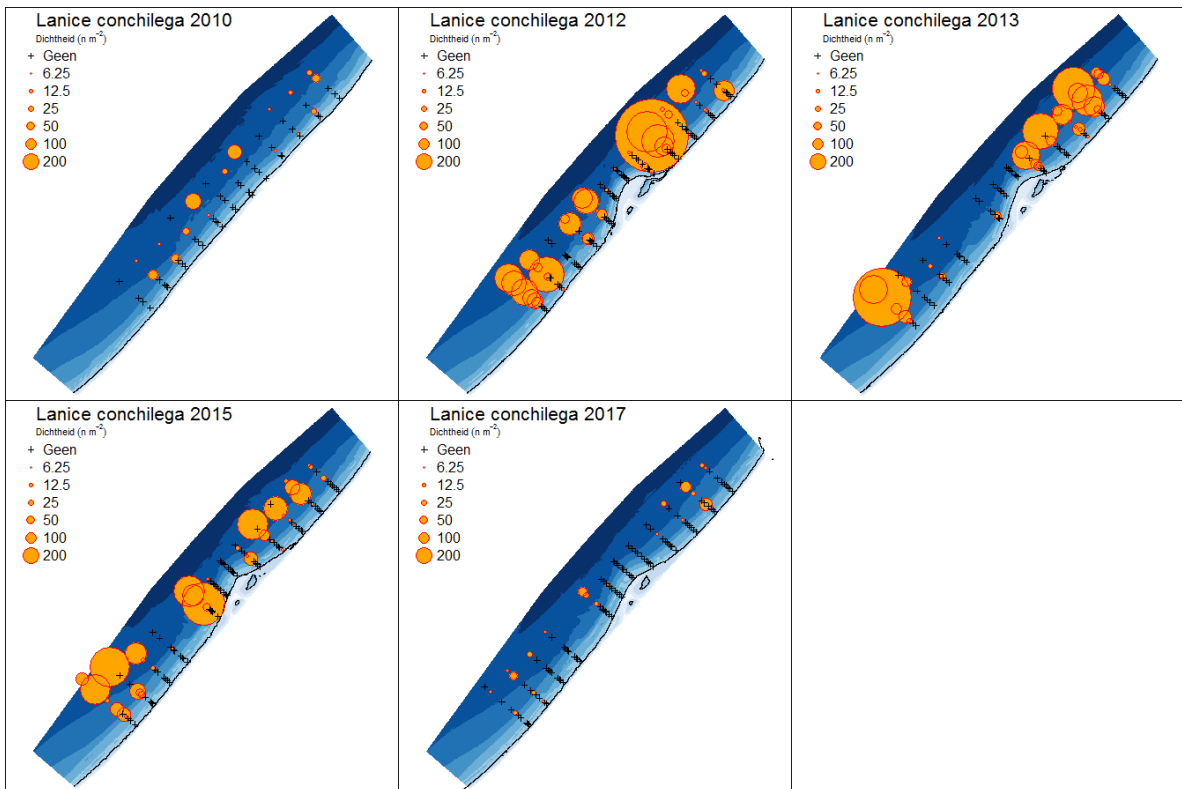
Figuur 74: Verspreidingskaarten *Magelona johnstoni* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



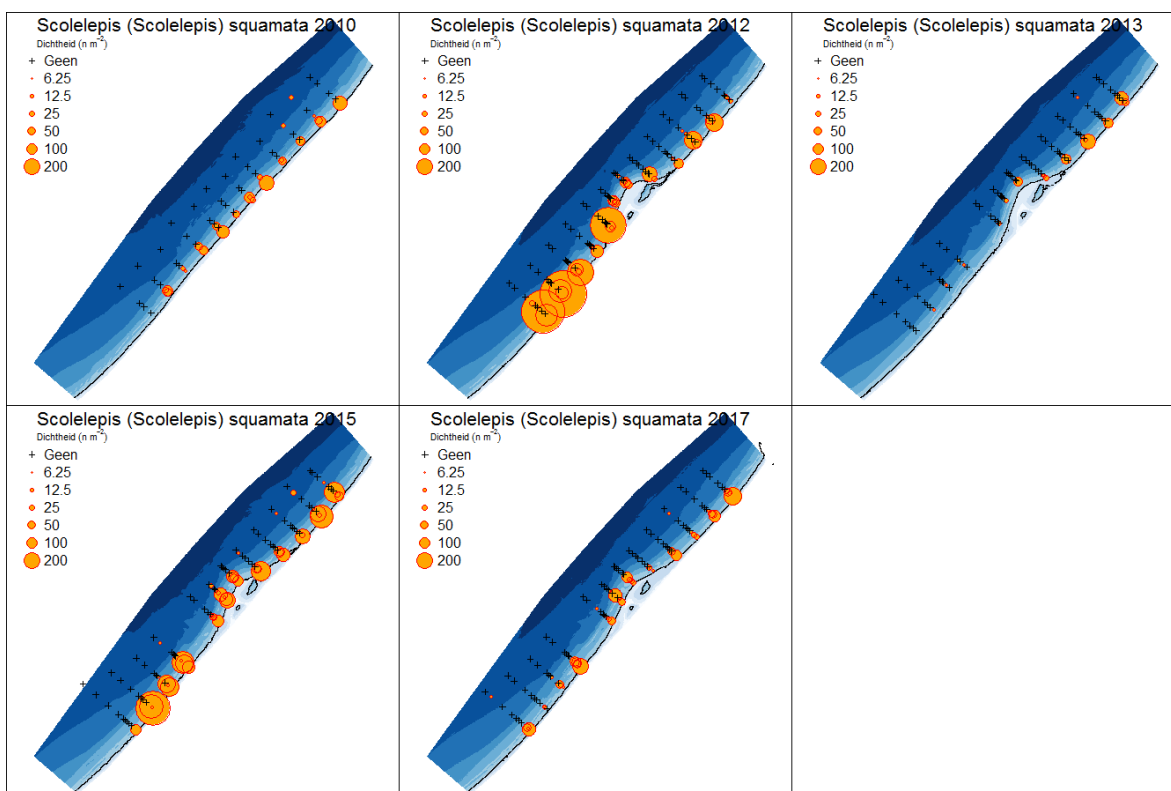
Figuur 75: Verspreidingskaarten *Spisula subtruncata* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



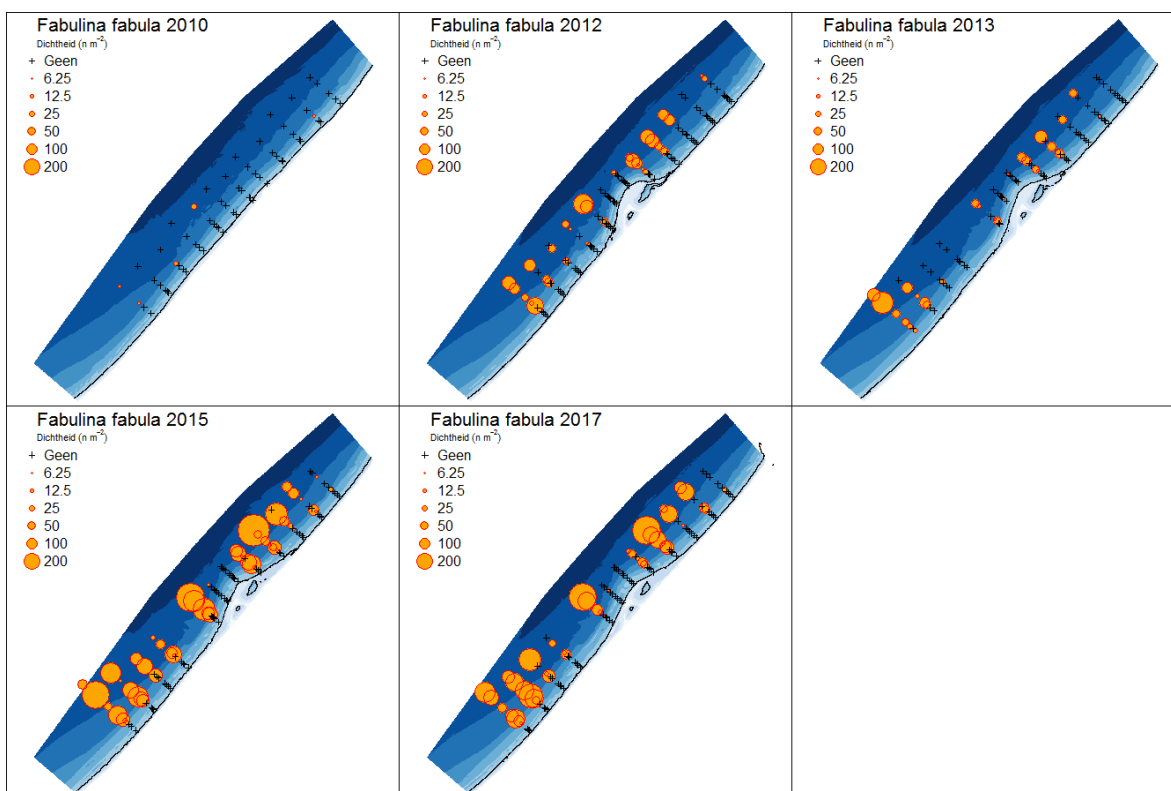
Figuur 76: Verspreidingskaarten *Abra alba* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



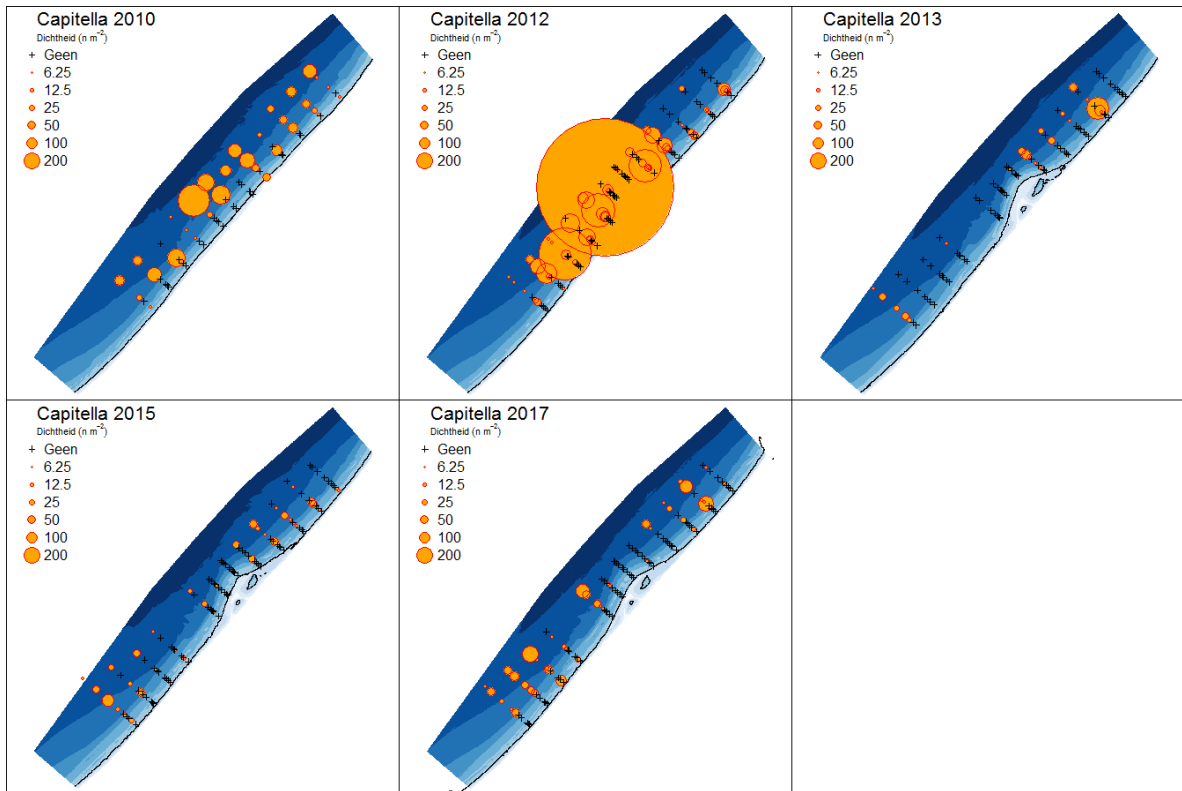
Figuur 77: Verspreidingskaarten *Lanice conchilega* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



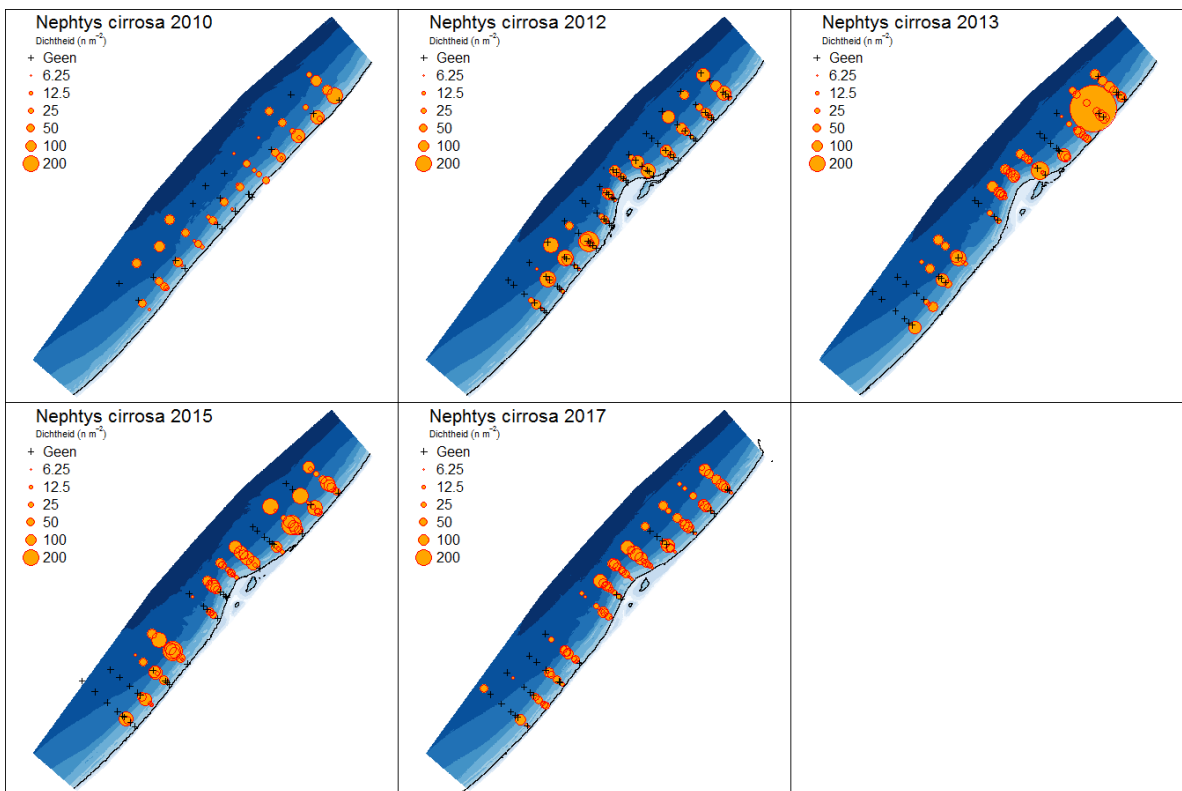
Figuur 78: Verspreidingskaarten *Scolelepis (Scolelepis) squamata* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



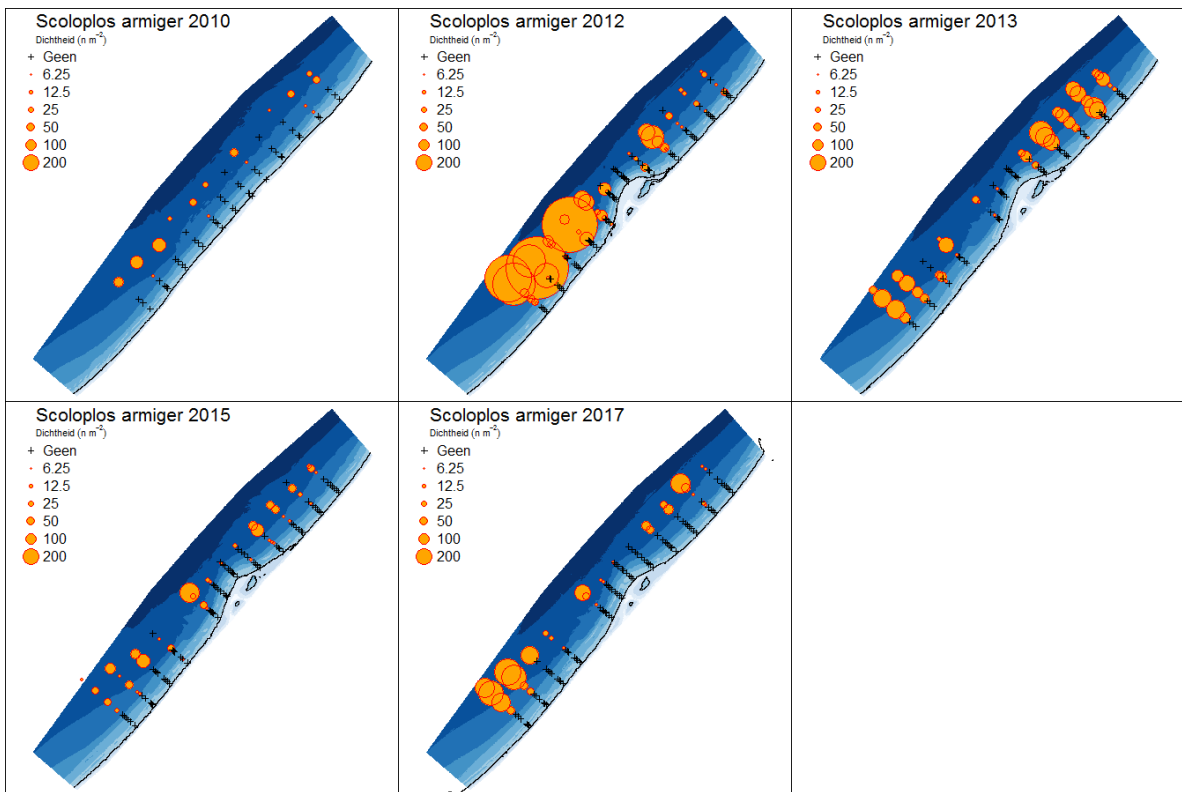
Figuur 79: Verspreidingskaarten *Fabulina fabula* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



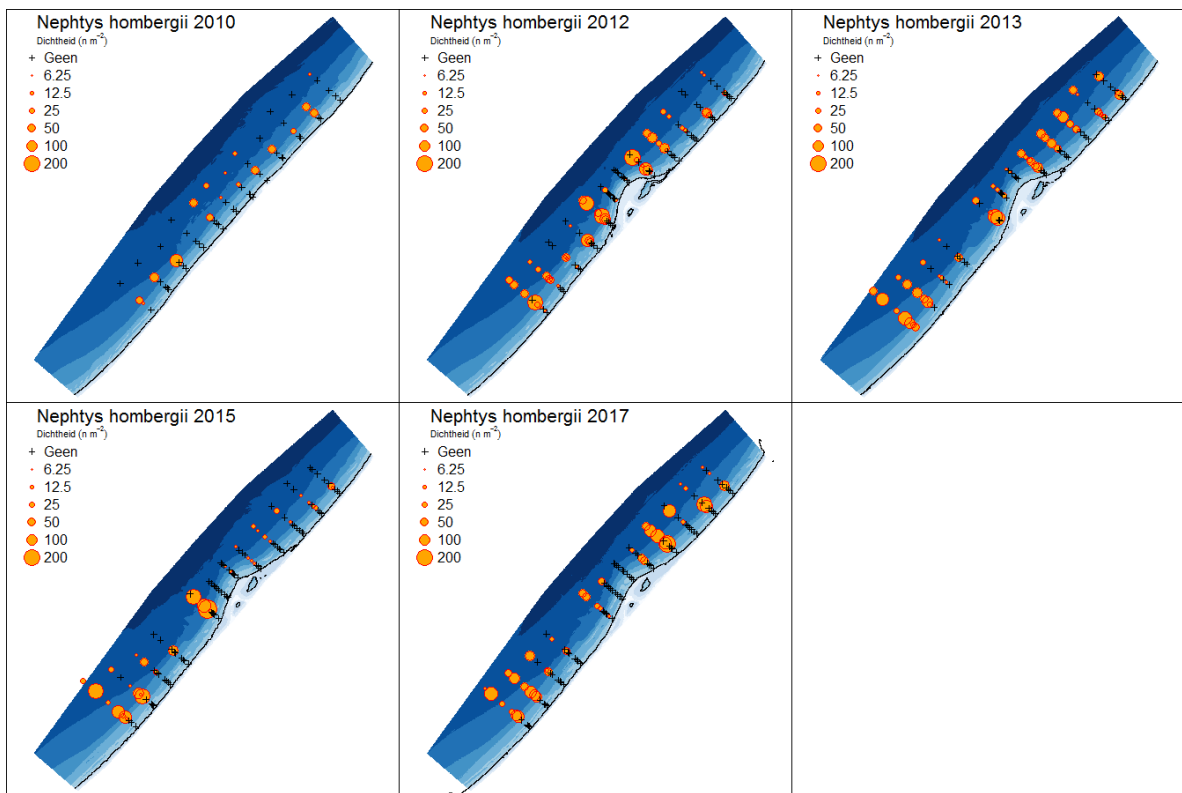
Figuur 80: Verspreidingskaarten *Capitella* spp. (aantal m⁻²) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



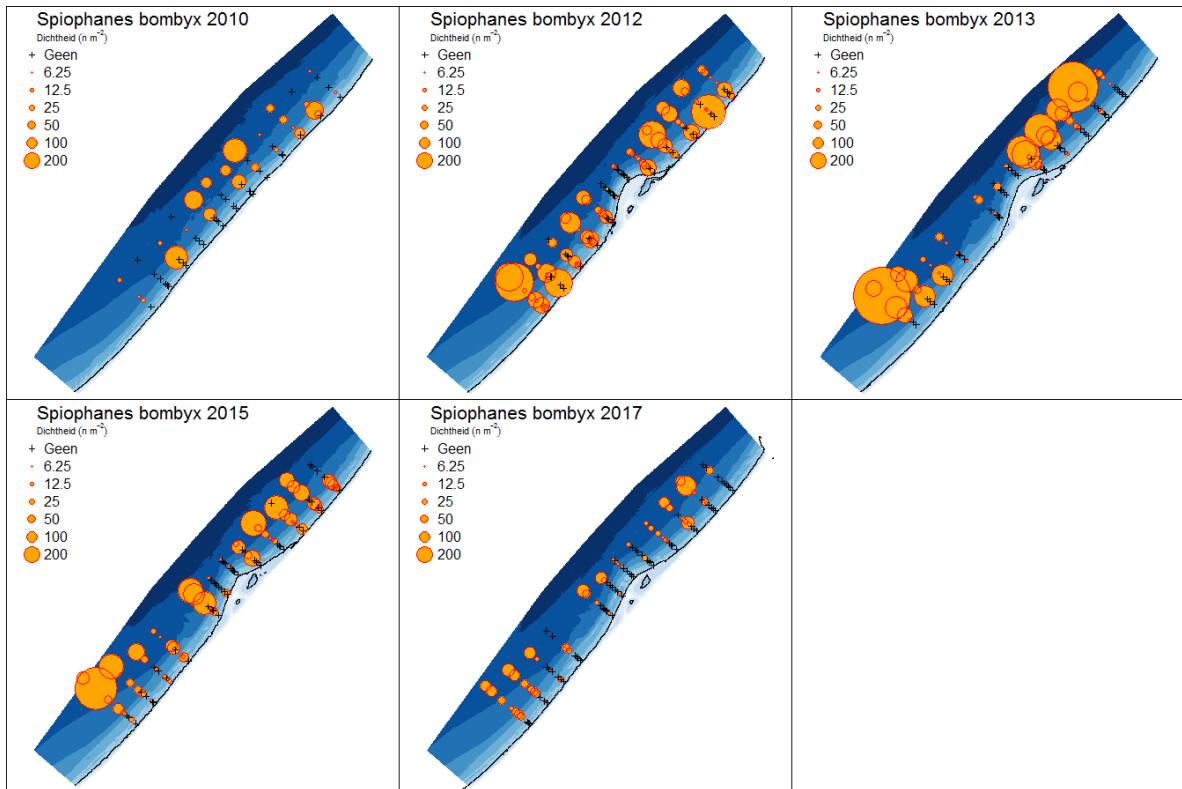
Figuur 81: Verspreidingskaarten *Nephtys cirrosa* (aantal m⁻²) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



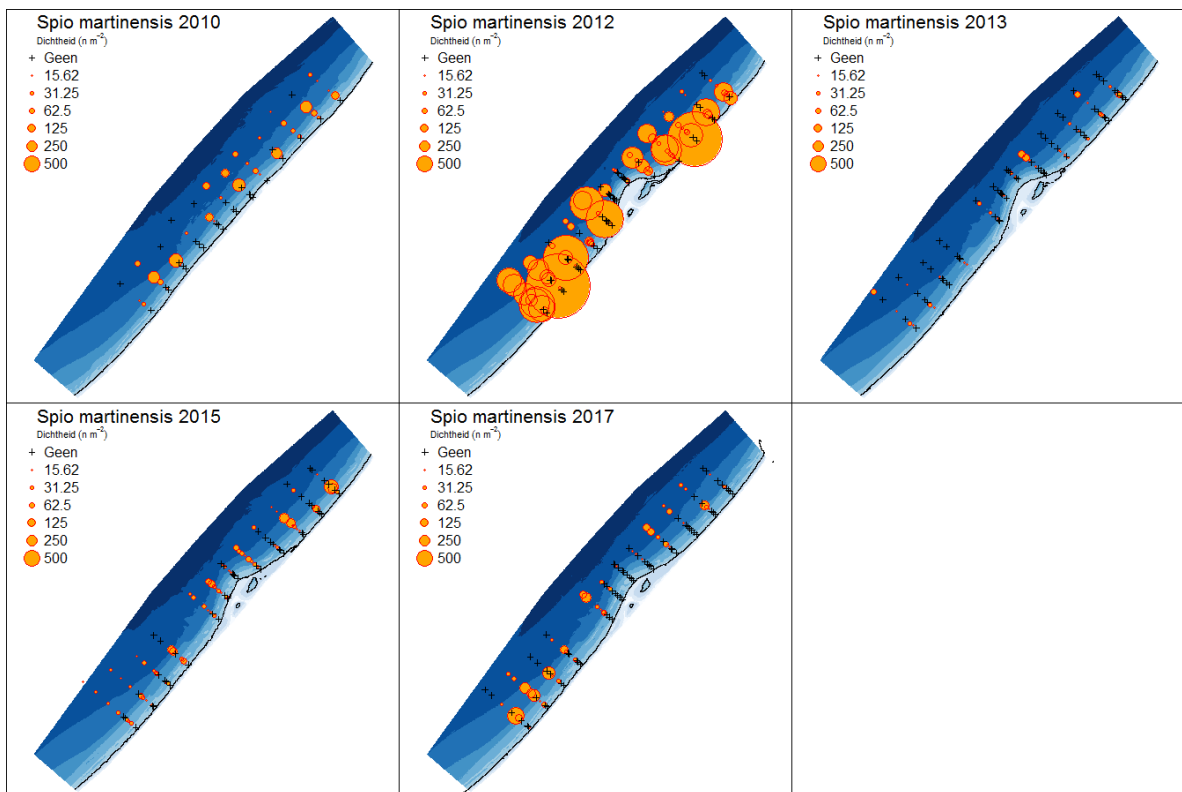
Figuur 82: Verspreidingskaarten *Scoloplos armiger* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



Figuur 83: Verspreidingskaarten *Nephtys hombergii* (aantal m^{-2}) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



Figuur 84: Verspreidingskaarten *Spiophanes bombyx* (aantal m⁻²) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.



Figuur 85: Verspreidingskaarten *Spio martinensis* (aantal m⁻²) uit de Van Veen bemonstering over de jaren 2010 tot en met 2017.

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Visitors address

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



Wageningen Marine Research 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.

Wageningen University & Research is specialised in the domain of healthy food and living environment.

The Wageningen Marine Research vision:

‘To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.’

The Wageningen Marine Research mission

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

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