



Bodemdiergemeenschap van de vooroever en het natte strand van de Zandmotor in het najaar van 2024

Auteur(s): Jeroen Wijsman, Douwe van den Ende, Jack Perdon, Emiel Brummelhuis en Jennifer Chin

Wageningen Marine

Rapport: C077.25

Bodemdiergemeenschap van de vooroever en het natte strand van de Zandmotor in het najaar van 2024

Auteur(s) Jeroen Wijsman, Douwe van den Ende, Jack Perdon, Emiel Brummelhuis en Jennifer Chin

Wageningen Marine Research
Yerseke, oktober 2025

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C077.25

Jeroen Wijsman, Douwe van den Ende, Jack Perdon, Emiel Brummelhuis en Jennifer Chin, 2025.
Bodemdiergemeenschap van de vooroever en het natte strand van de Zandmotor in het najaar van 2024;
Wageningen, Wageningen Marine Research, Wageningen Marine Research rapport C077.25. 123 blz.;

Keywords: Macrobenthos, Van Veen, Bodemschaaf, bodemdiergemeenschap, sedimentsamenstelling, strandbemonstering

Opdrachtgever Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
T.a.v.: Carola van Gelder-Maas
Postbus 2232
3500 GE Utrecht

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/702948>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Jeroen Wijsman

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, an institute within the legal entity Stichting Wageningen Research (a foundation under Dutch private law) represented by Drs.ir. M.T. van Manen, Director Operations

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8065.11.618.B01.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_2 V33 (2023)

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Aanpak	8
1.3 Doelstelling	8
1.4 Dankwoord	9
2 Materiaal en methoden	10
2.1 Monitoringslocaties	10
2.1.1 Locaties in de vooroever	11
2.1.2 Monsterlocaties op het strand	13
2.2 Weerscondities tijdens de bemonstering	14
2.3 Sedimentsamenstelling	15
2.4 Van Veen-happer	16
2.4.1 Bemonstering	16
2.4.2 Verwerking	16
2.5 Bodemschaaf	17
2.5.1 Bemonstering	17
2.5.2 Verwerking	18
2.6 Strandbemonstering	19
2.6.1 Bemonstering	19
2.6.2 Verwerking	20
2.7 Data-analyse	21
3 Resultaten	23
3.1 Sediment	23
3.1.1 Korrelgrootteverdeling	23
3.1.2 Vergelijk met voorgaande jaren	27
3.1.3 Organisch koolstof en totaal N	30
3.2 Bodemschaaf	32
3.2.1 Overzicht	32
3.2.2 Relatie met waterdiepte	39
3.2.3 Relatie met sedimentsamenstelling	43
3.2.4 Ruimtelijke verspreiding	44
3.2.5 Gemeenschapsanalyses	47
3.2.6 Ontwikkeling langer levende soorten	53
3.3 Van Veen bemonstering	55
3.3.1 Overzicht	55
3.3.2 Relatie met waterdiepte	60
3.3.3 Relatie met sedimentsamenstelling	64

3.3.4	Ruimtelijke verspreiding	65
3.3.5	Gemeenschapsanalyses	68
3.3.6	Ontwikkeling langer levende soorten	72
3.4	Strandbemonstering	74
3.4.1	Overzicht	74
3.4.2	Relatie met droogval	76
3.4.3	Ruimtelijke verspreiding	76
4	Discussie en conclusies	78
5	Kwaliteitsborging	82
Literatuur		83
Verantwoording		85

Samenvatting

In 2011 is er een grootschalige strandsuppletie (Zandmotor) van 21.5 miljoen m³ uitgevoerd aan de Hollandse kust tussen Ter Heijde en Kijkduin. De Zandmotor wordt gezien als een mogelijk alternatief voor de kleinere, reguliere strand- en vooroeversuppleties. Het doel van dit experiment is 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. Om dit in kaart te brengen is in 2010 een grootschalig monitoringsprogramma opgezet. Een van de onderwerpen binnen het monitoringsprogramma is het volgen van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de vooroever en het natte strand. Hiervoor zijn in het najaar van 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024 sediment en bodemdiermonsters verzameld en geanalyseerd..

Van 16 september tot en met 24 oktober 2024 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 een Van Veen-happer en een bodemschaaf. Tevens zijn er 70 stations bemonsterd op het strand tussen de hoog- en laagwaterlijn. 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, 2015, 2017 en 2019).

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 (met weglating van *Ensis* spp., strandgapers, otterschelpen en heremietkreeften) in de bodemschaaf in 2024 (48 gram versgewicht m⁻²) is minder dan in 2017 en 2019 (respectievelijk 85 en 75 g m⁻²) maar aanzienlijk hoger dan in de jaren 2010, 2012, 2013 en 2015 (respectievelijk 1, 23 en 14 gram versgewicht m⁻²). Het gemiddeld aantal taxa per monster was 5.6. Dit is minder dan in voorgaande jaren. *Ensis* spp., halfgeknote strandschelp (*Spisula subtruncata*), nonnetje (*Macoma balthica*) en de gewone slangster (*Ophiura ophiura*) waren de meest dominante soorten in de bodemschaaf met gemiddelde dichtheden van respectievelijk 44, 23, 4 en 3 individuen m⁻². Opvallend is dat de Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*), een nieuwkomer die in 2019 voor het eerst is aangetroffen bij de Zandmotor (20% van de bemonsterde locaties), in 2024 niet meer is aangetroffen.

In de Van Veen bemonstering zijn gemiddeld meer taxa aangetroffen (in 2024, 13.1 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 2024 kwamen de soorten als *Nephtys cirrosa*, *Spiophanes bombyx*, *Spio* spp., zeekomma (*Diastylis bradyi*), *Owenia* spp., de aasgarnaal *Schistomysis kervillei*, het vlokreeftje (*Urothoe poseidonis*), de steeloogaasgarnaal (*Mesopodopsis slabberi*) en de gewone slangster (*Ophiura ophiura*) relatief vaak voor.

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

De aanleg van de Zandmotor heeft vrijwel direct geleid tot een grotere variatie in habitats, waardoor de diversiteit van de bodemdiergemeenschap is toegenomen. Dertien jaar na aanleg is de bodemdiergemeenschap nog niet hersteld naar de oorspronkelijke situatie. Een toename van langlevende soorten, zoals vooraf was verwacht, is nog niet duidelijk zichtbaar. Waarschijnlijk komt dit door de dynamiek in de ondiepe vooroever, waar bodemdieren voortdurend te maken hebben met verstoring en herstel. Het herstel van de bodemdiergemeenschap kan nog vele jaren duren, omdat de Zandmotor komende jaren nog niet zal verdwijnen en door zijn aanwezigheid de stroming, sedimentatie en erosie in het gebied blijft beïnvloeden.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In 2011 is er een grootschalige strandsuppletie (Zandmotor) uitgevoerd aan de Hollandse kust tussen Ter Heijde en Kijkduin. De Zandmotor is aangelegd als een soort schiereiland in de vorm van een haak. Voor de aanleg is ongeveer 21.5 miljoen m³ (volumes in de 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. De idee is dat de Zandmotor langzaam erodeert door wind, golven en getijdenbeweging en dat het zand van de Zandmotor de kustlijn ten noorden, en deels ook ten zuiden, van de Zandmotor versterkt. De Zandmotor is een experimenteel alternatief voor reguliere strand- en vooroeversuppleties die iedere 4-5 jaar dienen te worden herhaald. In dit experiment is onder andere onderzocht 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.

Het doel van de pilot Zandmotor is driedelig:

- Vergroten van de kustveiligheid op langere termijn;
- Natuurontwikkeling en recreatie door verbreding van het strand en de duinen;
- Kennisontwikkeling en innovatie in relatie tot kustbeheer- en versterking.

De verwachting is dat de Zandmotor op verschillende manieren effect kan hebben op de bodemdiergemeenschap op het strand en de vooroever. In vergelijking tot reguliere vooroever- en strandsuppleties, waar de bodemdiergemeenschap iedere 4-5 jaar met een laag sediment wordt bedekt, was de verwachte levensduur van de Zandmotor bij aanleg ca. 20 jaar (Stive et al., 2013). Het effect is dat er bij megasuppleties zoals de Zandmotor er op termijn minder bodemdieren direct zullen sterven door bedekking met een dikke laag suppletiezand, en dat de bodemdiergemeenschap meer tijd krijgt om zich te herstellen na de suppletie (Herman et al., 2021). Door erosie en sedimentatie zal het ruimere gebied rondom de Zandmotor geleidelijk worden voorzien met zand dat erodeert van de Zandmotor. Aangenomen wordt dat een groot deel van de bodemdieren in de ondiepe kustzone is aangepast aan de dynamische omstandigheden en daardoor om kan gaan met deze geleidelijke bedekking met zand. De verwachting was daarom dat deze innovatieve vorm van kustsuppletie effect zal hebben op de samenstelling van de bodemdiergemeenschap waarbij er betere kansen zijn voor langlevende soorten (Baptist et al., 2012). 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 zal een effect hebben op de ruimtelijke verspreiding en variatie van soorten en bodemdiergemeenschappen en op het aantal soorten in de kustzone rondom de Zandmotor (Herman et al., 2021).

Bodemdieren zijn van belang voor het ecosysteem van de zandige kust. Ze vormen het voedsel voor vogels en vissen en vormen daarmee de link tussen primaire productie (algen) en de hogere trofische niveaus. De geschiktheid van de kust voor bodemdieren en (bodem)vissen wordt voor een aanzienlijk deel bepaald door de wisselwerking tussen abiotische parameters en sedimentsamenstelling van de kust (Herman et al., 2021). Het ligt voor de hand dat kustversterkingsmaatregelen die de stromingen en het sediment beïnvloeden ook invloed kunnen hebben op het voorkomen van bodemdieren (samenstelling en biomassa) en daarmee doorwerken naar de hogere trofische niveaus.

Dankzij uitgebreide monitoring van het Monitoring en Evaluatie Programma (MEP) Zandmotor (Ebbens en Fiselier, 2010, Tonnon et al., 2011, Taal et al., 2017), is er veel kennis ontwikkeld over het gedrag en de werking van de Zandmotor (Taal et al., 2016, Huisman et al., 2021). Echter, doordat de Zandmotor nog niet is uitontwikkeld, kunnen nog niet alle vragen over de lange termijn ontwikkelingen worden beantwoord. Rijkswaterstaat heeft daarom besloten om tenminste voor de periode tussen 2023 t/m 2027 (delen van) de

monitoring uit het MEP voort te zetten met als doel de bestaande dataset uit te breiden, de (waardevolle) meetreeksen te continueren en daarmee openstaande vragen te beantwoorden en bestaande kennis te verdiepen.

1.2 Aanpak

Als onderdeel van het Monitor en Evaluatie Programma (MEP) Zandmotor is er een uitgebreid monitoringsprogramma opgezet voor macrofauna in de ondiepe vooroever en het natte strand op en rond de Zandmotor dat bestond uit de volgende onderdelen:

- **Vooroever, bodemschaaf.** Deze richt zich op grotere soorten (o.a. schelpdieren) die van belang zijn als voedsel voor vogels en vissen, bemonsterd met een bodemschaaf.
- **Vooroever, Van Veen.** Met de bemonstering met een Van Veen-happer worden ook de kleinere bodemdieren zoals wormen en crustaceeën goed bemonsterd en leidt daardoor tot meer verschillende soorten dan de bodemschaaf. Deze methode leidt tot meer inzicht in de biodiversiteit.
- **Natte strand.** Door het strand tussen de hoogwater- en de laagwaterlijn te bemonsteren kan de biomassa en dichtheden per soort worden vastgesteld. De methode is vergelijkbaar met de Van Veen-happer in de vooroever.

De bemonstering is uitgevoerd in 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024 (Wijsman en Verduin, 2011, Boon en Wijsman, 2012, Wijsman, 2014a, b, 2016, Wijsman et al., 2018, Wijsman et al., 2020, Wijsman et al., 2024). Voor de monsternamen in de ondiepe vooroever is daarbij gebruik gemaakt van verschillende bemonsteringstechnieken die elkaar aanvullen, een bodemschaaf en een Van Veen-happer voor de vooroever (Wijsman et al., 2022) en een steekframe voor het natte strand. In 2013 en 2015 is ook aandacht gegeven aan de sublitorale delen van de lagune door bemonsteringen uit te voeren met een Van Veen-happer. Omdat de uitvoering van de bemonstering niet eenvoudig was, en omdat de bodemdiergemeenschap door de lage zuurstofconcentraties zeer arm was qua soorten, is besloten om de lagune niet verder te monitoren.

Uit de verzamelde monsters is de biomassa en dichtheid van de bodemdieren bepaald alsmede het aantal aangetroffen soorten. Tevens zijn er multivariate analyses uitgevoerd om de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap te volgen in relatie tot de abiotische omgevingscondities.

1.3 Doelstelling

Een belangrijke hypothese over het mogelijke voordeel van megasuppleties zoals de Zandmotor is gericht op de bodemdieren die een langere tijd nodig hebben om zich te vestigen en te ontwikkelen. Verwacht wordt dan ook dat deze soorten pas na langere tijd (10-15 jaar) terugkomen in het systeem. De vraag of dit ook echt zal gebeuren ligt nog open. In 2024 is de bodemdiergemeenschap op en rond de Zandmotor op dezelfde wijze als in voorgaande jaren bemonsterd (Wijsman et al., 2024). Door dezelfde monitoringstrategie te gebruiken, met diepte-gestratificeerde locaties op vaste transecten, en gebruikmakend van dezelfde bemonsteringsapparatuur en analysetechnieken zijn de verschillende jaren goed met elkaar te vergelijken en kunnen jaar tot jaar variaties en lange-termijn trends beter worden begrepen.

Het doel van voorliggende rapportage is om 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 2024 en een vergelijking te maken met de resultaten uit voorgaande jaren. 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 2026.

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 veldmedewerkers van Wageningen Marine Research (Douwe vd Ende, Jack Perdon) voor hun inzet tijdens de bemonstering van de vooroever met de bodemschaaf en de Van Veen-happer. De medewerkers van Shore (Roeland de Zeeuw) hebben geholpen bij de strandbemonstering. Emiel Brummelhuis, Jennifer Chin, Wouter Suykerbuyk, Suzanne Cornelisse, Douwe van den Ende, Jesse van der Pool, Thirza Vroegop, Jetze van Zwol en Jack Perdon 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, Jan-Tjalling van der Wal en Margriet van Asch waren verantwoordelijk voor het databeheer bij Wageningen Marine Research. Carola van Gelder-Maas en Anke Engelberts (RWS) hebben de conceptversie van deze rapportage beoordeeld en nuttige suggesties voor verbetering gedaan.

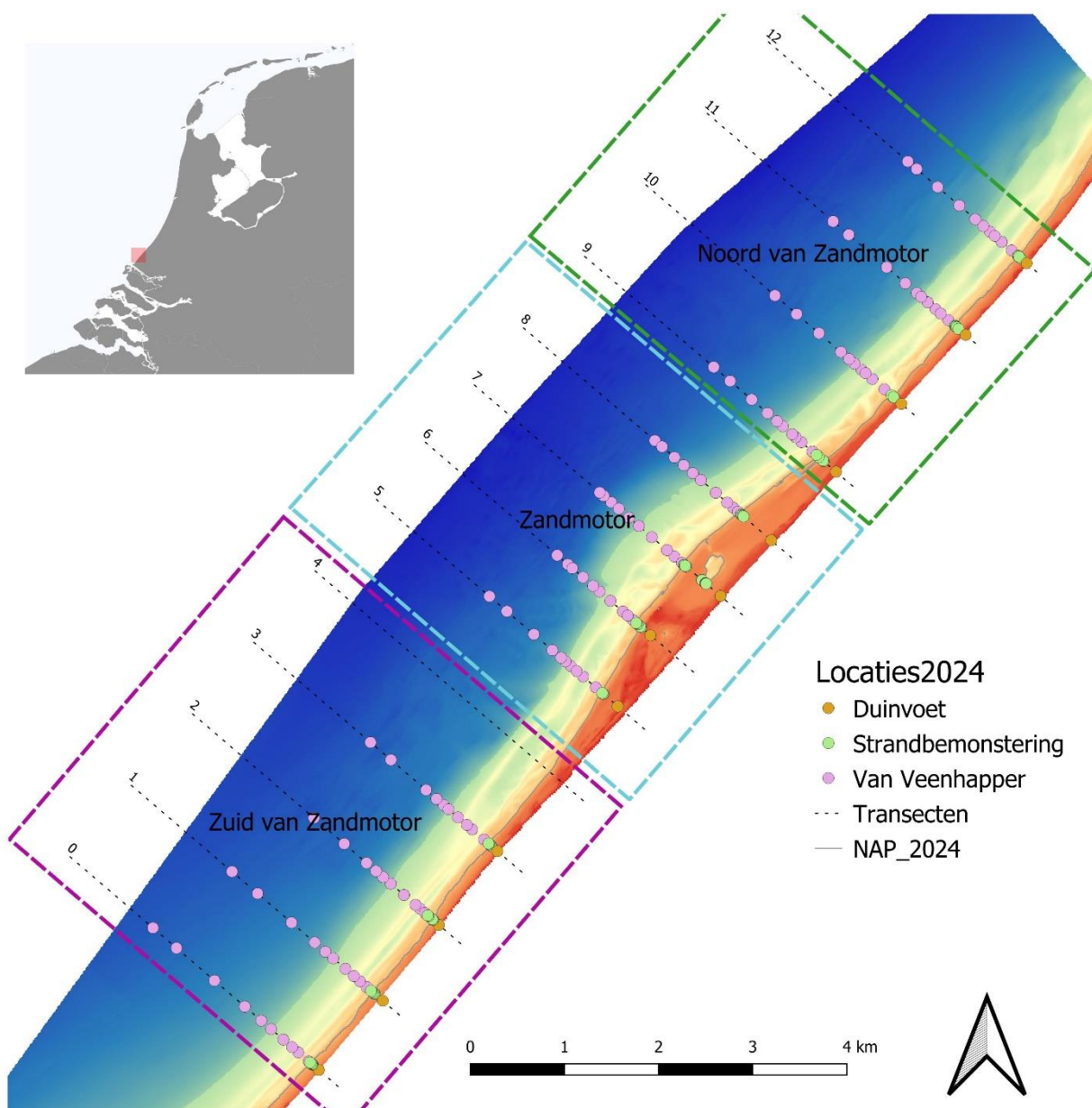
2 Materiaal en methoden

2.1 Monitoringslocaties

De monitoringslocaties die in het najaar van 2024 zijn bemonsterd voor het macrobenthos liggen op 12 transecten loodrecht op de voormalige kustlijn (transecten 0, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 en 12 Figuur 1). Er is dus geen benthos bemonsterd op transect 4. De ligging van deze transecten is identiek aan de ligging van de transecten uit de bemonstering van 2013 (Wijsman, 2014b), 2015 (Wijsman, 2016), 2017 (Wijsman et al., 2018) en 2019 (Wijsman et al., 2020). In 2010 (Wijsman en Verduin, 2011) en 2012 (Wijsman, 2014a) is er nog benthos bemonsterd op transect 4. Transect 0 is in die jaren niet bemonsterd. De reden om vanaf 2013 transect 4 te vervangen door het zuidelijker gelegen transect 0 was dat er redelijk wat aanzanding was opgetreden op transect 4 door de aanleg van de Zandmotor waardoor dit transect niet meer kon worden beschouwd als een referentietransect. Het nieuwe transect 0 ligt verder van de Zandmotor vandaan waardoor de verwachting is dat de locaties op dit transect minder zullen worden beïnvloed door de aanwezigheid van de Zandmotor.

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). De onderlinge afstand tussen de transecten is ongeveer 1000 meter. Als gevolg van het netto kustlangs transport naar het noorden was oorspronkelijk verwacht dat het zand van de Zandmotor slechts beperkt in dit gebied zal sedimenteren. Uiteindelijk is er wel aanzanding opgetreden in dit gebied, voornamelijk op transect 4. 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. De verwachting is dat reguliere suppleties in de nabije toekomst niet nodig zullen zijn. 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.
- Zandmotor:** Dit is het gebied waar de Zandmotor is aangelegd (transect 5 tot en met transect 8, Figuur 1). De onderlinge afstand tussen deze transecten is hier ongeveer 800 meter. 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). De onderlinge afstand tussen deze transecten is hier ongeveer 1000 meter. 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.

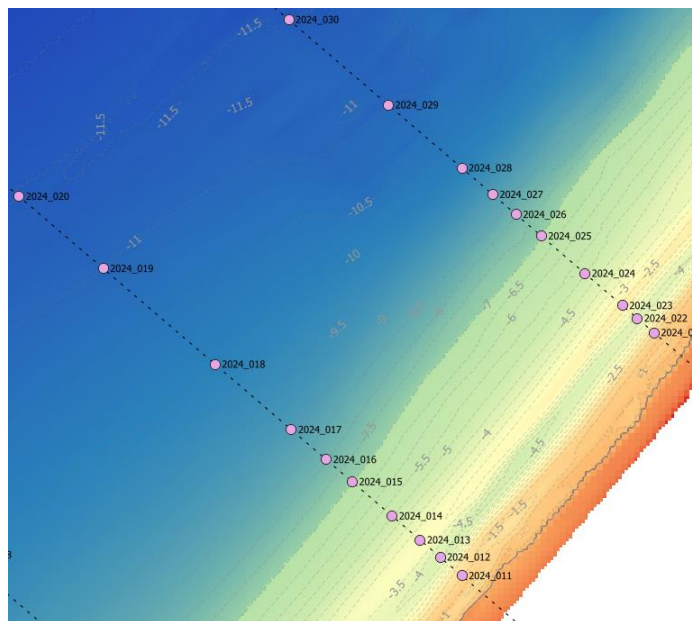


Figuur 1: *Overzicht van de geplande meetlocaties voor sediment en benthos bemonstering in het najaar van 2024. De roze locaties zijn bemonsterd met de Van Veen-happer en de bodemschaaf. De groene locaties lagen op het strand en zijn bemonsterd met het steekframe en op de oranje locaties (Duinvoet) is uitsluitend sediment verzameld. De monsterlocaties zijn geprojecteerd op een recente dieptekaart, waarbij het gebied van de Zandmotor is gemeten in augustus 2024. De genummerde stippellijnen geven de transecten weer, loodrecht op de voormalige kustlijn. De gekleurde onderbroken kaders geven de deelgebieden weer (Zuid van Zandmotor, Zandmotor en Noord van Zandmotor).*

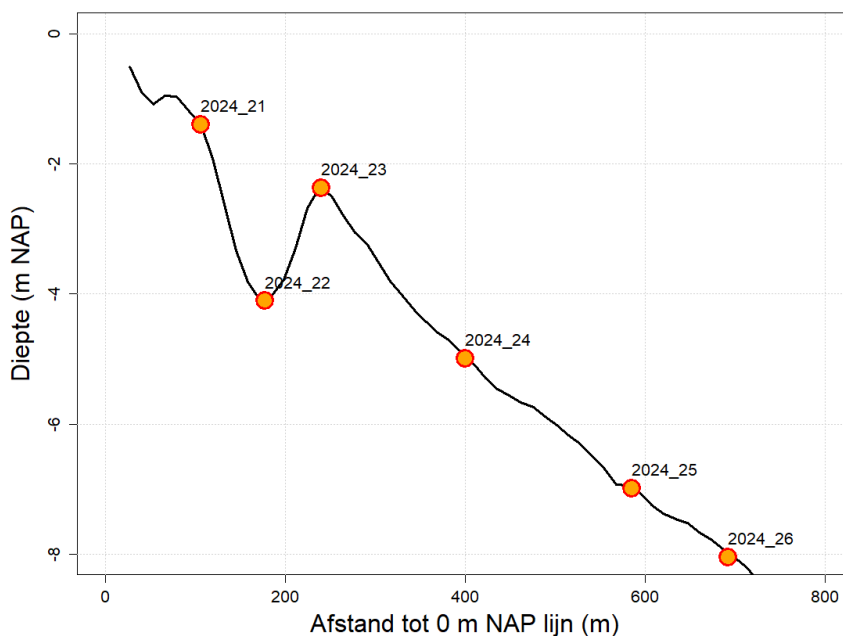
2.1.1 Locaties in de vooroever

Op ieder transect liggen 10 monsterlocaties in de vooroever die zijn bemonsterd met zowel de Van Veen-happer als met de bodemschaaf. Op het eerste transect (transect 0) liggen van het strand naar het diepe water de locaties 2024_001 tot en met 2024_010. Op het tweede transect (transect 1) liggen de locaties 2024_011 tot en met 2024_020, enzovoorts (Figuur 2). De exacte ligging van de monsterlocaties op de transecten is bepaald aan de hand van een recente bathymetriekaart (maart 2024), waarbij rekening is gehouden met de diepteligging en de morfologie. De exacte posities van de monsterlocaties zijn weergegeven in Bijlage 1. 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 één locatie ligt op de top van de brekerbank en één 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 Tabel 1.



Figuur 2: Detailoverzicht van transecten 1 (onderste) en 2 (bovenste) uit de benthos bemonstering in het najaar van 2024. Te zien is dat locaties 2024_013 en 2024_023 op de top van de voorste brekerbank liggen terwijl de locaties 2024_012 en 2024_022 in de trog liggen.



Figuur 3: Ligging van de bemonsterde locaties op het hoogteprofiel van transect 2 in 2024. De oranje punten geven de bemonsterde locaties weer.

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

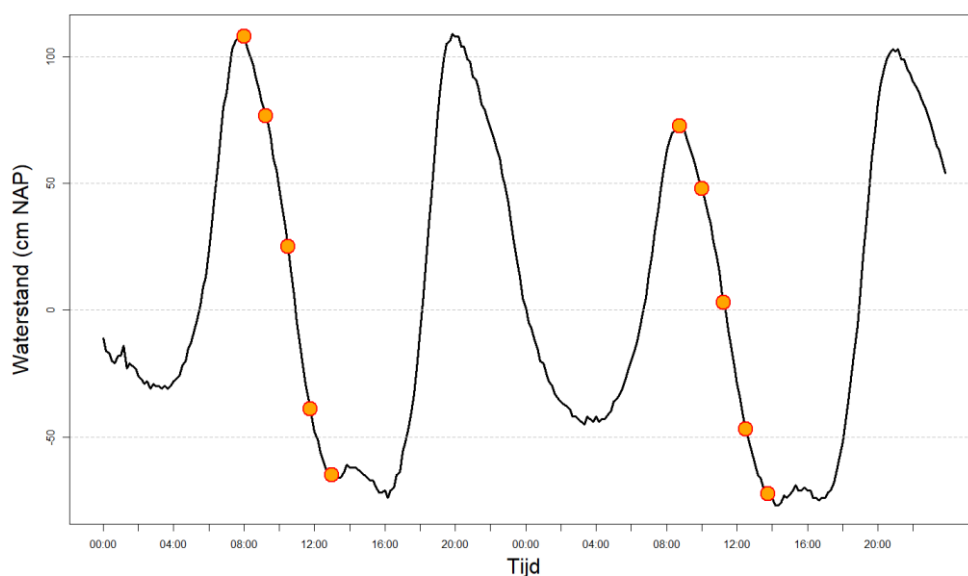
¹ Indien er een brekerbank aanwezig is, is deze monsterlocatie verplaatst naar de trog aan de binnenzijde van de brekerbank

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

2.1.2 Monsterlocaties op het strand

Op het strand zijn telkens 5 monsterlocaties gelegen op dezelfde transecten als in de vooroever (zie paragraaf 2.1.1). Op transect 0 liggen van de laagwaterlijn naar de hoogwaterlijn de locaties 2024_121 tot en met 2024_125. Op transect 1 liggen de locaties 2024_126 tot en met 2024_130, enzovoorts. In het intergetijdengebied rond de lagune zijn twee aanvullende transecten bemonsterd. Op transect 7 zijn 5 locaties aan de zuidoostzijde van de lagune bemonsterd (locaties 2024_201 tot en met 2024_205). Oorspronkelijk was het plan om op transect 8 ook 5 locaties te bemonsteren aan de noordwestzijde van de lagune, maar omdat de lagune in omvang is afgenomen en transect 8 niet meer door de lagune loopt zijn deze 5 locaties (locaties 2024_196 tot en met 2024_200) verplaatst naar transect 7. De coördinaten van de bemonsterde locaties zijn te vinden in Bijlage 2.

De exacte ligging van de monsterlocaties op het strand is afhankelijk van het getij. Bij Scheveningen gaat het water ongeveer 5 uur af (Figuur 4). Daarna neemt het water weer een klein beetje toe waarna het weer een beetje afneemt. 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 79S).

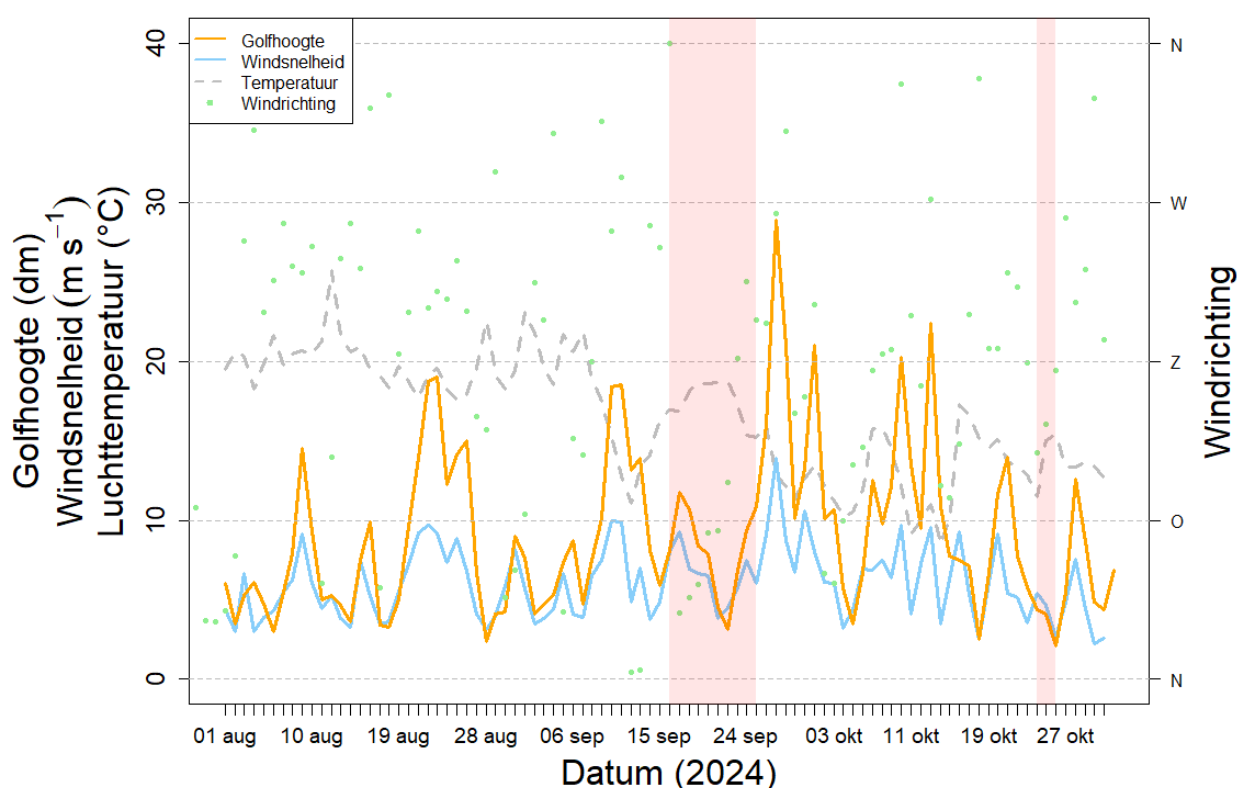


Figuur 4: Voorspelde getijcurve Scheveningen voor woensdag 23 oktober en donderdag 24 oktober 2024. De oranje stippen geven het moment van bemonstering weer.

Ten slotte is er op ieder transect ook nog een sedimentmonster genomen op de locatie waar het strand overgaat in het duin (Locatie nummers 2024_181 tot en met 2024_192). Deze zijn door middel van oranje stippen aangegeven in Figuur 1.

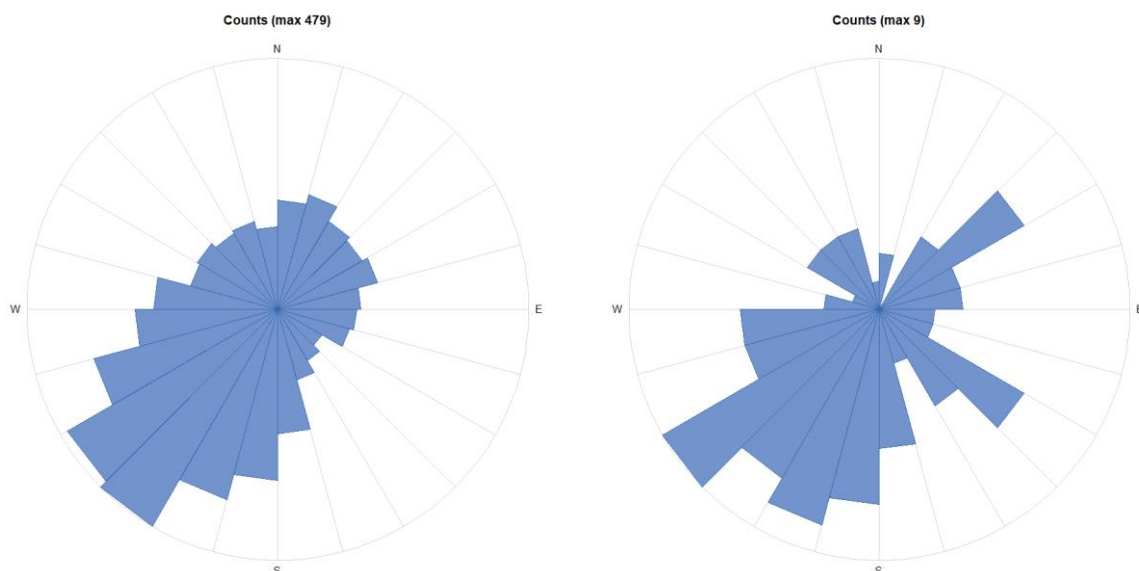
2.2 Weerscondities tijdens de bemonstering

In Figuur 5 zijn de daggemiddelde luchttemperatuur, windsnelheid en windrichting (KNMI, locatie Hoek van Holland) en de daggemiddelde golfhoogte (www.windguru.cz, locatie Ter Heijde-Monster, model GFS 13 km) weergegeven voor de periode 1 augustus 2024 tot en met 1 november 2024. De perioden van de veldbemonstering zijn in roze aangegeven. Tijdens de bemonstering van de vooroever was het relatief rustig weer, met wind uit het noorden draaiend naar het oosten en golfhoogtes van minder dan 1.5 meter. Na de bemonstering is het hard gaan waaien uit het westen en kwamen de golven tot bijna 3 meter. Tijdens de strandbemonstering was het zeer rustig weer met weinig wind uit het zuiden tot zuidoosten.



Figuur 5: Overzicht weersgegevens (Hoek van Holland) en golfhoogte (Ter Heijde-Monster) in de periode tussen 1 augustus en 1 november 2024. 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 de roze vlakken. Data zijn afkomstig van KNMI (wind en temperatuur) en windguru.cz (golfhoogte).

De overheersende windrichting bij Ter Heijde in de periode 2010 tot en met 1 november 2024 was zuidwest (Figuur 6, linker panel). In het najaar van 2024 (1 augustus tot en met 1 november) kwam het windpatroon overeen met het langjarig gemiddelde. Wel kwam de wind in die periode relatief vaak uit het noordoosten.



Figuur 6: Windroos voor de locatie Hoek van Holland voor de periode 1 jan 2010 tot en met 1 november 2024 (links) en voor het najaar (1 augustus tot en met 1 november) van 2024. Weergegeven is het aantal dagen dat de wind uit een bepaalde hoek kwam. Het maximaal aantal dagen is respectievelijk 479 en 9 dagen voor de linker en rechter figuur.

2.3 Sedimentsamenstelling

In de periode van 16 september tot en met 24 oktober 2024 zijn in totaal 202 sedimentmonsters genomen voor de analyse van de korrelgrootteverdeling en organisch stofgehalte (fractie organisch koolstof en totaal stikstof) bepaald. 120 locaties zijn bemonsterd in de ondiepe kustzone, 70 locaties op het strand en 12 locaties aan de rand van de duinvoet. In de ondiepe kustzone is een steekbuis (ø 3 cm) vijf cm diep in het verzamelde sediment van de Van Veen-happer gestoken (Figuur 7). 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 °C.

Alle 202 monsters zijn gevriesdroogd en vervolgens is een sub-sample geanalyseerd op de korrelgrootteverdeling. De korrelgrootteverdeling is geanalyseerd middels laserdiffractie met een Malvern Mastersizer (detectie range 0.02 – 2000 µm), 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
Silt	< 63 µm
Zeer fijn zand	62.5 – 125 µm
Fijn zand	125 – 250 µm
Medium zand	250 – 500 µm
Grof zand	500 – 1000 µm

Vervolgens zijn de sedimentmonsters 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 gemaald. De analyses zijn uitgevoerd door het NIOZ in Yerseke.

2.4 Van Veen-happer

2.4.1 Bemonstering

De bemonstering van het macrozoöbenthos en het sediment in de ondiepe kustzone met de Van Veen-happer is uitgevoerd met de Ye-42 in de periode van 16 tot en met 19 september 2024. Ondanks de moeilijke omstandigheden is het gelukt om alle 120 locaties te bemonsteren. In de sublitorale delen van de lagune van de Zandmotor zijn volgens afspraak géén monsters genomen. De coördinaten van de bemonsterde locaties zijn weergegeven in Bijlage 1.

De bemonstering is uitgevoerd met een verzwaarde Van Veen-happer, met een oppervlakte van 0.1 m² (Figuur 7). Op iedere locatie is één monster genomen. Wanneer de Van Veen-happer niet vol zat, is het monster afgekeurd en is er een nieuw monster genomen.

De totale inhoud van de Van Veen-happer is gezeefd over een 1 mm-zeef en gefixeerd met een formaldehyde-oplossing van 4% in zeewater, pH-gebufferd met borax.



Figuur 7: Van links naar rechts: Van Veen-happer met het monster; nemen van een sedimentmonster uit de Van Veen; Uitstorten van het monster over de zeef en een uitgezeefd monster.

2.4.2 Verwerking

Alle benthosmonsters die zijn verzameld met de Van Veen-happer in de vooroever zijn uitgezocht en de aangetroffen exemplaren zijn (indien mogelijk) tot op soort gebracht door taxonomen van Wageningen Marine Research.

Per locatie per soort is het asvrijdrooggewicht (AFDW) bepaald met een PrepAsh. Deze verassingsoven 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. Omdat van de soorten *Ensis*, *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* vaak alleen de siphonen in de monsters zitten, zijn deze soorten niet meegenomen in de biomassabepalingen van de Van Veenmonsters.

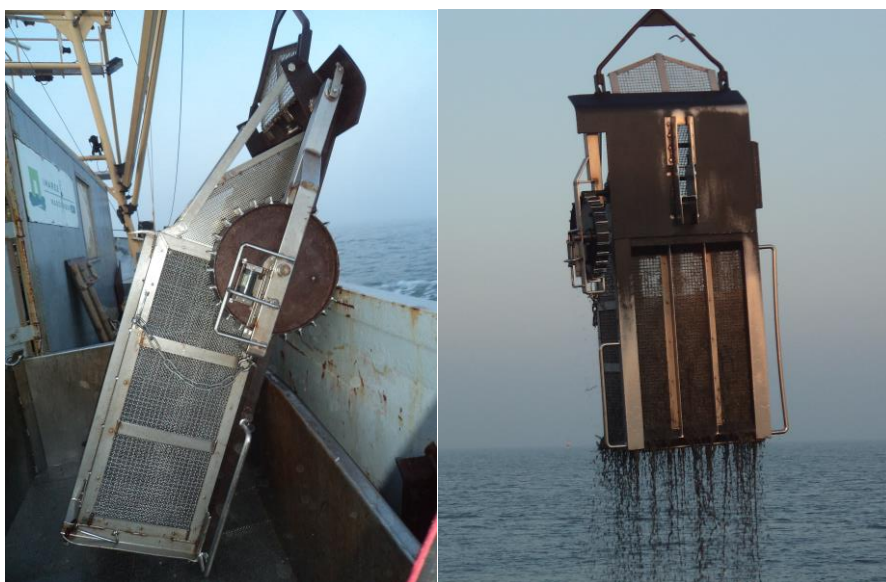
Er zijn diverse correcties uitgevoerd op de taxa die zijn aangetroffen in de Van Veen bemonstering alvorens deze zijn geanalyseerd. Een aantal taxa zijn samengevoegd en een aantal taxa zijn verwijderd (zie Bijlage 4, Tabel 10). De reden voor deze aanpassing is dat het voor bepaalde taxa niet eenvoudig is om deze tot op soort te determineren. Deze soorten zijn dan samengebracht tot een hoger taxon niveau. Ook zijn sommige taxa op genusniveau juist tot soortsniveau gebracht (e.g. *Fabulina* naar *Fabulina fabula*), omdat kan worden verwacht dat deze tot betreffende soort behoren. Oligochaeta, Bryozoa en Hydrozoa zijn allemaal samengenomen. Vissen, insecten en pelagische wormen (Chaetognatha) zijn niet meegenomen in de analyses.

2.5 Bodemschaaf

2.5.1 Bemonstering

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 9.8 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 soms ook goed gevangen in de bodemschaaf (b.v. zandspiering), maar voor een kwantitatieve bemonstering van de vispopulaties zijn andere methodieken (bijvoorbeeld sleepnetten) voor de meeste soorten vissen meer geschikt. De kooi van de bodemschaaf fungeert tijdens het vissen als zeef. De bodemschaaf wordt achter het schip over de zeebodem getrokken. De beviste afstand wordt bepaald via een aan de zijkant van de bodemschaaf gemonteerd wiel (omtrek 1.5 meter) voorzien van een elektronische teller die het aantal omwentelingen van het wiel registreert (Figuur 8).

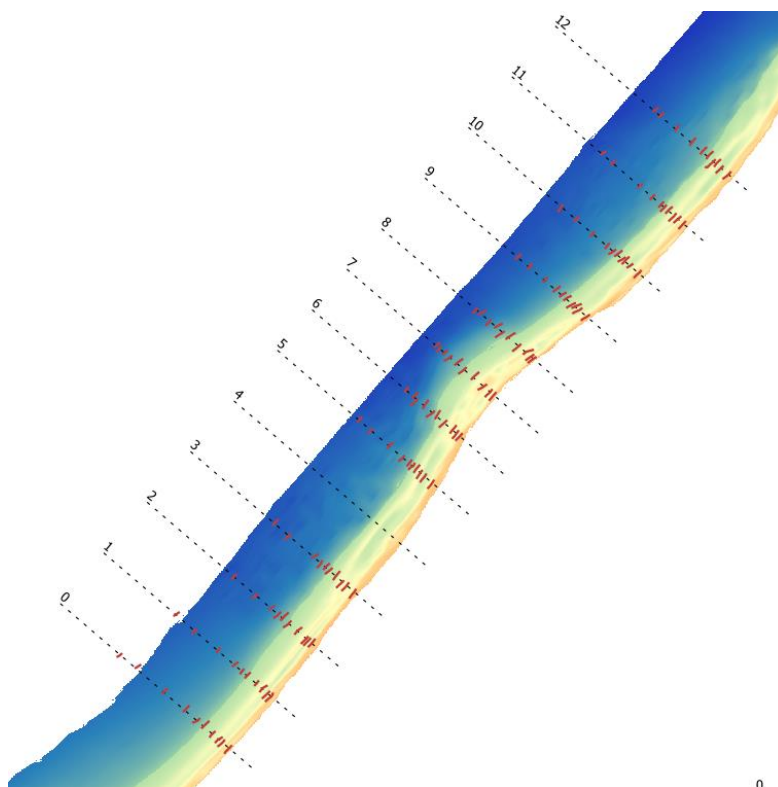
Om te zorgen voor een goed bodemcontact is er een gewicht (280 kg) geplaatst in het voorste deel van de bodemschaaf waar het mes zich bevindt. Om te voorkomen dat het wiel ronddraaide, terwijl de bodemschaaf geen bodemcontact heeft, is een verstelbare blokkeerinrichting aangebracht. De valdiepte waarbij het wiel (inclusief schoepen) nog juist vrij kan draaien is op 90 mm ten opzichte van de onderkant van de bodemschaaf gezet.



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.

De bemonstering met de bodemschaaf is door Wageningen Marine Research uitgevoerd met de Ye-42 in de periode van 19 september tot en met 24 september 2024. De bemonstering is uitgevoerd op dezelfde locaties als de Van Veen bemonstering. Het is gelukt om alle 120 locaties te bemonsteren (zie Bijlage 1). Alle slepen zijn genomen parallel 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.

De beoogde trek lengte bedroeg 100 m, resulterend in een bemonsterd oppervlakte van ca. 10 m². De gemiddelde trek lengte was 109 m (st. dev. 24.6 m). Bij iedere trek 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).



Figuur 9: Overzicht van de trekken met de bodemschaaf in 2024. De rode lijn is de positie van het schip tijdens de sleep.

2.5.2 Verwerking

De monsters zijn direct aan boord verwerkt, uitgezocht en op soort gebracht. Ieder monster genomen met de bodemschaaf is uitgestort in een grote bak dat aan de onderzijde is voorzien van gaas met een maaswijdte van 5 mm. Het monster is vervolgens gespoeld om het overtollige sediment te verwijderen. De vangst is nadien overgebracht in kisten van 32 en/of 48 liter en/of emmers van 10 liter. 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 sub-sample genomen van 6 liter welke in de container aan dek verder is gesorteerd en waar mogelijk alle dieren tot op soort gedetermineerd zijn.

Vervolgens is per soort het aantal individuen en het versgewicht bepaald. Het versgewicht is bepaald door weging op een zee-weegschaal van Marel M2000 series (weegvermogen: 0-300 gr (nauwkeurigheid 0.1 gr); 300-600 gr (0.2 gr); 600-1500 gr (0.5 gr)). Van de heremietkreeften *Diogenes pugilator* en *Pagurus bernhardus* is geen versgewicht bepaald omdat het gewicht voor een groot gedeelte bestaat uit de schelp van een andere soort (slak). De otterschelpen (*Lutraria lutraria*), strandgapers (*Mya arenaria*) en de zeeklit (*Echinocardium cordatum*) worden vrijwel altijd beschadigd in de schaaaf aangetroffen. Van deze soorten

konden daarom de versgewichten niet worden bepaald. Van de zwaardschedes (*Ensis* spp.) worden door de bodemschaaf vaak alleen de siphonen bemonsterd. Van deze soort is het versgewicht afgeleid uit de breedte van de schelp.

Kapotte exemplaren van schelpdieren zijn meegeteld bij de bepaling van het aantal individuen indien a) het slot en vleesresten of b) enkel de sifons (bijv. 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 (rugschilden), het aantal schijven en het aantal armen (1 arm = 0.2 individuen). De kapotte exemplaren en delen zijn ook gewogen. De inktvissen, vissen en garnalen die zijn bemonsterd met de schaaf zijn verwijderd en niet meegenomen in de analyse.

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

2.6 Strandbemonstering

2.6.1 Bemonstering

De strandbemonstering is op 23 (transecten 7 tot en met 12) en 24 (transecten 0, 1, 2, 3, 5 en 6) oktober 2024 uitgevoerd tijdens afgaand water. 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 (Locaties 2024_196 tot en met 2024_205). Tijdens de strandbemonstering zijn ook de (12) sedimentmonsters aan de duinvoet verzameld.

De monsterpunten op de transecten zijn telkens genomen op de actuele waterlijn in 5 rondes. De eerste ronde is uitgevoerd op het moment van hoogwater (Figuur 4). De volgende rondes zijn uitgevoerd met een tijdsinterval van 1:15 uur. Op 23 oktober was het voorspelde hoogwater bij Scheveningen om 7:48 (NAP +90 cm) en laagwater om 15:57 (NAP -55 cm). Op 24 oktober was het hoogwater om 8:47 (NAP +73 cm) en laagwater om 16:40 (NAP -55 cm) (Figuur 4). De te bemonsteren locaties zijn bereikt met een 4WD van Shore monitoring & Research. Het monster is genomen door een RVS frame van 27 x 37 cm (oppervlakte 0.1 m²) ca 13 cm het sediment in te duwen op de plaats van de actuele waterlijn. Het sediment is met een spade vanuit het RVS frame in een emmer geschept en voorzien van een label. Op iedere locatie waar het benthos is bemonsterd is ook een 50 ml sedimentmonster genomen.



Figuur 10: Nemen van het monster met het RVS frame. De bemonsterde locatie wordt vastgelegd op een handheld GPS.

2.6.2 Verwerking

Op het strand zijn de monsters gezeefd over een 1 mm-zeef (Figuur 11). Het residu dat op de zeef is achtergebleven is overgebracht in potten (250 - 2500 ml) en geconserveerd in zeewater gebufferde formaline (4%). Op het lab zijn de benthosmonsters uitgezocht en zo mogelijk tot op soort gedetermineerd. 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 2.4.2.



Figuur 11: Zeven van de monsters over een 1 mm zeef.

2.7 Data-analyse

De bodemdiergegevens verzameld met de bodemschaaf en de Van Veen-happer zijn afzonderlijk geanalyseerd met diverse univariate- en multivariate technieken. In de multivariate analyses zijn alle taxa meegenomen, ook de zeldzame taxa. Dit omdat deze zeldzame soorten ook belangrijke informatie kunnen leveren over de geschiktheid van de locaties (Poos en Jackson, 2011, Wijsman et al., 2023). In 2013 en 2015 zijn er ook van Veen bemonsteringen uitgevoerd in de lagune. Deze monsters zijn niet meegenomen in de analyses.

De multivariate analyses, met name clusteranalyse en ordinatie met MDS (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 similariteitsmatrix. 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 locaties. De Bray-Curtis similariteit ligt tussen 0 (bodemdiersamenstelling is compleet anders) en 100 (zelfde soorten in dezelfde verhoudingen).

Een clusteranalyse groepeerde de bemonsterde locaties in groepen (clusters) op basis van de overeenkomsten in de bodemdiersamenstelling (Bray-Curtis similariteit). Locaties binnen een cluster hebben dus een overeenkomstige bodemdiergemeenschap. De clusters zijn berekend op group averages en de significantie van de clusters is getoetst met een SIMPROF permutatietest ($\alpha=0.05$). 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 locaties te visualiseren, is via multidimensional scaling (MDS). Bij een MDS worden de dissimilariteiten (100 - similariteit) gevisualiseerd in een tweedimensionale figuur, waarbij de afstand tussen twee locaties op de figuur gerelateerd is met de dissimilariteit in bodemdiersamenstelling tussen betreffende locaties. Hoe dichter de locaties 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. De afstanden tussen de locaties op een nMDS-plot zijn daardoor een relatieve maat voor de dissimilariteit in bodemdieren tussen betreffende locaties. Om de ontwikkeling over de tijd in kaart te brengen zijn er aanvullende nMDS-analyses uitgevoerd over geaggregeerde data (Jaar_Gebied en Jaar_Diepteklas).

Om de relaties tussen de kans op voorkomen van een bepaalde soort en de omgevingscondities te onderzoeken zijn logistische regressies uitgevoerd op de presence-absence data met behulp van generalised linear models (glm) waarbij een binomiale verdeling is aangenomen. Er zijn modellen gemaakt met lineaire en kwadratische termen van de mediane korrelgrootte, waarbij het model met de laagste waarde van de Akaike Information Criterion (AIC) is gekozen.

Eén van de hypothesen tijdens de aanleg van de Zandmotor was dat langlevende soorten meer kans hebben om zich te ontwikkelen dan voorheen, waarbij de bodemdiergemeenschap regelmatig werd verstoord door de terugkerende vooroever en strandsuppleties. Om dit te onderzoeken is er gekeken naar de gemiddelde levensduur van de aangetroffen taxa. De aanname daarbij is dat langlevende taxa gevoeliger zijn voor verstoring, mede vanwege de lange generatietijd. De gemiddelde levensduur van de individuele taxa is verkregen uit waarin overzichten zijn gemaakt van de life-history traits van een groot aantal bodemdieren. In Meijer et al. (2023) is de levensduur (longevity) geclassificeerd in vijf klassen: < 1 jaar, tussen 1 en 3 jaar, tussen 3 en 6 jaar, tussen 6 en 10 jaar en meer dan 10 jaar. Omdat er meerdere referenties worden gebruikt per taxon kunnen er taxa zijn die in meerdere klassen worden ingedeeld. In Beauchard et al. (2021)

zijn er vier klassen gedefinieerd: <1 jaar, tussen 1 en 3 jaar, tussen 3 en 10 jaar en meer dan 10 jaar. Om overeenstemming te krijgen tussen beide methoden zijn voor de huidige studie de klassen 3 tot 6 jaar en 6 tot 10 jaar uit Meijer et al. (2023) samengevoegd tot één klasse. Vervolgens is voor iedere klasse een gestandaardiseerde score berekend. Als er een verschil is in scores tussen Meijer et al. (2023) en Beauchard et al. (2021) is het gemiddelde van deze scores genomen.

Tabel 3: Levensduurklassen en bijbehorende gestandaardiseerde levensduurscore.

Levensduur (jaar)	Score (-)
<1	0
1 - 3	0.33
3-10	0.67
>10	1

Voor de analyse zijn de berekende levensduurscores per taxon toegevoegd aan de data. Per jaar (*j*) is de gemiddelde levensduurscore $\overline{LS}_j$ berekend uit de naar dichtheid gewogen levensduurscore LS_i .

$$\overline{LS}_j = \frac{\sum_{i=1}^n (Dichtheid_{i,j} * LS_i)}{\sum_{i=1}^n (Dichtheid_{i,j})}$$

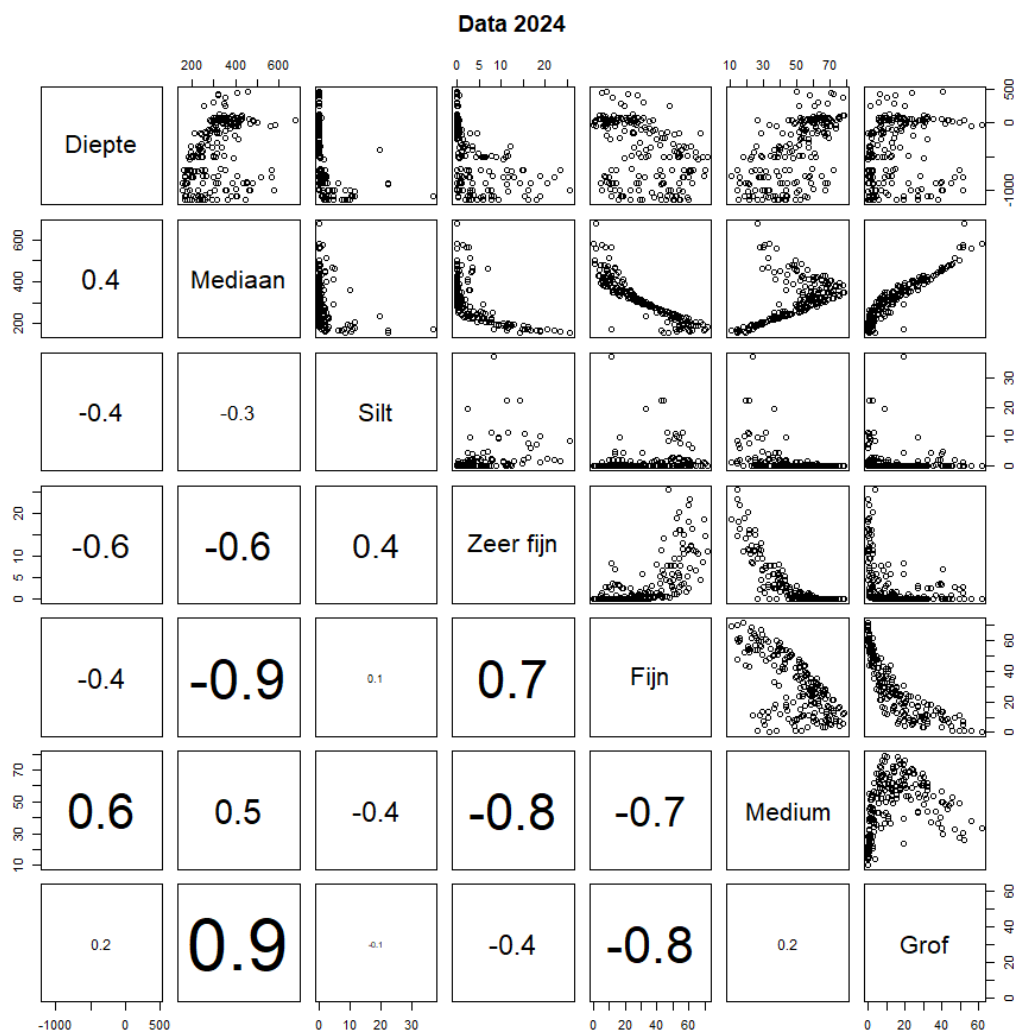
Waarbij $Dichtheid_{i,j}$ is de dichtheid (aantal individuen m⁻²) van soort *i* jaar *j* en *n* is het aantal taxa met een levensduurscore dat is aangetroffen en LS_i is de levensduurscore van taxon *i*.

3 Resultaten

3.1 Sediment

3.1.1 Korrelgrootteverdeling

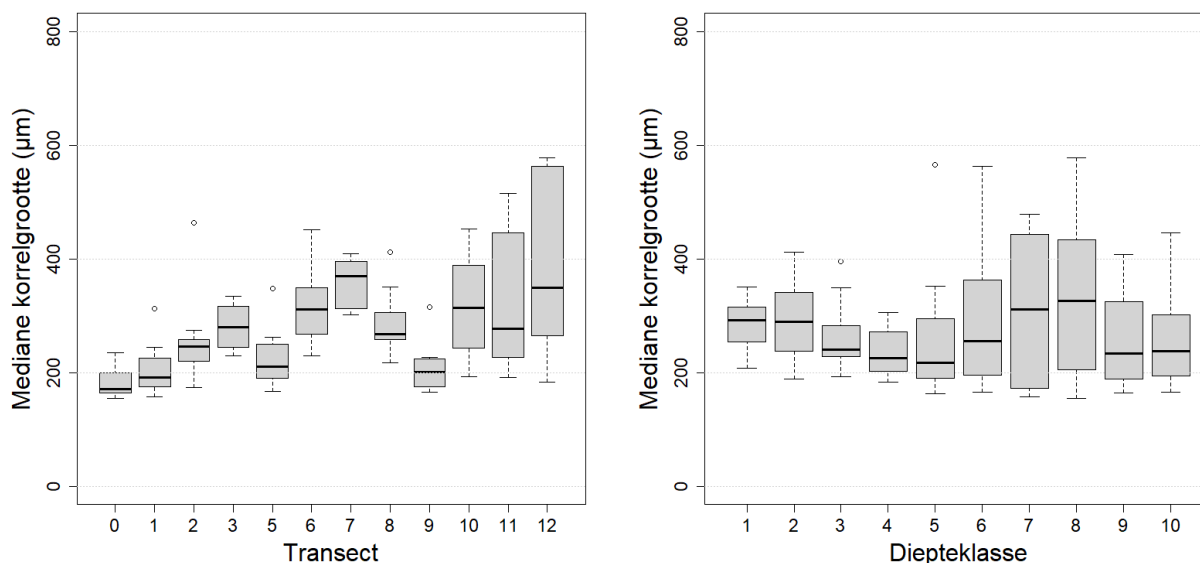
Er zijn een groot aantal sedimentkarakteristieken gemeten met de Malvern Particle Sizer (Bijlage 3, Tabel 9). Veel van deze parameters zijn aan elkaar gerelateerd. In Figuur 12 zijn deze parameters tegen elkaar uitgezet, samen met de diepte waar het monster is genomen (cm t.o.v. NAP). Uit de figuur is te zien dat veel van parameters (zeer fijn, fijn, medium en grof) sterk zijn gerelateerd aan de parameter mediane korrelgrootte. Daarom kan de mediane korrelgrootte worden gebruikt als proxy voor deze parameters.



Figuur 12: 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 2024. Onder de diagonaal zijn de correlatiecoëfficiënten gegeven.

De gemiddelde mediane korrelgrootte in 2024 was $316 \mu\text{m}$ (st.dev. $8 \mu\text{m}$). De kleinste mediane korrelgrootte ($155 \mu\text{m}$) is gevonden op locatie 2024_008, ten zuiden van de Zandmotor (transect 0) op een waterdiepte van ongeveer NAP -10 meter, en de grootste mediane korrelgrootte ($675 \mu\text{m}$) is gevonden op locatie 2024_165, op transect 9 op het strand. De sedimenten ten zuiden van de Zandmotor (transecten 0, 1 en 2) en net ten zuiden (transect 5) en ten noorden (transect 9) zijn relatief fijn (Figuur 13). Op de kop van de

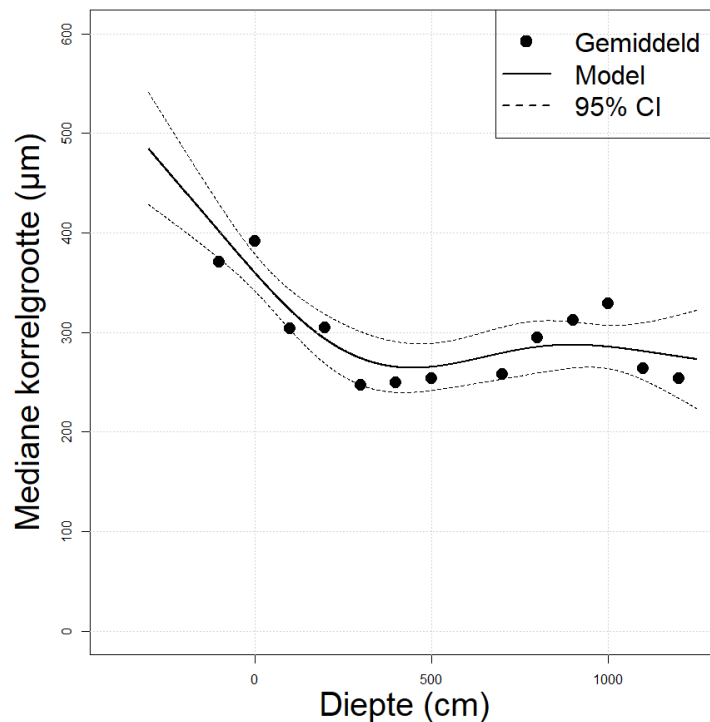
Zandmotor (transecten 6, 7 en 8) zijn de sedimenten grover. Op de noordelijkste transecten (10, 11 en 12) is er een grote variatie in mediane korrelgrootte en zijn de sedimenten relatief grof. Overal neemt de mediane korrelgrootte af van diepteklasse 1 (NAP -1m) tot diepteklasse 5 (NAP -7m). De grofste sedimenten worden gevonden in diepteklassen 7 (NAP -9m) en 8 (NAP -10m), maar daar is de variatie ook het grootst.



Figuur 13: Ruimtelijke verdeling van de mediane korrelgrootte (µm) in 2024 voor de locaties in de vooroever over de transecten (links) en de diepte (rechts).

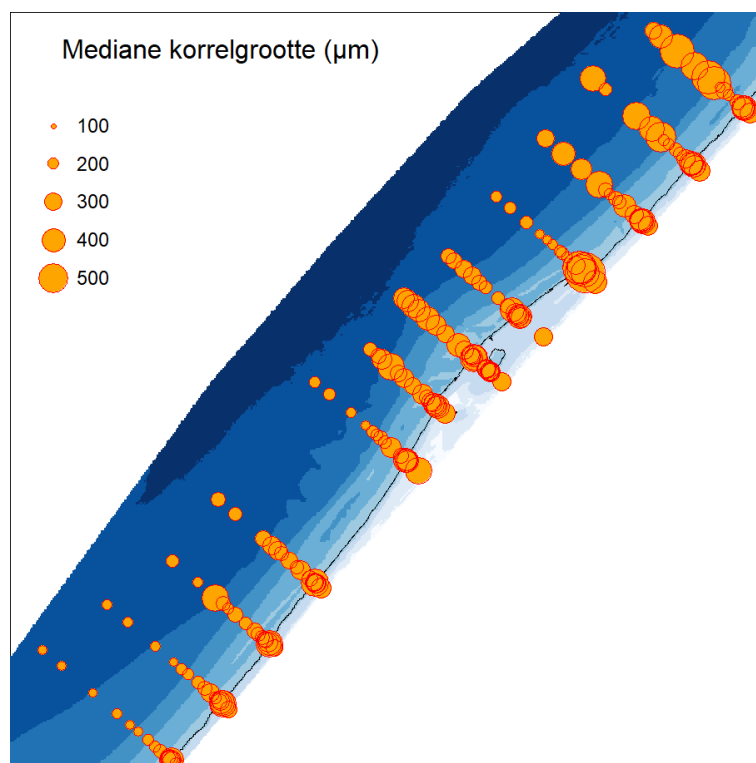
Diepte is een belangrijke co-variabele voor de mediane korrelgrootte in de zandige kust van de Noordzee, waarbij de mediane korrelgrootte doorgaans toeneemt met de diepte (Verfaillie et al., 2006). Op kleinere ruimtelijke schaal kunnen er afwijkingen optreden als gevolg van ruimtelijke patronen in omgevingsvariabelen zoals bodemschuifspanning (Herman et al., 2021). 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 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 14 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 3 meter beneden NAP. Op grotere dieptes lijkt de mediane korrelgrootte weer iets toe te nemen. De zwarte stippen in Figuur 14 zijn de gemiddelde waarde per diepteklasse (iedere meter ten opzichte van NAP).



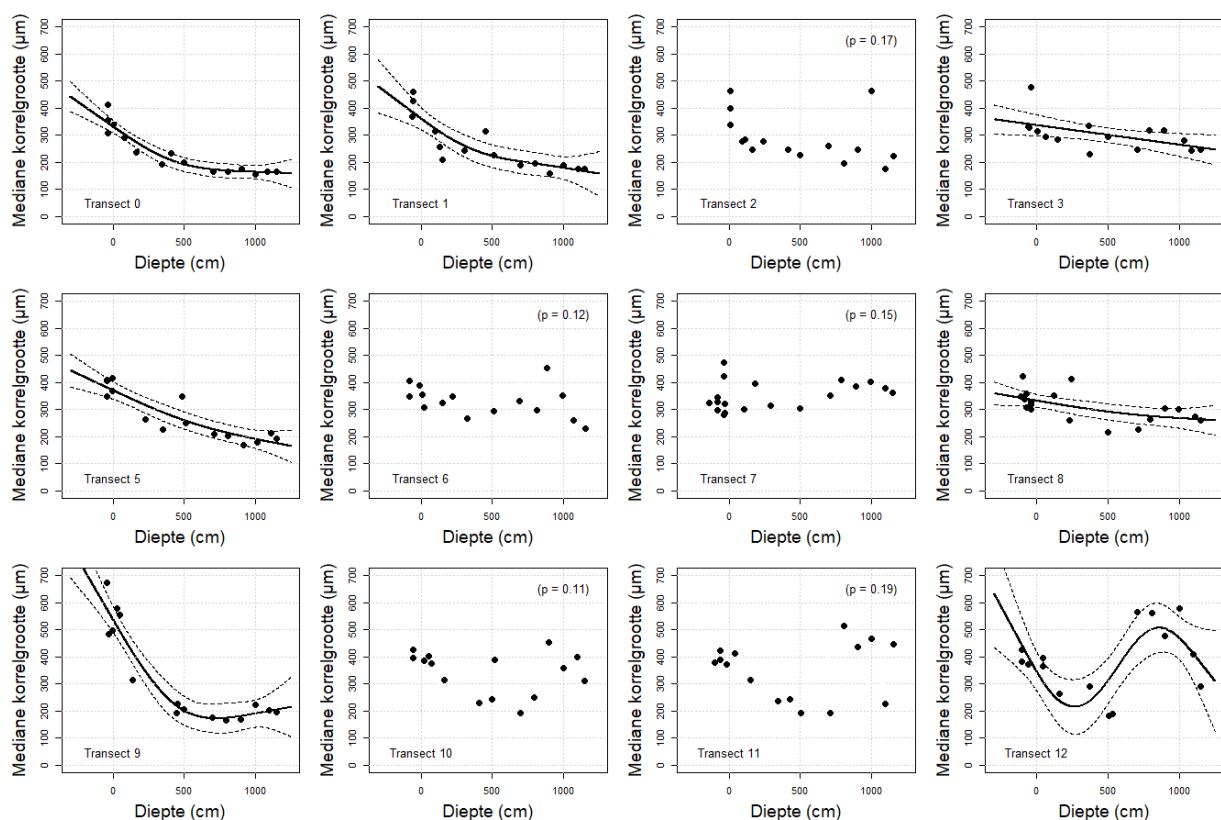
Figuur 14: Mediane korrelgrootte (μm) als functie van de waterdiepte (cm beneden NAP) voor de monsters die zijn verzameld op het strand en de vooroever in 2024. De getrokken lijn is de GAM-regressie en de gestippelde lijnen zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen.

In het ruimtelijke verspreidingsplaatje (Figuur 15) 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 6 en 7) grover dan op dezelfde diepte in de gebieden iets ten noorden (transect 9) en ten zuiden van de Zandmotor (transect 5). Ook is er een gebied met relatief grove sedimenten helemaal in het Noorden (transecten 10, 11 en 12). In de diepere delen van het zuidelijk gebied (transecten 0 en 1) zijn juist fijne sedimenten te vinden.



Figuur 15: Ruimtelijke verdeling mediane korrelgrootte (µm) in het gebied van de Zandmotor (Data 2024).

In Figuur 16 is voor de verschillende transecten (zie Figuur 1) de relatie tussen mediane korrelgrootte en de waterdiepte weergegeven. Transecten 2, 6, 7, 10 en 11 vertonen geen duidelijke relatie met de diepte. Op de transecten 0, 1, 3, 5, 8, 9 en 12 is er een significante ($p < 0.05$) relatie met de diepte, waarbij er in de meeste gevallen een afname in mediane korrelgrootte met toenemende 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 transecten 11 en 12 worden relatief grove sedimenten aangetroffen op een diepte tussen de 7 en 10 meter.



Figuur 16: Resultaat GAM analyses voor de mediane korrelgrootte (μm) als functie van de diepteligging t.o.v. NAP voor de verschillende transecten in 2024. Alleen de significante ($p < 0.05$) GAM modellen zijn in de figuren geplot.

3.1.2 Vergelijk met voorgaande jaren

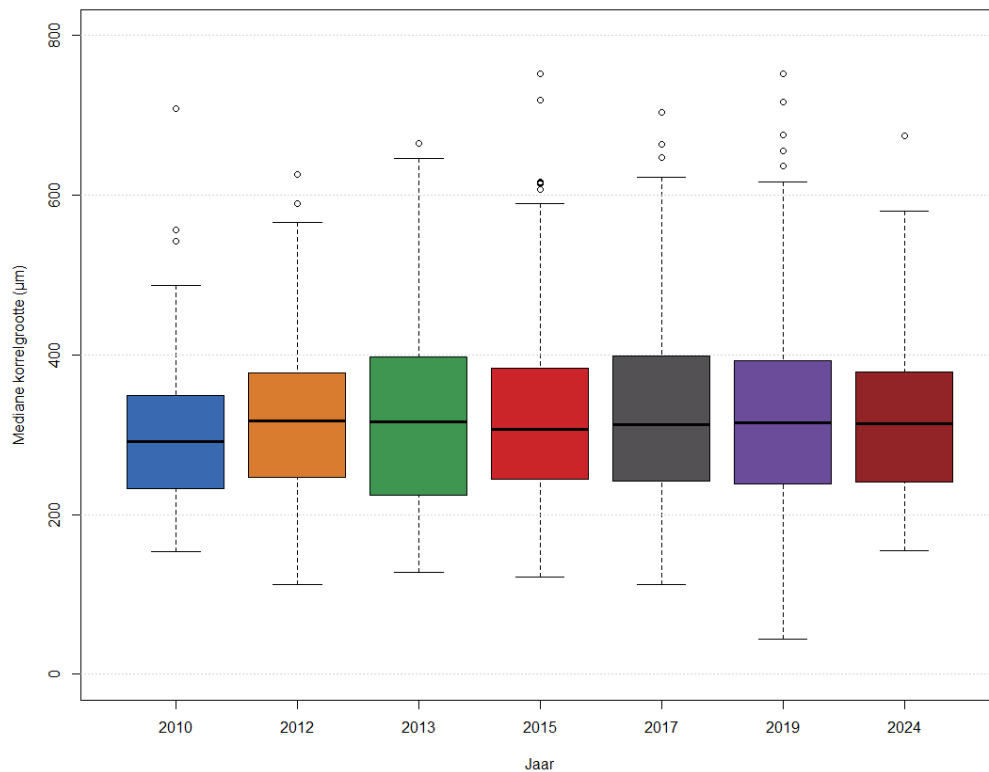
In voorgaande jaren (2010, 2012, 2013, 2015, 2017 en 2019) zijn ook de sedimentkarakteristieken bepaald met dezelfde methode. Het aantal sedimentmonsters dat is geanalyseerd, is niet in alle jaren gelijk (Tabel 4). In de vooroever was het om veiligheidsredenen niet altijd mogelijk om de ondiepe locaties te bemonsteren. Vanaf 2013 zijn er naast de sedimentmonsters op de reguliere transecten ook nog een aantal (ca 130) 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	130	70	12	9	318
2015	120	130	70	12	9	341
2017	120	128	70	12	0	330
2019	117	127	70	12	0	326
2024	120	0	70	12	0	202

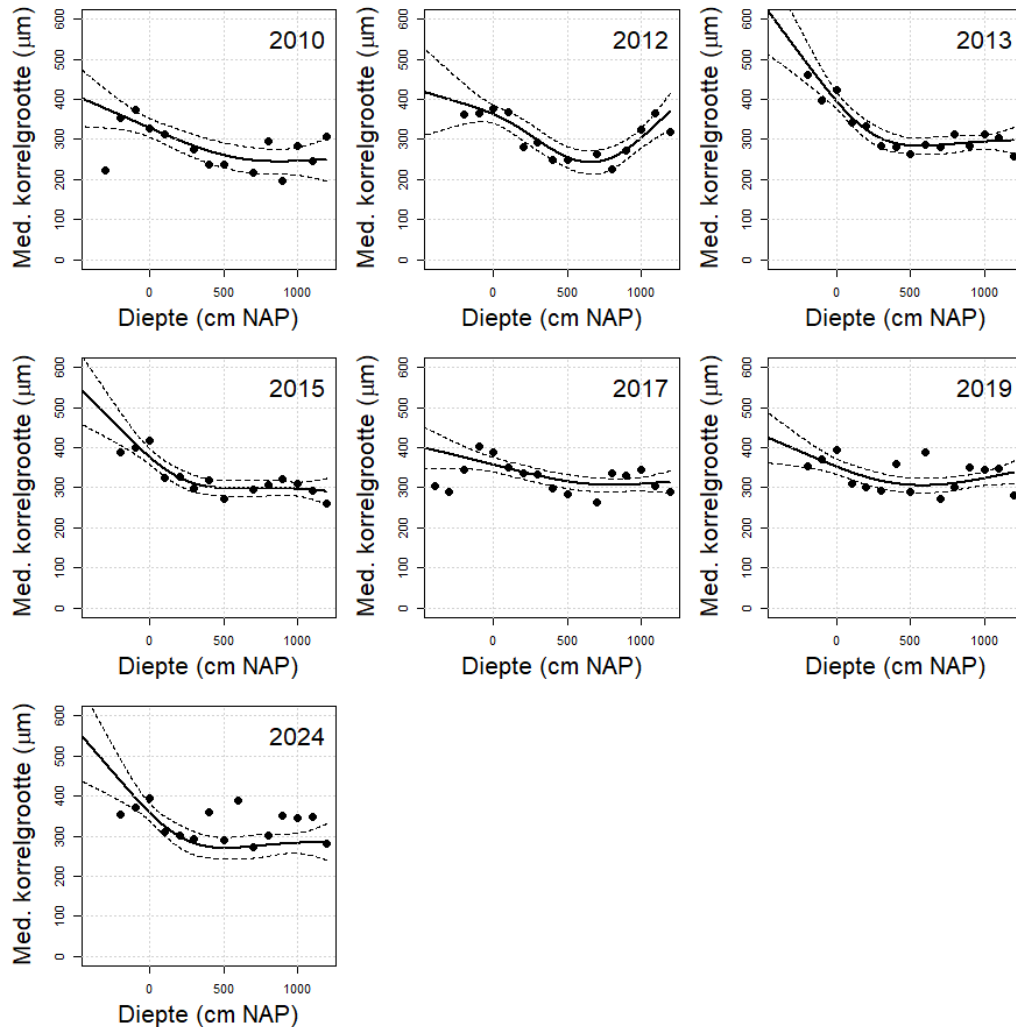
¹ Van 2013 tot 2019 zijn er in de vooroever aanvullende sedimentmonsters genomen op de extra transecten

Er is geen duidelijke trend in de mediane korrelgrootte over de verschillende jaren (Figuur 17). 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 17: Boxplots van de mediane korrelgrootte over de verschillende jaren. De slibrijke monsters die zijn genomen in de lagune in de jaren 2013 en 2015 zijn buiten beschouwing gelaten.

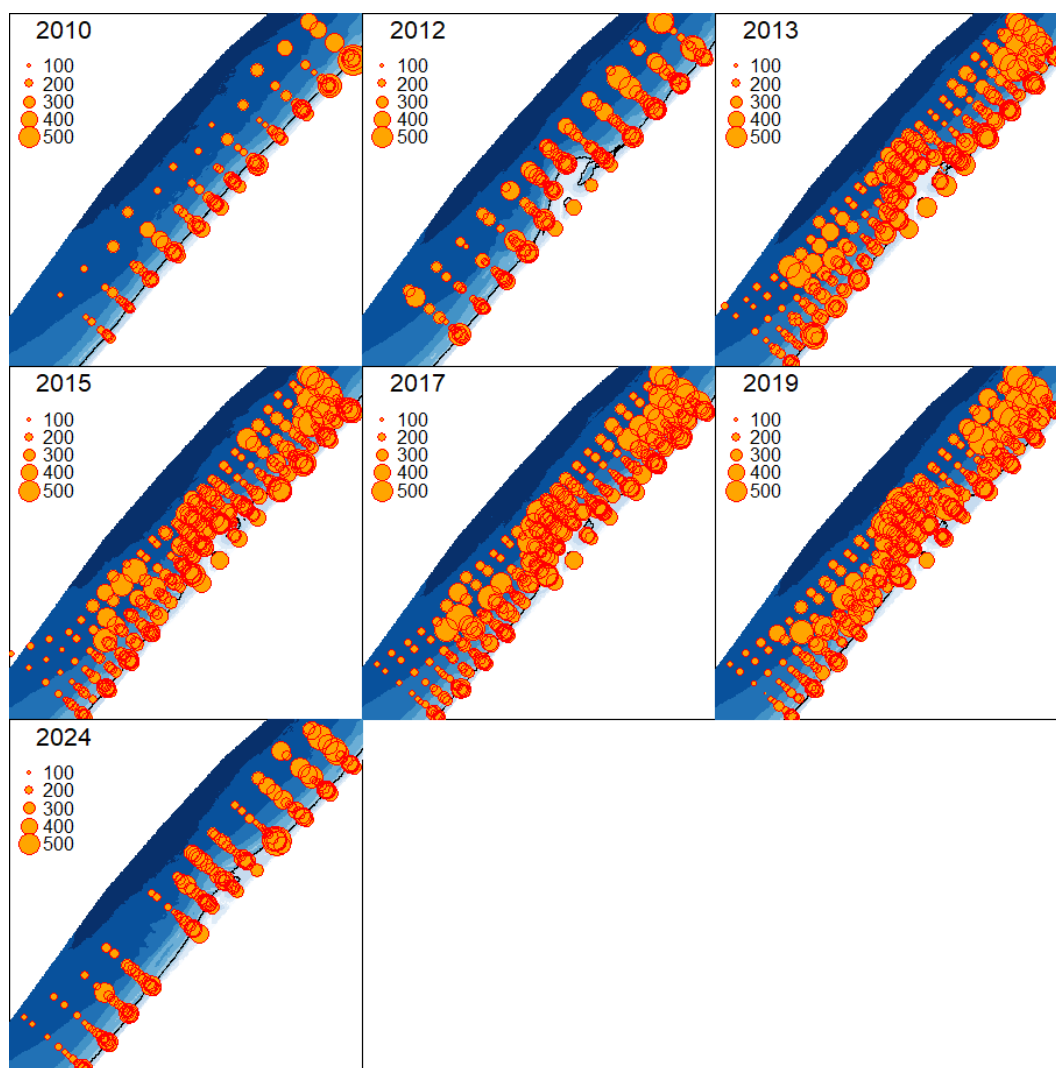
In Figuur 18 zijn de resultaten van de GAM-regressies over de diepte voor de verschillende jaren weergegeven. Hoewel Figuur 16 liet zien dat er een grote variatie zit over de transecten geven de figuren voor de verschillende jaren het gemiddeld patroon weer. Het patroon van 2024 komt overeen met dat van 2012, 2013 en 2015 waar de sedimenten op het strand relatief grof zijn en neemt af naar de ondiepe vooroever (3-5 meter beneden NAP). In 2012 neemt de mediane korrelgrootte weer toe in de diepere delen van de vooroever (> 8 meter beneden NAP).



Figuur 18: 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 19 zijn de ruimtelijke patronen in mediane korrelgrootte gepresenteerd voor de verschillende jaren. Hoewel het beeld vertekend is door het verschil in het aantal bemonsterde locaties in de verschillende jaren (Tabel 4) 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 (Huisman et al., 2016, Herman et al., 2021). 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.

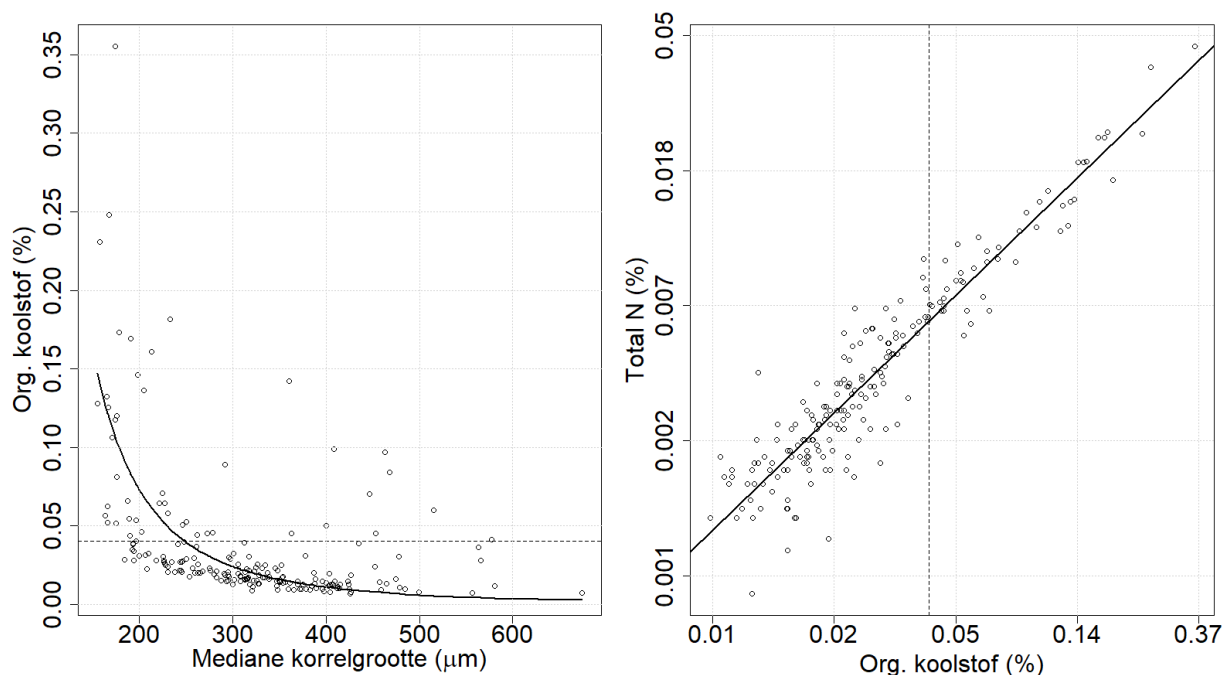
De relatief grove sedimenten in het noordelijk deel van het onderzoeksgebied (vanaf transect 10) zijn ook al waargenomen in 2010 en hebben waarschijnlijk geen relatie met de aanleg van de Zandmotor. Hetzelfde geldt voor de relatief fijne sedimenten in de diepere delen van de meest zuidelijke transecten.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



Figuur 19: Ruimtelijke verdeling mediane korrelgrootte (μm) in het gebied van de Zandmotor voor de jaren 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024.

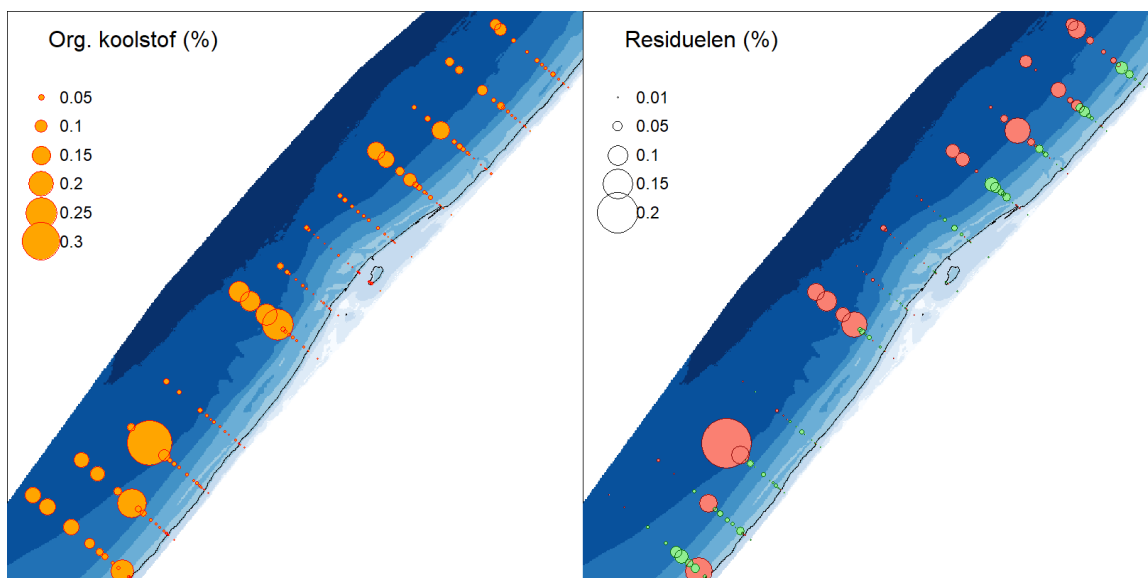
3.1.3 Organisch koolstof en totaal N

Er is een duidelijke relatie tussen de mediane korrelgrootte en het organisch koolstofgehalte (Figuur 20). Hoe fijner het sediment, hoe meer organisch stof. De hoogste organisch koolstof fracties worden gemeten in de fijne sedimenten met een mediane korrelgrootte minder dan $250 \mu\text{m}$. Ook zijn er nog een aantal uitbijters die een relatief hoge organisch koolstof fractie hebben in relatie tot de mediane korrelgrootte. Mogelijk heeft er een stukje plantaardig of dierlijk materiaal in deze monsters gezeten. Er is een exponentiële functie gefit door de data met behulp van de kleinste kwadraten methode ($OrgC = 149076 \cdot \text{MedianeKorrelgrootte}^{-2.743}$). Er is een lineair verband tussen de log-getransformeerde waarden van het organisch koolstof en de log-getransformeerde waarden van totaal N ($\ln(\text{TotalN}) = -2.315 + 0.87 \cdot \ln(\text{OrgC})$, Figuur 20). 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 20: Relatie tussen het organisch koolstofgehalte en de mediane korrelgrootte (links) en totaal stikstof en organisch koolstof (rechts) voor de sedimentgegevens uit 2024. De getrokken lijnen geven de resultaten van de regressies (zie tekst). De stippellijnen geven de detectielimiet voor het organisch koolstofgehalte (0.04%).

In Figuur 21, linker figuur is te zien dat er een ruimtelijk patroon is in het organisch koolstofgehalte van de toplaag van het sediment op en rond de Zandmotor. De hoogste gehalten worden aangetroffen in de vooroever, ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor bij een diepte dieper dan ca 5 meter onder NAP maar ook in de ondiepe vooroever van Transecten 0, 1 en 2. De locaties op het strand en ook in de ondiepe brandingszone zijn relatief arm aan organisch koolstof. In het rechter deel van Figuur 21 zijn de residuen, berekend uit is het absolute verschil in het percentage organisch koolstof tussen het model (getrokken lijn in Figuur 20, linker figuur) en de observaties, weergegeven. 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 het model. De positieve residuen liggen voornamelijk in de diepere delen van de vooroever en de negatieve residuen liggen voornamelijk in de ondiepe vooroever (Figuur 21).

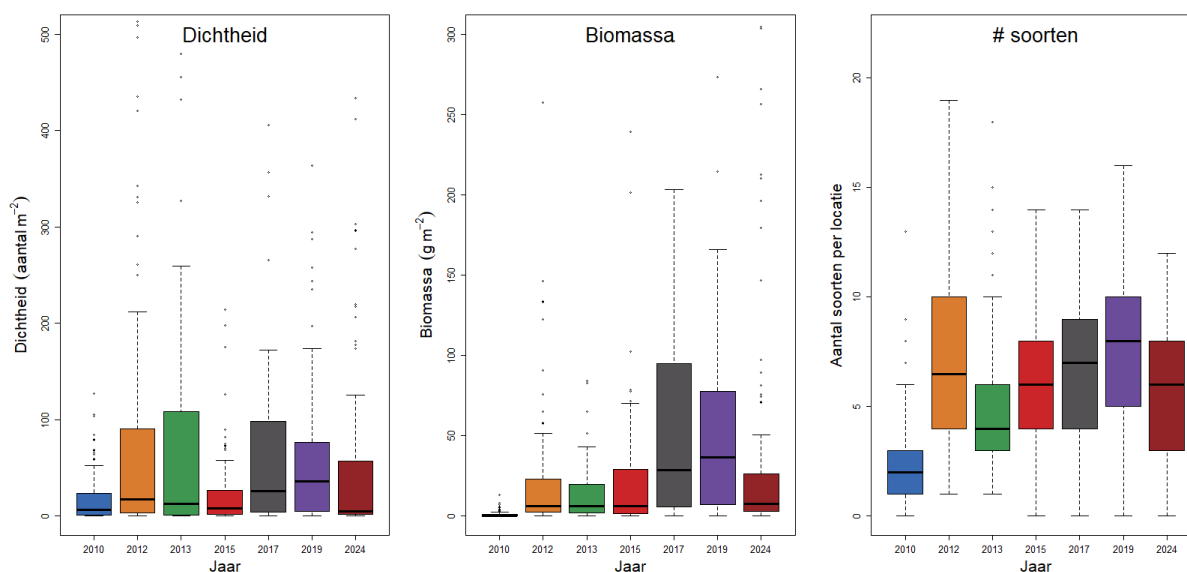


Figuur 21: Ruimtelijke verspreiding van het gehalte organisch koolstof (%) (links). In de rechter figuur zijn de residuen uitgezet tussen het model (getrokken lijn in Figuur 20, linker panel) en de observaties. De locaties met de zalmkleurige stippen zijn positieve residuen en hebben een hoger gehalte 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 2024 120 locaties in de vooroever bemonsterd met de bodemschaaf. De minimale trek lengte was 92 meter en de maximale trek lengte was 195 meter (gemiddeld 133 meter, standaard deviatie 22 meter). Op locaties 2024_042, 2024_062 en 2024_112 zijn geen levende bodemdieren aangetroffen. De gemiddelde dichtheid aan bodemdieren in 2024 was 79 individuen m^{-2} (st. dev. 181 individuen m^{-2}). Dit is minder dan in voorgaande jaren. In 2012, 2013, 2017 en 2019 was de gemiddelde dichtheid respectievelijk 136, 100, 122 en 191 individuen m^{-2} . In 2010 en 2015 was de gemiddelde dichtheid het laagst (respectievelijk 18 en 23 individuen per m^{-2}). De hoogste dichtheid (1169 individuen m^{-2}) is in 2024 aangetroffen op locatie 2024_008.



Figuur 22: Boxplots van de dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g versgewicht m⁻²) en het aantal soorten per locatie over de jaren 2010 tot en met 2024. Bij de biomassa is *Ensis* spp. niet meegenomen. De y-assen van de dichtheid en biomassa zijn afgeknapt bij respectievelijk 500 individuen m⁻² en 300 g m⁻².

De gemiddelde biomassa (zonder *Ensis* spp., zeeklitten, strandgapers, otterschelpen en heremietkreeften) was 48 g m⁻². Dit is minder dan in 2017 en 2019 (respectievelijk 85 en 75 g m⁻²) maar aanzienlijk meer dan in de jaren ervoor (Figuur 22). De gemiddelde biomassa in de jaren 2010, 2012, 2013 en 2015 was respectievelijk 1, 23, 14 en 24 g m⁻². De hoogste biomassa in 2024 is gemeten op locatie 2024_086 (833 g m⁻²), voornamelijk bestaande uit *Macoma balthica* en *Spisula subtruncata*. Het gemiddelde aantal taxa per locatie in 2024 was 5.6. Dit is minder dan in voorgaande jaren. Het maximum aantal taxa per locatie was 12. In 2012 en 2013 was het maximum aantal taxa per locatie respectievelijk 19 en 18.

In totaal zijn er in 2024 28 taxa aangetroffen in de monsters. In 2019 zijn er 32 taxa aangetroffen in alle monsters. De minste taxa (21) zijn aangetroffen tijdens de bemonstering in 2010. Over alle jaren zijn er in totaal 44 verschillende taxa aangetroffen (Tabel 5). De meest verspreide taxa zijn de zwaardscheden (*Ensis* spp.), de kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*), de gewone zwemkrab (*Polybius holsatus*), de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*), de breedpootkrab (*Portumnus latipes*), het zaagje (*Donax vittatus*), het nonnetje (*Macoma balthica*), de gewone heremietkreeft (*Pagurus bernhardus*), de witte dunschaal (*Abra alba*), de gewone slangster (*Ophiura ophiura*) en de rechtsgestreepte platschelp (*Fabulina fabula*). Van deze soorten zijn de witte dunschaal en de gewone heremietkreeft in 2024 relatief weinig aangetroffen. Ook de stevige strandschelp (*Spisula solida*) kwam in 2024 maar beperkt voor (8% van de locaties) terwijl deze soort in voorgaande jaren op 25% van de locaties is aangetroffen. De Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*), een exoot (Craeymeersch et al., 2019) die in 2019 voor het eerst op de Zandmotor is aangetroffen (20% van de bemonsterde locaties) is niet meer aangetroffen in 2024. Taxa die in 2024 meer dan in voorgaande jaren zijn aangetroffen zijn de strandkrab (*Carcinus maenas*), de grote tepelhoren (*Euspira catena*), de tere platschelp (*Macomangulus tenuis*) en de grote strandschelp (*Mactra stultorum*). De laatste soort is in 2024 voor het eerst op de Zandmotor aangetroffen op 7 locaties.

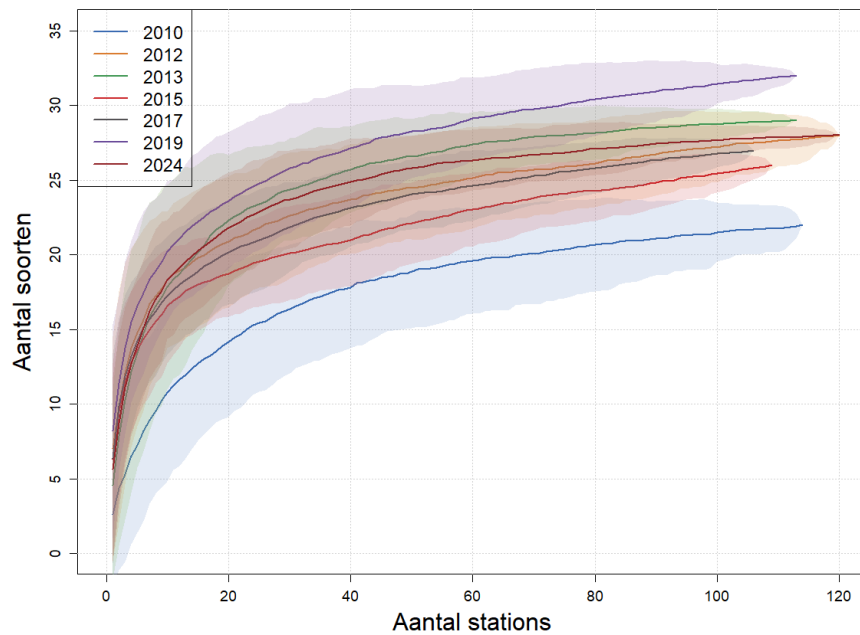
	2010	2012	2013	2015	2017	2019	2024	Totaal
Ensis	79.8	88.3	76.1	75.2	85.4	61.9	62.5	72.9
Diogenes pugilator	43.9	95.0	50.4	78.9	74.8	75.2	72.5	70.2
Polybius holsatus	4.4	86.7	72.6	86.1	51.4	64.6	65.0	58.9
Spisula subtruncata	15.8	56.7	36.3	59.6	64.5	79.6	58.3	52.9
Portumnus latipes	34.2	57.5	36.3	40.4	40.2	51.3	42.5	43.3
Donax vittatus	5.3	7.5	16.8	49.5	86.0	65.6	16.7	37.3
Macoma balthica	0.0	20.8	17.7	37.6	58.9	60.5	36.3	35.9
Pagurus bernhardus	5.3	49.2	24.6	63.3	22.4	26.5	1.7	27.4
Abra alba	13.2	41.7	19.5	18.3	37.4	26.5	7.5	23.4
Ophiura ophiura	7.0	27.5	13.3	15.6	29.9	35.4	34.2	23.4
Fabulina fabula	0.9	25.0	16.6	11.0	33.6	43.4	15.0	20.7
Spisula solida	4.4	35.8	15.9	26.6	26.2	26.5	5.0	20.0
Chamelea striatula	0.9	1.7	7.1	16.5	15.9	24.8	25.0	13.1
Tritia nitida	6.1	27.5	7.1	0.0	14.0	8.8	20.8	12.3
Lutraria lutraria	5.3	3.3	5.3	22.9	21.5	15.0	5.6	11.1
Euspira nitida	10.5	22.5	12.4	13.8	3.7	2.7	3.3	9.9
Actinaria	18.4	17.5	6.2	14.7	8.4	0.0	2.5	9.7
Carcinus maenas	7.0	7.5	2.7	3.7	3.7	4.4	8.3	5.4
Tritia reticulata	0.0	6.7	22.1	1.8	0.0	1.8	5.0	5.4
Euspira catena	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.5	29.2	5.0
Macomangulus tenuis	0.0	1.7	7.1	0.9	5.6	7.1	11.7	4.9
Mytilus edulis	0.9	5.8	2.7	0.0	5.6	7.1	0.8	3.3
Spisula elliptica	0.0	8.3	9.7	4.6	0.0	0.0	0.0	3.3
Mulinia lateralis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	0.0	3.0
Polybius navigator	1.8	0.8	0.0	0.9	0.0	8.0	6.7	2.6
Asterias rubens	0.0	1.7	6.2	2.8	0.0	5.3	0.0	2.3
Ophiura albida	1.8	6.7	1.8	0.0	1.9	0.9	0.0	1.9
Crepidula fornicata	0.0	0.0	1.8	0.0	1.9	1.8	5.6	1.6
Corystes cassivelaunus	2.6	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.7	1.3
Atelecyclus undecimdentatus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	1.0
Echinocardium cordatum	0.0	0.0	5.3	0.0	1.9	0.0	0.0	1.0
Macra stultorum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.9
Polybius marmoreus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.6
Cylista troglodytes	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
Ruditapes philippinarum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.4
Thia scutellata	0.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.4
Venerupis corrugata	0.0	0.8	0.0	0.0	0.9	0.0	0.8	0.4
Pinnotheres pisum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.3
Abra prismatica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.1
Acanthocardia echinata	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1
Macropodia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.1
Mya arenaria	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Petricolaria pholadiformis	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1
Polybius depurator	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1

Figuur 23: Kans op aantreffen (%) van de verschillende taxa in de schaafmonsters. In 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024 zijn er respectievelijk 114, 120, 113, 109, 107, 113 en 120 locaties bemonsterd.

Tabel 5: Aantal locaties dat taxon is aangetroffen in een monster met de bodemschaaf. In 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024 zijn er respectievelijk 114, 120, 113, 109, 107, 113 en 120 locaties bemonsterd.

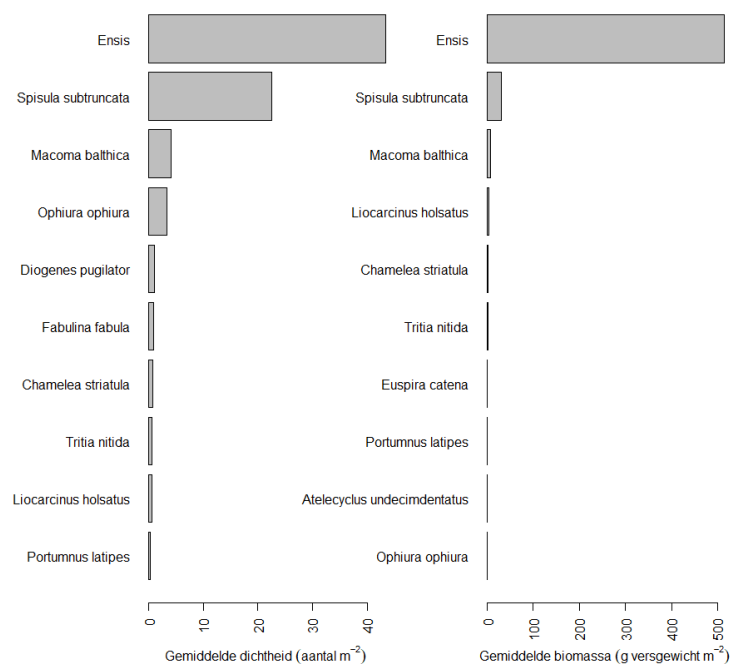
Taxon	2010	2012	2013	2015	2017	2019	2024	Totaal
<i>Ensis</i> spp.	91	106	86	82	70	70	75	580
<i>Diogenes pugilator</i>	50	114	57	86	80	85	87	559
<i>Polybius holsatus</i>	5	104	82	72	55	73	78	469
<i>Spisula subtruncata</i>	18	68	41	65	69	90	70	421
<i>Portumnus latipes</i>	39	69	41	44	43	58	51	345
<i>Donax vittatus</i>	6	9	19	54	92	97	20	297
<i>Macoma balthica</i>	0	25	20	41	63	91	46	286
<i>Pagurus bernhardus</i>	6	59	28	69	24	30	2	218
<i>Abra alba</i>	15	50	22	20	40	30	9	186
<i>Ophiura ophiura</i>	8	33	15	17	32	40	41	186
<i>Fabulina fabula</i>	1	30	19	12	36	49	18	165
<i>Spisula solida</i>	5	43	18	29	28	30	6	159
<i>Chamelea striatula</i>	1	2	8	18	17	28	30	104
<i>Tritia nitida</i>	7	33	8	0	15	10	25	98
<i>Lutraria lutraria</i>	6	4	6	25	23	17	7	88
<i>Euspira nitida</i>	12	27	14	15	4	3	4	79
Actiniaria	21	21	7	16	9	0	3	77
<i>Carcinus maenas</i>	8	9	3	4	4	5	10	43
<i>Tritia reticulata</i>	0	8	25	2	0	2	6	43
<i>Euspira catena</i>	0	0	0	0	1	4	35	40
<i>Macomangulus tenuis</i>	0	2	8	1	6	8	14	39
<i>Mytilus edulis</i>	1	7	3	0	6	8	1	26
<i>Spisula elliptica</i>	0	10	11	5	0	0	0	26
<i>Mulinia lateralis</i>	0	0	0	0	0	24	0	24
<i>Polybius navigator</i>	2	1	0	1	0	9	8	21
<i>Asterias rubens</i>	0	2	7	3	0	6	0	18
<i>Ophiura albida</i>	2	8	2	0	2	1	0	15
<i>Crepidula fornicata</i>	0	0	2	0	2	2	7	13
<i>Corystes cassivelaunus</i>	3	1	1	1	1	1	2	10
<i>Atelecyclus undecimdentatus</i>	0	0	0	0	0	0	8	8
<i>Echinocardium cordatum</i>	0	0	6	0	2	0	0	8
<i>Macra stultorum</i>	0	0	0	0	0	0	7	7
<i>Polybius marmoreus</i>	0	0	0	0	0	5	0	5
<i>Cereus pedunculatus</i>	0	0	4	0	0	0	0	4
<i>Ruditapes philippinarum</i>	0	0	0	0	0	3	0	3
<i>Thia scutellata</i>	1	1	0	0	0	1	0	3
<i>Venerupis corrugata</i>	0	1	0	0	1	0	1	3
<i>Pinnotheres pisum</i>	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Abra prismatica</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Acanthocardia echinata</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Polybius depurator</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Macropodia	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Mya arenaria</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Petricolaria pholadiformis</i>	0	0	0	1	0	0	0	1

In 2024 zijn er minder taxa aangetroffen in de monsters dan in 2019 (Figuur 24). Het geschatte totaal aantal taxa in 2024 was 30 (eerste orde Jackknife). In 2019 was dat 36. De minste taxa zijn geschat voor 2010 (26 soorten). In 2012, 2013, 2015 en 2017 was het geschatte aantal soorten respectievelijk 32, 31, 32 en 31 soorten.



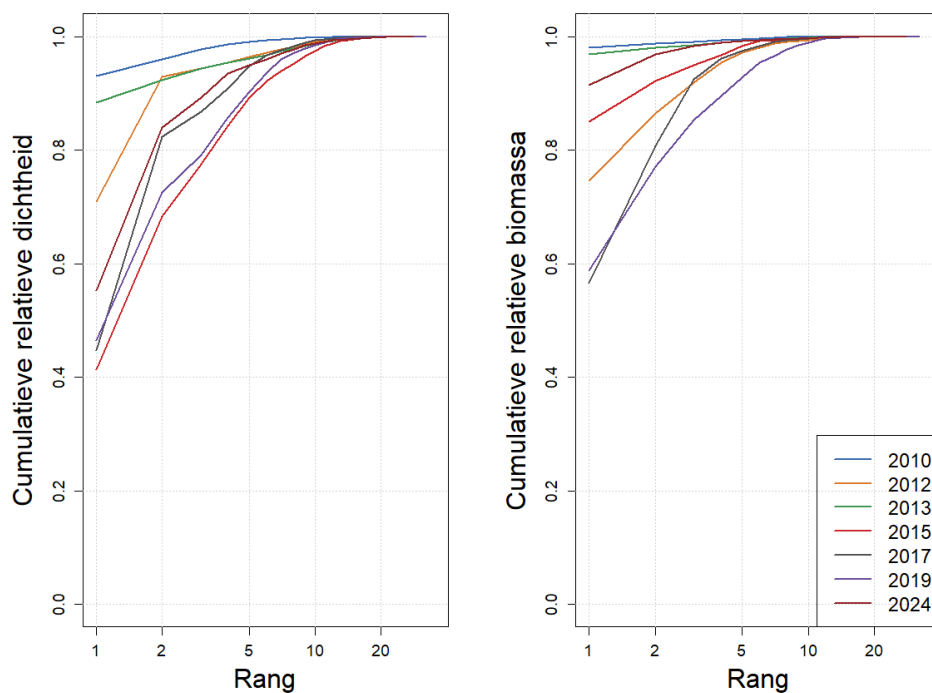
Figuur 24: Soorten-accumulatiecurves voor de verschillende jaren. Op de y-as staan het aantal taxa weergegeven als functie van het aantal monsters (x-as). De lijnen geven de gemiddelde waarde aan (eerste orde Jackknife), en de gekleurde band geeft de standaard deviatie aan.

De zwaardscheden (*Ensis* spp.) zijn verreweg de meest voorkomende soorten in 2024, zowel wat betreft biomassa (ruim 515 g m⁻²) als dichtheid (43 individuen m⁻²) (Figuur 25). De halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) en het nonnetje (*Macoma balthica*) zijn na *Ensis* spp. de meest dominante soorten met gemiddelde dichtheden van respectievelijk 23 en 4 individuen m⁻² en biomassa van respectievelijk 31 en 7.5 g m⁻².



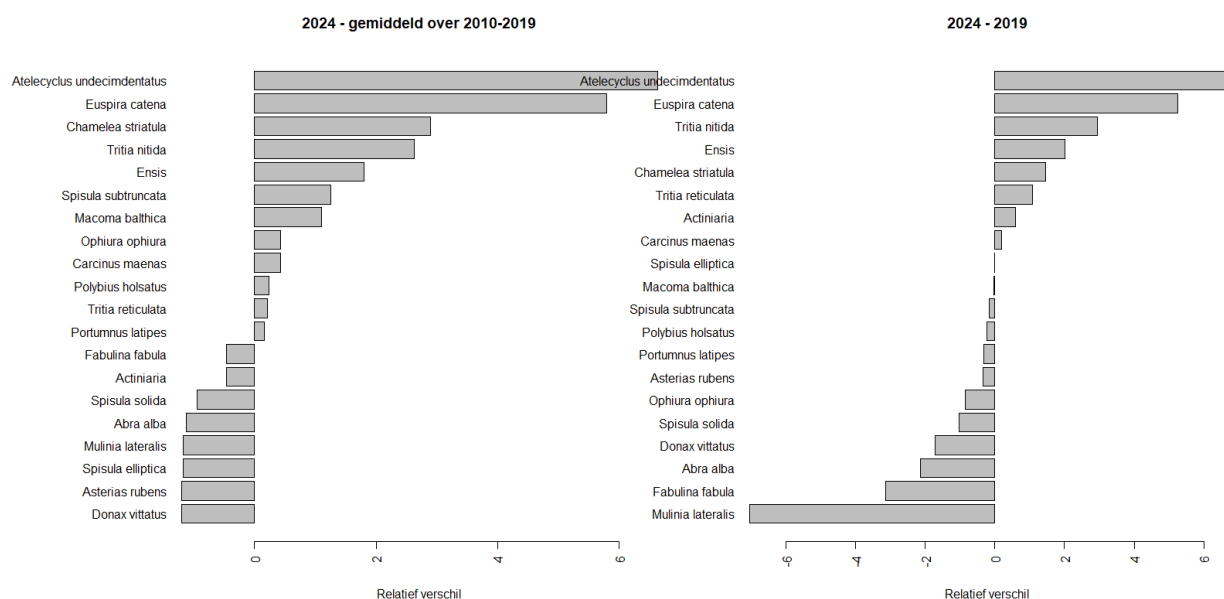
Figuur 25: Gemiddelde dichtheden en biomassa's van de 10 meest dominante soorten bij de bemonstering met de bodemschaaf in 2024. Van de soorten *Diogenes pugilator*, *Pagurus bernhardus*, *Lutraria lutraria*, *Mya arenaria* en *Echinocardium cordatum* is geen biomassa bepaald.

In Figuur 26 is te zien dat in de jaren 2010 en 2013 en in mindere mate in 2012, slechts 1 soort (*Ensis* spp.) verantwoordelijk is voor meer dan 70% van de totale dichtheid aan bodemdieren in de bodemschaaf. De tweede belangrijke soort in 2012 is de witte dunschaal (*Abra alba*). In 2019 is de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) de belangrijkste soort in dichtheid, gevolgd door de witte dunschaal (*Abra alba*). *Ensis* spp. komt pas op de 6^e plaats. In 2019 waren respectievelijk het zaagje (*Donax vittatus*) en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) de belangrijkste soorten. In 2024 is *Ensis* spp weer de meest voorkomende soort met een aandeel van 55% van de totale dichtheid en 91% van de totale biomassa.



Figuur 26: Cumulatieve relatieve dichtheid (links) en de cumulatieve relatieve biomassa (rechts) als functie van de rangorde voor de jaren 2010 tot en met 2024. Van de soorten *Diogenes pugilator*, *Pagurus bernhardus*, *Lutraria lutraria*, *Mya arenaria* en *Echinocardium cordatum* is geen biomassa bepaald (rechter figuur).

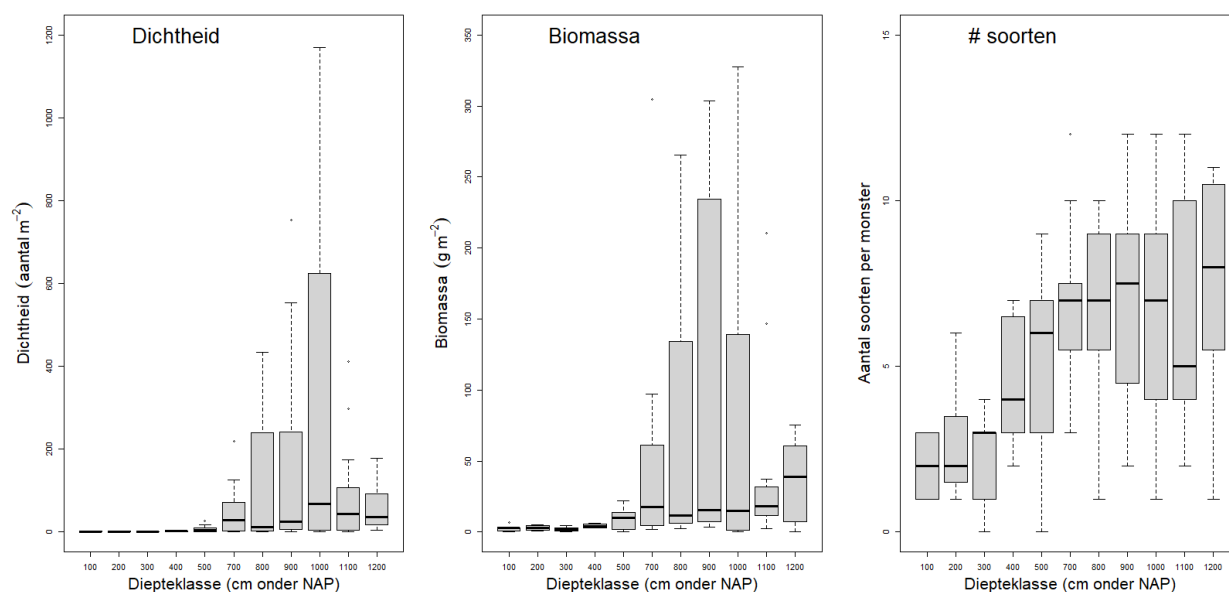
Opvallend in de bemonstering van 2024 is het relatieve grote aandeel van de ovaalronde krab (*Atelecyclus undecimdentatus*), die in 2024 voor het eerst in de Zandmotor monsters is aangetroffen, en de grote tepelhoren (*Euspira catena*), die in 2024 op 35 locaties is aangetroffen (Figuur 27). Ook de grofgeribde fuikhoren (*Tritia nitida*) en de venusschelp (*Chamelea striatula*) kwam in 2024 relatief vaker voor dan in voorgaande jaren. Soorten als zaagje (*Donax vittatus*), rechtsgestreepte platschelp (*Fabulina fabula*), witte dunschaal (*Abra alba*) en de stevige strandschelp (*Spisula solida*) daarentegen kwamen in 2024 aanzienlijk minder voor. De ovale strandschelp (*Spisula elliptica*), Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*) en de zeester (*Asterias rubens*) zijn in 2024 zelfs helemaal niet aangetroffen in de schaafebemonsteringen.



Figuur 27: *Relatieve veranderingen in de gemiddelde biomassa van de 20 meest dominante soorten qua biomassa. In de linker figuur is het verschil in de gemiddelde biomassa in 2024 en de gemiddelde biomassa in de periode 2010 tot en met 2019 gedeeld door de gemiddelde biomassa over alle jaren. In de rechter figuur is het verschil tussen de gemiddelde biomassa in 2024 en 2019 gedeeld door de gemiddelde biomassa over alle jaren.*

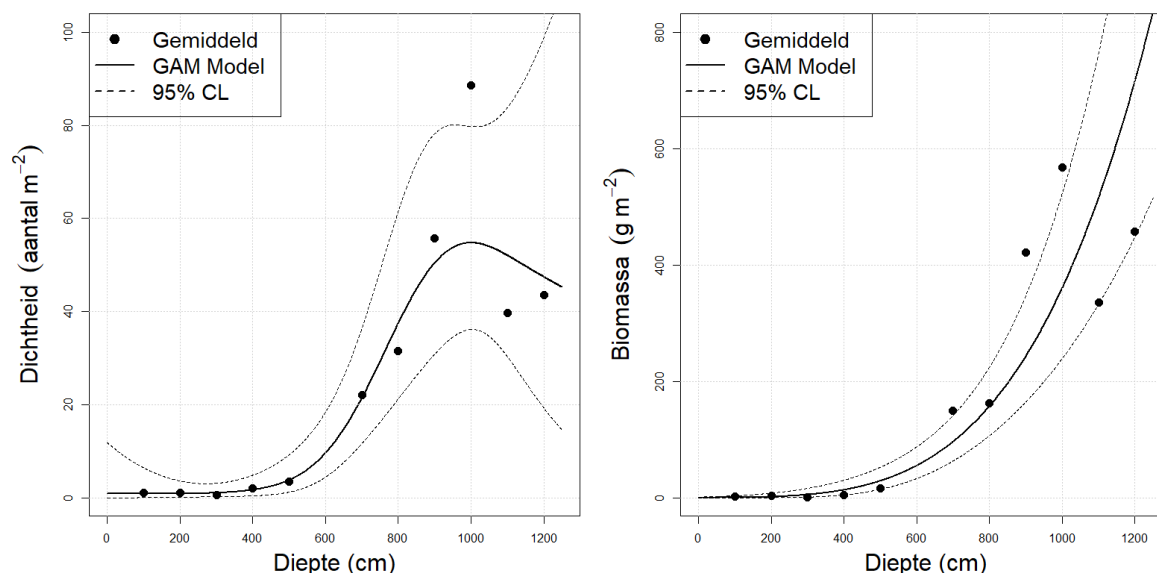
3.2.2 Relatie met waterdiepte

Er is een duidelijke relatie tussen de hoeveelheid bodemdieren (dichtheid, biomassa en aantal soorten) en de waterdiepte (Figuur 28). In het ondiepe, dynamische deel van de vooroever (< 6 meter onder NAP) is de dichtheid (minder dan 10 individuen m⁻²) en biomassa (minder dan 10 g m⁻²) van de bodemdieren zeer laag. Vanaf een diepte van 5 á 6 meter nemen zowel de gemiddelde biomassa als de dichtheid toe naar gemiddelde dichtheden tussen de 100 en 200 individuen m⁻² en gemiddelde biomassa's tussen de 50 en 120 g m⁻². Ook het aantal soorten per monster neemt toe met de waterdiepte, van gemiddeld minder dan 5 soorten bij een diepte van minder dan 5 meter onder NAP tot gemiddeld ongeveer 7 soorten per monster vanaf een diepte van 7 meter onder NAP.



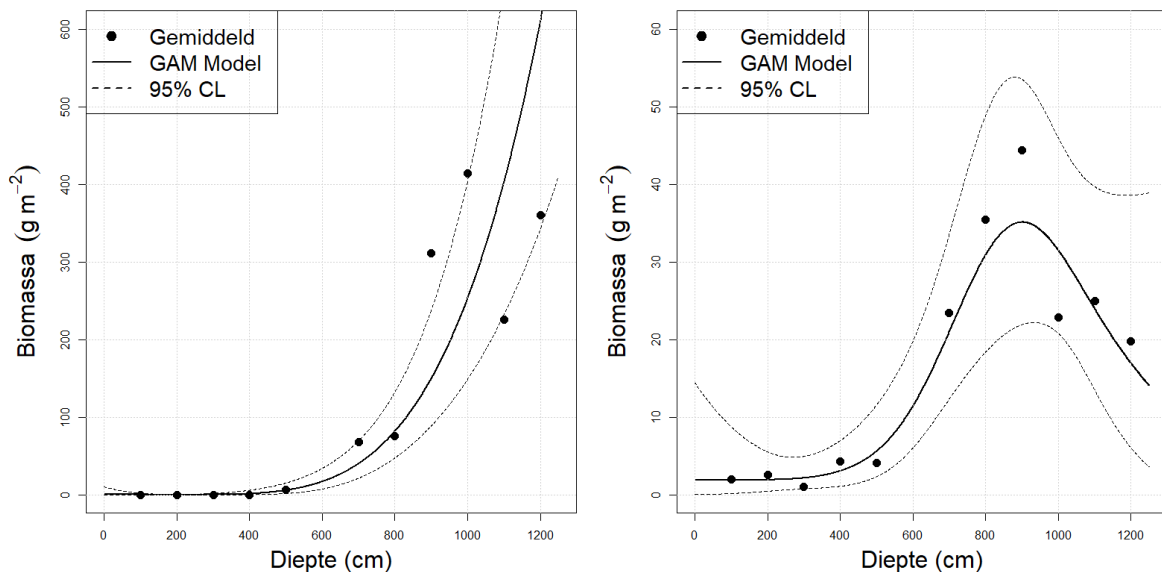
Figuur 28: Boxplots van de dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g versgewicht m^{-2}) en het aantal soorten per monster in 2024 als functie van over de diepteklasse. Bij de biomassa is *Ensis spp.* niet meegenomen.

Hetzelfde beeld is te zien in de resultaten van de GAM analyse voor de dichtheid en de biomassa (zonder strandgapers, otterschelpen en heremietkreeften) (Figuur 29). De GAM modellen zijn gebaseerd op de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid en biomassa data. De modellen zijn significant ($p < 0.05$) en geven aan dat er een (niet-lineair) effect is van de waterdiepte op zowel de dichtheid als de biomassa. De punten in de figuren geven respectievelijk de gemiddelde dichtheid en biomassa aan bodemdieren per diepteklasse weer (afgerond op hele meters). In de figuur is ook duidelijk te zien dat zowel de dichtheid als de biomassa snel toeneemt van een diepte van ca 5 á 6 meter beneden NAP.



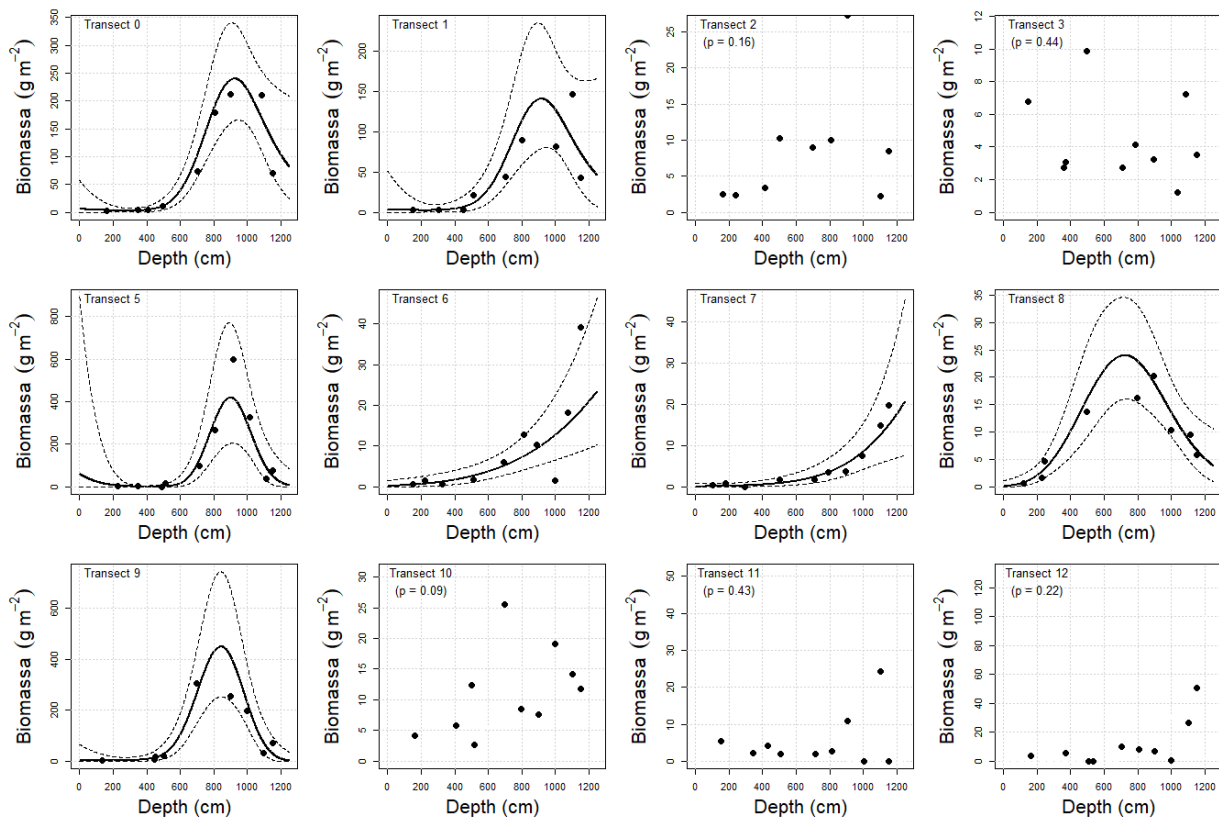
Figuur 29: Gemiddelde dichtheid (aantal m^{-2}) en biomassa (g versgewicht m^{-2}) van de bodemdieren per diepteklasse (afgerond op hele meters beneden NAP) in 2024 (inclusief *Ensis spp.*). De getrokken lijnen geven de resultaten van de GAM modellen als functie van de diepte. De stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheidsgrenzen weer.

Omdat de totale biomassa sterk wordt bepaald door een taxon (*Ensis* spp.) zijn er ook aparte GAM-analyses uitgevoerd op alleen de biomassa van *Ensis* spp. (Figuur 30, links) en de biomassa van alle overige soorten (zonder *Ensis* spp., Figuur 30, rechts). Het is duidelijk te zien dat het patroon van *Ensis* spp. sterk overeenkomt met het patroon van de totale biomassa (Figuur 29, rechts) en neemt toe met de waterdiepte. Voor de overige soorten lijkt er een optimum te liggen tussen de 8 en 10 meter diepte.



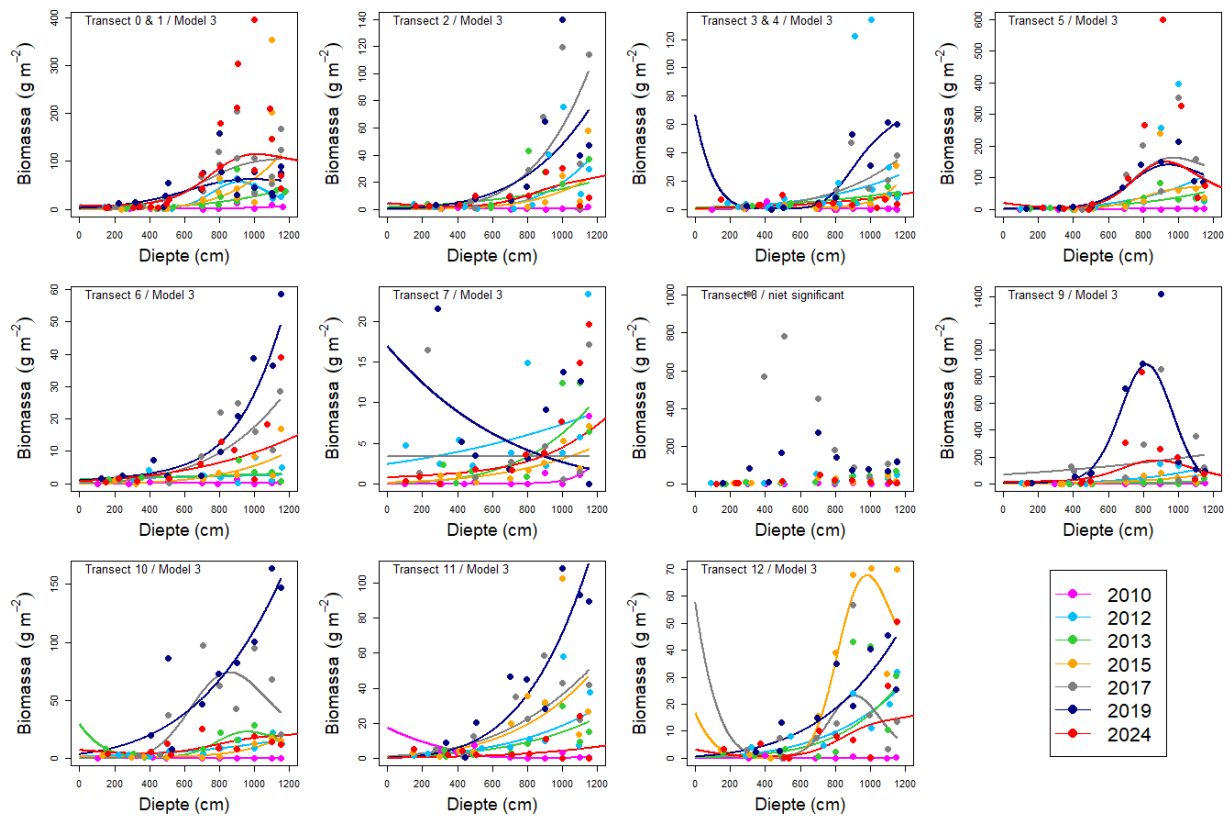
Figuur 30: Biomassa ($\text{g versgewicht m}^{-2}$) van *Ensis* spp. (links) en de totale biomassa zonder *Ensis* spp. (rechts) van de bodemdieren per diepteklasse (afgerond op hele meters beneden NAP) in 2024. De getrokken lijnen geven de resultaten van de GAM modellen als functie van de diepte. De stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheidsgrenzen weer.

De relatie van de biomassa van de bodemdieren (zonder *Ensis* spp.) met de diepte voor de verschillende transecten is verder uitgewerkt in Figuur 31. De GAM regressies zijn hier ook gebaseerd op de vierdemachtswortel-getransformeerde biomassa data. In de figuren is de relatie met de diepte alleen geplot als deze significant ($p < 0.05$) is. Uit de analyse blijkt dat er niet voor ieder transect een significante relatie is met de diepte. Voor transecten 2, 3, 10, 11 en 12 was het model niet significant. Transecten 0, 1, 5, 8 en 9 laten een optimum biomassa zien bij een diepte tussen de 7 en 10 meter. De overige transecten (6 en 7) op de kop van de Zandmotor laten een toenemende trend zien met toenemende waterdiepte.



Figuur 31: Gemiddelde biomassa ($\text{g vergewicht m}^{-2}$) van de bodemdieren (zonder *Ensis spp.*) in 2024 per transect als functie van de waterdiepte. De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model als functie van de diepte. De stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheidsgrenzen weer. De ligging van de transecten zijn weergegeven in Figuur 1.

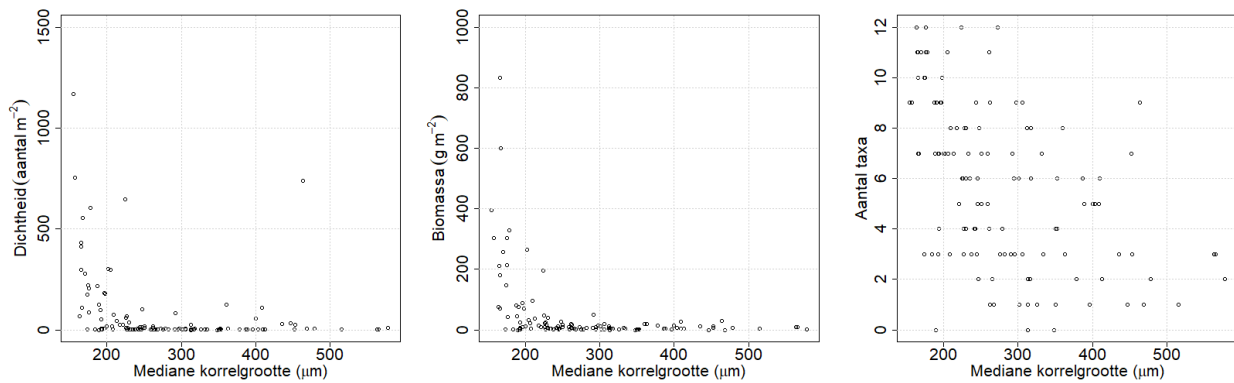
In Figuur 32 zijn de GAM modellen berekend voor de verschillende transecten over alle jaren (2010 tot en met 2024). Voor ieder transect zijn er 3 modellen gefit. In het eerste model (Model 1) is alleen Diepte als verklarende variabele meegenomen. In het tweede model (Model 2) is het effect van diepte en jaar (zonder interactie) meegenomen. Ten slotte is het volledige model (Model 3) gefit met diepte en jaar als verklarende variabelen inclusief de interactie. Middels ANOVA zijn de modellen met elkaar vergeleken en als het complexere model niet significant ($p < 0.05$) beter is dan het eenvoudigere model is voor het eenvoudige model gekozen. Voor transect 8 was geen van de modellen significant. Voor alle overige transecten is er een verschil in patroon met de diepte tussen de jaren, en ook het jaar-effect is verschillend per transect (Model 3).



Figuur 32: Gemiddelde biomassa ($\text{g versgewicht m}^{-2}$) van de bodemdieren (zonder *Ensis* spp.) als functie van de waterdiepte voor de verschillende transecten. Met de kleuren zijn de GAM regressies voor de verschillende jaren weergegeven. Bij Model 3 is het model met interactie tussen diepte en jaar significant beter dan het model zonder deze interactie.

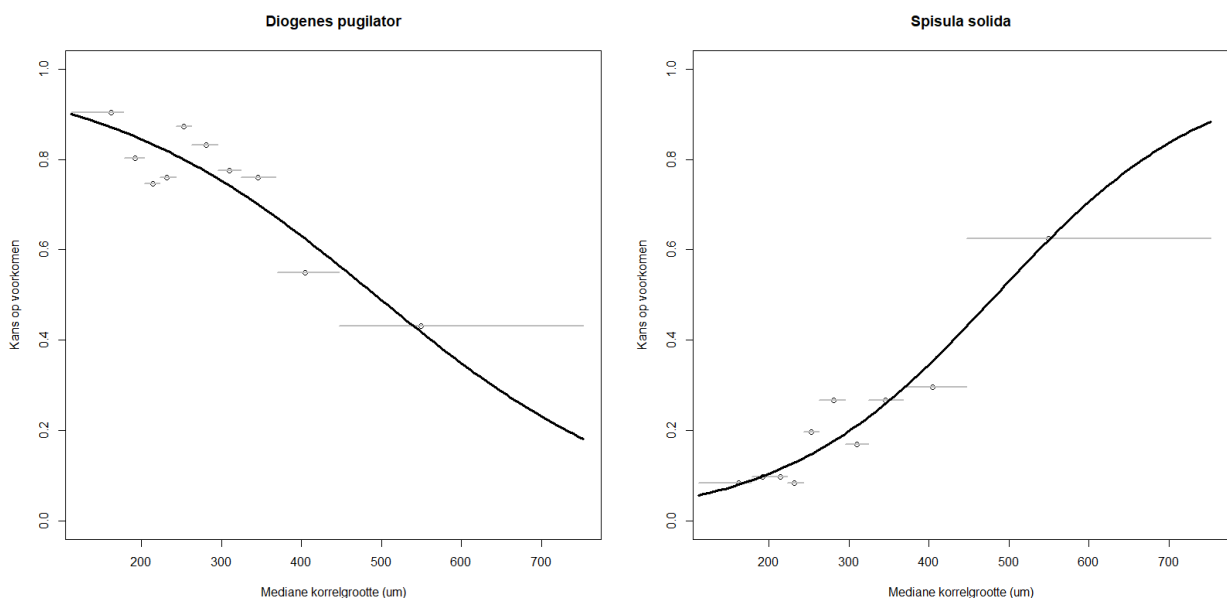
3.2.3 Relatie met sedimentsamenstelling

In Figuur 33 is de dichtheid, biomassa en aantal taxa van de schaafbemonstering in 2024 uitgezet tegen de mediane korrelgrootte. Er is een duidelijke relatie tussen het voorkomen van de bodemdieren en de sedimentsamenstelling (mediane korrelgrootte). De hoogste biomassa's en dichtheden zijn aangetroffen bij een mediane korrelgrootte van minder van $220 \mu\text{m}$. Zoals eerder is aangetoond (Figuur 14), is de mediane korrelgrootte ook sterk gerelateerd met de waterdiepte en daarmee met andere co-variabelen zoals golfwerking en stroming.



Figuur 33: Relatie tussen dichtheid, biomassa (g versgewicht) en aantal soorten per locatie op de verticale as en mediane korrelgrootte op de horizontale as voor de schaaftbemonstering in 2024. De soorten *Ensis spp.*, *Diogenes pugilator*, *Pagurus bernhardus*, *Lutraria lutraria*, *Mya arenaria* en *Echinocardium cordatum* zijn niet meegenomen in de biomassa.

In Figuur 34 is de kans op voorkomen van twee soorten met een relatief sterke relatie met de sedimentsamenstelling (*Diogenes pugilator*, negatief) en *Spisula solida*, positief) uitgezet tegen de mediane korrelgrootte. De overige dominante soorten vertoonden een minder sterke relatie met de mediane korrelgrootte. De regressielijnen zijn het resultaat van logistische regressies op de presence-absence data over alle jaren (2010 tot en met 2024). Voor de visualisatie zijn de observaties gegroepeerd op basis van de mediane korrelgrootte in 10 klassen van gelijk aantal locaties. De range van deze klassen is aangegeven door de horizontale lijnen en de gemiddelde mediane korrelgrootte van de klassen is aangegeven met het bolletje. In de figuur is te zien dat de kans op voorkomen van de kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*) afneemt met de mediane korrelgrootte terwijl de kans op voorkomen van de stevige strandschelp (*Spisula solida*) juist toeneemt met een toenemende korrelgrootte.

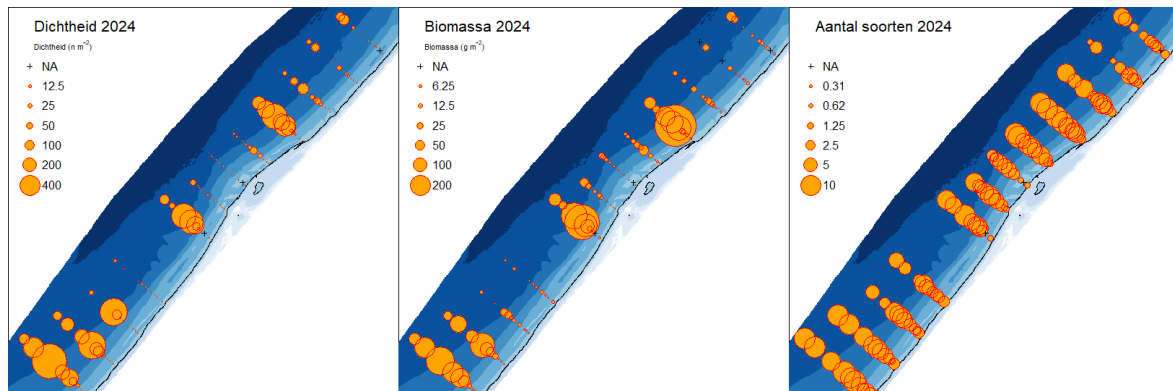


Figuur 34: Logistische regressies van twee kenmerkende soorten over alle jaren (2010 tot en met 2024). Voor de visualisatie zijn de observaties gegroepeerd in 10 klassen

3.2.4 Ruimtelijke verspreiding

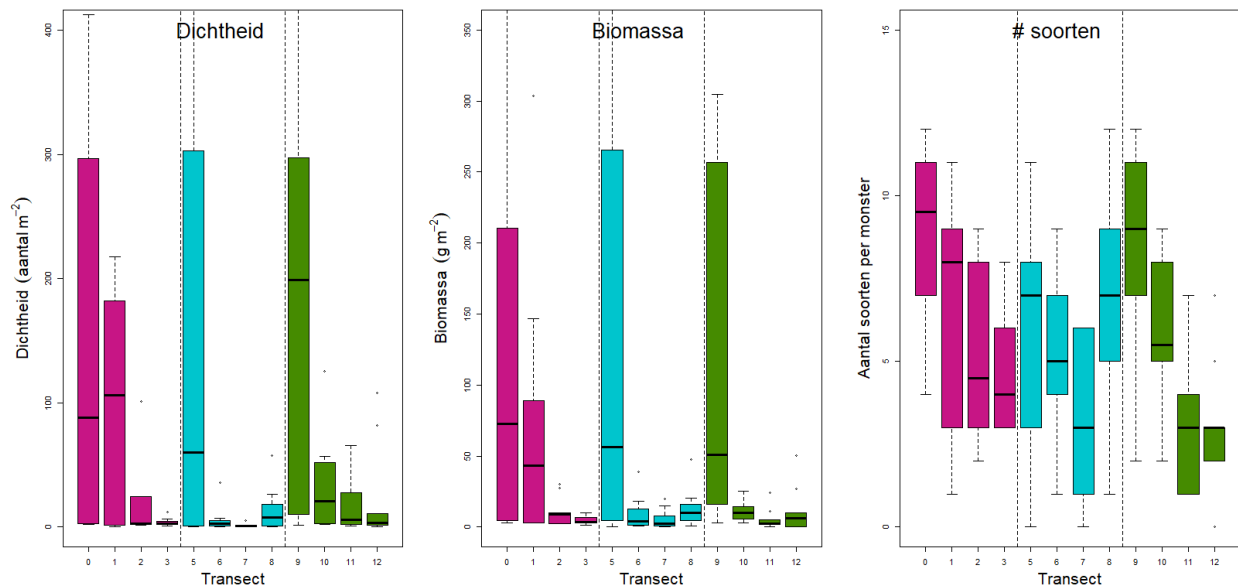
In Figuur 35 is de ruimtelijke verspreiding van de dichtheid, biomassa en het aantal soorten per monster voor het jaar 2024 weergegeven. De figuur laat zien dat over het algemeen de ondiepe delen langs het

strand relatief arm aan bodemdieren zijn. De dichtheden en biomassa's nemen toe met de diepte. De hoogste biomassa's zijn aangetroffen iets ten zuiden en ten noorden van de Zandmotor (transecten 5 en 9). Ook de transecten 0 en 1 in het zuiden zijn relatief rijk aan bodemdieren. De dichtheden en biomassa's op de kop van de Zandmotor (transecten 6, 7 en 8) zijn relatief laag.



Figuur 35: Verspreidingskaart van de totale dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g versgewicht m^{-2}) en aantal soorten per locatie in de schaafebemonstering in 2024. Bij de biomassa zijn *Ensis* spp., otterschelpen, strandgapers, zeeklitten en heremietkreeften niet meegenomen. De plusjes geven aan dat er geen levende dieren op betreffende locaties zijn aangetroffen.

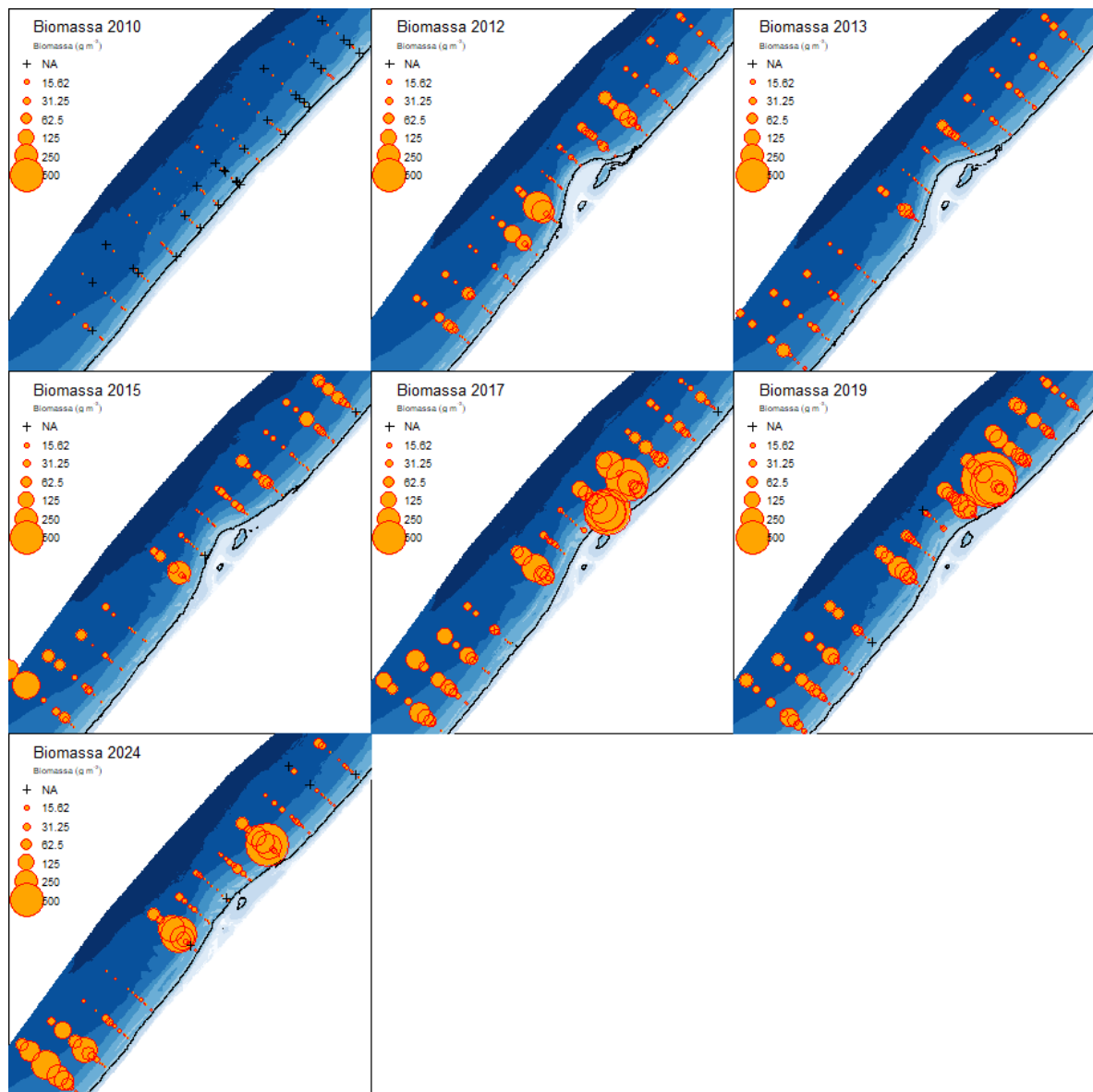
In Figuur 36 is de spreiding in dichtheden, biomassa en aantal soorten weergegeven voor de verschillende transecten. De kleuren geven de verschillende deelgebieden weer. Ook in deze figuur is te zien dat er veel bodemdieren zijn aangetroffen in de transecten 0 en 1 (in het zuiden) en de transecten 5 en 9, net ten zuiden en ten noorden van de Zandmotor. De transecten 6, 7 en 8, op de kop van de Zandmotor, zijn relatief arm, zowel wat betreft dichtheid en biomassa en het aantal soorten.



Figuur 36: Boxplots van de dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g versgewicht m^{-2}) en het aantal soorten per locatie in 2024 over de verschillende transecten van de meest zuidelijke (transect 0) naar het meest noordelijke (transect 12). De verticale stippellijnen geven de scheiding tussen de verschillende deelgebieden. Bij de biomassa zijn *Ensis* spp., otterschelpen, strandgapers, zeeklitten en heremietkreeften niet meegenomen.

In Figuur 37 is zijn de ruimtelijke plaatjes van de biomassa in de bodemschaaf over alle jaren weergegeven. In de figuur is duidelijk te zien dat 2010 een relatief arm jaar was qua biomassa. In de jaren na de aanleg van de Zandmotor is te zien dat er vaak relatief hoge biomassa's zijn aangetroffen op de transecten aan de

noordzijde (transecten 8 en 8), en aan de zuidzijde (transecten 4 en 5) van de Zandmotor. In 2024 zijn er ook relatief hoge biomassa's opgetreden op de transecten 0 en 1.



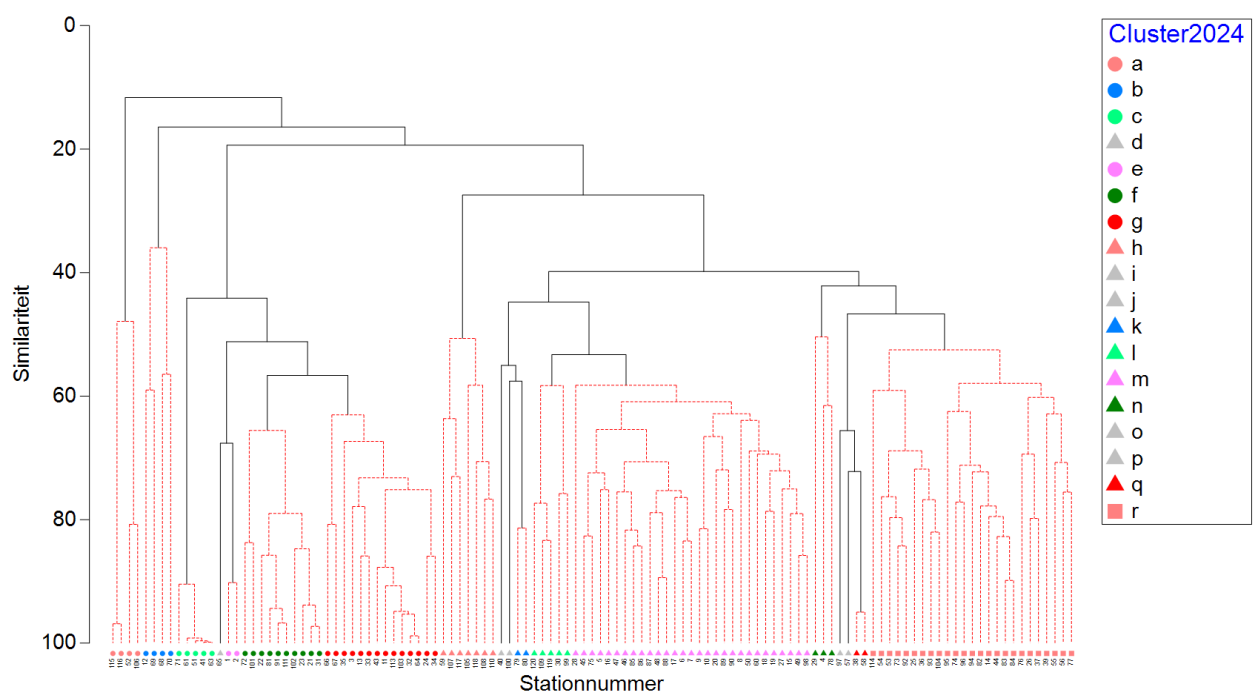
Figuur 37: Verspreidingskaarten totale biomassa bodemdieren in de schaaf (g versgewicht m^{-2}) voor de jaren 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024. Bij de biomassa zijn *Ensis* spp., otterschelpen, strandgapers, zeeklitten en heremietkreeften niet meegenomen.

In Bijlage 5 is de verspreiding (dichtheid) van een aantal dominante soorten voor de jaren 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024 weergegeven. *Ensis* spp. was vooral in de jaren 2012 en 2013 in hoge dichtheden zijn aangetroffen, en is ook weer in 2024 een zeer dominant taxon (Figuur 80). De meeste *Ensis* spp. zijn in 2024 aangetroffen in de zuidelijke transecten (0, 1 en 2) en ten noorden en zuiden van de Zandmotor (transecten 5 en 9). De stevige strandschelp (*Spisula solida*) is in voorgaande jaren voornamelijk aangetroffen in de relatief grove sedimenten van de noordelijke transecten (transecten 10, 11 en 23) op een diepte van meer dan 5 meter beneden NAP. In 2024 is de soort maar beperkt aangetroffen maar wel weer op de meest noordelijke transecten (Figuur 86). De halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) is in de jaren 2017, 2019 en 2024 in grote dichtheden aangetroffen, vooral net ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor (transecten 5 en 9) en in het zuiden (transecten 0 en 1, Figuur 87). Het zaagje (*Donax vittatus*) was in de jaren 2017 en 2019 dominant, maar is in 2024 maar beperkt aangetroffen, voornamelijk op een diepte tussen 5 en 8 meter NAP, net als in de jaren 2017 en 2019 (Figuur 79). De verspreiding van het nonnetje (*Macoma balthica*, Figuur 83) vertoont veel overeenkomsten met de verspreiding van het zaagje, maar was in 2024 talrijker dan het zaagje. De breedpootkrab (*Portumnus latipes*) is een karakteristieke soort

voor de ondiepe brandingszone (Figuur 85). Op de dynamische kop van de Zandmotor (transecten 6, 7 en 8) komt de soort tot op grotere diepten voor dan op de andere transecten.

3.2.5 Gemeenschapsanalyses

In Figuur 38 is het resultaat van de clusteranalyse weergegeven voor de data (dichtheid) van de bodemschaaf uit 2024. 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. Met behulp van een SIMPER analyse is vervolgens onderzocht welke soorten onderscheidend zijn voor de clusters. In Figuur 38 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 weer.

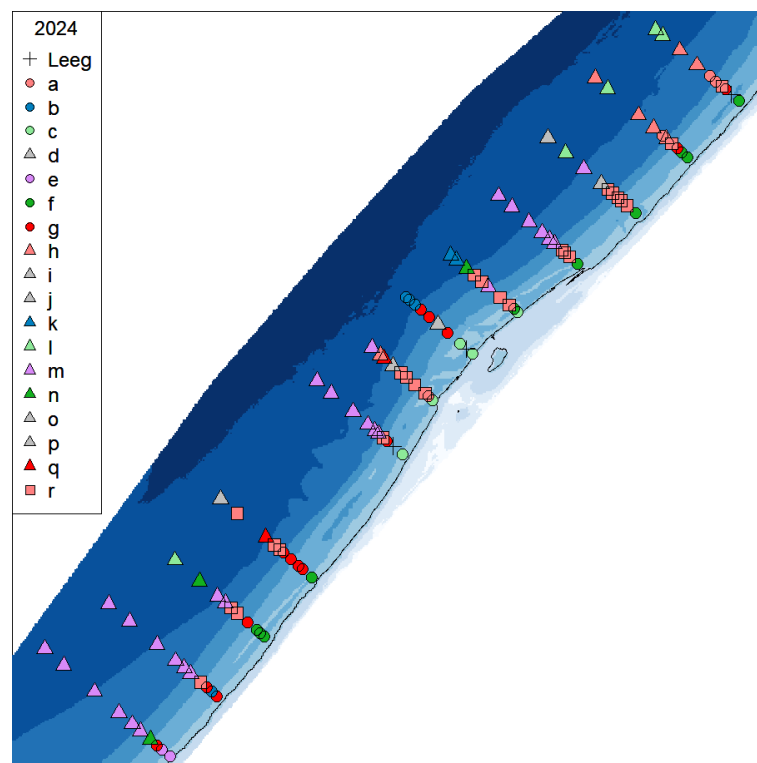


Figuur 38: Clusterdiagram van bodemdieren in de bodemschaaf in 2024. De zwarte lijnen geven de significante clusters (Simprof test, $p<0.05$).

De clusteranalyse op basis van de data van de bodemschaaf in 2024 heeft geresulteerd in 18 significante clusters, waarvan vijf clusters (d, i, j, o en p) bestonden uit slechts één locatie (respectievelijk 2024_65, 2024_40, 2024_100, 2024_97 en 2024_57). De clusters a (4 locaties), f (10 locaties) g (14 locaties), c (4 locaties), r (25 locaties) en e (2 locaties) liggen allemaal in de ondiepe zone (Figuur 39), waarbij de locaties uit de clusters a en g met iets dieper liggen dan de locaties uit clusters c, f en e. De clusters worden gekarakteriseerd door de aanwezigheid van de breedpootkrab (*Portumnus latipes*) en de kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*). In cluster a in de noordelijke transecten zijn ook nonnetjes (*Macoma balthica*) aangetroffen en in cluster e in het zuiden zijn ook halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*) en zaagjes (*Donax vittatus*) aanwezig. In het ondiepere cluster f worden meer strandkrabben (*Carcinus maenas*) aangetroffen terwijl in de iets diepere clusters (g en r) meer gewone zwemkrabben (*Polydora holsatus*), *Ensis* spp en halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*) zijn aangetroffen.

De locaties van clusters m (29 locaties), h (7 locaties) en l (5 locaties) liggen in de diepere delen van het onderzoeksgebied, waarbij de locaties van cluster h en l voornamelijk gelegen zijn op de noordelijke transecten. Cluster m bevindt zich op de transecten met de grootste dichtheden en biomassa, de drie meest zuidelijke transecten (transecten 0, 1 en 2) en de transecten net ten zuiden (transect 5) en ten noorden (transect 9) van de Zandmotor. Het cluster wordt gekenmerkt door de relatief hoge dichtheden van *Ensis* spp en halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*). Het cluster onderscheidt zich van clusters h en l door de

hogere abundantie van nonnetjes (*Macoma balthica*) en rechtsgestrepte plaatschelp (*Fabulina fabula*), venusschelp (*Chamelea striatula*) en de grofgeribde fuikhoren (*Tritia nitida*). Op de iets ondiepere locaties van cluster h komen nog minder venusschelpen en gewone slangsteren (*Ophiura ophiura*) voor dan op de diepere locaties van cluster l.



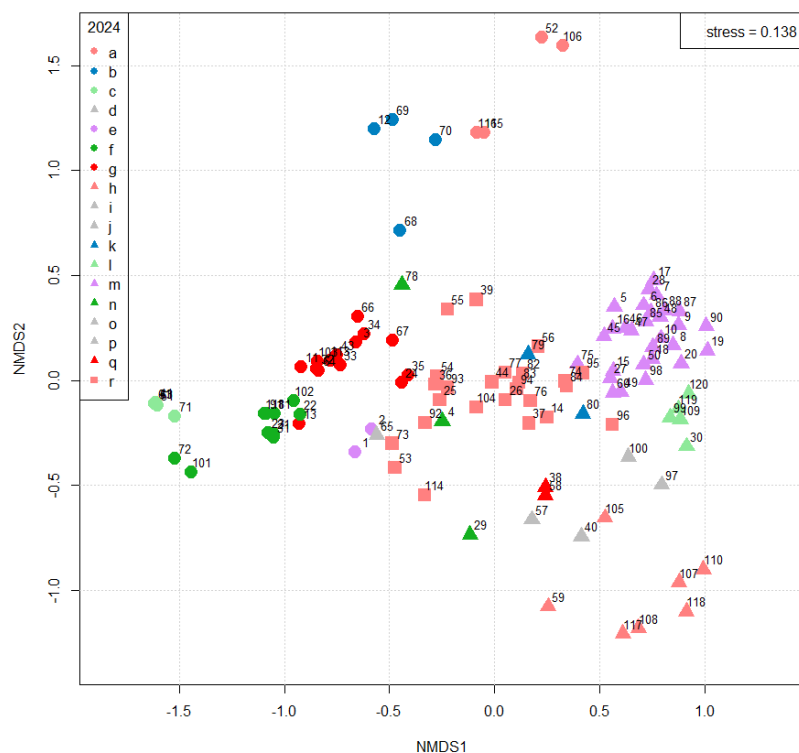
Figuur 39: Ruimtelijke verspreiding van de clusters uit de bodemschaaf in 2024.

Dezelfde clusteranalyse is tevens uitgevoerd voor de jaren 2010, 2012, 2013, 2015, 2017 en 2019 afzonderlijk. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in Bijlage 6, Figuur 88 tot en met Figuur 93. De (ruimtelijke) patronen die zijn gevonden in 2024 komen overeen met de patronen die zijn gevonden in voorgaande jaren na aanleg van de Zandmotor. Het patroon in 2010 echter was wel afwijkend. Ten eerste zijn er in 2010 slechts 4 clusters aangetroffen, wat wijst op een mindere ruimtelijke variatie in bodemdiergemeenschappen. Ook in 2010 was er, naast de diepte gradiënt in de clusters (cluster a in de ondiepe zone langs het strand) een kustlangse gradiënt. Zo namen de clusters b en d af, en het cluster e toe gaande van transect 1 naar transect 12 (Figuur 88).

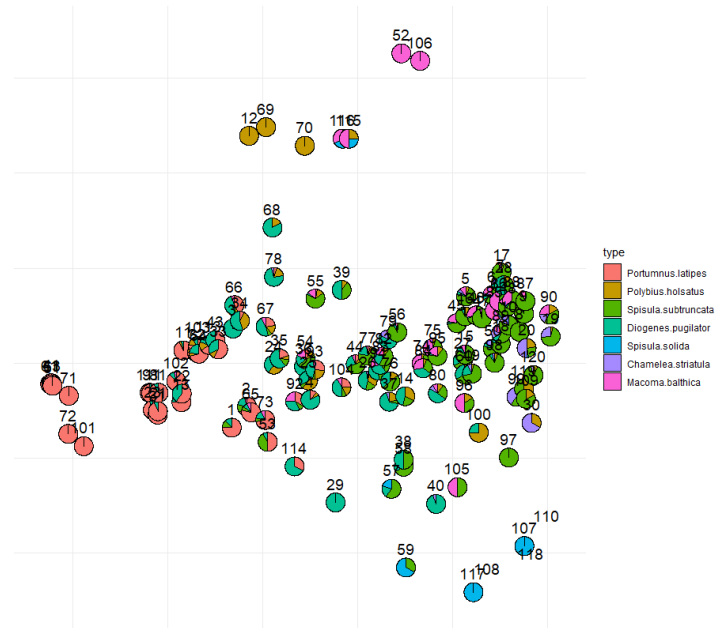
In Figuur 40 is de nMDS-plot van de data van de bodemschaaf uit 2024 weergegeven. De markers geven de clusters uit de clusteranalyse (Figuur 38) weer. In de figuur is duidelijk te zien dat de relatief ondiepe locaties van de clusters c, f, en e zich ook op de nMDS duidelijk onderscheiden van de overige clusters met een lage waarde op de horizontale nMDS-as. Ook cluster g, dat iets dieper ligt, voornamelijk op de kop en ten zuiden van de Zandmotor heeft relatief lage waarden op de horizontale nMDS-as. Clusters a, g en r zijn overgangsklusters naar de dieper gelegen clusters l, m en h die een hogere waarde op de horizontale nMDS-as hebben. De locaties van cluster a hebben een hogere waarde op de verticale nMDS-as dan de locaties van clusters g en r, die ook relatief ondiep liggen. De locaties van de dieper gelegen clusters (m, l en h) hebben een hogere waarde op de horizontale nMDS-as, waarbij de clusters zich weer van elkaar onderscheiden op de verticale nMDS-as. Het cluster h, met de relatief grove sedimenten in het noorden van het onderzoeksgebied heeft een lagere waarde op de verticale nMDS-as.

In Figuur 41 zijn de markers van de nMDS vervangen door taartdiagrammen voor een aantal kenmerkende soorten voor de verschillende clusters zoals de breedpootkrab (*Portumnus latipes*), gewone zwemkrab (*Polydora holsatus*), halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*), kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*), de stevige strandschelp (*Spisula solida*), de venusschelp (*Chamelea striatula*) en het nonnetje (*Macoma balthica*). Deze figuur laat een duidelijke overgang zien van talrijk voorkomende breedpootkrabben (*Portumnus latipes*) op de ondiepste locaties via kleine heremietkreeften (*Diogenes pugilator*) naar

halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*) op de diepste locaties. Ook is in de diepere zones het gebied met de grove sedimenten van cluster h duidelijk zichtbaar met de aanwezigheid van stevige strandschelpen (*Spisula solida*). Ook is het onderscheid tussen cluster a (voorkomen van nonnetjes, *Macoma balthica*) en b (voorkomen van gewone zwemkrabben, *Polybius holsatus*) duidelijk terug te zien.

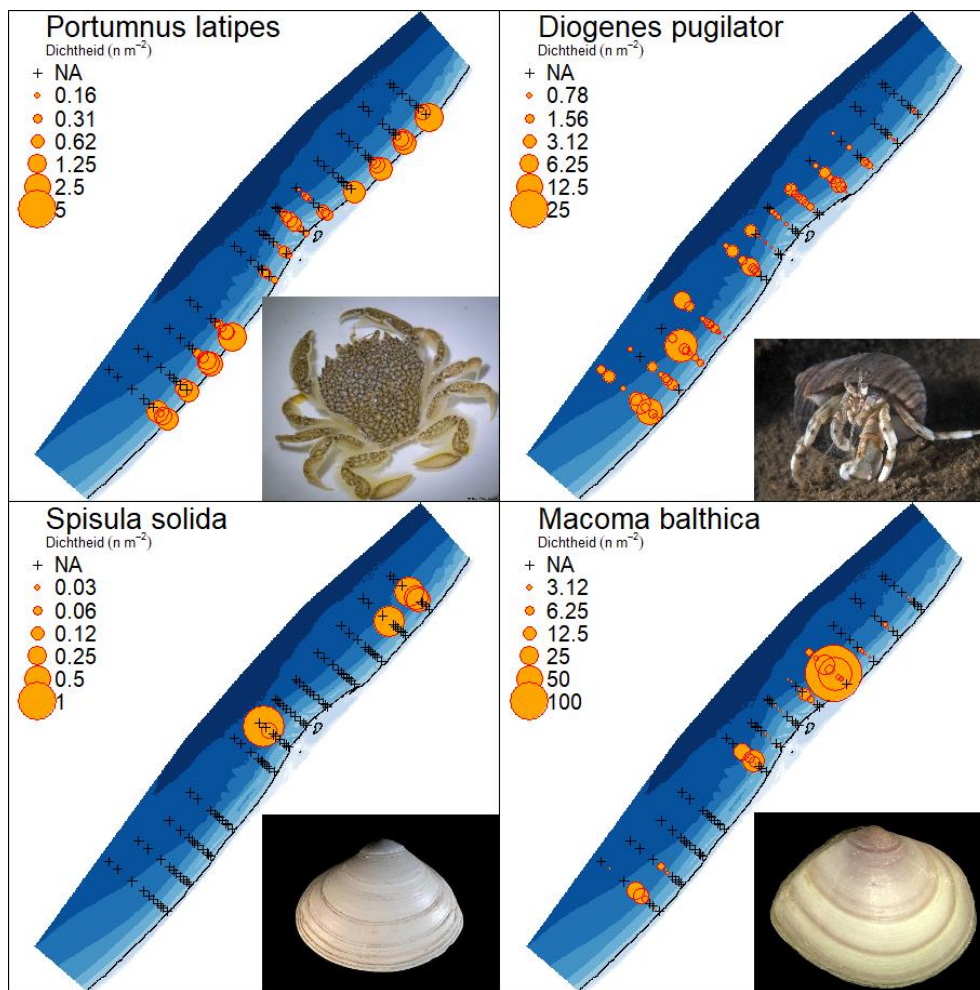


Figuur 40: nMDS-plot van de gegevens van de bodemschaaf in 2024. De labels geven de nummers van de bemonsteringslocaties weer. De kleur van de markers geven de clusters uit de clusteranalyse Figuur 38.



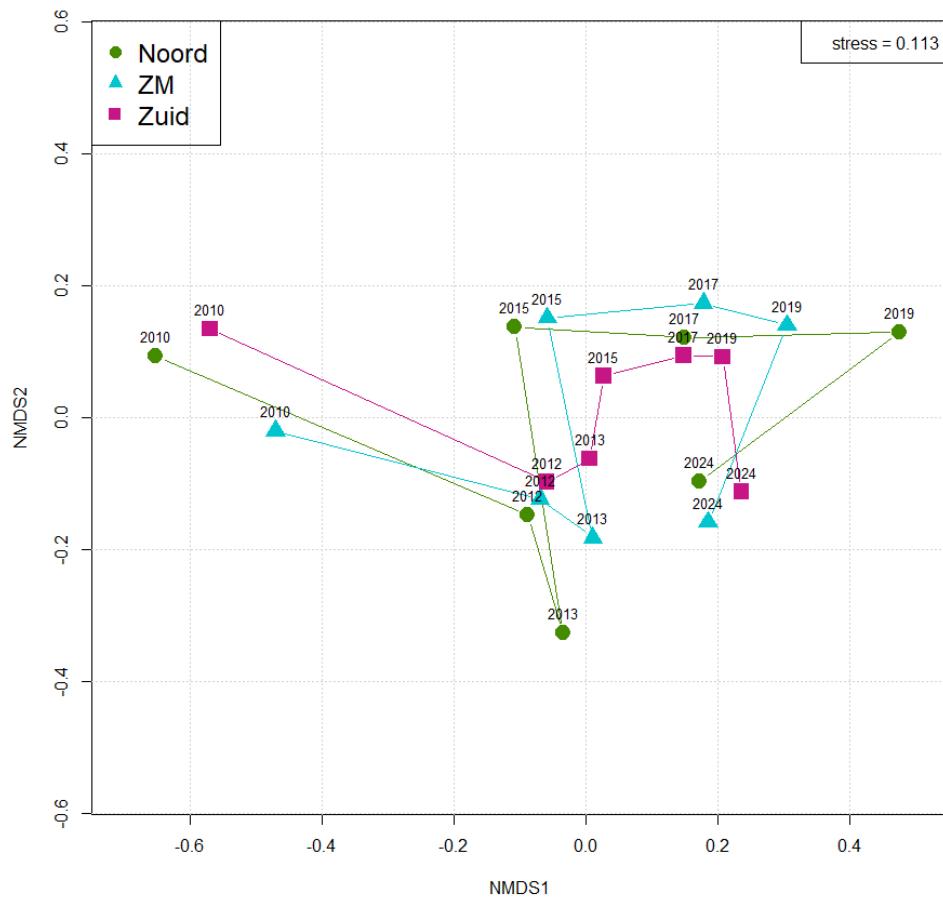
Figuur 41: nMDS-plot van de gegevens van de bodemschaaf in 2024 (zie ook Figuur 40). Voor iedere locatie is de relatieve dichtheid van een aantal karakteristieke soorten weergegeven met pie-charts. De labels geven de nummers van de bemonsteringslocaties weer.

In Figuur 42 ten slotte is de verspreiding van de dichtheden van deze soorten over het gebied rond de Zandmotor weergegeven.



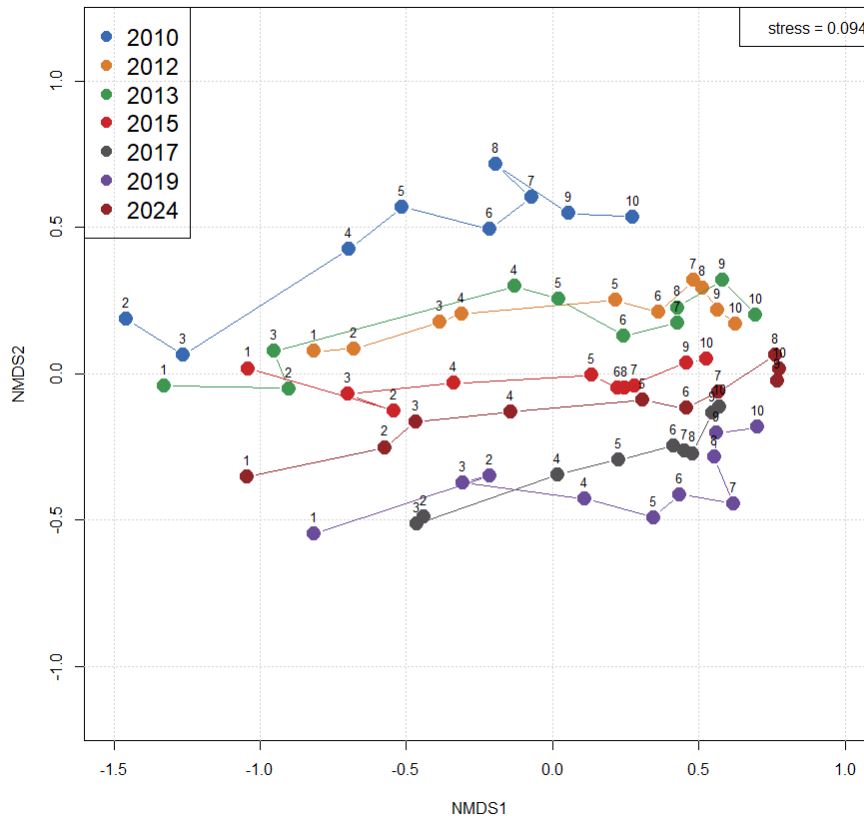
Figuur 42: Verspreiding van de dichtheden van de breepootkrab (*Portumnus latipes*), kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*), halfgeknotte strandschelp (*Spisula solidus*) en het nonnetje (*Macoma balthica*) uit de schaaftbemonstering van 2024.

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 43) en per jaar en dieptestratum (Figuur 44, Tabel 1). Voor alle gebieden is er een vergelijkbaar patroon over de tijd (2010 naar 2024). 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. De verschillen tussen 2017 en 2019 zijn niet zo groot voor de deelgebieden Zandmotor en Zuid. In 2024 is de bodemdiergemeenschap weer meer gaan lijken op de bodemdiergemeenschap die is aangetroffen in de jaren 2012 en 2013. In het deelgebied noord is de bodemdiergemeenschap in 2019 wel anders dan in 2017. 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 na de aanleg van de Zandmotor ziet er anders uit dan 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 nog steeds 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 43: nMDS-plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap over de tijd voor de drie verschillende deelgebieden (Zuid, Zandmotor en Noord). De afstand tussen de markers is een maat voor de dissimilariteit in de bodemdiersamenstelling.

In Figuur 44 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 ondiepe locaties 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 2019. In 2024 lijkt de bodemdiergemeenschap weer meer op de bodemdiergemeenschap uit 2015. Ook uit deze figuur blijkt dat de bodemdiergemeenschap zich nog steeds aan het ontwikkelen is en niet terug is in de situatie van 2010.

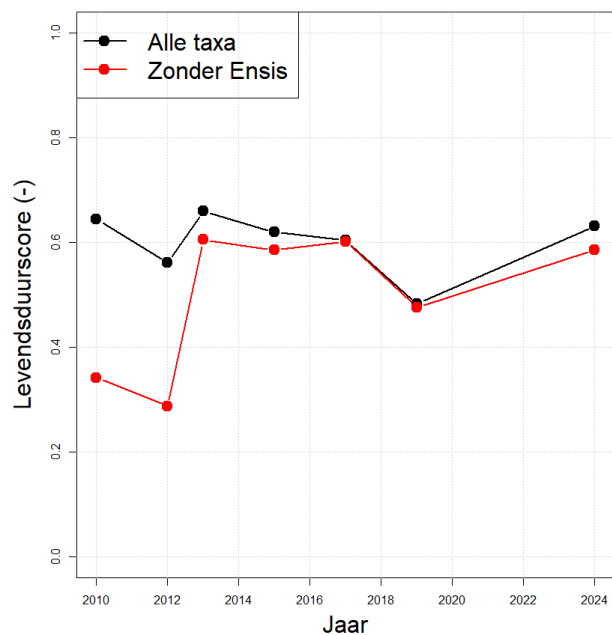


Figuur 44: nMDS-plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap als functie van de diepteklasse (zie Tabel 1) voor de verschillende jaren. De afstand tussen de markers is een maat voor de dissimilariteit in de bodemdiersamenstelling.

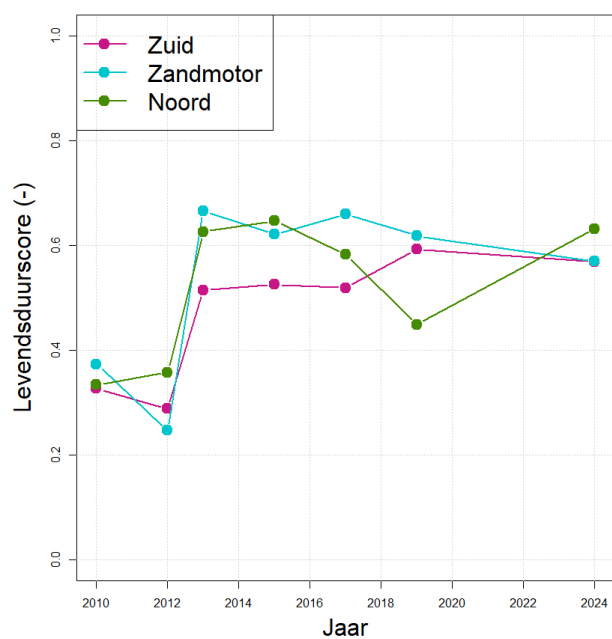
3.2.6 Ontwikkeling langer levende soorten

Van 12 van de 45 aangetroffen taxa kon geen levensduurklasse worden bepaald op basis van de gebruikte databases. Dit waren de volgende taxa: *Acanthocardia echinata*, *Atelecyclus undecimdentatus*, *Macropodia* spp., *Pinnotheres pisum*, *Polybius depurator*, *Polybius holsatus*, *Polybius marmoreus*, *Polybius navigator*, *Ruditapes philippinarum*, *Thia scutellata* en *Tritia nitida*. Van de overige taxa was wel één of meer inschatting van de levensduurklasse beschikbaar (Beauchard et al., 2021, Meijer et al., 2023).

In Figuur 45 is te zien dat de gemiddelde levensduurscore van alle soorten bij elkaar uit de bemonstering met de schaaft niet sterk veranderd. De laagste gemiddelde levensduurscore was in 2019 en de hoogste in 2013. Als de mesheften (*Ensis* spp.) niet worden meegenomen in de analyse valt het op dat de gemiddelde levensduurscore in 2010 en 2012 aanzienlijk lager is dan in de jaren na 2012. Dit patroon geldt voor alle deelgebieden (Figuur 46). Soorten met een levensduurscore van 1, die ook regelmatig in de monsters zijn aangetroffen, zijn de stevige strandschelp (*Spisula solida*), de gewone venusschelp (*Chamelea striatula*) en de otterschelp (*Lutraria lutraria*). Dominante taxa met een relatief hoge levensduurscore zijn mesheften (*Ensis* spp.), het nonnetje (*Macoma balthica*), halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) en het zaagje (*Donax vittatus*). Veelvoorkomende soorten met een relatief korte levensduur zijn de kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*), de witte dunschaal (*Abra alba*) en de breedpootkrab (*Portumnus latipes*).



Figuur 45: Ontwikkeling van de gemiddelde levensduurscore over de tijd van alle bodemdiersoorten in de schaaf (zwarte lijn) en de soorten zonder *Ensis* spp. (rode lijn).

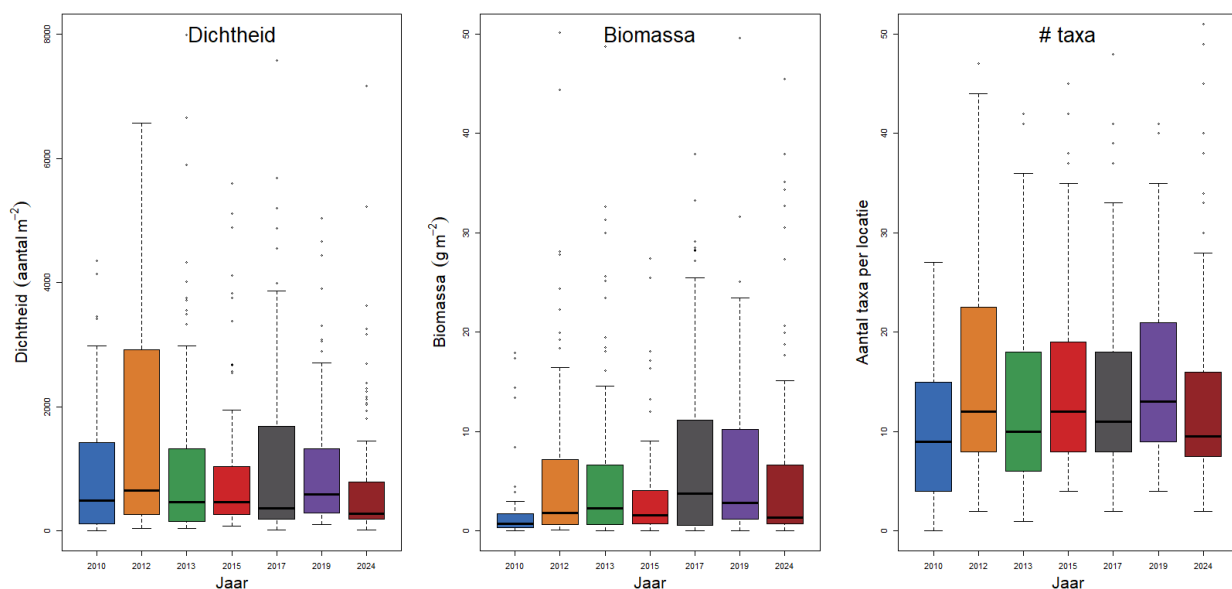


Figuur 46: Ontwikkeling van de gemiddelde levensduur score de bodemdiersoorten (exclusief *Ensis* spp.) in de schaaf voor de deelgebieden Zuid, Zandmotor en Noord.

3.3 Van Veen bemonstering

3.3.1 Overzicht

In totaal zijn er in 2024 120 locaties bemonsterd met de Van Veen-happer. De gemiddelde totale dichtheid aan bodemdieren in 2024 was 790 individuen m^{-2} (st. dev. 1 300 individuen m^{-2}) en is de laagste dichtheid die in alle jaren is waargenomen. De hoogste gemiddelde dichtheid (2 164 individuen m^{-2}) aan bodemdieren is in 2012 aangetroffen. In de jaren 2017 en 2019 was de gemiddelde dichtheid aan bodemdieren respectievelijk 1 029 ind. m^{-2} en 1 711 ind. m^{-2} (Figuur 47). De hoogste dichtheid in 2024 (9 190 individuen m^{-2}) is aangetroffen op locatie 2024_019 en bestaat voornamelijk uit de borstelwormen *Owenia* spp. (1 970 individuen m^{-2}), *Notomastus latericeus* (1 010 individuen m^{-2}), *Magelona johnstoni* (660 individuen m^{-2}) en de schelpkokerworm *Lanice conchilega* (520 individuen m^{-2}). De gemiddelde biomassa in 2024 was 8.06 g AFDW m^{-2} (st. dev. 24.69 g AFDW m^{-2}). De taxa *Ensis* spp., strandgapers (*Mya arenaria*) en gewone otterschelp (*Lutraria lutraria*) zijn daarbij niet meegerekend omdat vaak alleen de siphonen van deze soorten wordt aangetroffen in de monsters. De gemiddelde biomassa in 2024 was vergelijkbaar met 2019 (8.71 g AFDW m^{-2}). De hoogste gemiddelde biomassa is aangetroffen in 2017 (15.13 g AFDW m^{-2}). De maximale biomassa in 2024 is aangetroffen op locatie 2024_047 (249 g AFDW m^{-2}). Gemiddeld zijn er 13.1 taxa per locatie aangetroffen. Dit is in lijn met het gemiddeld aantal taxa in voorgaande jaren (2012-2019) en meer dan in 2010 (gemiddeld 9.6 taxa per locatie).



Figuur 47: Boxplots van de dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g AFDW m^{-2}) en het aantal soorten per locatie over de jaren 2010 tot en met 2024 voor de Van Veen bemonstering. Bij de biomassa zijn *Ensis* spp., *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* niet meegenomen. De y-assen van de dichtheid en biomassa zijn afgekapt bij respectievelijk 8000 individuen m^{-2} en 50 g AFDW m^{-2} .

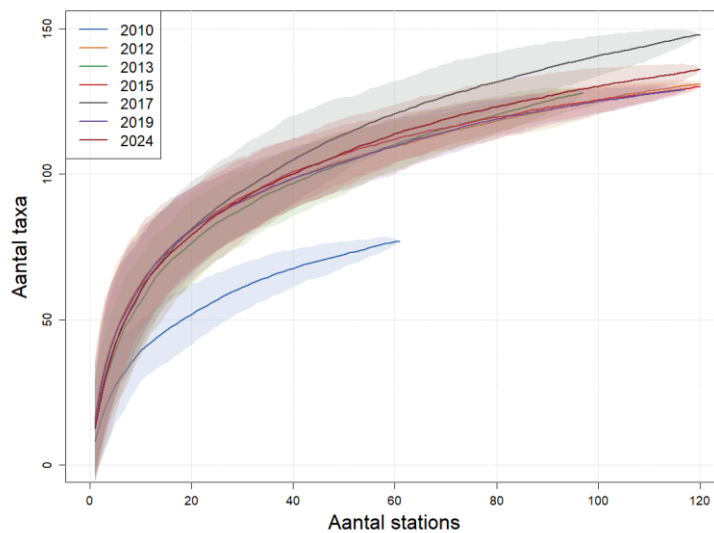
In totaal zijn er in 2024 143 taxa aangetroffen in de Van Veen monsters. 35 van deze taxa zijn slechts op 1 locatie aangetroffen. 71 van de taxa zijn in 2024 op 5 of meer locaties aangetroffen. In totaal zijn er over alle jaren 253 verschillende taxa aangetroffen in het onderzoeksgebied. Net als in voorgaande jaren waren de meest voorkomende borstelwormen *Nephtys cirrosa*, *Spiophanes bombyx* en *Spio* spp (Figuur 48). Verder zijn soorten als de zeekomma (*Diastylis bradyi*), *Owenia* spp, de aasgarnaal *Schistomysis kervillei*, het vlokreeftje (*Urothoe poseidonis*), de steeloogaasgarnaal (*Mesopodopsis slabberi*) en de gewone slangster (*Ophiura ophiura*) in 2024 vaker aangetroffen dan gemiddeld. Taxa als *Eteone* spp., zandzagers (*Nephtys* spp.), het zaagje (*Donax vittatus*) en gestippelde dieseltreinworm (*Phyllodoce mucosa*) daarentegen zijn juist minder vaak aangetroffen dan gemiddeld.

	2010	2012	2013	2015	2017	2019	2024	Totaal
Nephtys cirrosa	69.4	69.2	66.0	68.3	78.3	66.7	83.3	72.0
Spiophanes bombyx	38.7	64.2	54.6	55.8	46.7	65.8	55.0	55.6
Spio	53.2	61.7	40.2	65.0	44.2	48.7	50.8	52.2
Magelona johnstoni	53.2	49.2	23.7	46.7	55.0	47.9	35.8	44.4
Ensis	71.0	69.2	71.1	34.2	22.5	23.9	33.3	43.9
Nephtys hombergii	27.4	43.3	53.6	32.5	34.2	58.1	30.0	40.3
Capitella	50.0	45.0	22.7	29.2	34.2	47.9	42.5	38.4
Spisula subtruncata	14.5	29.2	30.9	31.7	39.2	39.3	34.2	32.5
Nemertea	27.4	45.8	19.6	28.3	27.5	39.3	32.5	32.1
Scolecipis (Scolecipis) squamata	38.7	30.8	18.6	40.8	35.8	34.2	28.7	32.1
Fabulina fabula	8.1	27.5	28.9	42.5	36.7	36.5	22.5	30.8
Lanice conchilega	25.8	34.2	36.1	35.8	17.5	31.6	25.0	29.8
Diogenes pugilator	35.5	32.5	13.4	38.3	35.0	25.6	23.3	29.1
Scoloplos armiger	25.8	37.5	42.3	32.5	25.8	15.4	10.0	26.7
Macoma balthica	1.6	28.3	15.5	37.5	30.0	43.6	15.0	26.5
Diastylis bradyi	11.3	18.3	38.1	22.5	25.8	23.9	38.7	25.9
Abra alba	17.7	36.7	23.7	22.5	24.2	33.3	15.0	25.3
Eteone	27.4	44.2	8.2	43.3	27.5	20.5	3.3	25.3
Hydrozoa	0.0	0.0	28.9	11.7	57.5	37.8	28.3	25.0
Nephtys	16.1	54.2	41.2	40.8	9.2	8.5	0.0	24.5
Gastrosaccus spinifer	1.6	21.7	5.2	54.2	30.0	27.4	13.3	23.9
Magelona mirabilis	33.9	20.8	26.8	44.2	25.0	12.8	7.5	23.7
Paraonis fulgens	11.3	8.3	3.1	16.7	31.7	41.0	26.7	20.9
Donax vittatus	0.0	13.3	4.1	13.3	53.3	43.6	3.3	20.5
Kurtiella bidentata	12.9	14.2	21.6	29.2	22.5	29.9	9.2	20.4
Phyllodoce mucosa	48.4	31.7	14.4	20.0	16.7	12.0	4.2	19.2
Bathyporeia elegans	3.2	25.8	2.1	25.0	21.7	32.5	9.2	18.5
Owenia	3.2	14.2	27.8	17.5	13.3	17.1	25.0	17.6
Crangon crangon	16.1	22.5	11.3	11.7	22.5	13.7	19.2	16.9
Schistomysis kervillei	1.6	10.0	2.1	11.7	10.0	34.2	35.0	16.3
Portunus latipes	3.2	35.0	12.4	14.2	6.7	22.2	8.3	15.5
Caprellidae	0.0	10.0	16.5	11.7	17.5	23.1	20.0	15.1
Nototropis falcatus	6.5	16.7	17.5	19.2	16.7	13.7	7.5	14.4
Urothoe poseidonis	8.1	8.3	10.3	10.0	11.7	23.1	20.0	13.5
Lagis koreni	4.8	23.3	7.2	9.2	11.7	18.8	13.3	13.4
Notomastus latericeus	19.4	10.8	12.4	18.3	7.5	7.7	17.5	13.0
Haustorium arenarius	4.8	13.3	5.2	17.5	19.2	14.5	10.0	12.8
Malmgrenia darbouxi	4.8	5.8	22.7	6.7	18.3	11.1	13.3	12.0
Leucothoe incisa	1.6	16.7	10.3	5.0	18.3	12.0	13.3	11.8
Oligochaeta	3.2	4.2	16.5	8.3	14.2	17.9	15.0	11.8
Eumida	4.8	25.8	12.4	10.8	6.7	7.7	9.2	11.5
Pontocrates altamarinus	6.5	10.8	1.0	18.3	11.7	10.3	7.5	9.9
Mesopodopsis slabberi	0.0	0.8	5.2	0.0	7.5	23.9	25.8	9.8
Glycera	4.8	11.7	7.2	7.5	13.3	12.8	7.5	9.7
Scolecipis bonnierii	8.1	25.0	6.2	7.5	4.2	4.3	9.2	9.4
Microphthalmus similis	19.4	11.7	13.4	11.7	0.8	6.8	5.0	9.0
Ophiura ophiura	0.0	1.7	7.2	0.8	12.5	16.8	16.7	8.9
Malmgrenia	3.2	21.7	14.4	1.7	1.7	12.0	3.3	8.5
Polybius holsatus	8.1	18.3	9.3	8.3	4.2	4.3	4.2	8.1
Ophiuroidea	4.8	16.7	7.2	7.5	5.0	9.4	1.7	7.7
Euspira nitida	1.6	5.8	44.3	2.5	0.8	0.9	0.8	7.5
Poecilochaetus serpens	0.0	17.5	0.0	11.7	7.5	7.7	1.7	7.3
Echinocardium cordatum	3.2	7.5	11.3	3.3	9.2	6.8	7.5	7.1
Megaluropus agilis	3.2	6.7	0.0	6.7	4.2	14.5	11.7	7.1
Pontocrates arenarius	0.0	19.2	3.1	7.5	8.3	1.7	5.8	7.1
Microprotopus maculatus	0.0	10.0	7.2	0.8	5.0	11.1	8.3	6.5
Decapoda	0.0	11.7	1.0	9.2	3.3	1.7	13.3	6.3
Nototropis swammerdami	4.8	15.8	2.1	15.0	2.5	0.0	0.0	6.0
Phyllodoce groenlandica	4.8	15.8	4.1	11.7	0.8	0.0	0.0	5.4
Nephtys caeca	4.8	1.7	8.2	5.8	4.2	4.3	8.3	5.3

Figuur 48: Kans op aantreffen (%) van de meest voorkomende taxa (>5% over alle jaren) in de Van Veen bemonstering. In 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024 zijn er respectievelijk 62, 120, 97, 120, 120, 117 en 120 locaties bemonsterd.

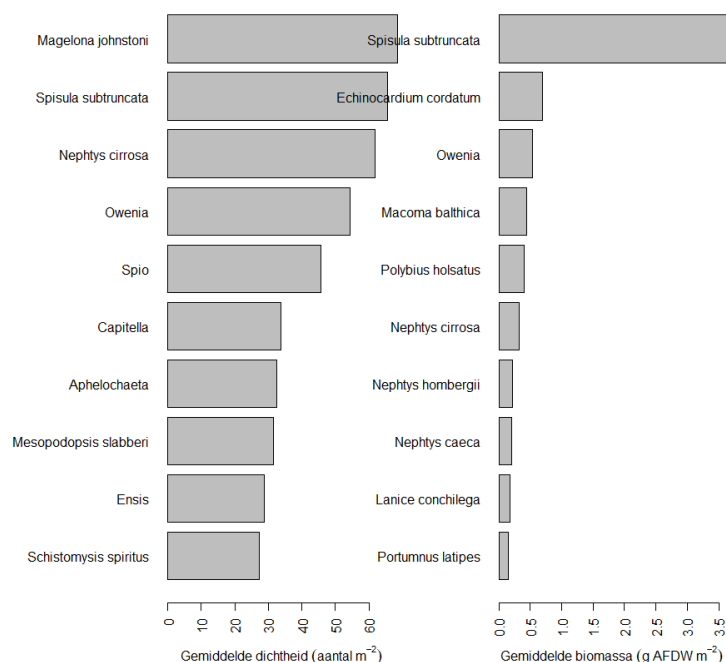
In Figuur 49 zijn de cumulatieve soortencurves weergegeven voor de verschillende jaren. In deze figuur is het totaal aantal taxa (y-as) uitgezet tegen het aantal monsters (x-as) en hiermee zijn deze lijnen een indicatie voor het totaal aantal taxa dat kan worden aangetroffen binnen het onderzoeksgebied. In de figuur is duidelijk te zien dat er minder taxa aanwezig waren in 2010 (voor de aanleg van de Zandmotor) dan in de overige jaren. Het totaal aantal taxa in 2010 is geschat (eerste orde Jackknife) op 100. In 2024 is het totaal aantal taxa geschat op 170. De meeste taxa (188) zijn geschat voor het jaar 2017. De verhouding tussen het geschatte totaal aantal taxa en het gemiddeld aantal taxa per locatie en het is een maat voor de variatie tussen de locaties en daarmee de ruimtelijke heterogeniteit in bodemdieren. Deze verhouding is het hoogst

in de jaren 2013 en 2017 (beide jaren 13.1) en het laagst in de jaren 2019 (9.9). In 2024 was deze verhouding 13.0.



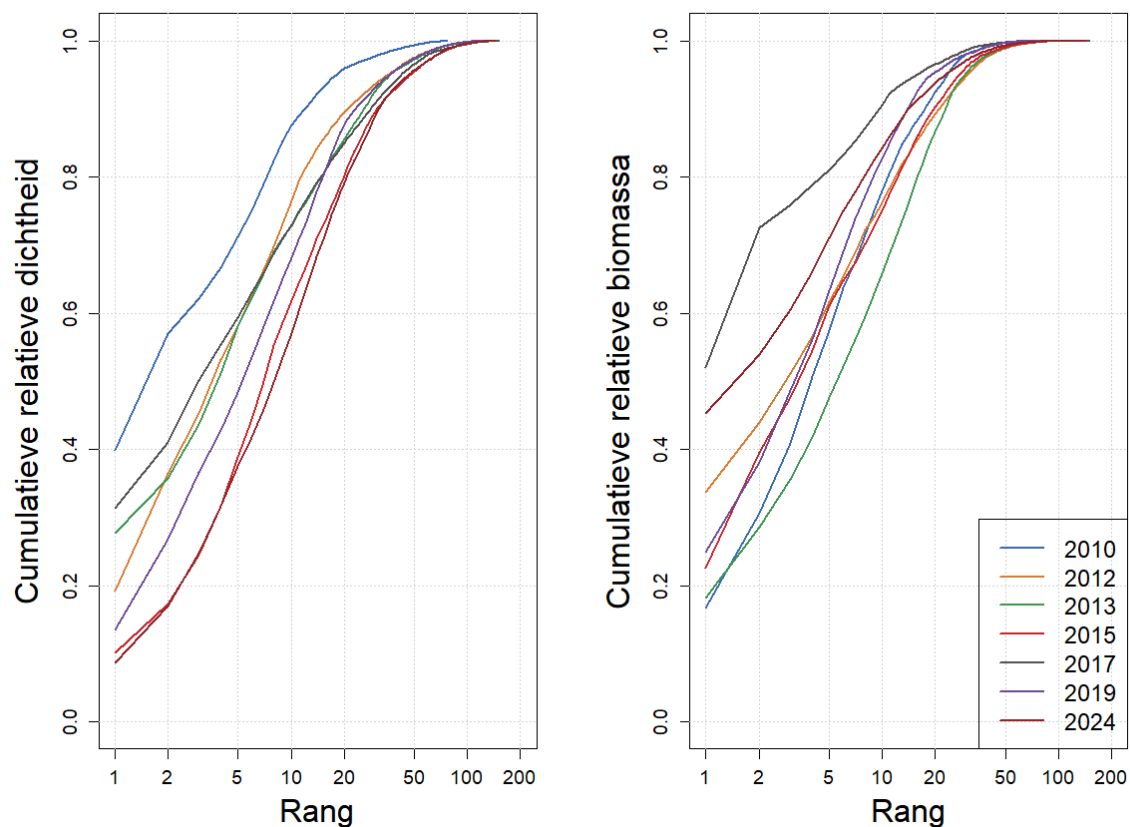
Figuur 49: Soorten-accumulatiecurves voor de verschillende jaren. Op de y-as staan het aantal taxa weergegeven als functie van het aantal monsters (x-as). De lijnen geven de gemiddelde waarde aan (eerste orde Jackknife), en de gekleurde band geeft de standaard deviatie aan.

De borstelwormen *Magelona johnstoni* en *Nephtys cirrosa* en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) waren in 2024 de meest dominante soorten op basis van de dichtheid (gemiddeld respectievelijk 68, 65 en 62 individuen m^{-2}) (Figuur 50). Opvallend is dat de Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*) (Craeymeersch et al., 2019), die in 2019 nog op 9.4% van de locaties was aangetroffen in 2024 volledig is verdwenen. De halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) was in 2024 de meest dominante soort op basis van biomassa (gemiddeld 3.65 g AFDW m^{-2}), gevolgd door de zeeklit (*Echinocardium cordatum*, 0.69 g AFDW m^{-2}).



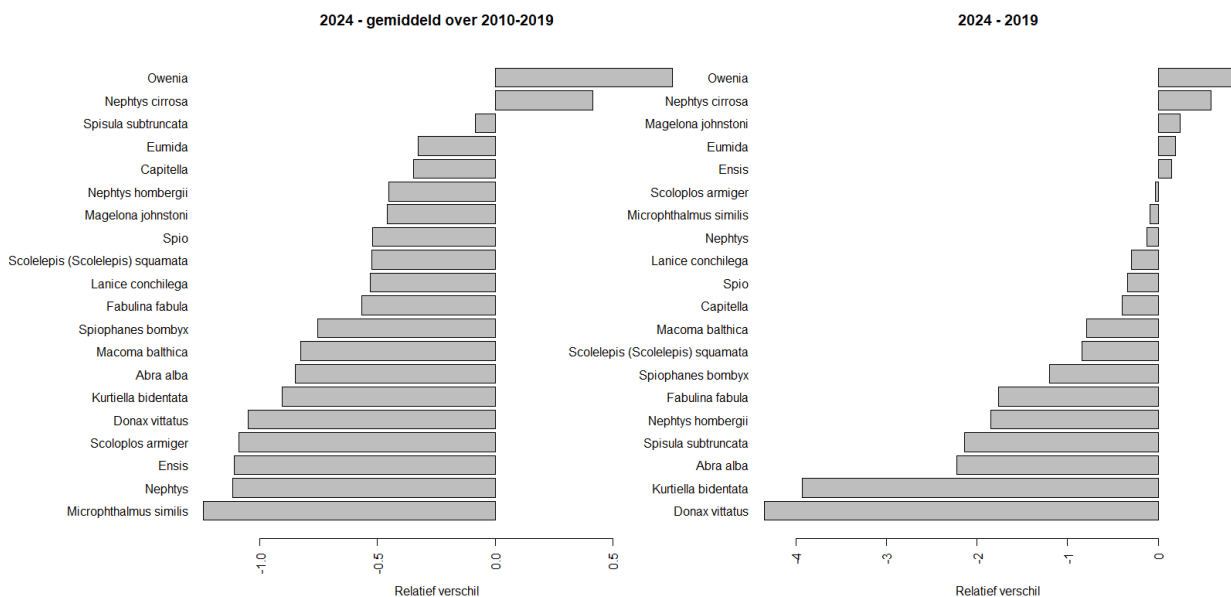
Figuur 50: Gemiddelde dichtheden en biomassa's van de 10 meest dominante taxa bij de bemonstering met de Van Veen-happer in 2024. De soorten *Diogenes pugilator*, *Pagurus bernhardus*, *Ensis* spp. en *Lutraria lutraria* zijn niet meegenomen bij de biomassa.

In Figuur 51 is te zien dat in de 2010 twee soorten (*Ensis* spp. en de borstelworm *Magelona johnstoni*) verantwoordelijk waren voor meer dan 50% van de totale dichtheid. In 2015 was dit meer verspreid en zijn er 7 soorten die samen 50% van de totale dichtheid bepalen. Wat betreft biomassa springt 2017 eruit en zijn er drie soorten schelpdieren, de halfgeknotte strandschelp, (*Spisula subtruncata*), het zaagje (*Donax vittatus*) en de rechtsgestreepte platschelp (*Fabulina fabula*) verantwoordelijk voor meer dan 75% van de totale biomassa. Let op dat in de figuur van de biomassa de soorten *Ensis* spp., *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* niet zijn meegenomen omdat van deze soorten vaak alleen de siphonen worden aangetroffen in de monsters.



Figuur 51: Cumulatieve relatieve dichtheid (links) en de cumulatieve relatieve biomassa (rechts) als functie van de rangorde voor de jaren 2010 tot en met 2024. De soorten *Ensis* spp., *Diogenes pugilator*, *Pagurus bernhardus*, *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* zijn niet meegenomen in de biomassa (rechter figuur).

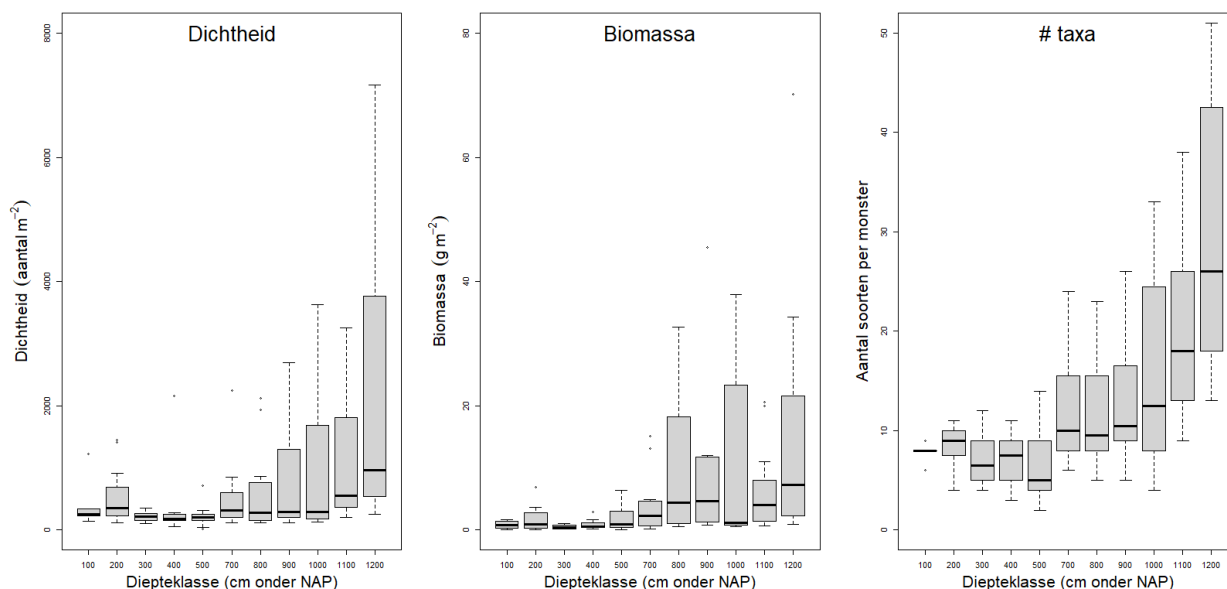
In Figuur 52 is te zien dat de dichtheden van de soorten *Owenia* spp. en de gewone zandzager (*Nephtys hombergii*) in 2024 hoger waren dan gemiddeld over de voorgaande jaren (periode 2010 – 2019). Soorten als *Ensis* spp. en de polychaet *Microphthalmus similis* kwamen daarentegen in relatief lage dichtheden voor in 2024. In vergelijking met 2019 is vooral de afname van het tweetandsschelpje (*Kurtiella bidentata*), zaagje (*Donax vittatus*), de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) en witte dunschaal (*Abra alba*) opvallend.



Figuur 52: *Relatieve veranderingen in de gemiddelde dichtheid van de 20 meest dominante soorten qua dichtheid in 2024. In de linker figuur is de gemiddelde dichtheid in 2024 vergeleken met de gemiddelde dichtheid over de periode 2010 – 2019. Het verschil in gemiddelde dichtheid tussen 2024 en 2019 is in de rechter figuur weergegeven. De verschillen zijn gewogen naar de gemiddelde dichtheid per soort over alle jaren*

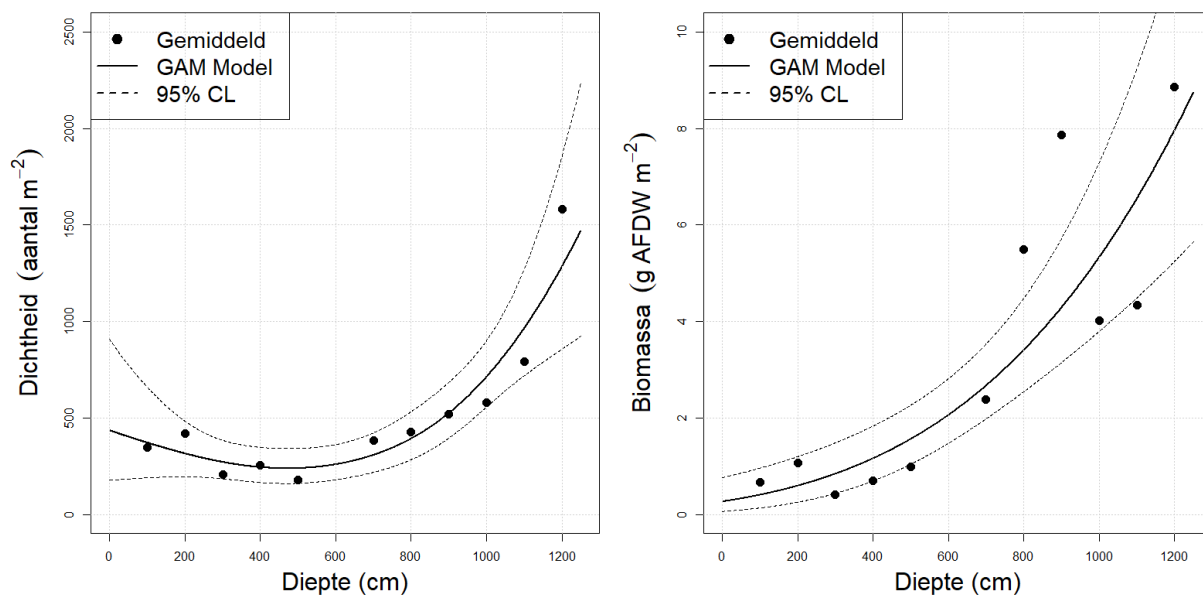
3.3.2 Relatie met waterdiepte

In Figuur 53 is te zien dat er een duidelijk effect is van diepte op zowel de dichtheid, biomassa als het aantal taxa aangetroffen in de Van Veen monsters. De dichtheid en biomassa neemt toe bij dieptes van meer dan 5 meter beneden NAP. Het aantal taxa per monster neemt toe vanaf den diepte van meer dan 5 meter beneden NAP.

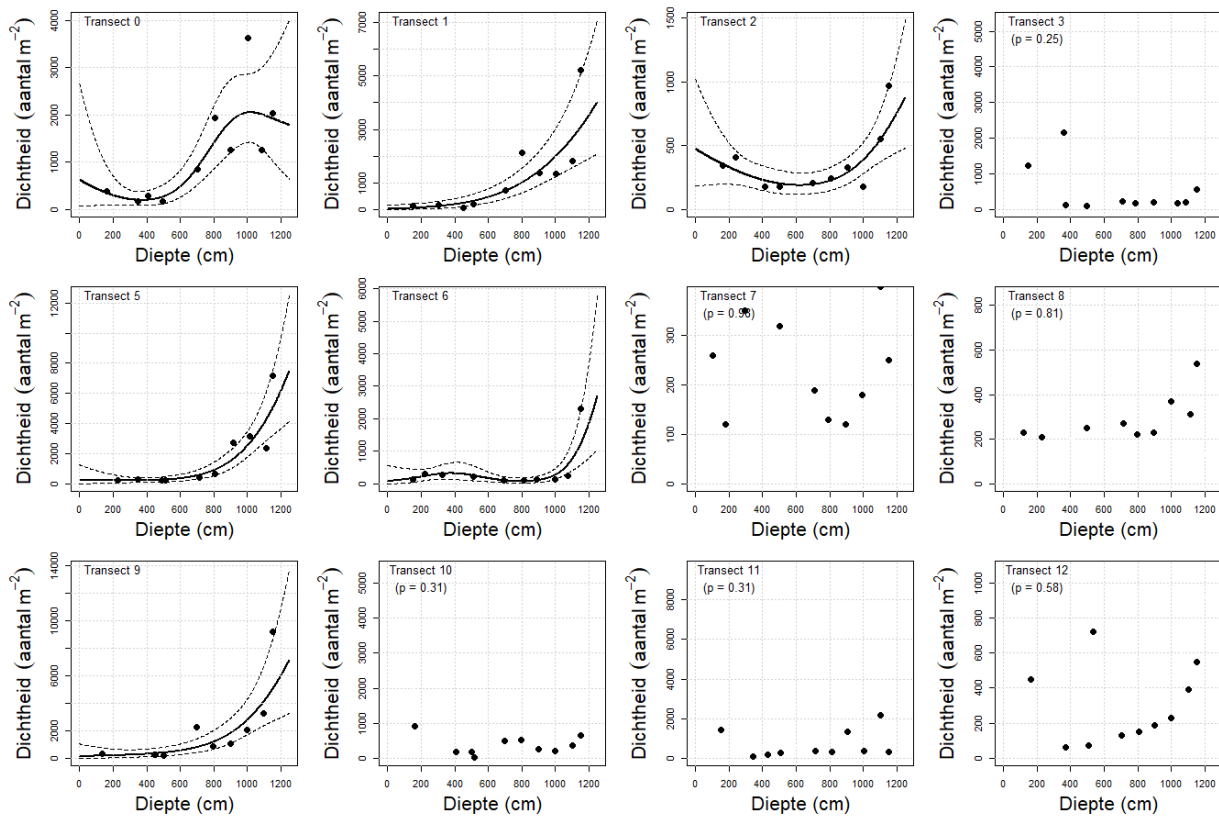


Figuur 53: Boxplots van de dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g AFDW m⁻²) en het aantal soorten per monster in 2024 als functie van over de diepteklasse. Bij de biomassa zijn *Ensis spp.*, *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* niet meegenomen.

Hetzelfde is ook te zien in het GAM-model van de dichtheid en biomassa als functie van de waterdiepte (Figuur 54). Voor de overzichtelijkheid zijn de punten die in de figuur zijn weergegeven zijn de gemiddelde waarden per diepteklasse. Vanzelfsprekend is het GAM model gebaseerd op de individuele metingen (120 locaties). De figuur laat zien dat zowel de gemiddelde dichtheid als de biomassa toeneemt vanaf waterdieptes dieper dan 6 meter beneden NAP. In Figuur 54 zijn de GAM-modellen geplot voor de verschillende transecten. Deze analyse is alleen voor de dichtheid geplot omdat daarbij alle soorten zijn meegenomen. De plots voor de biomassa geven vergelijkbare resultaten. De relatie tussen de dichtheid en de waterdiepte is niet voor alle transecten significant. Alleen op de transecten 0, 1, 2, 5, 6 en 9 is het GAM model significant ($p < 0.05$). Op enkele van de overige transecten lijkt er wel een positieve trend te zijn met de waterdiepte, maar vanwege de variatie en het beperkt aantal monsters per transect (max 10) is het GAM-model hier niet significant.

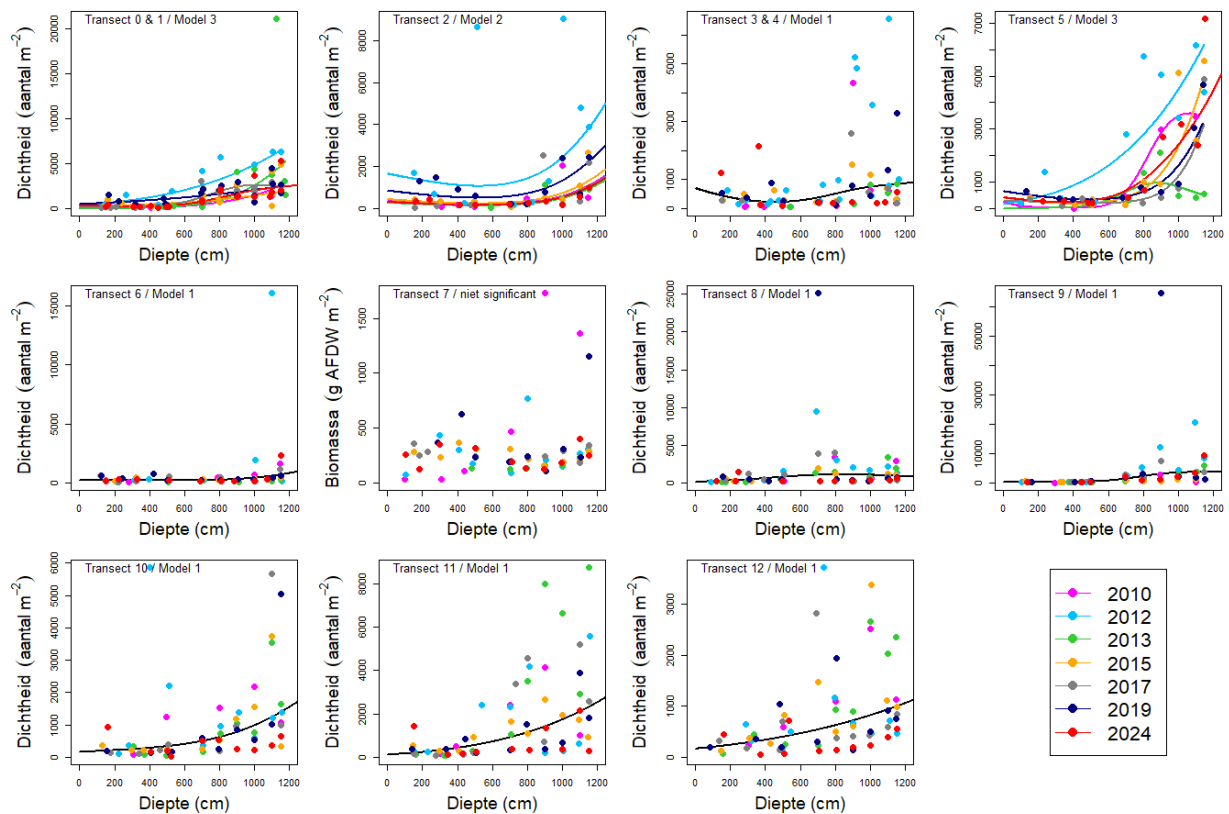


Figuur 54: Gemiddelde dichtheid (aantal m⁻²) en biomassa (g AFDW m⁻²) van de bodemdieren per diepteklasse (afgerond op hele meters beneden NAP) in 2024 (exclusief *Ensis* spp., *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria*). De getrokken lijnen geven de resultaten van de GAM modellen als functie van de diepte. De stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheidsgrenzen weer. Het model is gefit op individuele metingen, voor de overzichtelijkheid geven de punten de geaggregeerde data weer.



Figuur 55: Gemiddelde dichtheid (aantal m^{-2}) van de bodemdieren in 2024 per transect als functie van de waterdiepte. De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model als functie van de diepte. De stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheidsgrenzen weer. De ligging van de transecten zijn weergegeven in Figuur 1.

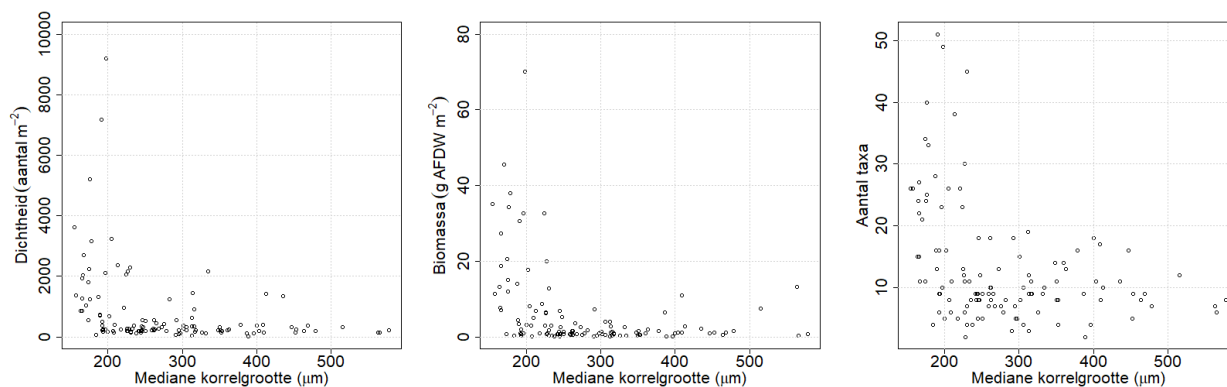
In Figuur 56 zijn de GAM-modellen gepresenteerd voor alle transecten met jaar als co-variabele. Vooral in de meest zuidelijke transecten (0, 1, 2 en 5) is er een duidelijk effect van de jaren, waarbij vooral 2012 afweek van de overige jaren op basis van hogere dichtheden over de hele diepterange. Op de overige transecten is er geen significant verschil tussen de jaren en op transect 7 is het GAM model niet significant.



Figuur 56: GAM modellen van 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

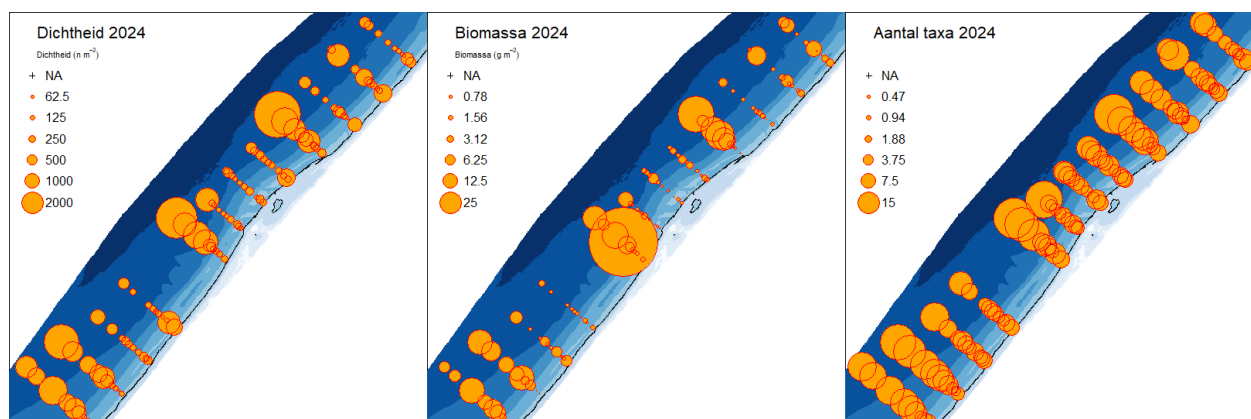
In Figuur 57 is de dichtheid biomassa en aantal taxa van de Van Veen bemonstering in 2024 uitgezet tegen de mediane korrelgrootte. Er is een duidelijke relatie tussen het voorkomen van de bodemdieren en de sedimentsamenstelling (mediane korrelgrootte). De hoogste biomassa's en dichtheden zijn aangetroffen bij een mediane korrelgrootte van minder van 250 μm . Zoals eerder is aangetoond (Figuur 14) is de mediane korrelgrootte ook sterk gerelateerd met de waterdiepte en daarmee met andere co-variabelen zoals golfwerking en stroming.



Figuur 57: Relatie tussen dichtheid, biomassa (g AFDW m^{-2}) en aantal taxa per locatie op de verticale as en mediane korrelgrootte op de horizontale as voor de Van Veen bemonstering in 2024. De soorten *Ensis* spp., *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* zijn niet meegenomen in de biomassa.

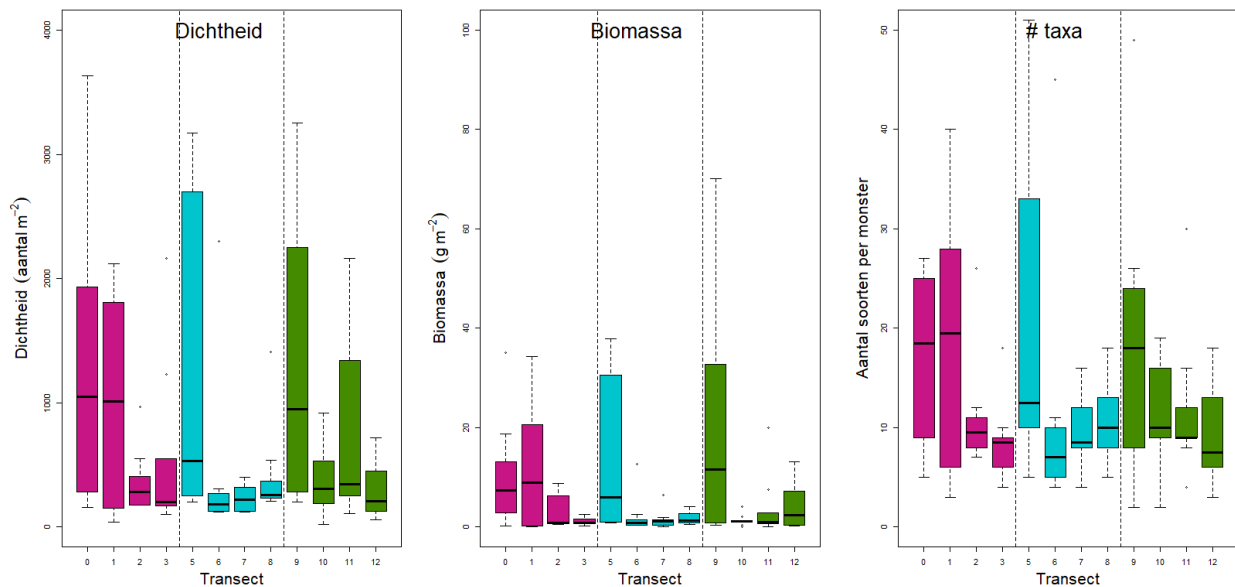
3.3.4 Ruimtelijke verspreiding

In Figuur 58 is ook weer te zien dat de dichtheid en biomassa laag is in de ondiepe zone en toeneemt met de waterdiepte. De transecten 0, 1, 5 en 9 kenmerken zich door een relatief hoge dichtheid (en biomassa) aan bodemdieren. De transecten op de kop van de Zandmotor (transecten 6, 7 en 8) hebben een relatief lage dichtheid (evenals de transecten 2 en 3 in het zuiden en transecten 10 en 12 in het noorden). De hoge biomassa op transect 5 is op locatie 2024_047 ($249 \text{ g AFDW m}^{-2}$) is veroorzaakt door een grote dichtheid van halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*). In het aantal taxa per locatie lijkt er geen verschil tussen de transecten. Er is wel een trend met de waterdiepte (zie ook Figuur 53).



Figuur 58: Verspreidingskaart totale dichtheid (aantal m^{-2}), bodemdierbiomassa (g AFDW m^{-2}) en het aantal taxa per monster in de Van Veen bemonstering 2024. De soorten *Ensis* spp., *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* zijn niet meegenomen in de biomassa.

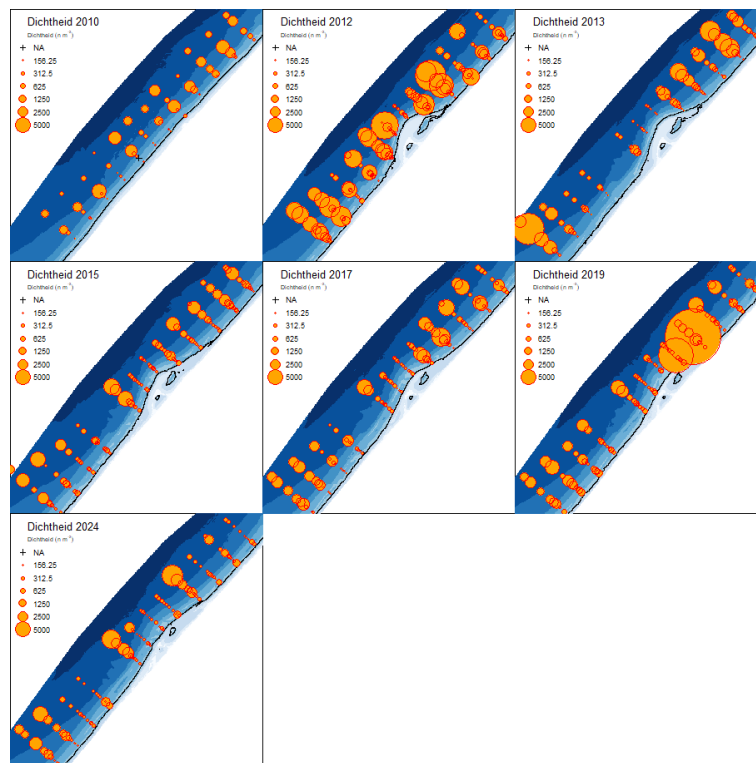
In Figuur 59 zijn de dichtheden, biomassa's en het aantal taxa voor de Van Veen bemonstering in 2024 uitgezet voor de verschillende transecten. Zoals ook was te zien in Figuur 58 dichtheden en biomassa's relatief laag op de kop van de Zandmotor (6, 7 en 8). Dit is ook het geval voor de transecten 2 en 3 net ten zuiden van de Zandmotor en de transect 10 ten noorden van de Zandmotor. De transecten 0, 1, 5, 9 en 11 hebben een relatief hoge dichtheid. Het aantal taxa per monster is relatief hoog op de transecten 0, 1, 5 en 9. Het aantal taxa is relatief laag op de transecten 2 en 3, ten zuiden van de Zandmotor, transecten 6, 7 en 8, op de kop van de Zandmotor en de transecten 10, 11 en 12 ten noorden van de Zandmotor.



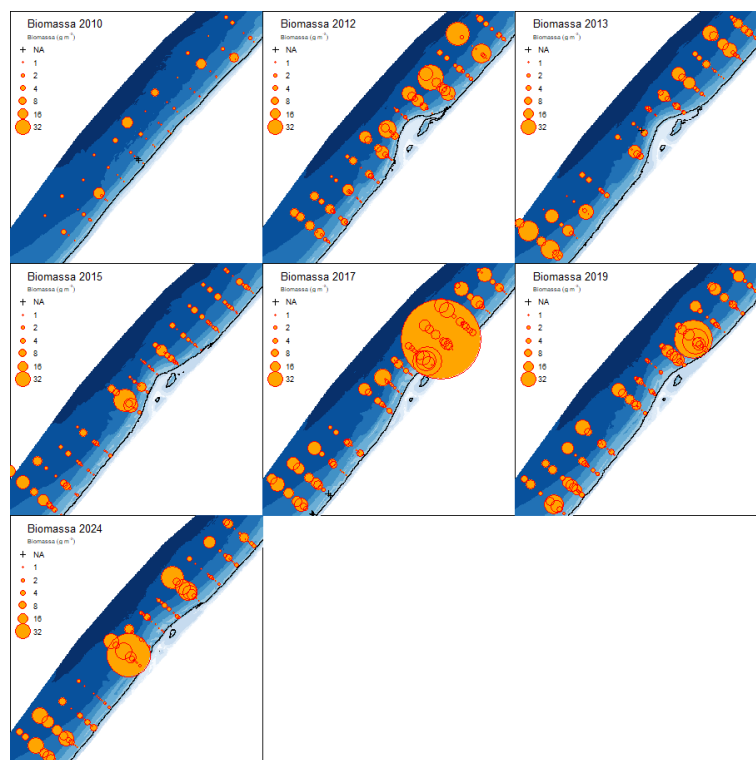
Figuur 59: Boxplots van dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g AFDW m⁻²) en aantal soorten in 2024 over de verschillende transecten van het meest zuidelijke (transect 0) naar het meest noordelijke (transect 12). De verticale stippellijnen geven de scheiding tussen de verschillende deelgebieden. De soorten *Ensis* spp., *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* zijn niet meegenomen in de biomassa. Uitschieters (zie tekst) zijn in de figuur niet zichtbaar.

In Figuur 60, Figuur 61 en Figuur 62 zijn respectievelijk de verspreiding van de totale dichtheid aan bodemdieren (aantal m⁻²), biomassa (g AFDW m⁻²) en het aantal aangetroffen taxa in de Van Veen bemonstering uitgezet voor de verschillende jaren. Figuur 60 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 na 2012. In vergelijking met de voorgaande jaren zijn de dichtheden aan bodemdieren op de transecten 5 en 9 in 2024 relatief hoog.

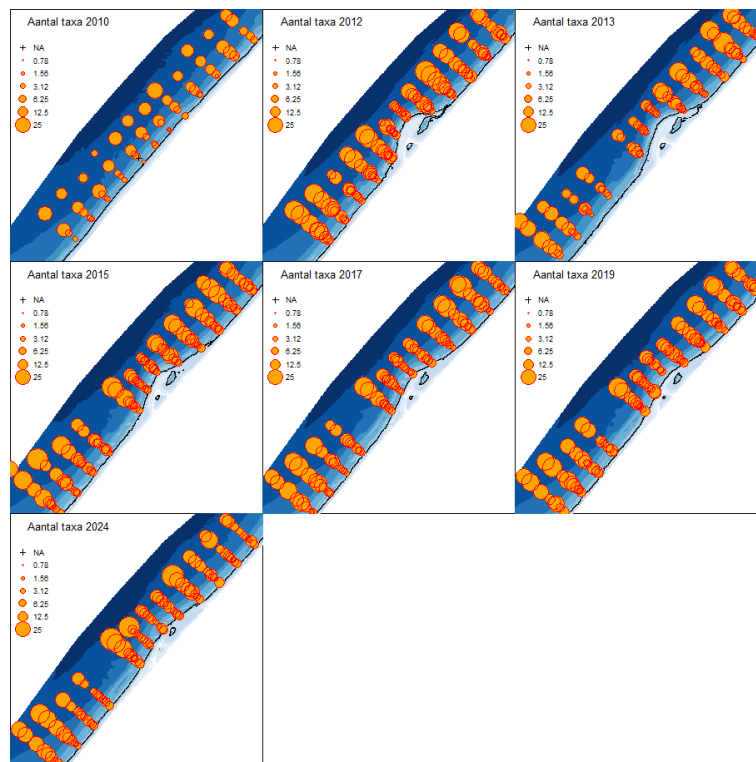
In Bijlage 7 zijn de verspreidingskaarten gegeven van een aantal specifieke soorten over alle jaren. Zo is te zien dat het zaagje (*Donax vittatus*), dat in 2017 en 2019 in grote dichtheden is aangetroffen massaal is aangetroffen, in 2024 vrijwel afwezig is (Figuur 96). De gemshorenworm (*Scolecopsis (Scolecopsis) squamata*) is een soort die in alle jaren voornamelijk in de dynamische ondiepe gebieden voorkomt (Figuur 104). Deze soort is ook een van de belangrijkste soorten (in voorkomen) op het strand. De stevige strandschelp (*Spisula solida*), een kenmerkende soort voor grovere sedimenten (De Mesel et al., 2011), is in de meeste jaren aanwezig op de relatief grofzandige locaties in het noorden, transecten 11 en 12 (Figuur 107).



Figuur 60: Verspreidingskaarten totale dichtheid bodemdieren (aantal m^{-2}) bemonsterd met de van Veen-happer in de jaren 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024.



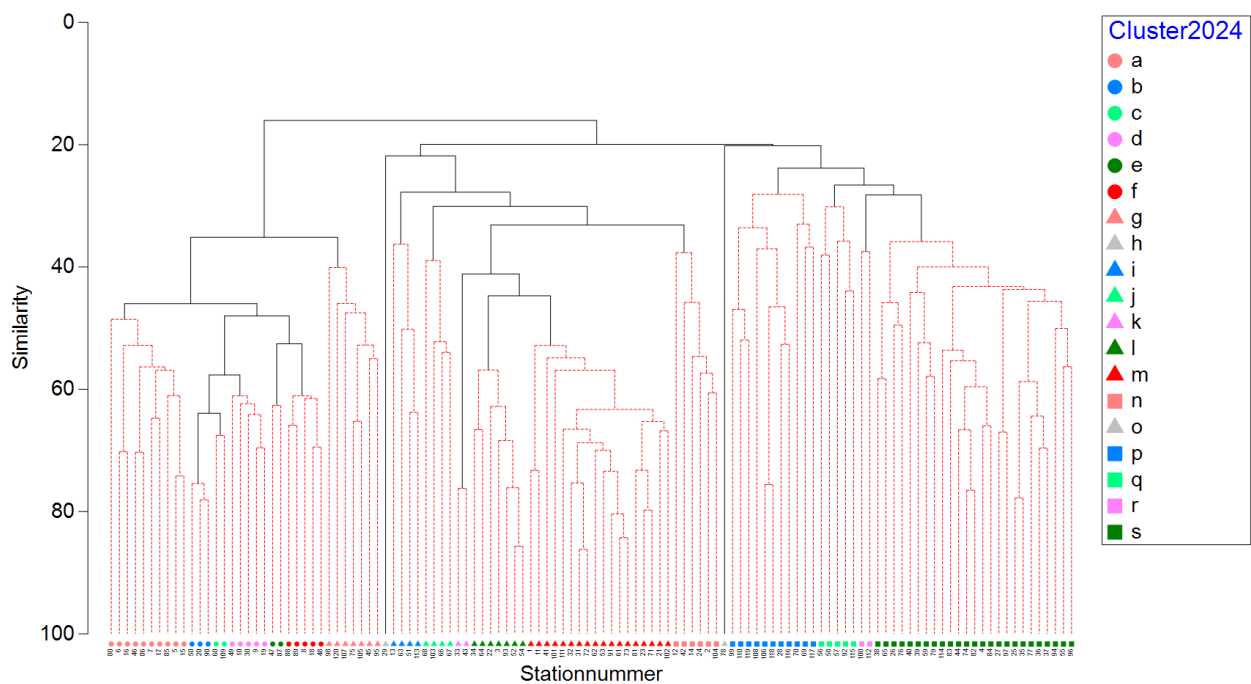
Figuur 61: Verspreidingskaarten totale biomassa bodemdieren (g AFDW m^{-2}) bemonsterd met de van Veen-happer in de jaren 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024. De soorten *Ensis* spp., *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria* zijn niet meegenomen.



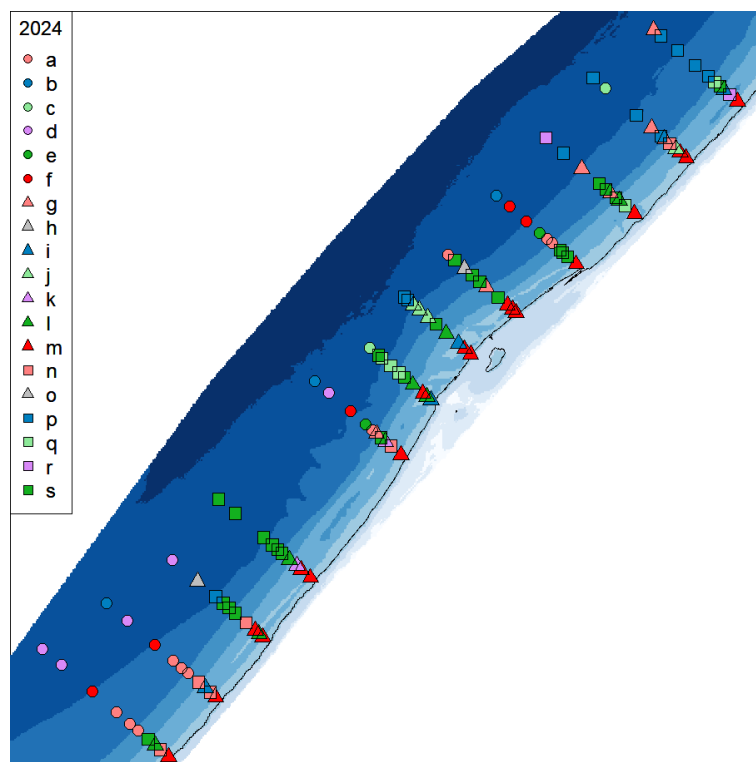
Figuur 62: Verspreidingskaarten aantal taxa per monster bemonsterd met de van Veen-hopper in de jaren 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024.

3.3.5 Gemeenschapsanalyses

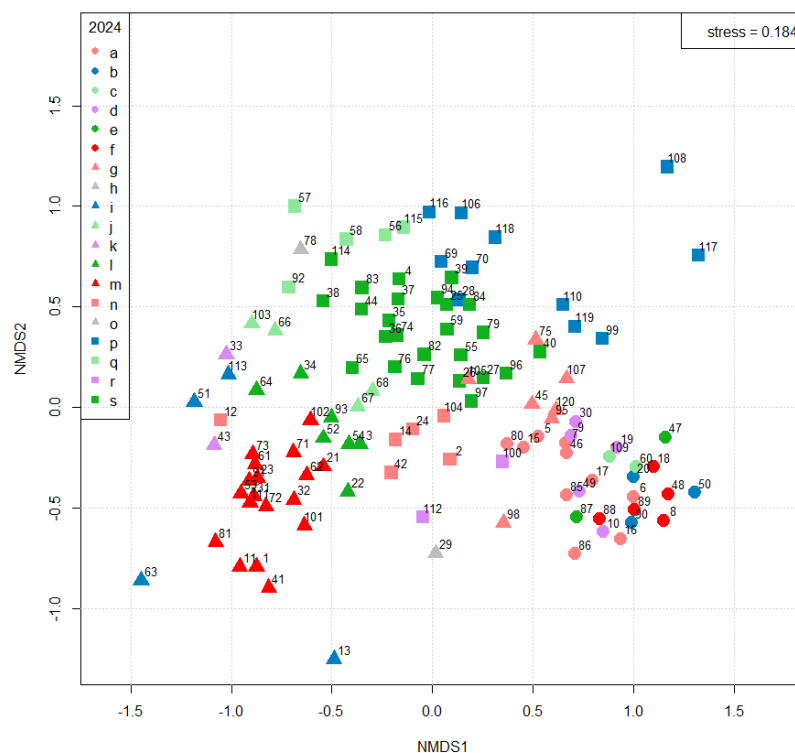
De clusteranalyse op de vierdemachtswortel getransformeerde data (dichtheden) van 2024 resulteerde tot 19 significante clusters (Figuur 61), waarvan 2 clusters (h en o) bestonden uit slechts 1 locatie. Clusters m en n zijn clusters van respectievelijk 18 en 6 locaties die voornamelijk in de geëxponeerde ondiepe locaties liggen en op de kop van de Zandmotor. De bodemdiergemeenschap wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van de Gemshorenworm (*Scoelepis (Scoelepis) squamata*) (Figuur 104) en *Paraonis fulgens*, typische soorten voor hoogdynamische omgeving (Rasmussen, 1973, Speybroeck et al., 2007). Ruimtelijk vertonen clusters m en n overeenkomsten met clusters f en r uit de schaafbemonstering (Figuur 39). Op de nMDS-plot (Figuur 65) is er echter wel een onderscheid tussen deze clusters te zien. De 25 locaties van cluster s liggen ook in de ondiepe zone, maar dan net iets dieper dan de locaties van cluster m en n en op transect 8, aan de noordzijde van de Zandmotor. Dit cluster wordt gekenmerkt door soorten als *Nephtys cirrosa* en komen ook soorten als zaagje (*Donax vittatus*) voor die in clusters m en n vrijwel niet wordt aangetroffen. Ruimtelijk vertoont cluster d grote overeenkomsten met de verspreiding van cluster r uit de schaafbemonstering (Figuur 39). De locaties van clusters a (10 locaties) bevinden zich op de middeldiepe van de meest zuidelijke transecten (transect 0 en transect 1). De locaties van cluster d (5 locaties) liggen in de diepere delen van de transecten ten zuiden van de Zandmotor. Op de nMDS-plot (Figuur 65) liggen de locaties van de clusters a en d ook bij elkaar in de buurt en vertonen ook overeenkomsten met clusters b, c, e en f. De locaties van cluster p (11 locaties) liggen in de grovere sedimenten ten noorden van de Zandmotor, en deze locaties onderscheiden zich ook van de andere locaties op de nMDS-plot (Figuur 65).



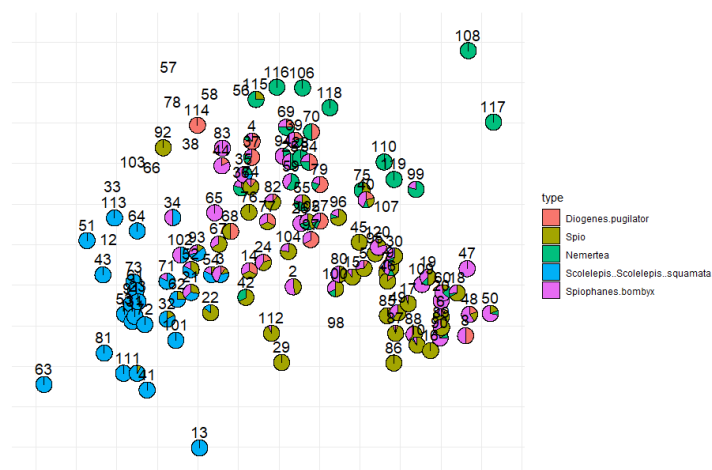
Figuur 63: Clusterdiagram van bodemdieren in de Van Veen bemonstering in 2024. De zwarte lijnen geven de significante clusters (Simprof test, $p < 0.05$).



Figuur 64: Verspreidingskaart significante clusters bodemdiërgemeenschappen Van Veen bemonstering 204. De markers corresponderen met de markers uit de clusteranalyse (Figuur 64).



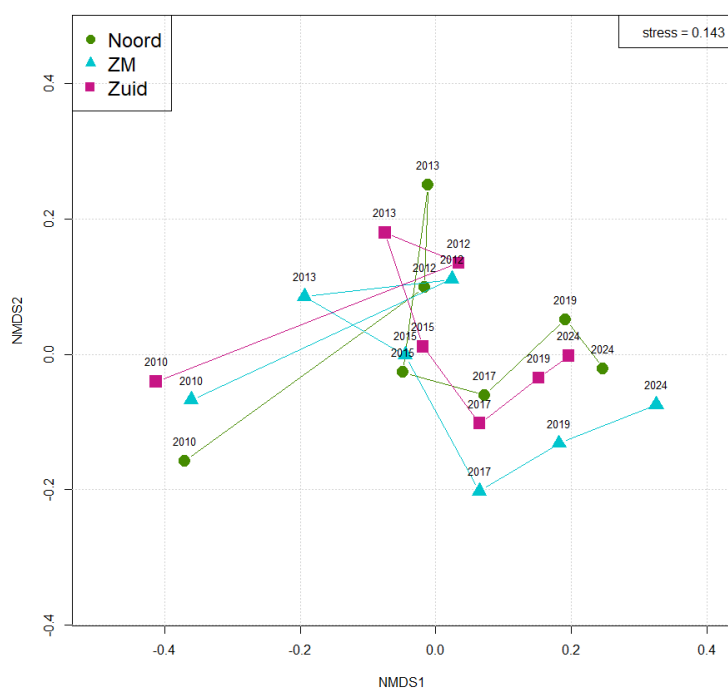
Figuur 65: nMDS-plot van de gegevens van de van Veen bemonstering in 2024. De labels geven de nummers van de bemonsteringslocaties weer. De kleur van de markers geven de clusters uit de clusteranalyse (Figuur 64).



Figuur 66: nMDS-plot van de gegevens van de van Veenbemonstering in 2024 (zie ook Figuur 67). Voor iedere locatie is het aandeel aan de dichtheid van een aantal karakteristieke soorten weergegeven met pie-charts. De labels geven de nummers van de bemonsteringslocaties weer.

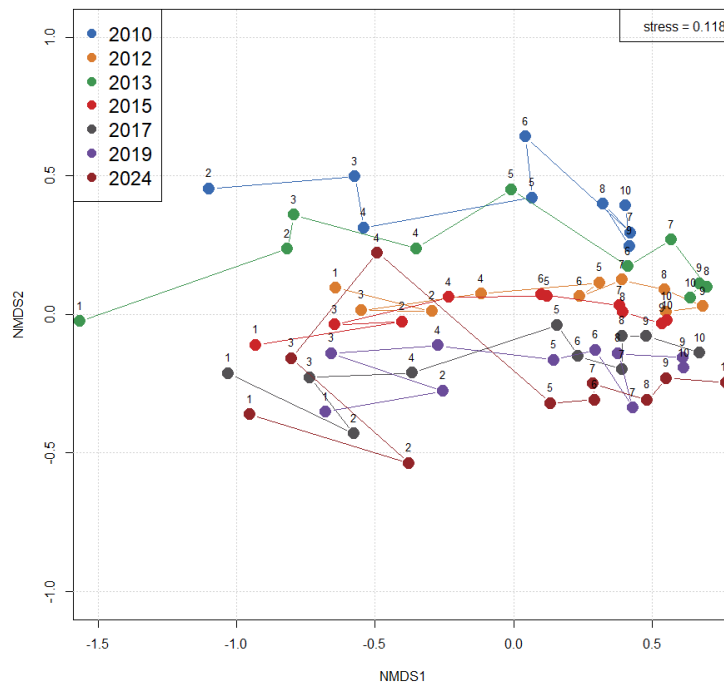
Om de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de tijd te visualiseren zijn er niet-metrische MDS plots gemaakt op de geaggregeerde data over alle jaren (2010 tot en met 2024). De dichtheden zijn hiervoor gemiddeld per jaar en gebied (Figuur 67) en per jaar en dieptestratum (Figuur 68). In de figuren 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 en iets mindere mate in 2019 wijken ze weer van elkaar af. In afwijking met de gegevens van de schaaft (Figuur 43) lijkt de bodemdiergemeenschap van de Van Veen bemonstering zich in 2024 verder te hebben ontwikkeld langs de eerste nMDS-as. Op basis van deze figuur kan worden geconcludeerd dat de bodemdiergemeenschap in de vooroever van de Zandmotor zich aan het ontwikkelen is binnen het onderzoeksgebied en dat deze nog niet is teruggekeerd naar de situatie van voor de aanleg. Van belang hierbij is ook dat bodemdiergemeenschappen zich van nature ook al ontwikkelen over de tijd als gevolg van veranderende biotische en abiotische condities (Van Hoey et al., 2007). Er is ook een verschil tussen de deelgebieden, zo is er in 2010 al sprake van een gradiënt van noord naar zuid, maar de variatie als gevolg van de ontwikkeling over de tijd is groter.



Figuur 67: nMDS-plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap over de tijd voor de drie verschillende deelgebieden (Zuid, Zandmotor en Noord). De afstand tussen de markers is een maat voor de dissimilariteit in de bodemdiersamenstelling.

Ook in Figuur 68 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 NAP -5 meter, zie Tabel 1) onderscheiden zich duidelijk van de diepteklassen 5 tot en met 10 (vanaf NAP -7 meter). Dit is het meest duidelijk in de jaren 2010 en 2013. Ook is de ontwikkeling in de tijd te zien over de verticale as van nMDS-plot van boven (2010) naar beneden (2024), al is deze minder duidelijk dan bij de data van de bodemschaaft Figuur 44). 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.

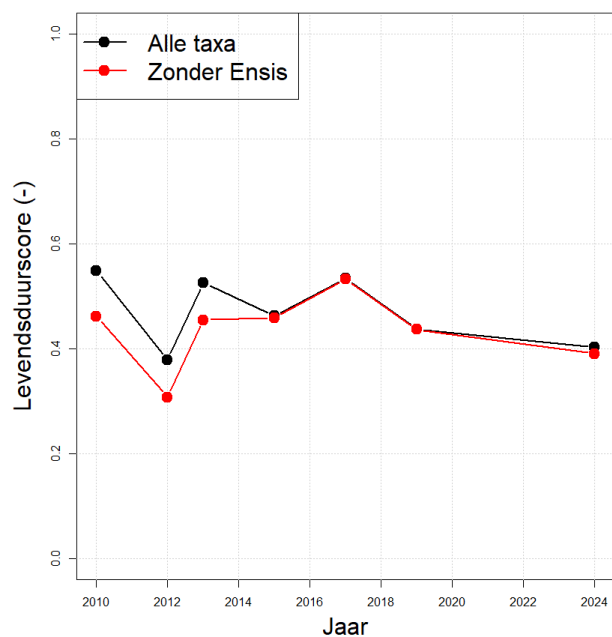


Figuur 68: nMDS-plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap als functie van de diepteklasse (zie Tabel 1) voor de verschillende jaren. De afstand tussen de markers is een maat voor de dissimilariteit in de bodemdiersamenstelling.

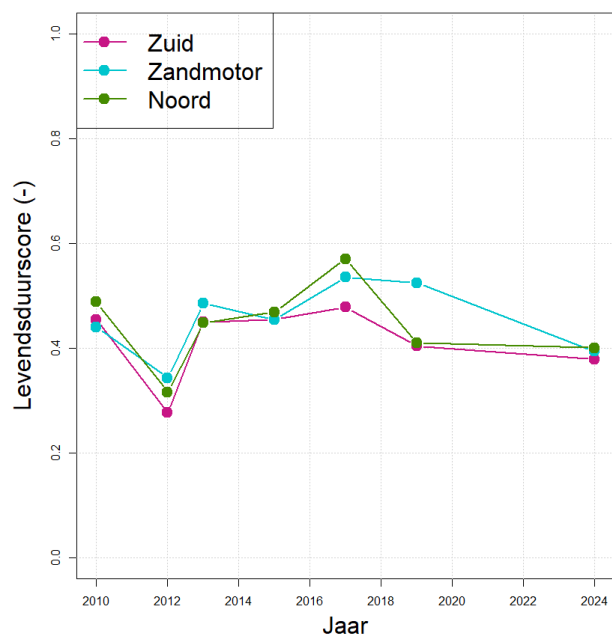
3.3.6 Ontwikkeling langer levende soorten

Voor de 198 aangetroffen taxa in de Van Veen bemonstering kon slechts van 122 taxa een levensduurklasse worden gevonden in de databases van Beauchard et al. (2021) en/of Meijer et al. (2023). Onder deze taxa zijn er ook een aantal die in relatief hoge dichtheden voorkomen zoals *Microphthalmus similis*, *Owenia* spp. *Schistomysis kervillei* en *Gastrosaccus spinifer*.

In Figuur 69 is te zien dat de gemiddelde levensduurscore van alle soorten bij elkaar in de Van Veen bemonstering niet is toegenomen na de aanleg van de Zandmotor. Er is ook niet zo'n duidelijk verschil tussen de gewogen gemiddelde levensduurscores van alle taxa bij elkaar (zwarte lijn) en alle taxa zonder *Ensis* spp. (rode lijn) als in de schaafbemonstering. De laagste gemiddelde levensduurscore was in 2012 en de hoogste in 2010. Als de mesheften (*Ensis* spp.) niet worden meegenomen in de analyse is de hoogste gemiddelde levensduurscore in 2017. Dit patroon voor de verschillende deelgebieden is vergelijkbaar (Figuur 70). Alleen in 2019 zijn is de gemiddelde levensduurscore van de organismen binnen deelgebied Zandmotor hoger dan binnen de deelgebieden Noord en Zuid.



Figuur 69: Ontwikkeling van de gemiddelde levensduur score over de tijd van alle bodemdiersoorten in de Van Veen bemonstering (zwarte lijn) en de soorten zonder *Ensis* spp. (rode lijn).

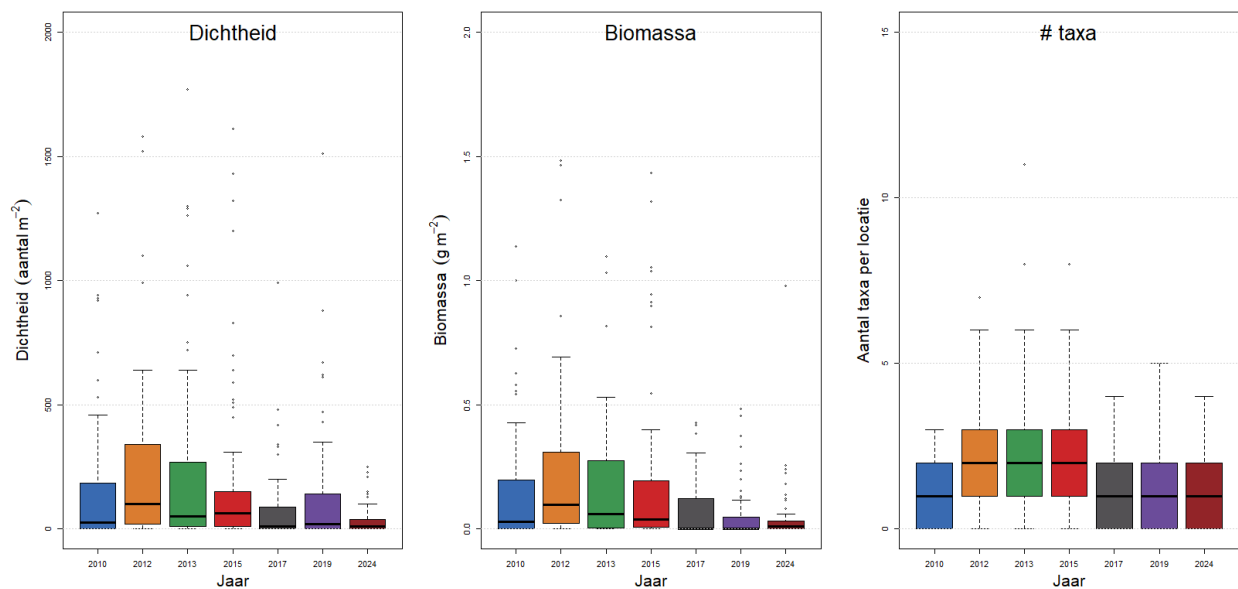


Figuur 70: Ontwikkeling van de gemiddelde levensduur score de bodemdiersoorten (exclusief *Ensis* spp.) in de Van Veen bemonstering voor de deelgebieden Zuid, Zandmotor en Noord.

3.4 Strandbemonstering

3.4.1 Overzicht

In totaal zijn er in 2024 70 benthosmonsters genomen op het strand. Op 21 locaties zijn geen levende bodemdieren aangetroffen. De strandmonsters die in 2024 zijn verzameld waren relatief arm in bodemdieren in vergelijking met voorgaande jaren. In totaal zijn er in 2024 slechts 12 taxa aangetroffen in de 70 monsters. In de jaren 2013 en 2015 werden er nog respectievelijk 38 en 45 taxa in de strandmonsters aangetroffen. De gemiddelde dichtheid aan bodemdieren op het strand was in 2024 32 individuen m^{-2} (st. dev. 54 individuen m^{-2}). Dat is verreweg de laagste dichtheid die over alle jaren in de strandmonsters is aangetroffen. De hoogste gemiddelde dichtheden zijn aangetroffen in de jaren 2012, 2013 en 2015 (respectievelijk 283, 254 en 228 individuen m^{-2}) (Figuur 71). De gemiddelde biomassa aan bodemdieren binnen de strandmonsters in 2024 was 0.045 g AFDW m^{-2} (st. dev. 0.13 g AFDW m^{-2}). Het gemiddeld aantal taxa per monster was in 2024 1.13 taxa (st. dev. 1.1 taxa). Op de stranden langs de Belgische kust varieerde de diversiteit van de bodemdieren tussen de 0 en 13 soorten. (Degraer et al., 2003) en was er ook een duidelijke gradiënt zichtbaar met de droogvalduur.



Figuur 71: Boxplots van dichtheid (aantal m^{-2}), biomassa (g AFDW m^{-2}) en het aantal soorten per locatie voor de strandmonsters over de jaren 2010 tot en met 2024.

De meest voorkomende taxa in de strandmonsters zijn *Scolecipis (Scolecipis) squamata*, *Haustorius arenarius*, *Eteone* spp. en *Pontocrates arenarius* (Figuur 72). In 2024 zijn er relatief vaak *Nemertea* spp., *Nephtys cirrosa* en *Gastrosaccus spinifer* in de monsters aangetroffen. Opvallende afwezigen in de strandmonsters van 2024 waren de taxa *Eteone* spp. en *Eurydice pulchra*.

	2010	2012	2013	2015	2017	2019	2024	Totaal
<i>Scoelepis (Scoelepis) squamata</i>	58.3	78.5	71.4	74.3	38.6	51.4	45.7	59.6
<i>Haustorius arenarius</i>	31.7	36.9	32.9	42.9	17.1	14.3	10.0	26.3
<i>Pontocrates arenarius</i>	0.0	20.0	10.0	18.6	4.3	2.9	14.3	10.1
<i>Eteone</i>	0.0	32.3	12.9	10.0	1.4	8.6	0.0	9.3
<i>Eurydice pulchra</i>	6.7	10.8	4.3	4.3	10.0	2.9	0.0	5.5
<i>Nemertea</i>	0.0	4.6	7.1	8.6	0.0	0.0	15.7	5.3
<i>Capitella</i>	0.0	3.1	5.7	2.9	7.1	0.0	5.7	3.6
<i>Mytilus edulis</i>	1.7	10.8	7.1	1.4	0.0	0.0	0.0	2.9
<i>Nephtys cirrosa</i>	3.3	1.5	4.3	4.3	0.0	0.0	5.7	2.7
<i>Pygospio elegans</i>	0.0	4.6	4.3	5.7	1.4	1.4	0.0	2.5
<i>Hydrozoa</i>	0.0	0.0	7.1	0.0	1.4	5.7	0.0	2.1
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	0.0	1.5	1.4	2.9	0.0	0.0	7.1	1.9
<i>Heteromastus filiformis</i>	0.0	3.1	2.9	4.3	2.9	0.0	0.0	1.9
<i>Spio</i>	0.0	1.5	1.4	1.4	4.3	4.3	0.0	1.9
<i>Oligochaeta</i>	1.7	0.0	5.7	1.4	1.4	1.4	0.0	1.7
<i>Polydora cornuta</i>	0.0	0.0	2.9	0.0	5.7	0.0	1.4	1.5
<i>Talitrus saltator</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	5.7	0.0	1.5
<i>Periculodes longimanus</i>	0.0	1.5	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
<i>Pontocrates altamarinus</i>	3.3	0.0	0.0	0.0	2.9	1.4	1.4	1.3
<i>Corophium volutator</i>	0.0	0.0	2.9	2.9	1.4	0.0	0.0	1.1
<i>Macoma balthica</i>	0.0	3.1	2.9	1.4	0.0	0.0	0.0	1.1
<i>Portunus latipes</i>	0.0	1.5	2.9	1.4	0.0	1.4	0.0	1.1

Figuur 72: Kans op aantreffen (%) van de verschillende taxa in de strandmonsters. In 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024 zijn er respectievelijk 60, 65, 70, 70, 70, 70 en 70 locaties bemonsterd.

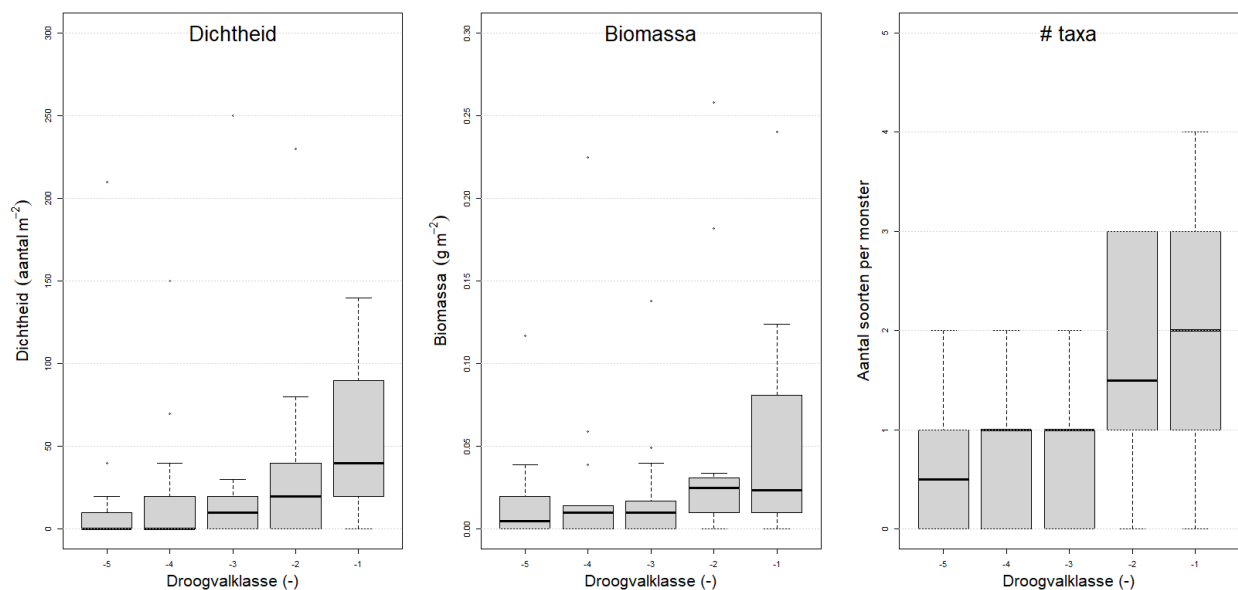
Op basis van dichtheden zijn ook *Scoelepis (Scoelepis) squamata* en *Haustorius arenarius* de meest voorkomende soorten in de strandmonsters over alle jaren gezien (Tabel 6). Ook in 2024 was *Scoelepis (Scoelepis) squamata* de soort met de hoogste gemiddelde dichtheden, alhoewel de gemiddelde dichtheid aanzienlijk lager was dan in voorgaande jaren. In 2024 kwam de soort *Haustorius arenarius*, net als in 2019, in gemiddeld lagere dichtheden voor dan in voorgaande jaren. De gemiddelde dichtheid van *Nemertea* spp. daarentegen, was in 2024 relatief hoog (7.3 individuen m⁻²).

Tabel 6: Gemiddelde dichtheden van de meest dominante soorten (gemiddelde dichtheid over alle jaren ≥ 1 m⁻²) die zijn verzameld op het strand over de jaren 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 en 2024. In de laatste kolom het totaal over alle jaren.

Taxon	2010	2012	2013	2015	2017	2019	2024	Totaal
<i>Scoelepis (Scoelepis) squamata</i>	157.3	200.5	145.7	132.4	47.7	111.3	17.0	114.2
<i>Haustorius arenarius</i>	10.3	26.3	22.7	31.0	11.1	2.0	1.0	14.9
<i>Capitella</i> spp.	0	14.3	15.0	4.4	6.1	0.0	0.6	5.8
<i>Nemertea</i> spp.	0	1.1	26.6	1.7	0.0	0.0	7.3	5.4
<i>Pontocrates arenarius</i>	0	18.0	7.6	7.3	0.6	0.6	3.3	5.3
<i>Pygospio elegans</i>	0	2.8	8.7	14.4	0.1	0.1	0	3.8
<i>Spiophanes bombyx</i>	0	0	0.1	20.3	0	0	0	3.0
<i>Eteone</i> spp.	0	6.0	3.1	1.6	0.1	1.4	0	1.7
<i>Eurydice pulchra</i>	1.5	1.5	1.1	1.1	1.3	0.3	0	1.0

3.4.2 Relatie met droogval

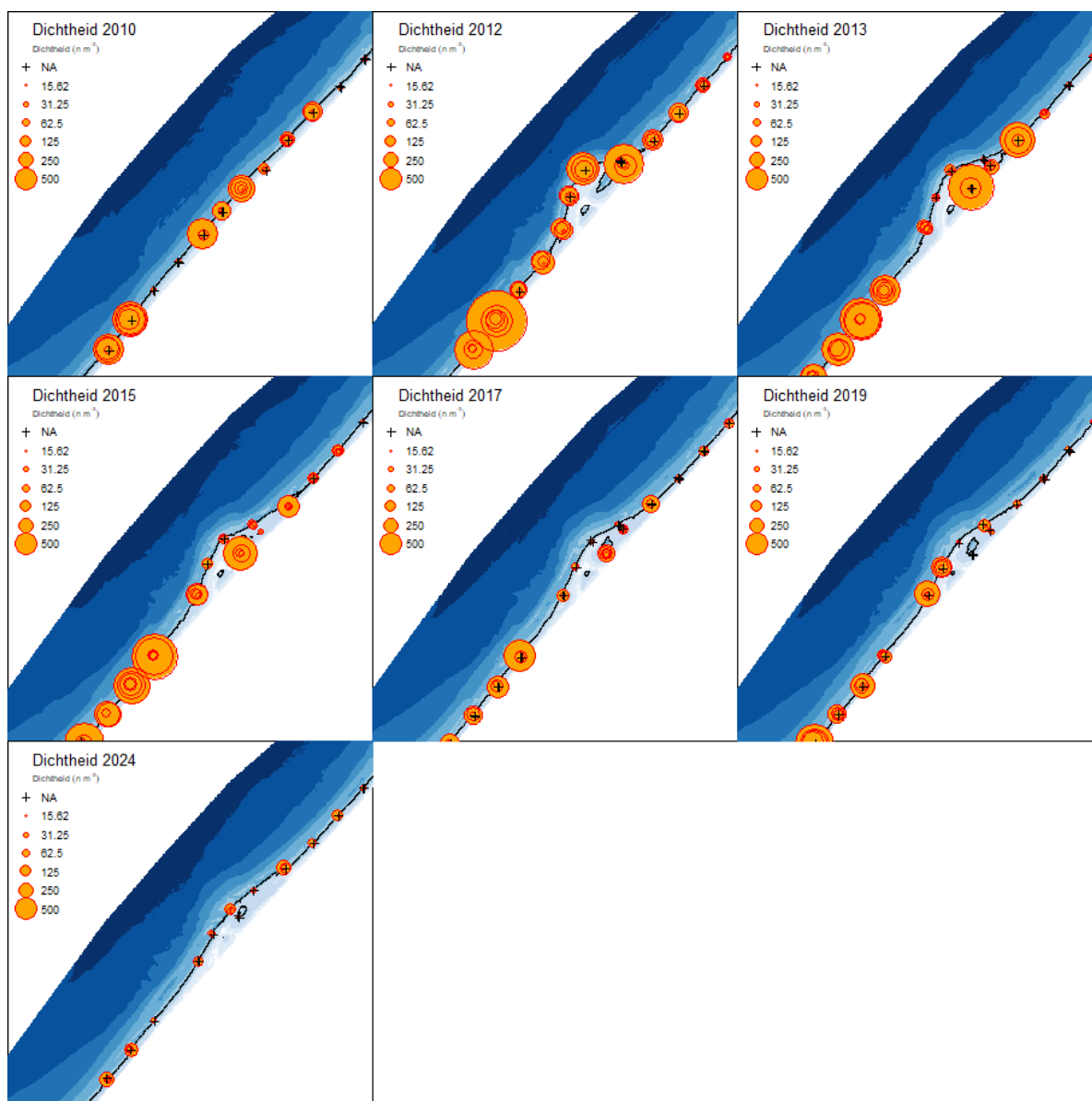
Zowel de dichtheid, biomassa als het aantal aangetroffen taxa van de monsters op het strand heeft een relatie met de droogvalduur. In Figuur 73 zijn er 5 droogvalklassen gedefinieerd, overeenkomend met -5: monsterpunten op de hoogst gelegen delen van het strand (nabij de hoogwaterlijn) en -1: monsterpunten die het kortste droogvallen (nabij de laagwaterlijn). De armste monsters zijn aangetroffen in droogvalklassen -5 tot -3, hoog in het intergetijdengebied. In deze zone zijn voornamelijk de soorten als *Scolelepis* (*Scolelepis*) *squamata* en *Haustorius arenarius* aangetroffen. Deze locaties staan minder dan ongeveer 50% van de tijd onder water. Op droogvalklassen -2 en -1 (meer dan 50% van de tijd onder water) is zowel de dichtheid als biomassa en het aantal aangetroffen taxa aanzienlijk hoger dan bij de hoogwaterlijn. 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 73: Boxplots van dichtheid (aantal m⁻²), biomassa (g AFDW m⁻²) en het aantal soorten per locatie voor de strandmonsters in 2024 als functie van de droogvalklasse. Klasse -5 is bij de hoogwaterlijn en klasse -1 is bij de laagwaterlijn

3.4.3 Ruimtelijke verspreiding

In 2024 zijn over alle transecten relatief lage dichtheden aan bodemdieren aangetroffen in de strandbemonstering (Figuur 74). De dichtheden waren over de gehele breedte lager dan in voorgaande jaren. In voorgaande jaren waren de totale dichtheden aan bodemdieren in de zuidelijkste transecten (transecten 0, 1, 2 en 3) nog relatief hoog. Maar dat is veranderd in 2024. Ten noorden van de Zandmotor waren de dichtheden in voorgaande jaren ook al relatief laag. Ook op de locaties rond de lagune waren de dichtheden in 2024 zeer laag (en vaak afwezig in de monsters). Dit komt ook overeen met de observaties uit 2019, maar wijkt af van de eerdere jaren (2012, 2013 en 2015) toen nog relatief hoge dichtheden bodemdieren rond de lagune waren aangetroffen.



Figuur 74: Ruimtelijke verspreiding van dichtheid (aantal m^{-2}) bodemdieren in de strandmonsters over de jaren 2010 tot en met 2024

4 Discussie en conclusies

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 2024 is er door Wageningen Marine Research voor de 7^e keer, na de bemonsteringen van 2010, 2012, 2013, 2015, 2017 en 2019, 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.

Er 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 aanwezigheid van de Zandmotor. Zo is het sediment van 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). Het ruimtelijk patroon dat is aangetroffen in 2024 komt in grote lijnen overeen met de ruimtelijke patronen die in voorgaande jaren zijn aangetroffen.

De gemiddelde biomassa aan de bodemdieren in de bodemschaaf in 2024 (48 g m⁻², *Ensis* spp., otterschelpen en heremietkreeften niet meegenomen) was iets minder dan in 2017 en 2019 (respectievelijk 85 en 75g m⁻²) maar hoger dan de jaren ervoor. De gemiddelde dichtheid aan bodemdieren in de bodemschaaf was 190 individuen m⁻² en dat is minder dan in voorgaande jaren. In totaal zijn er in 2024 28 taxa aangetroffen in de monsters van de schaar. Het gemiddeld aantal taxa per monster (5.6 taxa per monster) is minder in voorgaande jaren. In 2024 zijn de witte dunschaal, de kleine heremietkreeft en de stevige strandschelp op relatief weinig locaties aangetroffen in vergelijking met voorgaande jaren. De Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*) die in 2019 voor het eerst is aangetroffen op de Zandmotor is in 2024 niet meer aangetroffen in de monsters uit de schaar.

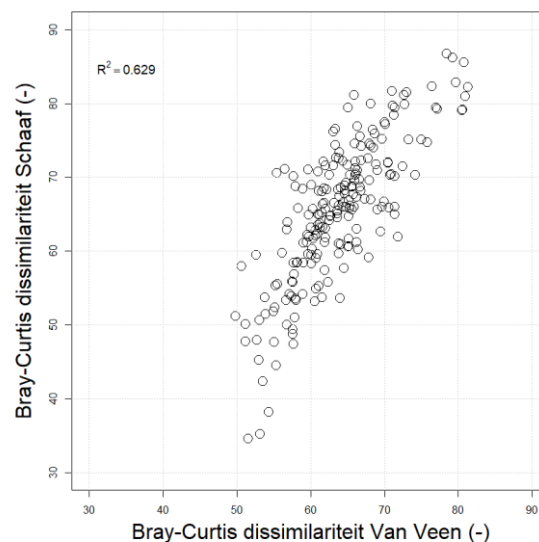
Het aantal taxa dat is aangetroffen in de Van Veen bemonstering is, mede vanwege de fijnere zeef die wordt gebruikt, groter dan in de bodemschaaf. In totaal zijn er in 2024 143 taxa aangetroffen in de van Veen bemonstering. Op basis van de cumulatieve soortencurves is berekend dat het totaal aantal aanwezige taxa ongeveer 170 is. In 2010 was het geschatte aantal aanwezige taxa in de Van Veen bemonstering aanzienlijk lager (100 taxa). In dat jaar zijn ook slechts de helft van de monsters (60 stuks) uitgezocht. De gemiddelde totale dichtheid van bodemdieren in de Van Veen bemonstering was in 2024 790 individuen m⁻² en dit is de laagste gemiddelde dichtheid die tot op heden is aangetroffen rond de Zandmotor. De gemiddelde biomassa in de Van Veen monsters in 2024 was 8.06 g AFDW m⁻². Dit is zonder *Ensis* spp., *Mya arenaria* en *Lutraria lutraria*.

De dichtheid, biomassa en aantal soorten van de bodemdieren neemt toe met de waterdiepte. Vooral de ondiepe zone (tot en met NAP -5 meter) is arm en is gekenmerkt door specifieke soorten zoals de breedpootkrab (*Portumnus latipes*) en de gemshorenworm (*Scolelepis (Scolelepis) squamata*). Op grotere

diepten (dieper dan NAP -6 m) neemt de dichtheid, de 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-jaareffect 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, 2017, 2019 en 2024 ten opzichte van de gebieden ten noorden en ten zuiden van de suppletie. Dit is niet duidelijk te zien in de nMDS-plot van de bodemschaaf.

De geaggregeerde patronen van de ontwikkeling van bodemdiergemeenschap die is bemonsterd met de Van Veen-happer (Figuur 67) vertonen grote overeenkomsten met de patronen die waren te zien in de monsters uit de schaaaf (Figuur 43). Dit wordt ook geïllustreerd in de relatie van de Bray-Curtis dissimilariteiten uit beide analyses (Figuur 75). Gebieden die veel op elkaar lijken wat betreft bodendiersamenstelling in de Van Veen bemonstering vertonen ook veel gelijkenis in de schaafebemonstering. Hoewel de beide tuigen een ander deel van de bodemdiergemeenschap bemonsteren, zijn de patronen vergelijkbaar (Wijsman et al., 2022). De bodemschaaf heeft een grotere maaswijdte (5 mm) waardoor 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 (Wijsman et al., 2022). 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.



Figuur 75: Relatie tussen de Bray-Curtis dissimilariteiten uit de Van Veen bemonstering en de Schaafebemonstering. De gegevens zijn geaggregeerd per jaar – gebied (Zuid, ZM, Noord).

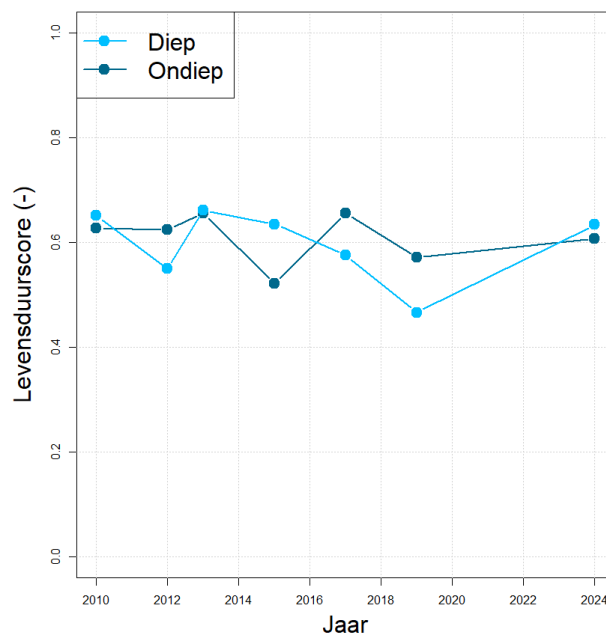
De bodemdiergemeenschap van het strand, tussen de hoog- en laagwaterlijn, is aanzienlijk armer (vooral hoog in het intergetijdengebied) dan de bodemgemeenschap in de vooroever en wordt voornamelijk gekenmerkt door *Scolecopsis (Scolecopsis) squamata*, een soort die zeer goed is aangepast aan de hoogdynamische omstandigheden op de stranden (Dauer, 1983). Over het algemeen zijn maar weinig soorten aangepast aan de sterke dynamiek van geëxponeerde zandige natte waardoor de diversiteit doorgaans laag is (Rasmussen, 1973, Dauer, 1983, Degraer et al., 2003, Speybroeck et al., 2006, Van Egmond et al., 2018). Er is een duidelijke toename in zowel de dichtheid, biomassa en het aantal soorten

met een toenemende overspoelingsduur. Langs de lagune waren de dichtheden en biomassa's aan bodemdieren in 2024, net als in 2019, opvallend lager dan in de jaren 2013, 2014 en 2015.

De aanleg van de Zandmotor heeft geleid tot meer diversiteit in abiotiek (bodemschuifspanning door getij en golven, sedimentsamenstelling, sedimentatie/erosie) in het onderzoeksgebied (Herman et al., 2021). 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 beïnvloed 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, zoals ook eerder is gedaan door Herman et al. (2021). Deze kennis kan nuttig zijn in het ontwerp van toekomstige mega-suppleties zoals de Zandmotor.

In voorliggende studie is hiervoor al een eerste aanzet gegeven door logistische regressies uit te voeren van de kans op voorkomen van een aantal soorten als functie van één variabele: de mediane korrelgrootte van het sediment. Uit de analyses op basis van de schaafmonsters blijkt dat de kans op voorkomen van een soort als de kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*) afneemt met een toenemende mediane korrelgrootte terwijl de kans op voorkomen van de stevige strandschelp (*Spisula solidus*) juist toeneemt met toenemende mediane korrelgrootte.

Eén van de hypothesen bij het monitoring en evaluatieprogramma van de Zandmotor was dat er meer kansen zouden zijn voor langlevende soorten om zich te ontwikkelen omdat het minder vaak zal worden bedekt met sediment zoals het geval is tijdens reguliere suppleties (Boon et al., 2013). In voorliggende studie is onderzocht of de gemiddelde levensduur van de bodemdiergemeenschap is veranderd na de aanleg van de Zandmotor door te kijken naar de soort-specifieke levensduur van de aangetroffen organismen. De resultaten wijzen echter niet op een duidelijk patroon. Wel was de gemiddelde levensduurscore van de aangetroffen taxa (zonder *Ensis* spp.) in de schaaf in de jaren 2010 en 2012 lager dan in de overige jaren. Dit bewijst echter niet het verschil in effect tussen megasuppleties zoals de Zandmotor en reguliere suppleties omdat dan het verschil op langere termijn wordt verwacht. In 2013 was de gemiddelde levensduurscore immers al het hoogst van alle jaren. Omdat er mogelijk ook een relatie met diepte kan zijn, is er eenzelfde figuur gemaakt (Figuur 76) voor de schaafgegevens waarbij een onderscheid is gemaakt tussen ondiep (diepteklassen 1 tot en met 5,) en diep (diepteklassen 6 tot en met 10, Tabel 1). Ook in deze figuur is er geen duidelijke toename van de gemiddelde levensduurscore over de tijd te zien. Mogelijk heeft dit te maken met het dynamisch karakter van de ondiepe vooroever, waardoor de bodemdieren continu aan het herstellen zijn en waardoor langlevende soorten zich niet eenvoudig kunnen vestigen.



Figuur 76: Ontwikkeling van de gemiddelde levensduurscore over de tijd van alle bodemdiersoorten in de schaaf voor de ondiepe stations (tot en met diepteklasse 5) en de diepe stations (vanaf diepteklasse 6).

De aanleg van de Zandmotor heeft, door de grotere ruimtelijke variatie in habitats, vrijwel direct geleid tot een grotere diversiteit in bodemdieren. Uit de gegevens die zijn verzameld tot en met 2024 blijkt dat de bodemdiergemeenschap zich niet heeft hersteld naar de situatie van voor de aanleg. Deels komt dit door de aanwezigheid en ontwikkeling van de Zandmotor en deels komt dit door autonome ontwikkelingen in het gebied. Het herstel van de bodemdiergemeenschap kan nog jaren duren, aangezien de verwachting is dat de Zandmotor pas 20 jaar na aanleg 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 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Baptist, M.J., K.E. Van de Wolfshaar, B.J.A. Huisman, A.V. De Groot, W. De Boer en Q. Ye (2012). Developing an Interactive Tool for evaluating sand nourishment strategies along the Holland Coast in perspective of benthos, fish nursery and dune quality. IMARES. Rapport nummer: Co83/12. 38 pagina's.
- Beauchard, O., A. Brind'Amour, M. Schratzberger, P. Laffargue, N.T. Hintzen, P.J. Sommerfield en G.J. Piet (2021). A generic approach to develop a trait-based indicator of trawling-induced disturbance. *Marine Ecology Progress Series* 675:35–52.
- Boon, A.R., P.K. Tonnon, C. Swinkels, W. Stolte en J.W.M. Wijsman (2013). Pilot Monitoring en Evaluatie-programma Zandmotor - fase 2. Analyses, Hypothesen en Evaluatie. Werkdocument. Deltares/IMARES. 28 pagina's.
- 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. en R.N. Gorley (2015). PRIMER v7: User manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth.
- 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. PRIMER-E Ltd, Plymouth.
- 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.
- Craeymeersch, J.A., M.A. Faasse, H. Gheeradryn, K. Troost, R. Nijland, A. Engelberts, K.J. Perdon, D. Van den Ende en J. Van Zwol (2019). First records of the dwarf surf clam *Mulinia lateralis* (Say, 1822) in Europe. *Marine Biodiversity Records* 12:11.
- Dauer, D.M. (1983). Functional morphology and feeding behavior of *Scolecopsis squamata* (Polychaeta: Spionidae). *Marine Biology* 77:279–285.
- De Mesel, I., J. Craeymeersch, T. Schellekens, C. Van Zweeden, J.W.M. Wijsman, M. Leopold, E. Dijkman en C. Cronin (2011). Kansenskaarten voor schelpdieren op basis van abiotiek en hun relatie tot het voorkomen van zwarte zee-eenden. Wageningen IMARES, Yerseke. 85 + bijlagen 75p pagina's.
- Degraer, S., A. Volckaert en M. Vincx (2003). Macrobenthic zonation patterns along a morphodynamical continuum of macrotidal, low tide bar/rip and ultra-dissipative sandy beaches. *Estuarine Coastal And Shelf Science* 56:459–468.
- Ebbens, E. en J. Fiselier (2010). Monitoring- en evaluatieplan Zandmotor. DHV. 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 mosselzaadvisserij en mosselkweek op sublitorale natuurwaarden. Wageningen IMARES, Texel. Rapport nummer: C077/07. 117 pagina's.
- Herman, P.M.J., J.J.S. Moons, J.W.M. Wijsman, A. Luijendijk en T. Ysebaert (2021). A mega-nourishment (Sand Motor) affects landscape diversity of subtidal benthic fauna. *Frontiers in Marine Science* 8:20.
- 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.
- Huisman, B.J.A., J.W.M. Wijsman, S.M. Arens, C.T.M. Vertegaal, L. Van der Valk, S.C. Van Donk, H.S.I. Vreugdenhill en M.D. Taal (2021). Evaluatie van 10 jaar Zandmotor. Bevindingen uit het Monitoring- en Evaluatie Programma (MEP) voor de periode 2011 tot 2021. Deltares. Rapport nummer: 11201431-003-ZKS-0016. 84 pagina's.
- Meijer, K.J., J.B. Gusmao, L. Bruil, O. Franken, I.A. Grimm, T. Van der Heide, N. Hijner, S.J. Holthuijsen, L. Hübner, D.W. Thielges, H. Olff, B.K. Eriksson en L.L. Govers (2023). The seafloor from a trait perspective. A comprehensive life history dataset of soft sediment macrozoobenthos. *Nature Scientific Data* 10:26.
- Poos, M.S. en D.A. Jackson (2011). Addressing the removal of rare species in multivariate bioassessments: The impact of methodological choices. *Ecological Indicators* 18:82–90.
- Rasmussen, E. (1973). Systematics and ecology of the Islefjord marine fauna (Denmark). *Ophelia* 11:1–507.
- Speybroeck, J., L. Alsteens, M. Vincx en S. Degraer (2007). Understanding the life of a sandy beach polychaete of functional importance - *Scolecopsis squamata* (Polychaeta: Spionidae) on Belgian sandy beaches (northeastern Atlantic, North Sea). *Estuarine Coastal And Shelf Science* 74:109–118.
- Speybroeck, J., D. Bonte, W. Courtens, T. Gheschiere, P. Grootaert, J.P. Maelfait, M. Mathys, S. Provoost, K. Sabbe en E.W.M. Stienen (2006). Beach nourishment: an ecologically sound coastal defence alternative? A review. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16:419–435.

-
- Stive, M., M. De Schipper, A. Luijendijk, R. Ranasinghe, J. Van Thiel de Vries, S. Aarninkhof, C. Van Gelder-Maas, S. De Vries, M. Henriquez en S. Marx (2013). The sand engine: a solution for vulnerable deltas in the 21st century? *Coastal Dynamics*:1537–1546.
- 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 (2016). Ontwikkeling van de Zandmotor. Samenvattende rapportage over de eerste vier jaar van het Monitoring en Evaluatie Programma (MEP). Deltares. 61 pagina's.
- Tonnon, P.K., L. Van der Valk, H. Holzhauer, M.J. Baptist, J.W.M. Wijsman, C.T.M. Vertegaal en S.M. Arens (2011). Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie pilot Zandmotor. Deltares/Wageningen IMARES. Rapport nummer: C172/10. 154 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.
- Van Hoey, G., M. Vincx en S. Degraer (2007). Temporal variability in the *Abra alba* community determined by global and local events. *Journal of Sea Research* 58:144–155.
- Verfaillie, E., V. Van Lancker en M. Van Meirvenne (2006). Multivariate geo statistics for the predictive modelling of the surficial sand distribution in shelf seas. *Continental Shelf Research* 26:2454–2468.
- Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30:377–392.
- 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. (2016). Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 Datarapport benthos bemonstering vooroever en strand najaar 2015. IMARES. Rapport nummer: C006/16. 67 pagina's.
- Wijsman, J.W.M., J.A. Craeymeersch en P.M.J. Herman (2022). Comparing grab and dredge sampling for shoreface benthos using ten years of monitoring data from the Sand Motor mega nourishment. *Journal of Sea Research* 188:12.
- Wijsman, J.W.M., D. Ende en E. Brummelhuis (2018). Bodemdiergemeenschap in de vooroever en op het natte strand van de zandmotor in het najaar 2017. Datarapport. Wageningen Marine Research. Rapport nummer: C073/18. 99 pagina's.
- Wijsman, J.W.M., J. Perdon, S.A. Cornelisse en D. Van den Ende (2024). Monitoring en Evaluatieprogramma Zandmotor – Ecologie van strand en vooroever. Veldverslag monitoring 2024. Wageningen Marine Research. 25 pagina's.
- Wijsman, J.W.M., T.C. Prins, J.J.S. Moons en P.M.J. Herman (2023). Changed sediment composition prevents recovery of macrobenthic community four years after a shoreface nourishment at the Holland coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 293:11.
- Wijsman, J.W.M., D. Van den Ende en E. Brummelhuis (2020). Bodemdiergemeenschap van de vooroever en het natte strand van de Zandmotor in het najaar van 2019. Wageningen Marine Research, Yerseke. Rapport nummer: C084/20. 107 pagina's.
- Wijsman, J.W.M. en E. Verduin (2011). T₀ monitoring Zandmotor Delflandse kust: Benthos ondiepe kustzone en natte strand. Wageningen IMARES, Yerseke. Rapport nummer: C039/11. 75 pagina's.

Verantwoording

Rapport C077.25

Projectnummer: 4313100214

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

Akkoord: Dr. J.A. Craeymeersch
Senior onderzoeker

Handtekening:

Signed by:

5459851CE5984DD...

Datum: 30-10-2025

Akkoord: Dr. T. Bult
Directeur Wageningen Marine Research
Bij afwezigheid:
Dr. A.M. Mouissie
Business Manager Projecten

Handtekening:

Signed by:

291E7A4CA7DB419...

Datum: 30-10-2025

Bijlage 1 Bemonsteringslocaties vooroever

Tabel 7: Coördinaten (WGS-84 en Rijksdriehoek) datum van bemonstering en diepte van de bemonsterde locaties in de vooroever in 2024. De diepte van de locatie is gebaseerd op de dieptekaart van maart 2024.

Locatie	Transect	Locatie (WGS84)		Rijksdriehoek		Datum bemonstering		Diepte cm (NAP)
		Latitude	Longitude	X_RD	Y_RD	Van Veen	Schaaf	
2024_001	0	52.00777	4.131839	68810	447345	18-9-2024	24-9-2024	-161
2024_002	0	52.0086	4.130208	68699	447439	16-9-2024	19-9-2024	-412
2024_003	0	52.00909	4.129246	68634	447495	16-9-2024	19-9-2024	-345
2024_004	0	52.0098	4.127868	68541	447575	16-9-2024	19-9-2024	-495
2024_005	0	52.01078	4.125946	68411	447687	18-9-2024	24-9-2024	-696
2024_006	0	52.01157	4.1244	68306	447776	18-9-2024	24-9-2024	-800
2024_007	0	52.01289	4.121812	68131	447926	18-9-2024	24-9-2024	-899
2024_008	0	52.01532	4.117053	67809	448202	18-9-2024	24-9-2024	-1001
2024_009	0	52.01836	4.111083	67405	448548	18-9-2024	24-9-2024	-1100
2024_010	0	52.02025	4.107396	67156	448762	18-9-2024	24-9-2024	-1150
2024_011	1	52.01496	4.140598	69425	448135	18-9-2024	24-9-2024	-150
2024_012	1	52.01549	4.139562	69355	448195	18-9-2024	19-9-2024	-452
2024_013	1	52.01598	4.138609	69290	448250	18-9-2024	19-9-2024	-303
2024_014	1	52.01666	4.137271	69200	448328	18-9-2024	24-9-2024	-503
2024_015	1	52.01763	4.135365	69071	448438	18-9-2024	24-9-2024	-695
2024_016	1	52.01827	4.134128	68987	448510	18-9-2024	24-9-2024	-799
2024_017	1	52.01912	4.132461	68874	448607	18-9-2024	24-9-2024	-899
2024_018	1	52.02098	4.128819	68628	448818	18-9-2024	24-9-2024	-1000
2024_019	1	52.0237	4.123486	68267	449127	18-9-2024	24-9-2024	-1100
2024_020	1	52.02575	4.119466	67995	449360	18-9-2024	24-9-2024	-1150
2024_021	2	52.02211	4.149441	70045	448920	18-9-2024	24-9-2024	-140
2024_022	2	52.02252	4.148639	69991	448966	18-9-2024	19-9-2024	-411
2024_023	2	52.02288	4.147932	69943	449007	18-9-2024	19-9-2024	-237
2024_024	2	52.0238	4.146141	69822	449111	18-9-2024	24-9-2024	-500
2024_025	2	52.02486	4.144061	69681	449232	18-9-2024	24-9-2024	-699
2024_026	2	52.02548	4.142859	69600	449302	18-9-2024	24-9-2024	-805
2024_027	2	52.02604	4.141745	69525	449366	18-9-2024	24-9-2024	-899
2024_028	2	52.0268	4.140266	69424	449452	18-9-2024	24-9-2024	-1001
2024_029	2	52.02859	4.136756	69187	449655	18-9-2024	24-9-2024	-1101
2024_030	2	52.03102	4.132002	68865	449931	18-9-2024	24-9-2024	-1153
2024_031	3	52.02922	4.158373	70672	449700	18-9-2024	24-9-2024	-150
2024_032	3	52.03018	4.156502	70545	449808	18-9-2024	19-9-2024	-349
2024_033	3	52.03059	4.155684	70490	449856	18-9-2024	19-9-2024	-323
2024_034	3	52.03131	4.154284	70395	449937	18-9-2024	24-9-2024	-498
2024_035	3	52.03206	4.152807	70295	450023	18-9-2024	24-9-2024	-703
2024_036	3	52.03246	4.152036	70243	450067	18-9-2024	24-9-2024	-797
2024_037	3	52.03302	4.150926	70168	450132	18-9-2024	24-9-2024	-905
2024_038	3	52.03386	4.149283	70057	450227	18-9-2024	24-9-2024	-1000
2024_039	3	52.03668	4.143769	69684	450547	18-9-2024	24-9-2024	-1099

Locatie	Transect	Locatie (WGS84)		Rijksdriehoek		Datum bemonstering		Diepte cm (NAP)
		Latitude	Longitude	X_RD	Y_RD	Van Veen	Schaaf	
2024_040	3	52.03832	4.140557	69466	450733	18-9-2024	24-9-2024	-1151
2024_041	5	52.04393	4.175263	71858	451317	18-9-2024	19-9-2024	-156
2024_042	5	52.04494	4.173298	71725	451431	18-9-2024	19-9-2024	-475
2024_043	5	52.04546	4.172277	71656	451490	19-9-2024	19-9-2024	-326
2024_044	5	52.04592	4.171375	71595	451543	19-9-2024	23-9-2024	-503
2024_045	5	52.04636	4.170511	71536	451593	19-9-2024	23-9-2024	-705
2024_046	5	52.04671	4.169835	71491	451632	19-9-2024	23-9-2024	-798
2024_047	5	52.04741	4.168453	71397	451712	19-9-2024	23-9-2024	-902
2024_048	5	52.0489	4.165546	71201	451881	19-9-2024	23-9-2024	-1000
2024_049	5	52.05105	4.161328	70915	452125	19-9-2024	23-9-2024	-1100
2024_050	5	52.05245	4.158582	70730	452284	19-9-2024	23-9-2024	-1151
2024_051	6	52.05041	4.180868	72254	452031	18-9-2024	19-9-2024	-156
2024_052	6	52.05084	4.180023	72197	452080	18-9-2024	19-9-2024	-335
2024_053	6	52.05122	4.179279	72147	452123	18-9-2024	23-9-2024	-227
2024_054	6	52.05222	4.177317	72014	452237	19-9-2024	23-9-2024	-497
2024_055	6	52.05308	4.175635	71900	452335	19-9-2024	23-9-2024	-695
2024_056	6	52.05361	4.174606	71831	452394	19-9-2024	23-9-2024	-792
2024_057	6	52.05442	4.173019	71723	452486	19-9-2024	23-9-2024	-899
2024_058	6	52.05527	4.171348	71610	452583	19-9-2024	23-9-2024	-998
2024_059	6	52.05564	4.170622	71561	452625	19-9-2024	23-9-2024	-1097
2024_060	6	52.05649	4.168968	71449	452721	19-9-2024	23-9-2024	-1153
2024_061	7	52.05595	4.188295	72774	452639	18-9-2024	19-9-2024	-141
2024_062	7	52.05655	4.187119	72694	452708	18-9-2024	19-9-2024	-311
2024_063	7	52.05715	4.185936	72614	452776	18-9-2024	19-9-2024	-181
2024_064	7	52.05836	4.183571	72454	452913	19-9-2024	23-9-2024	-502
2024_065	7	52.0594	4.181537	72317	453031	19-9-2024	23-9-2024	-703
2024_066	7	52.06019	4.179991	72212	453121	19-9-2024	23-9-2024	-801
2024_067	7	52.06101	4.178387	72104	453214	19-9-2024	23-9-2024	-900
2024_068	7	52.06162	4.177192	72023	453283	19-9-2024	23-9-2024	-1000
2024_069	7	52.06222	4.176015	71943	453351	19-9-2024	23-9-2024	-1101
2024_070	7	52.06254	4.175395	71901	453387	19-9-2024	23-9-2024	-1147
2024_071	8	52.06094	4.196816	73367	453184	18-9-2024	19-9-2024	-162
2024_072	8	52.0613	4.196101	73319	453226	18-9-2024	19-9-2024	-340
2024_073	8	52.06179	4.19514	73254	453282	18-9-2024	23-9-2024	-232
2024_074	8	52.0627	4.193357	73133	453385	19-9-2024	23-9-2024	-499
2024_075	8	52.06389	4.191032	72976	453520	19-9-2024	23-9-2024	-696
2024_076	8	52.06454	4.189756	72890	453594	19-9-2024	23-9-2024	-802
2024_077	8	52.06527	4.188331	72794	453676	19-9-2024	23-9-2024	-898
2024_078	8	52.06602	4.186863	72694	453761	19-9-2024	23-9-2024	-1003
2024_079	8	52.06701	4.184929	72563	453873	19-9-2024	23-9-2024	-1100
2024_080	8	52.06759	4.183798	72487	453939	19-9-2024	23-9-2024	-1150
2024_081	9	52.06678	4.20822	74160	453822	18-9-2024	19-9-2024	-150
2024_082	9	52.06766	4.206495	74043	453922	18-9-2024	23-9-2024	-436
2024_083	9	52.06813	4.205585	73982	453975	18-9-2024	23-9-2024	-451
2024_084	9	52.06841	4.205045	73945	454006	18-9-2024	23-9-2024	-499
2024_085	9	52.06916	4.203576	73846	454091	19-9-2024	23-9-2024	-704
2024_086	9	52.06963	4.202653	73783	454145	19-9-2024	23-9-2024	-799
2024_087	9	52.07038	4.201178	73684	454230	19-9-2024	23-9-2024	-901

Locatie	Transect	Locatie (WGS84)		Rijksdriehoek		Datum bemonstering		Diepte cm (NAP)
		Latitude	Longitude	X_RD	Y_RD	Van Veen	Schaaf	
2024_088	9	52.07166	4.198683	73515	454375	19-9-2024	23-9-2024	-1000
2024_089	9	52.07339	4.195296	73286	454571	19-9-2024	23-9-2024	-1101
2024_090	9	52.0747	4.192723	73112	454720	19-9-2024	23-9-2024	-1150
2024_091	10	52.07284	4.219217	74925	454484	18-9-2024	19-9-2024	-151
2024_092	10	52.0738	4.21733	74797	454593	18-9-2024	24-9-2024	-475
2024_093	10	52.07435	4.216262	74725	454655	18-9-2024	24-9-2024	-417
2024_094	10	52.07468	4.215609	74681	454693	18-9-2024	24-9-2024	-497
2024_095	10	52.07524	4.214528	74608	454755	18-9-2024	24-9-2024	-703
2024_096	10	52.07567	4.213678	74550	454805	18-9-2024	24-9-2024	-794
2024_097	10	52.07633	4.212381	74462	454880	18-9-2024	24-9-2024	-897
2024_098	10	52.07809	4.208944	74230	455079	18-9-2024	24-9-2024	-1001
2024_099	10	52.07988	4.205436	73993	455282	18-9-2024	24-9-2024	-1100
2024_100	10	52.08162	4.202031	73763	455480	18-9-2024	24-9-2024	-1150
2024_101	11	52.07955	4.228936	75603	455219	18-9-2024	19-9-2024	-144
2024_102	11	52.08015	4.227751	75523	455288	18-9-2024	24-9-2024	-431
2024_103	11	52.08058	4.226919	75467	455336	18-9-2024	24-9-2024	-330
2024_104	11	52.08121	4.225688	75383	455408	18-9-2024	24-9-2024	-493
2024_105	11	52.08172	4.224687	75316	455466	18-9-2024	24-9-2024	-700
2024_106	11	52.08208	4.22399	75268	455506	18-9-2024	24-9-2024	-803
2024_107	11	52.08299	4.2222	75147	455610	18-9-2024	23-9-2024	-899
2024_108	11	52.08449	4.219263	74949	455780	18-9-2024	23-9-2024	-1002
2024_109	11	52.08754	4.213301	74546	456126	18-9-2024	23-9-2024	-1100
2024_110	11	52.08879	4.210852	74380	456268	18-9-2024	23-9-2024	-1145
2024_111	12	52.0863	4.238577	76276	455960	18-9-2024	19-9-2024	-143
2024_112	12	52.08709	4.237026	76171	456050	18-9-2024	23-9-2024	-532
2024_113	12	52.08765	4.235939	76097	456113	16-9-2024	23-9-2024	-372
2024_114	12	52.08805	4.235158	76044	456158	16-9-2024	23-9-2024	-494
2024_115	12	52.08857	4.234132	75975	456218	16-9-2024	23-9-2024	-698
2024_116	12	52.08922	4.232874	75890	456290	16-9-2024	23-9-2024	-806
2024_117	12	52.0905	4.230366	75720	456436	16-9-2024	23-9-2024	-899
2024_118	12	52.09223	4.226968	75491	456633	18-9-2024	23-9-2024	-1000
2024_119	12	52.09392	4.223667	75267	456824	18-9-2024	23-9-2024	-1101
2024_120	12	52.09463	4.222286	75174	456904	18-9-2024	23-9-2024	-1150

Bijlage 2 Bemonsteringslocaties strand

Tabel 8: Moment en coördinaten (WGS-84 en Rijksdriehoek) van de bemonsterde locaties op het strand, de lagune en de duinvoet in 2024.

Locatie	Type	Datum	Tijdstip	Transect	Locatie (WGS84)		Rijksdriehoek	
					Latitude	Longitude	X_RD	Y_RD
2024_121	Strand	24 okt '24	13:27	0	4.132052	52.00766	68824	447332
2024_122	Strand	24 okt '24	12:12	0	4.132200	52.00759	68834	447324
2024_123	Strand	24 okt '24	10:54	0	4.132333	52.00751	68843	447315
2024_124	Strand	24 okt '24	9:36	0	4.132422	52.00747	68849	447311
2024_125	Strand	24 okt '24	8:30	0	4.132496	52.00744	68854	447307
2024_126	Strand	24 okt '24	13:31	1	4.141283	52.01461	69471	448095
2024_127	Strand	24 okt '24	12:17	1	4.141431	52.01454	69481	448087
2024_128	Strand	24 okt '24	10:57	1	4.141638	52.01443	69495	448074
2024_129	Strand	24 okt '24	9:40	1	4.141800	52.01435	69506	448065
2024_130	Strand	24 okt '24	8:35	1	4.141934	52.01428	69515	448057
2024_131	Strand	24 okt '24	13:35	2	4.149867	52.02189	70074	448895
2024_132	Strand	24 okt '24	12:22	2	4.150000	52.02182	70083	448887
2024_133	Strand	24 okt '24	11:01	2	4.150547	52.02154	70120	448855
2024_134	Strand	24 okt '24	9:44	2	4.150650	52.02150	70127	448850
2024_135	Strand	24 okt '24	8:41	2	4.150709	52.02146	70131	448846
2024_136	Strand	24 okt '24	13:39	3	4.159074	52.02886	70719	449659
2024_137	Strand	24 okt '24	12:26	3	4.159163	52.02881	70725	449654
2024_138	Strand	24 okt '24	11:05	3	4.159340	52.02873	70737	449644
2024_139	Strand	24 okt '24	9:47	3	4.159458	52.02867	70745	449637
2024_140	Strand	24 okt '24	8:47	3	4.159517	52.02863	70749	449633
2024_141	Strand	24 okt '24	13:46	5	4.176270	52.04341	71926	451258
2024_142	Strand	24 okt '24	12:33	5	4.176314	52.04339	71929	451256
2024_143	Strand	24 okt '24	11:11	5	4.176359	52.04337	71932	451253
2024_144	Strand	24 okt '24	9:51	5	4.176418	52.04334	71936	451250
2024_145	Strand	24 okt '24	8:53	5	4.176462	52.04331	71939	451247
2024_146	Strand	24 okt '24	13:50	6	4.181366	52.05014	72288	452001
2024_147	Strand	24 okt '24	12:42	6	4.181439	52.05011	72293	451997
2024_148	Strand	24 okt '24	11:15	6	4.181602	52.05003	72304	451988
2024_149	Strand	24 okt '24	9:55	6	4.182001	52.04982	72331	451965
2024_150	Strand	24 okt '24	8:58	6	4.182119	52.04977	72339	451959
2024_151	Strand	23 okt '24	12:57	7	4.188636	52.05578	72797	452620
2024_152	Strand	23 okt '24	11:47	7	4.188695	52.05574	72801	452616
2024_153	Strand	23 okt '24	10:34	7	4.188813	52.05569	72809	452610
2024_154	Strand	23 okt '24	9:35	7	4.188932	52.05562	72817	452602
2024_155	Strand	23 okt '24	8:15	7	4.188946	52.05561	72818	452601
2024_156	Strand	23 okt '24	12:55	8	4.197313	52.06068	73401	453155
2024_157	Strand	23 okt '24	11:45	8	4.197387	52.06064	73406	453151
2024_158	Strand	23 okt '24	10:32	8	4.197505	52.06058	73414	453144
2024_159	Strand	23 okt '24	9:33	8	4.197623	52.06054	73422	453139
2024_160	Strand	23 okt '24	8:12	8	4.197712	52.06047	73428	453132

Locatie	Type	Datum	Tijdstip	Transect	Locatie (WGS84)		Rijksdriehoek	
					Latitude	Longitude	X_RD	Y_RD
2024_161	Strand	23 okt '24	12:46	9	4.208841	52.06647	74202	453787
2024_162	Strand	23 okt '24	11:34	9	4.209004	52.06639	74213	453778
2024_163	Strand	23 okt '24	10:21	9	4.209211	52.06628	74227	453765
2024_164	Strand	23 okt '24	9:21	9	4.209876	52.06594	74272	453727
2024_165	Strand	23 okt '24	8:07	9	4.209994	52.06588	74280	453720
2024_166	Strand	23 okt '24	12:42	10	4.220329	52.07228	75000	454420
2024_167	Strand	23 okt '24	11:30	10	4.220417	52.07222	75006	454414
2024_168	Strand	23 okt '24	10:16	10	4.220565	52.07215	75016	454406
2024_169	Strand	23 okt '24	9:18	10	4.220654	52.07211	75022	454401
2024_170	Strand	23 okt '24	8:05	10	4.220728	52.07207	75027	454396
2024_171	Strand	23 okt '24	12:39	11	4.229986	52.07902	75674	455159
2024_172	Strand	23 okt '24	11:27	11	4.230060	52.07896	75679	455153
2024_173	Strand	23 okt '24	10:12	11	4.230149	52.07893	75685	455149
2024_174	Strand	23 okt '24	9:15	11	4.230252	52.07887	75692	455143
2024_175	Strand	23 okt '24	8:03	11	4.230548	52.07872	75712	455126
2024_176	Strand	23 okt '24	12:36	12	4.239572	52.08580	76343	455903
2024_177	Strand	23 okt '24	11:23	12	4.239646	52.08575	76348	455898
2024_178	Strand	23 okt '24	10:08	12	4.239750	52.08569	76355	455891
2024_179	Strand	23 okt '24	9:13	12	4.239838	52.08565	76361	455886
2024_180	Strand	23 okt '24	7:53	12	4.239942	52.08559	76368	455880
2024_181	Duinvoet	24 okt '24	8:28	0	4.133441	52.00695	68918	447252
2024_182	Duinvoet	24 okt '24	8:34	1	4.143145	52.01366	69597	447987
2024_183	Duinvoet	24 okt '24	8:36	2	4.151611	52.02101	70192	448794
2024_184	Duinvoet	24 okt '24	8:42	3	4.160478	52.02815	70814	449578
2024_185	Duinvoet	24 okt '24	8:52	5	4.178723	52.04216	72092	451116
2024_186	Duinvoet	24 okt '24	8:56	6	4.183598	52.04898	72439	451869
2024_187	Duinvoet	23 okt '24	8:15	7	4.194357	52.05285	73184	452288
2024_188	Duinvoet	23 okt '24	8:12	8	4.202073	52.05825	73723	452880
2024_189	Duinvoet	23 okt '24	8:07	9	4.211931	52.06489	74411	453607
2024_190	Duinvoet	23 okt '24	8:06	10	4.221881	52.07148	75105	454330
2024_191	Duinvoet	23 okt '24	8:03	11	4.231671	52.07815	75788	455061
2024_192	Duinvoet	23 okt '24	7:54	12	4.240947	52.08509	76436	455823
2024_196	Lagune	23 okt '24	12:53	8	4.191459	52.05433	72988	452456
2024_197	Lagune	23 okt '24	11:44	8	4.191445	52.05434	72987	452457
2024_198	Lagune	23 okt '24	10:29	8	4.191430	52.05434	72986	452457
2024_199	Lagune	23 okt '24	9:30	8	4.191430	52.05435	72986	452458
2024_200	Lagune	23 okt '24	9:15	8	4.191415	52.05435	72985	452458
2024_201	Lagune	23 okt '24	12:49	7	4.191992	52.05406	73024	452425
2024_202	Lagune	23 okt '24	11:42	7	4.192036	52.05404	73027	452423
2024_203	Lagune	23 okt '24	10:26	7	4.192051	52.05403	73028	452422
2024_204	Lagune	23 okt '24	9:28	7	4.192080	52.05402	73030	452420
2024_205	Lagune	23 okt '24	8:13	7	4.192095	52.05401	73031	452419

Bijlage 3 Sedimentsamenstelling

Tabel 9: Overzicht resultaten sedimentsamenstelling 2024. 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 ($500\text{-}1000 \mu\text{m}$).

LocatieNr	Latitude (WGS84)	Longitudo (WGS84)	Mediaan (μm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2024_001	52.00777	4.131845	234.8	0.00	2.90	53.70	41.73	1.67
2024_002	52.00860	4.130205	233.0	19.52	2.46	32.76	36.04	8.55
2024_003	52.00909	4.129245	193.5	0.35	12.24	61.57	25.57	0.27
2024_004	52.00980	4.127870	199.8	0.30	11.45	58.92	28.71	0.61
2024_005	52.01078	4.125949	163.5	1.82	23.27	60.61	14.28	0.02
2024_006	52.01157	4.124397	165.8	2.18	22.12	59.99	15.67	0.05
2024_007	52.01289	4.121811	175.7	2.62	20.32	53.71	20.51	2.15
2024_008	52.01532	4.117051	154.7	8.50	25.56	47.38	14.25	3.46
2024_009	52.01836	4.111078	165.0	10.33	18.93	52.18	18.32	0.25
2024_010	52.02025	4.107397	166.1	7.28	18.13	59.49	15.08	0.01
2024_011	52.01497	4.140603	208.0	0.00	4.52	67.16	28.31	0.01
2024_012	52.01549	4.139569	312.7	0.00	0.26	28.46	60.73	10.55
2024_013	52.01598	4.138608	244.4	0.00	2.19	50.18	45.48	2.15
2024_014	52.01667	4.137278	225.9	0.27	6.08	53.29	38.52	1.83
2024_015	52.01763	4.135372	188.7	1.94	14.95	56.65	24.48	1.40
2024_016	52.01827	4.134130	196.0	1.85	13.00	55.94	28.13	1.09
2024_017	52.01912	4.132460	157.2	22.23	14.30	43.86	19.15	0.47
2024_018	52.02098	4.128823	187.5	2.88	16.05	54.05	25.15	1.56
2024_019	52.02370	4.123487	174.0	10.82	15.28	51.92	21.30	0.60
2024_020	52.02575	4.119465	176.0	7.86	16.13	54.35	21.50	0.16
2024_021	52.02212	4.149438	245.0	0.00	1.23	51.10	46.39	1.28
2024_022	52.02252	4.148640	246.2	0.00	1.21	50.56	46.96	1.26
2024_023	52.02288	4.147931	275.3	0.00	1.30	39.51	52.14	7.06
2024_024	52.02380	4.146142	226.4	0.00	5.55	53.97	38.39	2.09
2024_025	52.02486	4.144058	258.6	0.26	5.28	41.78	43.10	9.55
2024_026	52.02548	4.142861	196.5	0.77	11.64	59.97	27.23	0.39
2024_027	52.02604	4.141752	247.6	1.10	6.60	43.06	41.28	7.96
2024_028	52.02680	4.140259	463.4	4.85	6.98	13.71	29.42	40.65
2024_029	52.02859	4.136756	173.6	37.00	8.39	11.06	23.60	19.42
2024_030	52.03102	4.131995	220.9	2.11	7.89	50.69	36.38	2.93
2024_031	52.02922	4.158379	282.0	0.00	0.08	35.20	62.04	2.69
2024_032	52.03017	4.156502	334.1	0.00	0.47	25.13	56.98	17.42
2024_033	52.03059	4.155689	230.4	0.00	1.61	58.38	39.73	0.27
2024_034	52.03131	4.154285	294.9	0.00	1.80	34.32	51.46	12.39
2024_035	52.03207	4.152807	245.3	0.00	2.70	49.27	45.75	2.28
2024_036	52.03245	4.152038	317.1	0.13	1.15	28.19	57.67	12.86
2024_037	52.03303	4.150929	317.5	0.00	0.61	28.12	58.54	12.73
2024_038	52.03386	4.149288	278.5	1.36	3.10	36.49	49.92	9.14
2024_039	52.03668	4.143774	241.3	1.05	3.11	49.44	44.28	2.12
2024_040	52.03832	4.140551	245.8	1.56	4.60	45.29	42.89	5.66
2024_041	52.04393	4.175265	262.5	0.00	0.40	43.71	54.02	1.87
2024_042	52.04493	4.173298	347.8	0.00	1.16	23.81	53.57	21.46
2024_043	52.04545	4.172278	227.1	0.00	3.56	56.77	38.87	0.81
2024_044	52.04592	4.171377	250.3	0.00	6.00	43.90	36.23	12.05
2024_045	52.04636	4.170504	209.3	0.16	7.21	60.42	31.64	0.57
2024_046	52.04671	4.169839	202.1	1.18	10.53	56.90	27.84	2.62
2024_047	52.04741	4.168449	167.1	22.32	11.34	42.59	21.06	2.36
2024_048	52.04890	4.165551	178.0	11.56	11.65	56.45	20.34	0.00

LocatieNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (µm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2024_049	52.05105	4.161323	212.9	1.97	5.27	59.38	32.91	0.47
2024_050	52.05245	4.158587	190.9	9.81	9.36	54.06	25.95	0.68
2024_051	52.05041	4.180863	325.7	0.00	0.17	25.69	59.48	14.65
2024_052	52.05084	4.180020	267.6	0.00	1.15	41.92	51.74	5.19
2024_053	52.05122	4.179281	349.9	0.00	0.00	16.55	69.36	14.09
2024_054	52.05222	4.177315	294.7	0.00	0.66	33.28	58.44	7.62
2024_055	52.05308	4.175629	331.6	0.43	0.95	24.34	59.37	14.91
2024_056	52.05360	4.174609	297.3	0.42	1.31	32.32	57.15	8.81
2024_057	52.05442	4.173012	452.1	0.23	0.49	8.59	49.80	39.86
2024_058	52.05527	4.171341	352.0	0.00	0.57	23.55	51.69	23.19
2024_059	52.05564	4.170617	261.1	1.18	3.78	41.55	41.06	11.00
2024_060	52.05649	4.168961	230.0	2.86	4.50	50.43	38.58	2.64
2024_061	52.05595	4.188296	301.5	0.00	1.01	32.66	53.67	12.62
2024_062	52.05656	4.187113	313.0	0.00	0.90	29.30	57.41	12.39
2024_063	52.05715	4.185930	396.1	0.00	0.00	8.12	67.44	24.44
2024_064	52.05836	4.183565	305.7	0.00	0.25	29.77	61.20	8.78
2024_065	52.05940	4.181539	352.7	0.00	0.00	14.54	72.04	13.43
2024_066	52.06019	4.179986	409.1	0.00	0.00	7.06	65.03	27.92
2024_067	52.06101	4.178389	386.4	0.00	0.00	9.50	68.61	21.89
2024_068	52.06162	4.177192	403.1	0.00	0.00	10.79	60.08	29.13
2024_069	52.06222	4.176009	378.0	0.68	0.21	17.62	54.76	26.72
2024_070	52.06254	4.175388	362.9	1.54	2.59	23.15	43.38	27.19
2024_071	52.06093	4.196810	350.6	0.00	0.02	19.29	63.15	17.54
2024_072	52.06130	4.196100	412.6	0.00	0.00	10.83	57.34	31.83
2024_073	52.06180	4.195139	259.1	0.00	0.56	45.18	52.66	1.60
2024_074	52.06270	4.193350	217.4	0.00	7.79	54.84	34.27	2.67
2024_075	52.06389	4.191029	225.3	0.00	2.60	59.69	37.55	0.15
2024_076	52.06455	4.189757	262.1	0.00	0.45	43.77	55.11	0.67
2024_077	52.06527	4.188338	305.8	0.00	0.02	27.25	67.45	5.28
2024_078	52.06602	4.186859	301.0	0.00	0.01	28.28	67.59	4.12
2024_079	52.06701	4.184922	272.5	1.67	0.40	38.34	56.67	2.92
2024_080	52.06759	4.183798	261.4	1.48	1.86	42.34	49.08	5.24
2024_081	52.06678	4.208220	315.9	0.00	0.02	25.02	66.77	8.20
2024_082	52.06766	4.206491	192.6	0.00	11.18	64.69	24.05	0.07
2024_083	52.06813	4.205589	227.8	0.00	4.95	54.22	39.03	1.80
2024_084	52.06840	4.205042	206.3	0.00	6.60	64.04	29.22	0.14
2024_085	52.06915	4.203578	175.0	0.76	14.70	70.44	14.09	0.00
2024_086	52.06963	4.202647	165.6	1.27	18.72	69.64	10.37	0.00
2024_087	52.07038	4.201183	170.2	5.94	16.56	61.74	15.75	0.01
2024_088	52.07166	4.198684	224.1	2.44	7.82	48.47	33.74	6.65
2024_089	52.07338	4.195297	204.6	11.52	7.70	46.50	31.50	2.78
2024_090	52.07470	4.192724	197.7	9.27	9.39	51.01	29.36	0.97
2024_091	52.07284	4.219220	315.8	0.00	0.01	25.06	66.70	8.24
2024_092	52.07380	4.217328	388.4	0.14	0.64	19.46	48.20	30.35
2024_093	52.07435	4.216263	230.2	0.00	3.43	55.33	40.13	1.10
2024_094	52.07469	4.215612	243.8	0.00	4.30	48.00	43.08	4.62
2024_095	52.07523	4.214533	192.7	0.61	11.35	63.02	24.78	0.24
2024_096	52.07567	4.213675	250.5	2.08	8.01	39.77	39.25	10.89
2024_097	52.07633	4.212374	452.8	1.98	3.56	11.83	40.24	39.29
2024_098	52.07809	4.208944	360.1	9.84	3.11	16.25	43.75	26.70
2024_099	52.07988	4.205439	399.8	2.01	2.41	17.89	43.55	32.44
2024_100	52.08162	4.202037	312.3	1.34	1.83	29.29	52.17	15.37
2024_101	52.07955	4.228936	313.2	0.00	0.00	24.43	68.68	6.89
2024_102	52.08015	4.227753	242.4	0.00	1.04	52.72	45.63	0.62
2024_103	52.08058	4.226925	237.6	0.00	1.83	53.94	43.34	0.89
2024_104	52.08121	4.225683	193.4	0.00	8.79	68.79	22.39	0.03
2024_105	52.08172	4.224693	192.2	0.00	12.50	61.30	22.32	2.27
2024_106	52.08208	4.223983	514.9	2.26	2.87	9.80	32.87	46.72
2024_107	52.08299	4.222194	435.2	0.68	0.96	14.60	44.17	36.79
2024_108	52.08449	4.219266	468.2	3.97	3.47	13.77	33.07	39.98

LocatieNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (µm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2024_109	52.08754	4.213306	226.8	2.87	5.96	49.73	35.85	4.14
2024_110	52.08880	4.210850	446.7	1.97	3.37	15.81	36.48	37.85
2024_111	52.08630	4.238581	265.2	0.00	0.46	42.65	54.57	2.33
2024_112	52.08709	4.237029	189.4	1.57	10.63	66.05	21.72	0.03
2024_113	52.08765	4.235935	290.6	0.00	1.36	35.86	49.16	13.00
2024_114	52.08805	4.235151	184.1	0.00	11.04	71.53	17.44	0.00
2024_115	52.08858	4.234131	565.3	0.22	2.18	11.02	27.63	49.40
2024_116	52.08921	4.232874	563.0	0.00	2.69	7.48	30.12	51.81
2024_117	52.09050	4.230360	478.2	0.15	0.97	4.53	48.78	44.76
2024_118	52.09224	4.226973	577.5	1.17	1.41	5.35	30.52	51.50
2024_119	52.09392	4.223660	408.4	4.46	2.42	18.52	37.28	33.91
2024_120	52.09463	4.222285	291.9	4.53	5.85	30.77	39.28	19.41
2024_121	52.00766	4.132052	291.2	0.00	0.68	35.19	53.16	10.89
2024_122	52.00759	4.132200	336.9	0.00	0.14	23.58	59.06	17.20
2024_123	52.00751	4.132333	353.7	0.00	0.13	20.82	58.47	20.58
2024_124	52.00747	4.132422	411.5	0.00	0.00	9.64	60.06	30.30
2024_125	52.00744	4.132496	308.0	0.00	0.29	29.84	59.08	10.79
2024_126	52.01461	4.141283	257.0	0.00	0.54	46.17	51.55	1.74
2024_127	52.01454	4.141431	314.5	0.00	0.36	29.63	54.50	15.36
2024_128	52.01443	4.141638	369.2	0.00	0.07	17.97	58.50	23.46
2024_129	52.01435	4.141800	426.2	0.00	0.00	11.02	53.37	35.40
2024_130	52.01428	4.141934	458.9	0.00	0.00	3.52	56.31	40.17
2024_131	52.02189	4.149867	275.5	0.00	0.51	39.08	55.87	4.55
2024_132	52.02182	4.150000	282.6	0.00	0.56	37.15	55.03	7.26
2024_133	52.02154	4.150547	339.0	0.00	0.25	25.13	53.47	20.51
2024_134	52.02150	4.150650	400.0	0.00	0.00	7.49	67.78	24.73
2024_135	52.02146	4.150709	464.3	0.00	0.00	7.95	48.70	41.77
2024_136	52.02886	4.159074	294.8	0.00	0.13	32.01	61.59	6.27
2024_137	52.02881	4.159163	314.7	0.00	0.15	27.98	59.01	12.82
2024_138	52.02873	4.159340	478.3	0.00	0.00	6.59	47.44	43.93
2024_139	52.02867	4.159458	327.6	0.00	0.10	25.10	59.49	15.26
2024_140	52.02863	4.159517	332.0	0.00	0.12	24.72	57.93	17.08
2024_141	52.04341	4.176270	369.1	0.00	0.00	14.11	65.26	20.60
2024_142	52.04339	4.176314	414.6	0.00	0.00	11.42	54.17	31.13
2024_143	52.04337	4.176359	346.9	0.00	0.00	15.66	71.05	13.29
2024_144	52.04334	4.176418	407.9	0.00	0.00	7.30	64.77	27.92
2024_145	52.04331	4.176462	405.5	0.00	0.00	10.10	59.97	29.61
2024_146	52.05014	4.181366	307.7	0.00	0.03	26.96	66.40	6.61
2024_147	52.05011	4.181439	356.0	0.00	0.04	19.22	60.74	20.00
2024_148	52.05003	4.181602	387.8	0.00	0.00	13.14	60.91	25.95
2024_149	52.04982	4.182001	347.7	0.00	0.00	16.94	69.10	13.96
2024_150	52.04977	4.182119	404.6	0.00	0.00	14.77	52.11	31.22
2024_151	52.05578	4.188636	287.3	0.00	0.34	35.06	58.57	6.04
2024_152	52.05574	4.188695	280.3	0.00	0.64	37.62	56.10	5.64
2024_153	52.05569	4.188813	322.2	0.00	0.00	21.43	71.48	7.08
2024_154	52.05562	4.188932	424.1	0.00	0.00	10.79	53.16	27.36
2024_155	52.05561	4.188946	474.8	0.00	0.08	9.13	45.24	43.32
2024_156	52.06068	4.197313	308.4	0.00	0.06	27.34	65.49	7.11
2024_157	52.06064	4.197387	359.4	0.00	0.00	17.32	63.74	18.94
2024_158	52.06058	4.197505	338.4	0.00	0.00	15.54	75.53	8.93
2024_159	52.06054	4.197623	422.8	0.00	0.00	7.70	59.87	32.43
2024_160	52.06047	4.197712	346.8	0.00	0.00	12.49	78.90	8.62
2024_161	52.06647	4.208841	556.6	0.00	0.00	1.21	37.98	56.35
2024_162	52.06639	4.209004	580.5	0.00	0.00	0.36	33.56	61.71
2024_163	52.06628	4.209211	499.3	0.00	0.00	0.96	49.21	49.82
2024_164	52.06594	4.209876	484.5	0.00	0.00	1.09	52.90	46.01
2024_165	52.06588	4.209994	674.3	0.00	0.00	1.31	26.06	52.51
2024_166	52.07228	4.220329	375.4	0.00	0.00	8.97	73.71	17.33
2024_167	52.07222	4.220417	402.5	0.00	0.00	5.73	70.21	24.06
2024_168	52.07215	4.220565	384.3	0.00	0.00	7.06	74.05	18.89

LocatieNr	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)	Mediaan (µm)	Silt (%)	Zeer fijn zand (%)	Fijn zand (%)	Medium zand (%)	Grof zand (%)
2024_169	52.07211	4.220654	396.2	0.00	0.00	4.46	75.78	19.77
2024_170	52.07207	4.220728	425.4	0.00	0.00	3.17	67.39	29.44
2024_171	52.07902	4.229986	414.3	0.00	0.00	7.90	61.81	30.29
2024_172	52.07896	4.230060	372.0	0.00	0.00	12.07	68.34	19.59
2024_173	52.07893	4.230149	389.7	0.00	0.00	8.30	69.12	22.58
2024_174	52.07887	4.230252	424.6	0.00	0.00	5.92	61.96	32.12
2024_175	52.07872	4.230548	378.3	0.00	0.00	7.50	76.22	16.28
2024_176	52.08580	4.239572	365.4	0.00	0.00	13.47	67.85	18.67
2024_177	52.08575	4.239646	397.4	0.00	0.00	7.67	67.91	24.41
2024_178	52.08569	4.239750	373.9	0.00	0.00	11.03	70.01	18.95
2024_179	52.08565	4.239838	426.5	0.00	0.00	3.75	65.77	30.48
2024_180	52.08559	4.239942	383.0	0.00	0.00	5.81	78.00	16.19

Bijlage 4 Correcties taxa Van Veen en strand

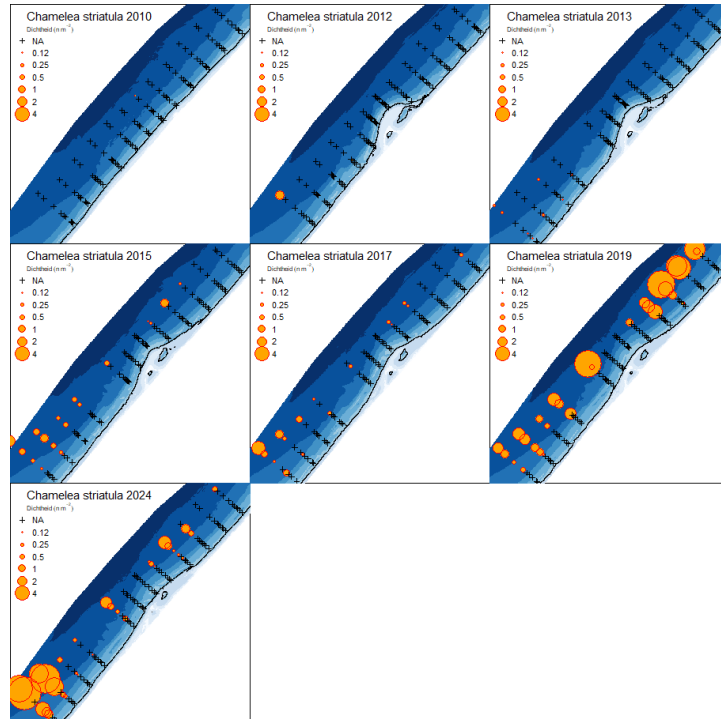
In Tabel 10 is een overzicht gegeven van de correcties die zijn uitgevoerd op de Van Veen en strand data alvorens deze zijn geanalyseerd

Tabel 10: Correcties taxa van Veen bemonstering voor de analyse. In de eerste kolom de oorspronkelijke naamgeving. In de tweede kolom het aantal records met deze naam. De derde kolom geeft de aangepaste naam en de vierde kolom geeft het oorspronkelijk aantal records met deze aangepaste naam.

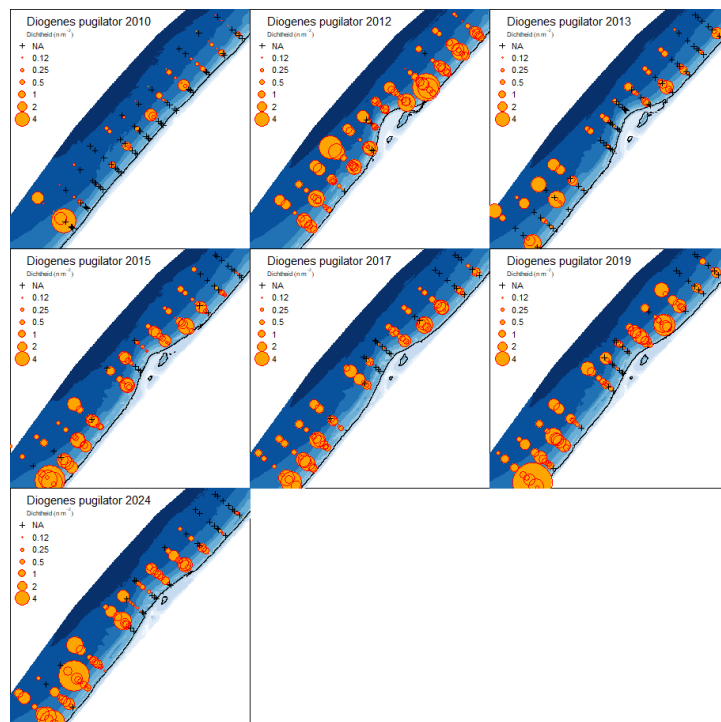
Taxon	#Records	Aangepast naar	#Records
<i>Abra</i>	3	<i>Abra alba</i>	773
Gammaridea	4	Amphipoda	12
<i>Alcyonidium parasiticum</i>	1	Bryozoa	13
<i>Conopeum reticulum</i>	5	Bryozoa	13
<i>Electra pilosa</i>	2	Bryozoa	13
<i>Capitella capitata</i>	153	Capitella	163
Capitellidae	12	Capitella	163
<i>Pariambus typicus</i>	73	Caprellidae	47
<i>Dendrobrachiata/Caridea</i>	1	Caridea	10
<i>Aphelochaeta marioni</i>	4	Cirratulidae	23
Tharyx	8	Cirratulidae	23
Balanidae	2	Cirripedia	1
Corophiidae	10	Corophium	2
Crangonidae	7	<i>Crangon crangon</i>	127
Diastylis	13	<i>Diastylis bradyi</i>	194
<i>Echinocardium</i>	1	<i>Echinocardium cordatum</i>	63
<i>Ensis leei</i>	204	Ensis	1900
<i>eteone</i>	1	Eteone	83
<i>Eteone longa</i>	95	Eteone	83
<i>Eteone flava</i>	59	Eteone	83
Eteoninae	29	Eteone	83
<i>Eumida bahusiensis</i>	21	Eumida	50
<i>Eumida sanguinea</i>	34	Eumida	50
Euspira	7	<i>Euspira nitida</i>	61
Fabulina	1	<i>Fabulina fabula</i>	652
<i>Glycera tridactyla</i>	32	Glycera	43
<i>Glycera alba</i>	2	Glycera	43
Grania	2	<i>Grania postclitellochaeta</i>	10
<i>Harmothoe imbricata</i>	1	Harmothoe	15
<i>Harmothoe impar</i>	1	Harmothoe	15
Anthoathecata	1	Hydrozoa	137
Campanulariidae	17	Hydrozoa	137
<i>Clytia hemisphaeric</i>	2	Hydrozoa	137
Leptothecata	49	Hydrozoa	137
<i>Obelia bidentata</i>	9	Hydrozoa	137
<i>Obelia longissima</i>	1	Hydrozoa	137
Tubulariidae	1	Hydrozoa	137
Jaera	1	<i>Jaera (Jaera) albifrons</i>	3
Lanice	7	<i>Lanice conchilega</i>	253
Liocarcinus	21	<i>Liocarcinus holsatus</i>	49

Taxon	#Records	Aangepast naar	#Records
Lutraria	1	<i>Lutraria lutraria</i>	10
Mactridae	1	<i>Mactra stultorum</i>	4
Malmgreniella	29	Malmgrenia	20
Harmothoe	17	Malmgrenia	20
<i>Malmgrenia lunulata</i>	0	<i>Malmgrenia darbouxi</i>	44
Marenzelleria	1	<i>Marenzelleria viridis</i>	1
Melita	5	Melitidae	3
Microprotopus	2	<i>Microprotopus maculatus</i>	48
Mya	12	<i>Mya arenaria</i>	11
Mysidae	6	Mysida	14
Mytilidae	5	Mytilus edulis	55
<i>Tubulanus polymorphus</i>	12	Nemertea	274
<i>Nephtys kersivalensis</i>	36	<i>Nephtys cirrosa</i>	544
Nereidinae	1	Nereididae	7
<i>Grania postclitellochaeta</i>	12	Oligochaeta	74
Naididae	0	Oligochaeta	74
Tubificidae	1	Oligochaeta	74
<i>Tubificoides benedii</i>	5	Oligochaeta	74
<i>Tubificoides brownae</i>	1	Oligochaeta	74
<i>Tubificoides diazi</i>	16	Oligochaeta	74
Ophiura	41	Ophiuroidea	12
Ophiuridae	11	Ophiuroidea	12
<i>Owenia fusiformis</i>	118	Owenia	23
Phyllodoce	2	Phyllodocidae	10
Pectinaria	1	Pectinariidae	5
Polynoinae	1	Polynoidae	33
<i>Processa parva</i>	2	<i>Processa modica modica</i>	16
Scolecopsis	41	<i>Scolecopsis (Scolecopsis) squamata</i>	457
Scoloplos	19	<i>Scoloplos armiger</i>	49
<i>Spio filicornis</i>	2	Spio	13
<i>Spio goniocephala</i>	10	Spio	13
<i>Spio decorata</i>	9	Spio	13
<i>Spio symphyta</i>	2	Spio	13
<i>Spio martinensis</i>	392	Spio	13
Spionida	4	Spio	13
Spionidae	10	Spio	13
Spisula	63	<i>Spisula subtruncata</i>	1147
Stenothoe	1	<i>Stenothoe marina</i>	2
Streblospio	9	<i>Streblospio benedicti</i>	12
<i>Streblospio shrubsolii</i>	6	<i>Streblospio benedicti</i>	12
Tellina	6	Tellinidae	3
Urothoe	4	<i>Urothoe poseidonis</i>	105
Venerupis	1	<i>Venerupis corrugata</i>	3

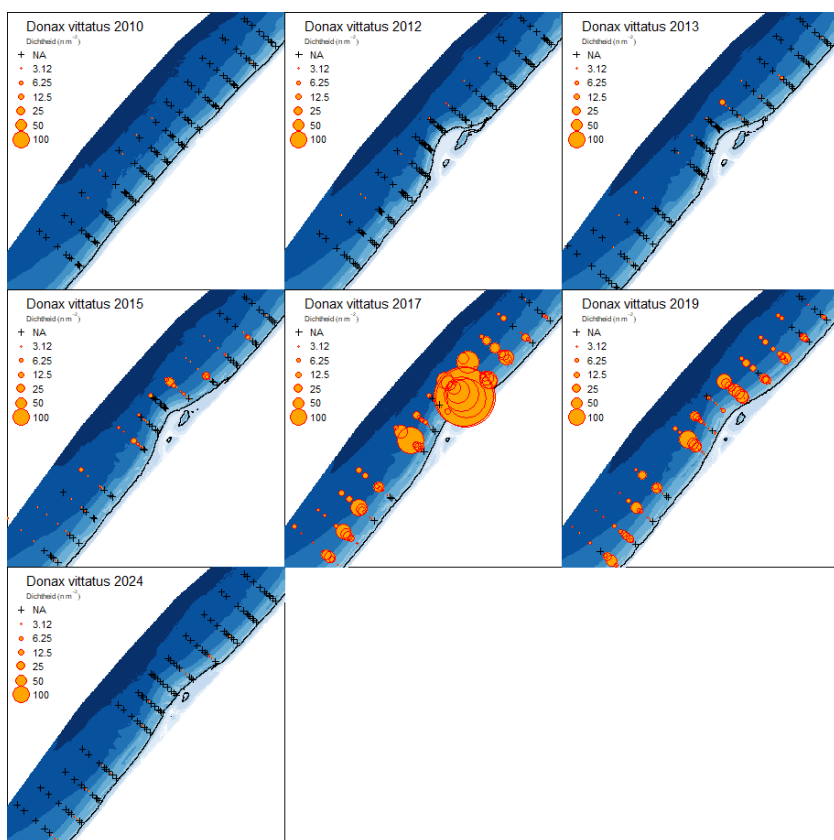
Bijlage 5 Verspreiding van enkele bodemdiersoorten uit de schaaf



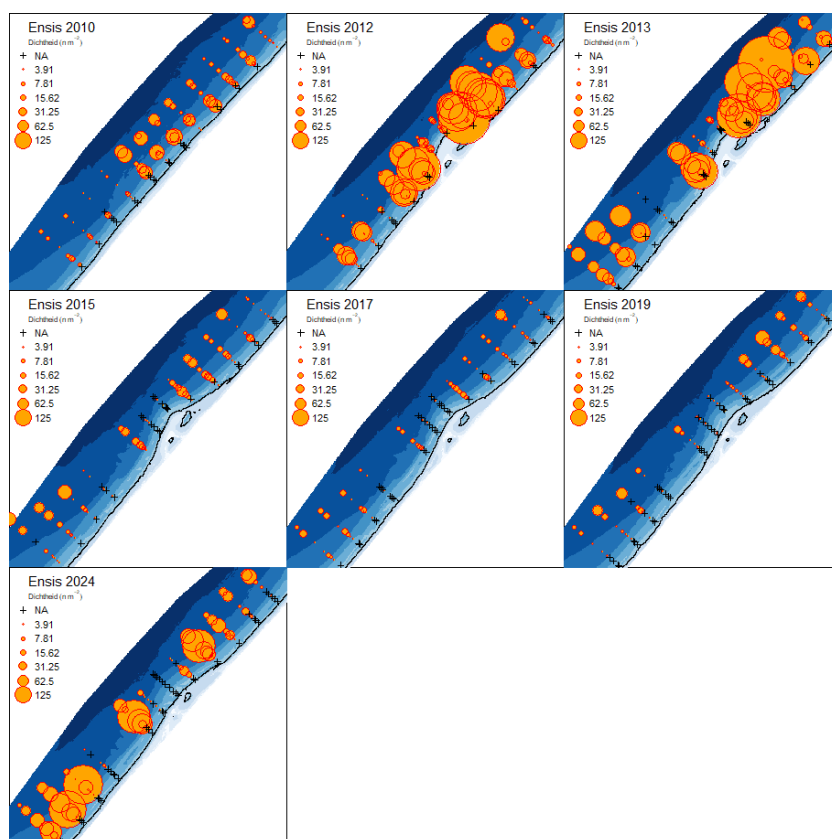
Figuur 77: Verspreidingskaarten *Chamelea striatula* in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.



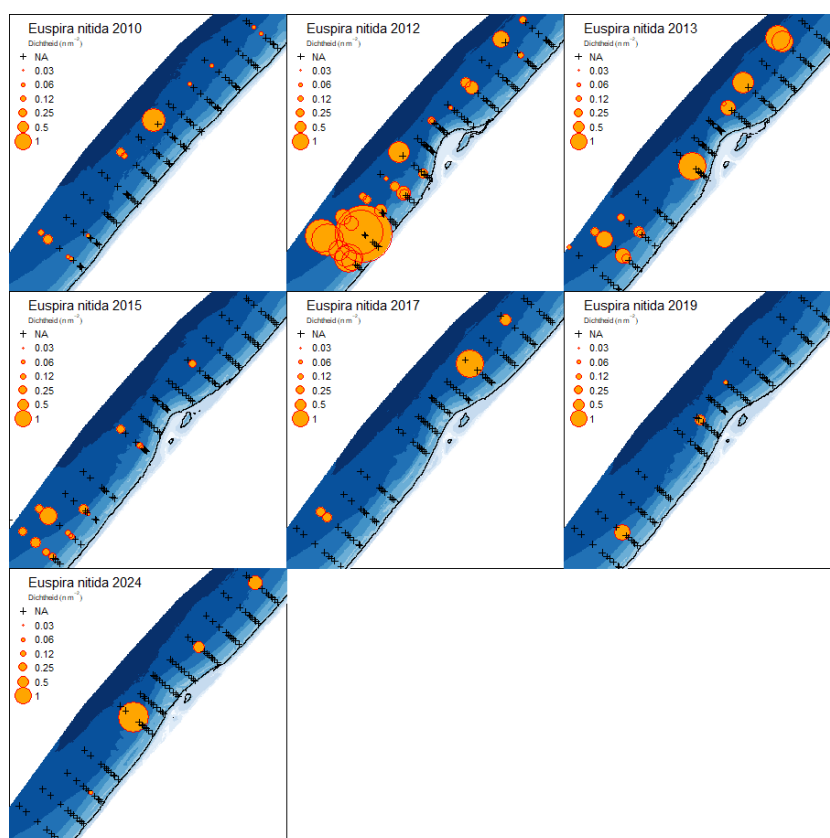
Figuur 78: Verspreidingskaarten *Diogenes pugilator* in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.



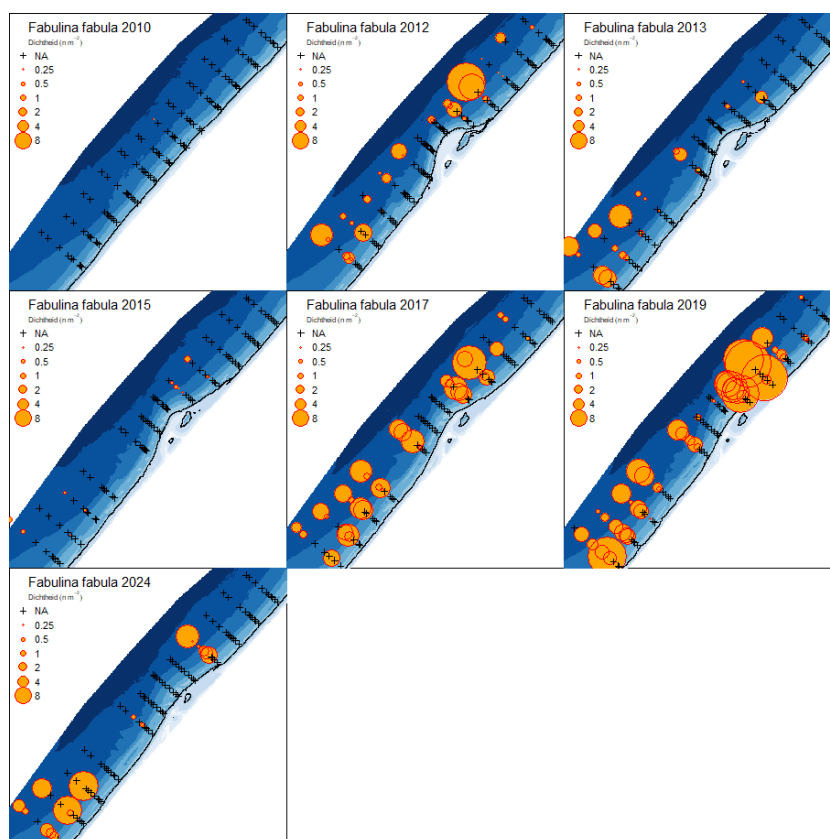
Figuur 79: Verspreidingskaarten *Donax vittatus* in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.



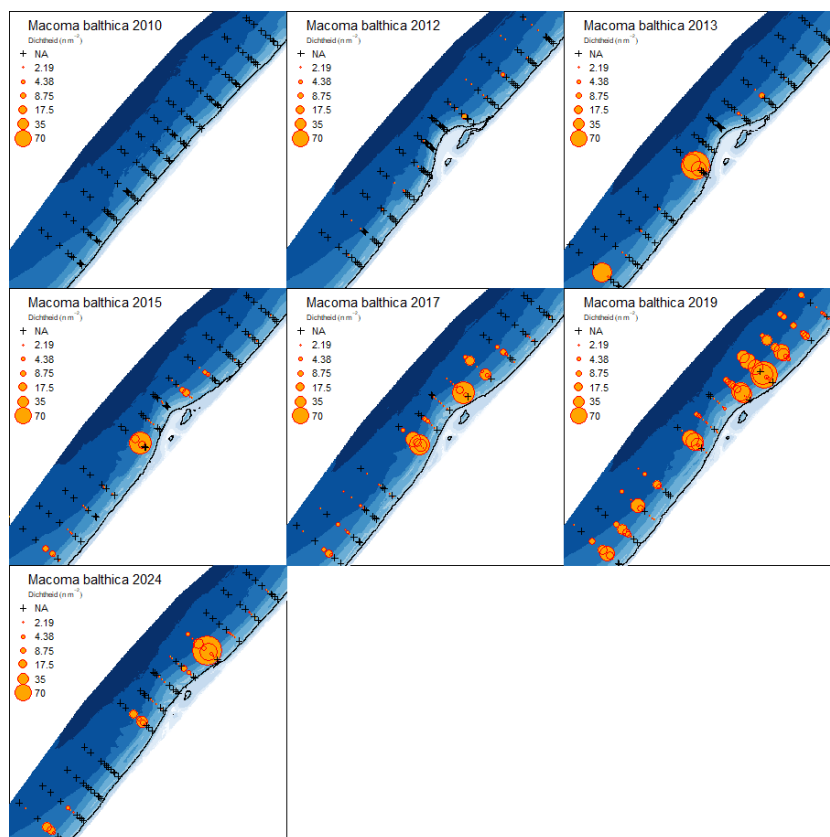
Figuur 80: Verspreidingskaarten *Ensis* spp. in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.



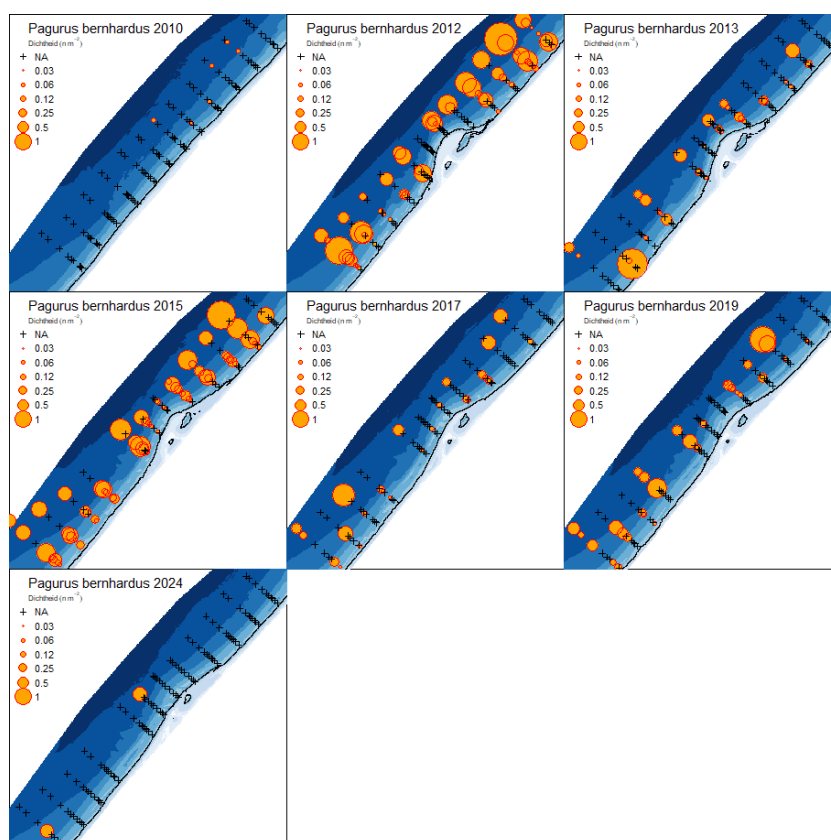
Figuur 81: Verspreidingskaarten *Euspira nitida* in de bodemschaaf over de 2010 t/m 2024.



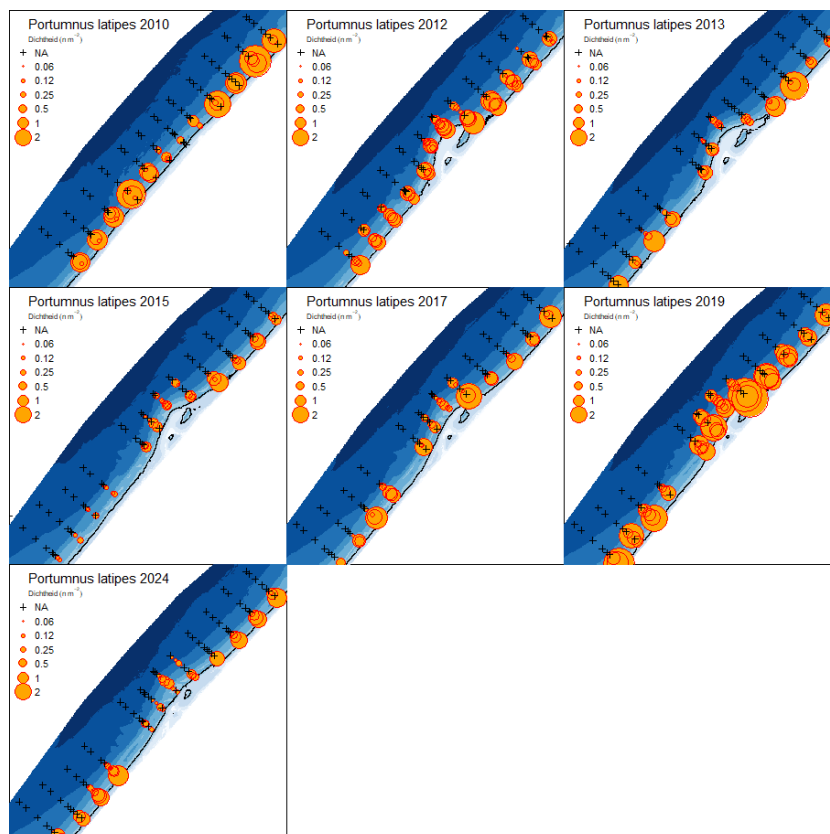
Figuur 82: Verspreidingskaarten *Fabulina fabula* in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.



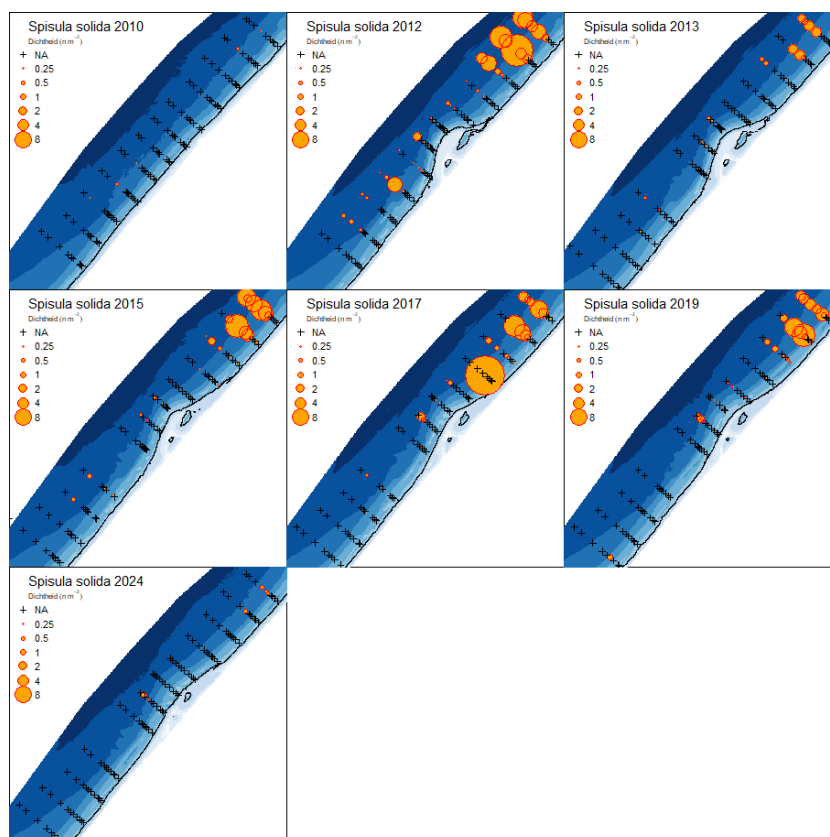
Figuur 83: Verspreidingskaarten *Macoma balthica* in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.



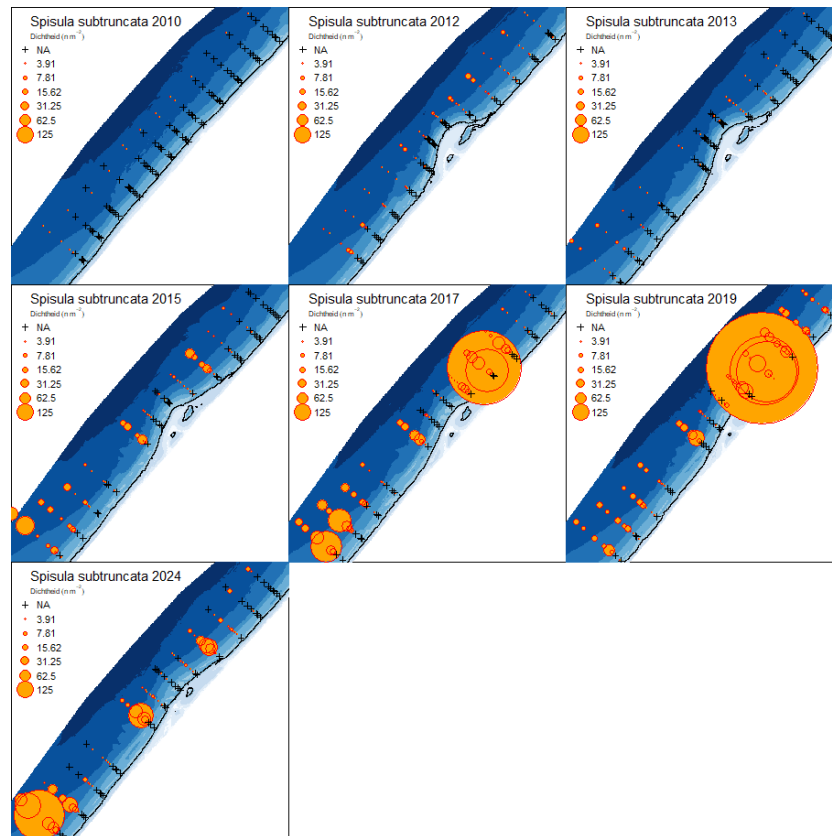
Figuur 84: Verspreidingskaarten *Pagurus bernhardus* in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.



Figuur 85: Verspreidingskaarten *Portumnus latipes* in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.

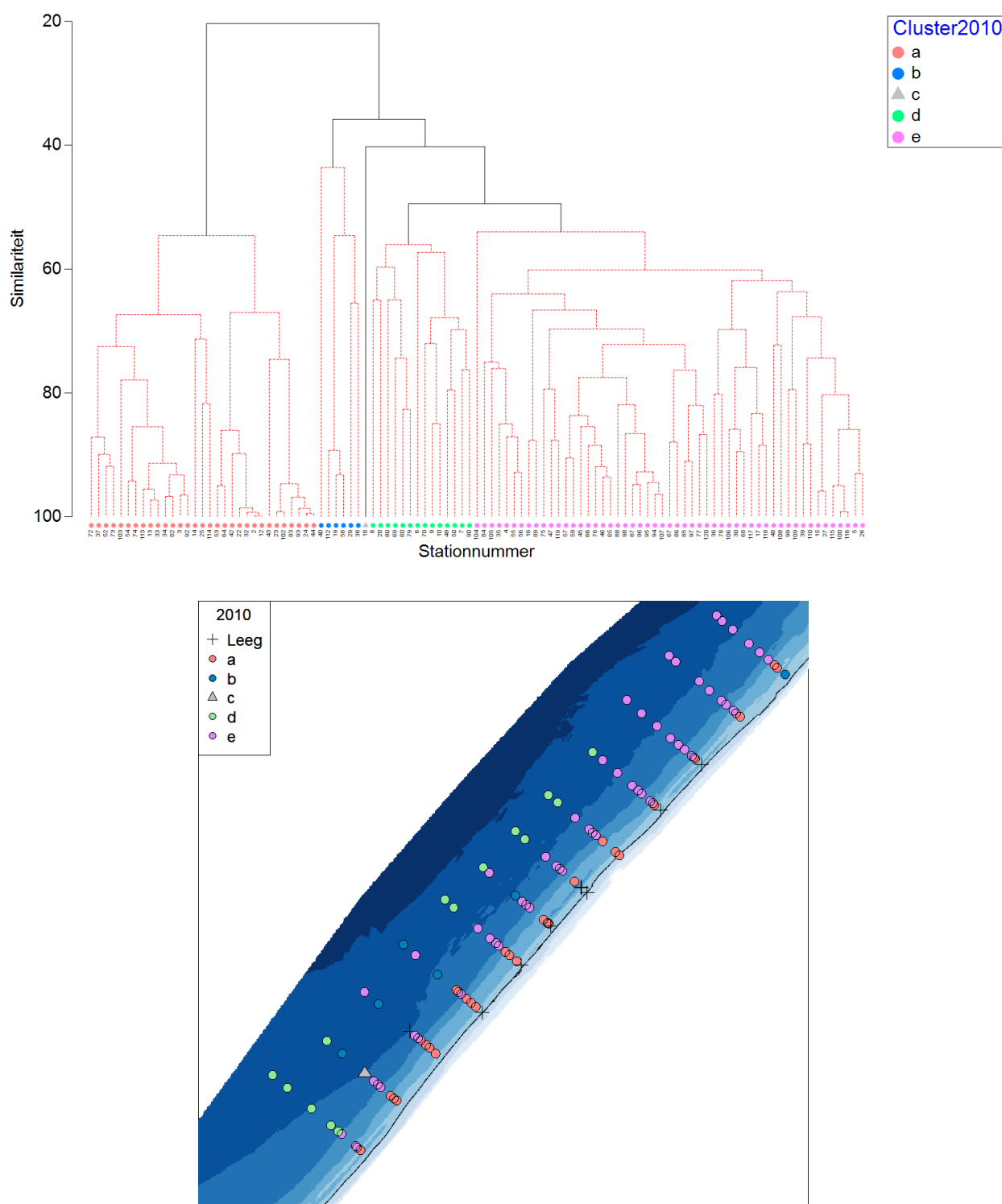


Figuur 86: Verspreidingskaarten *Spisula solidissima* in de bodemschaaf over de jaren 2010 t/m 2024.

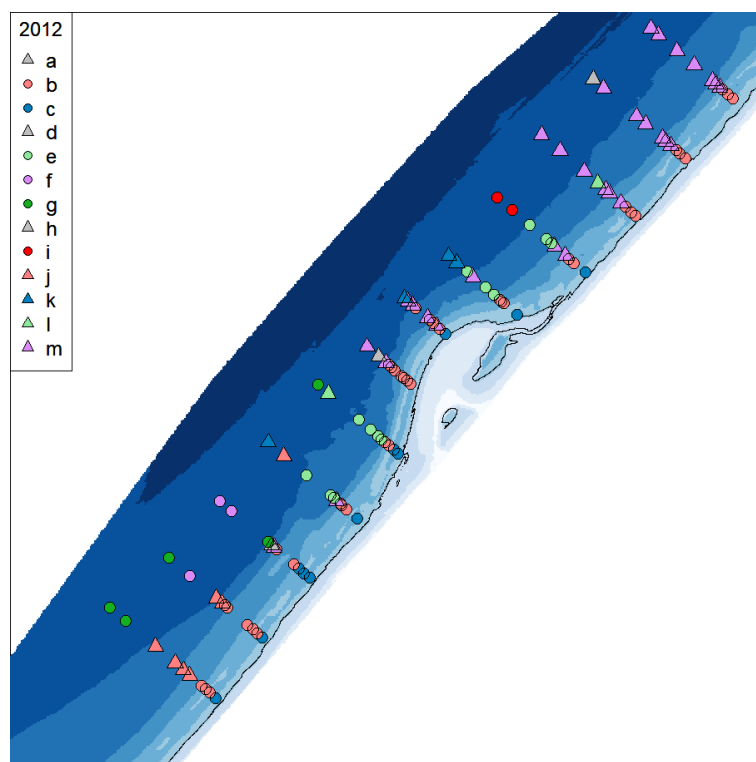
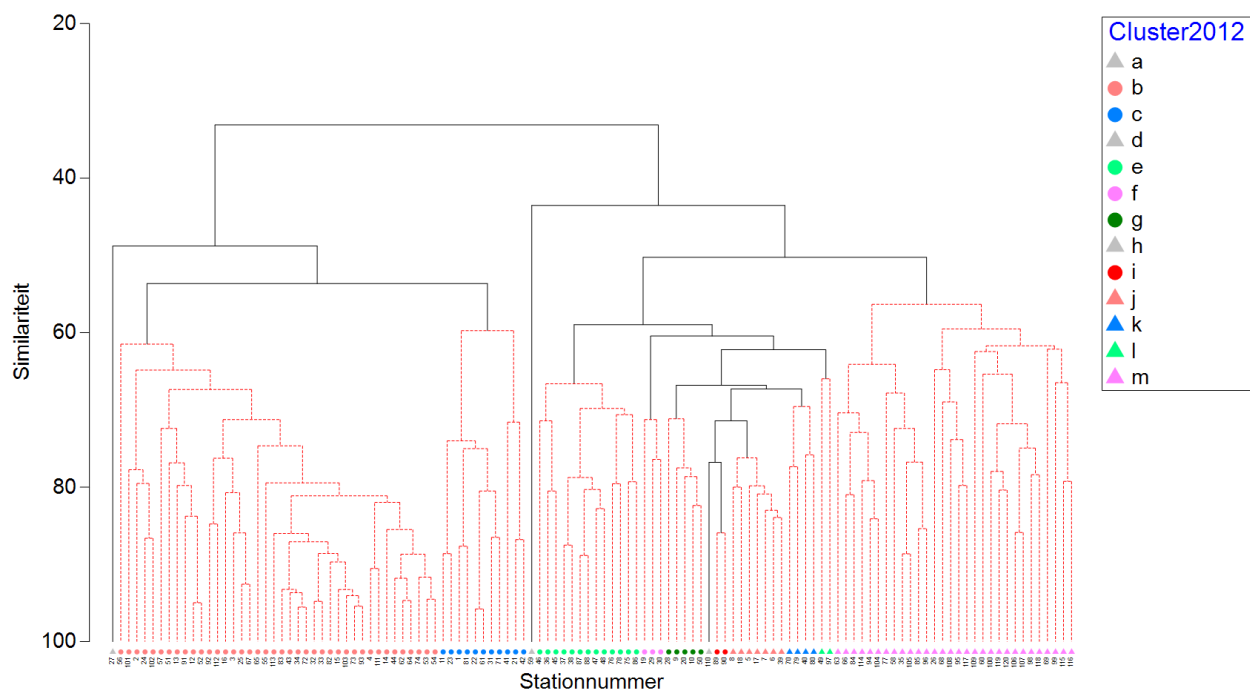


Figuur 87: Verspreidingskaarten *Spisula subtruncata* in de bodemschaaf over de 2010 t/m 2024.

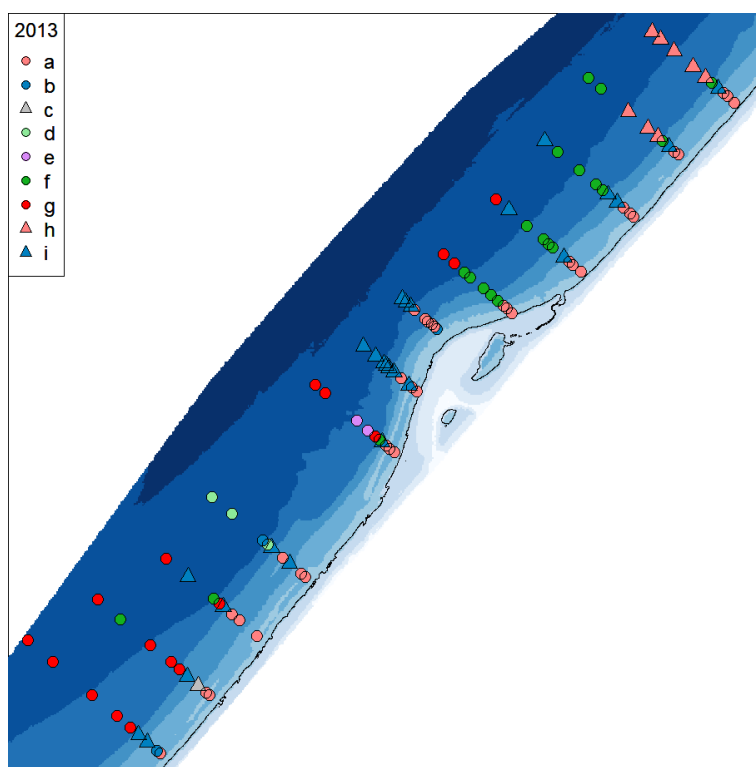
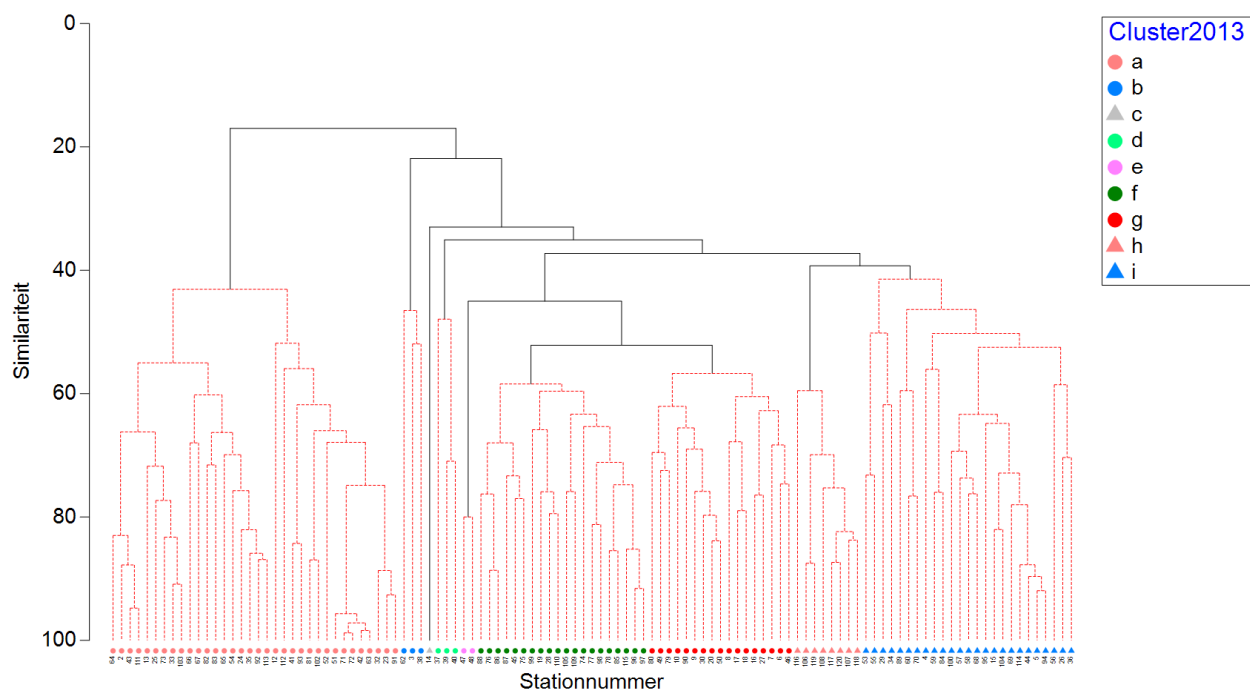
Bijlage 6 Clusteranalyse bodemschaaf voorgaande jaren



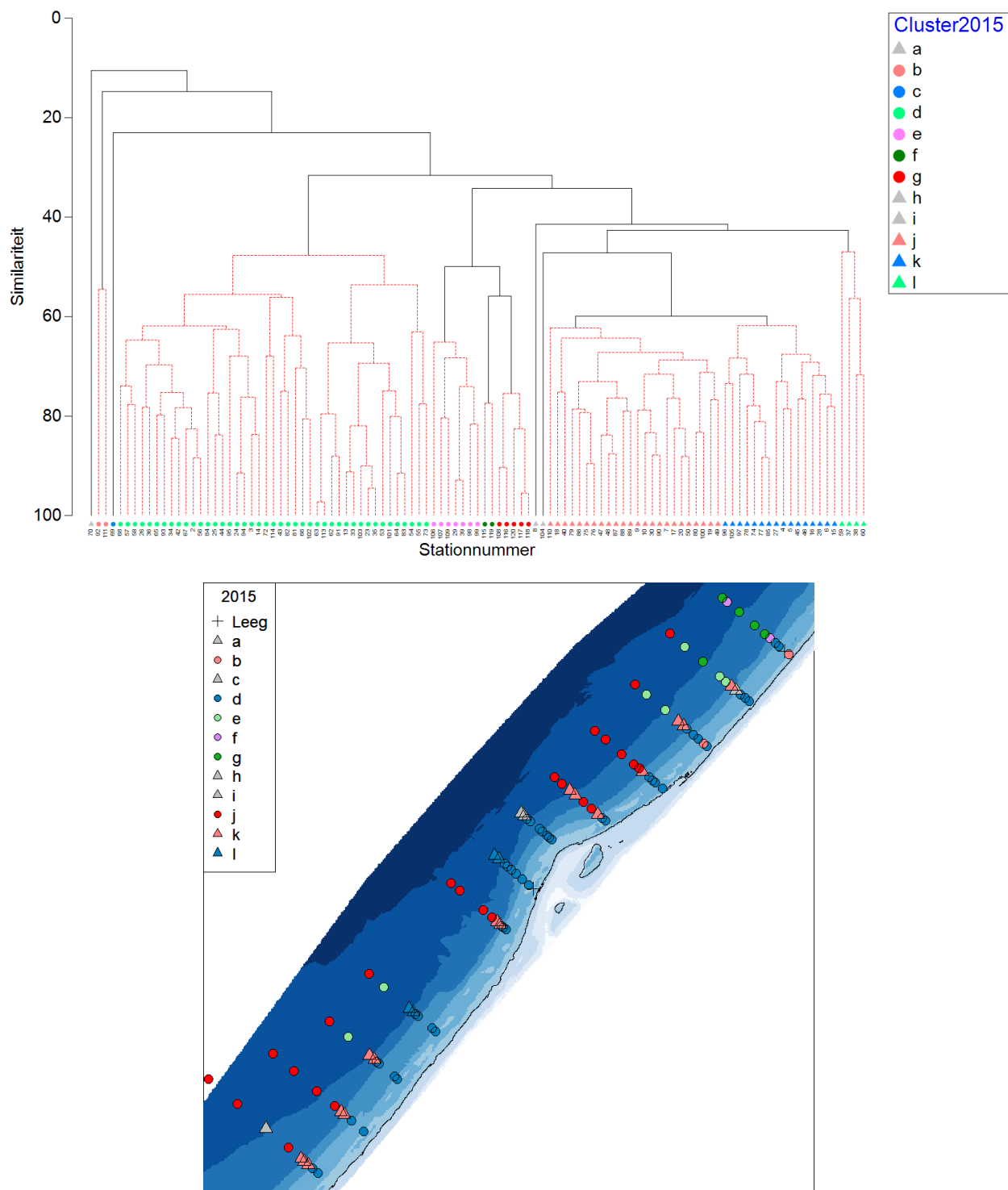
Figuur 88: Clusteranalyse data bodemschaaf 2010. Bovenste figuur het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



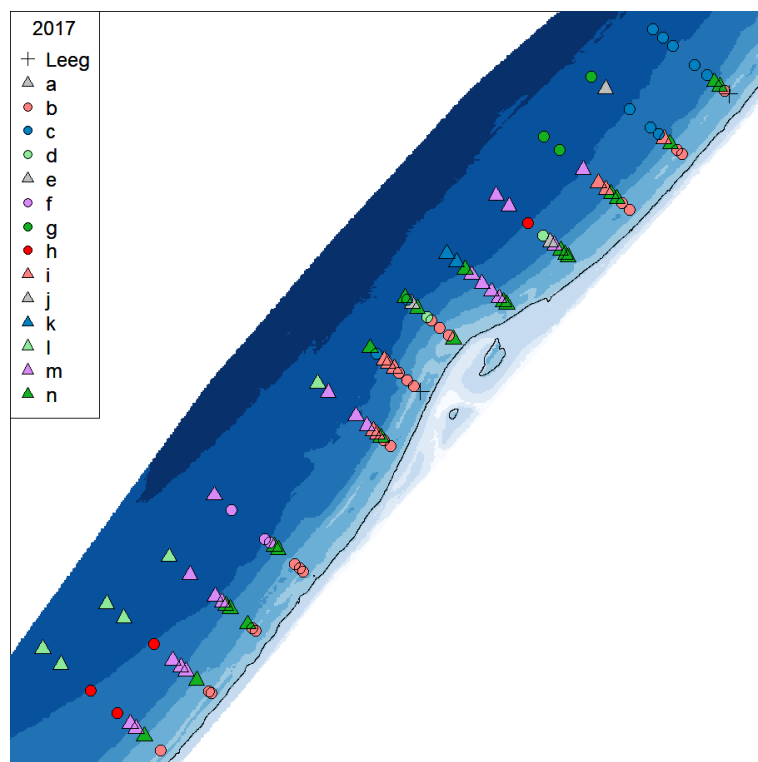
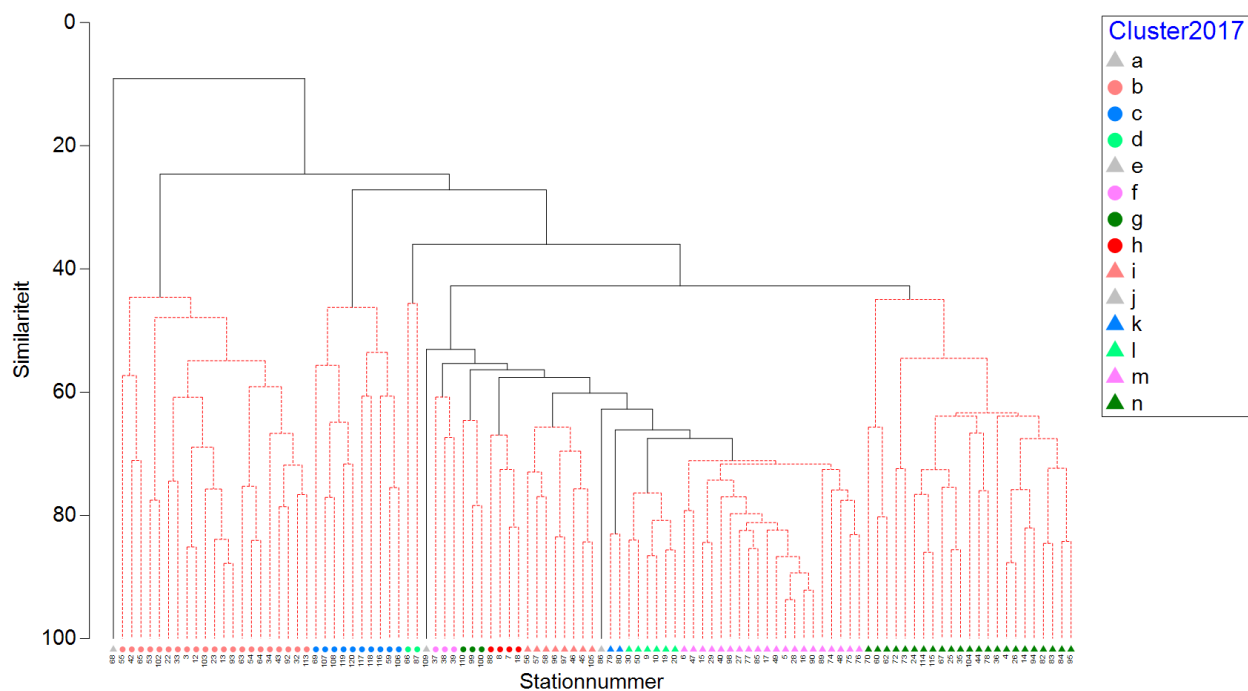
Figuur 89: Clusteranalyse data bodemschaaf 2012. Bovenste figuur het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



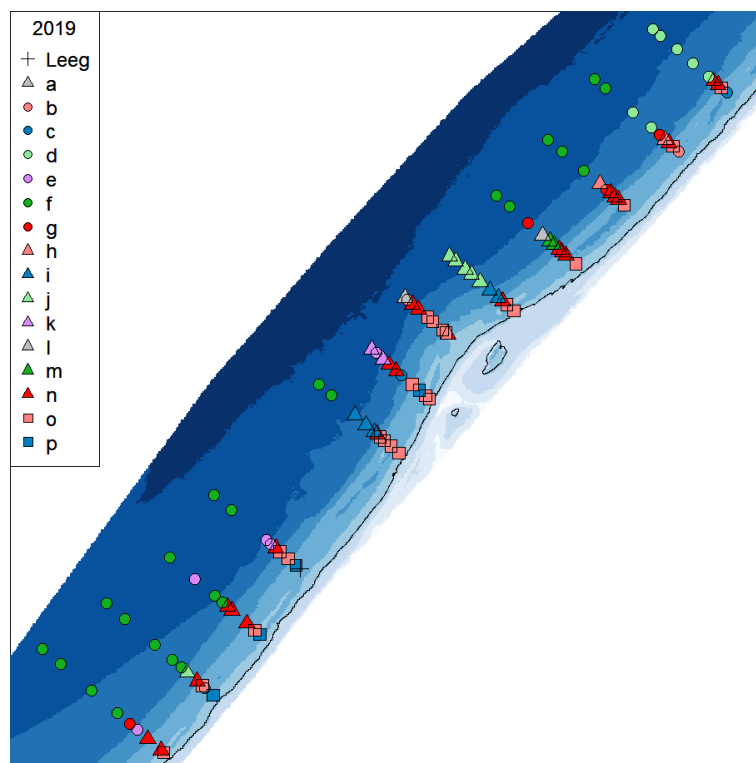
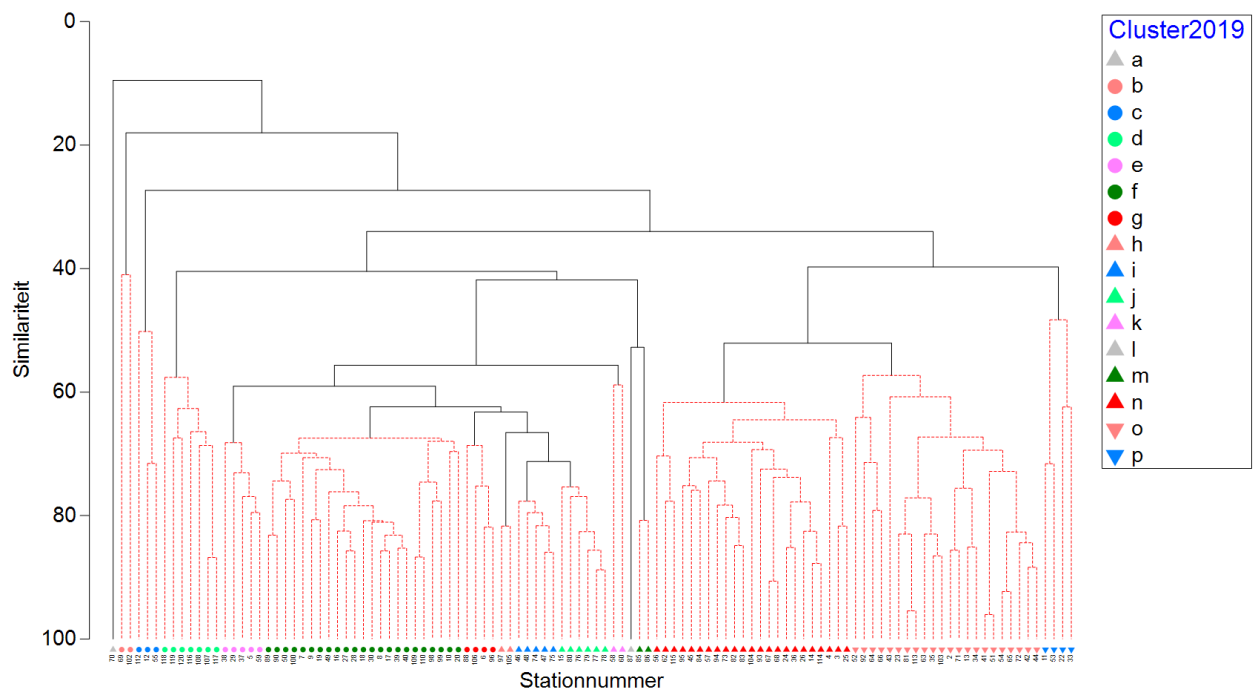
Figuur 90: Clusteranalyse data bodemschaaf 2013. Bovenste figuur het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



Figuur 91: Clusteranalyse data bodemschaaf 2015. Bovenste figuur 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.

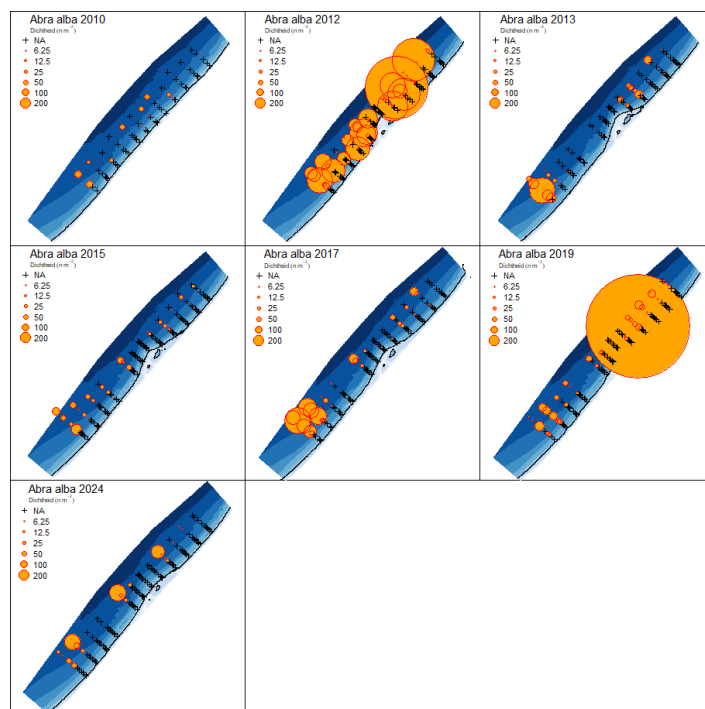


Figuur 92: Clusteranalyse data bodemschaaf 2017. Bovenste figuur het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.

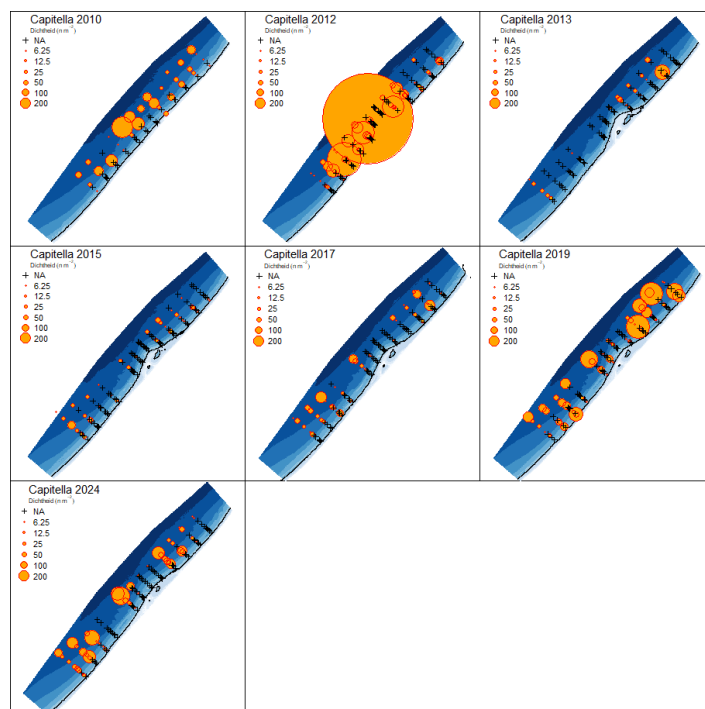


Figuur 93: Clusteranalyse data bodemschaaf 2019. Bovenste figuur het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.

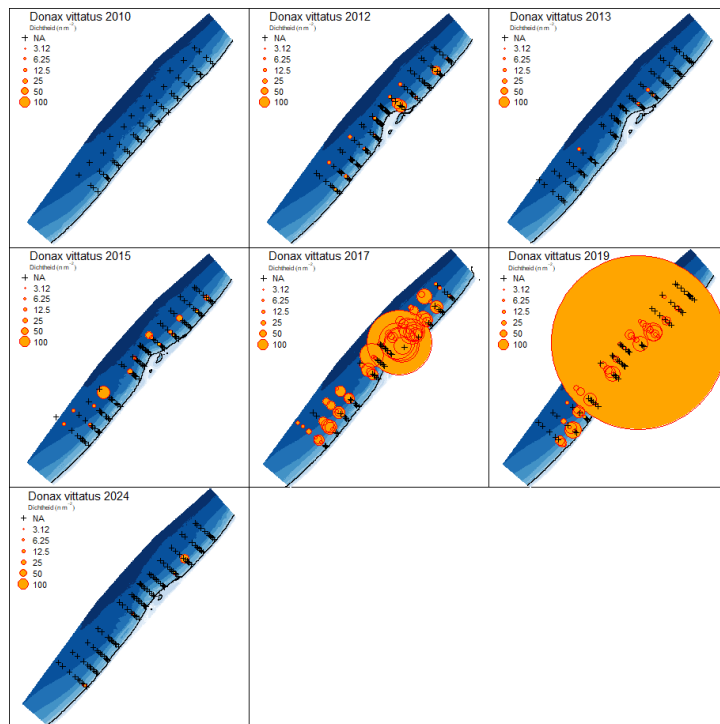
Bijlage 7 Verspreiding van enkele bodemdiersoorten uit de van Veen



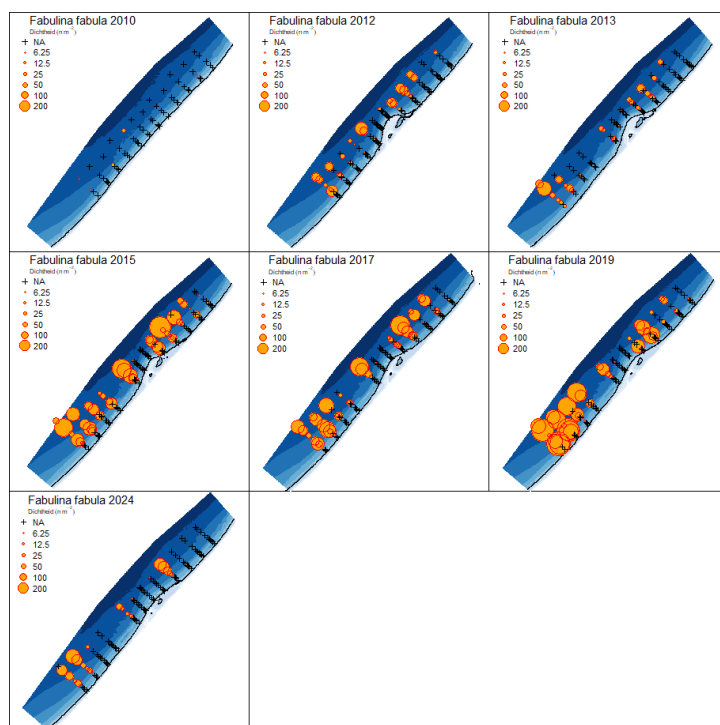
Figuur 94: Verspreidingskaarten *Abra alba* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



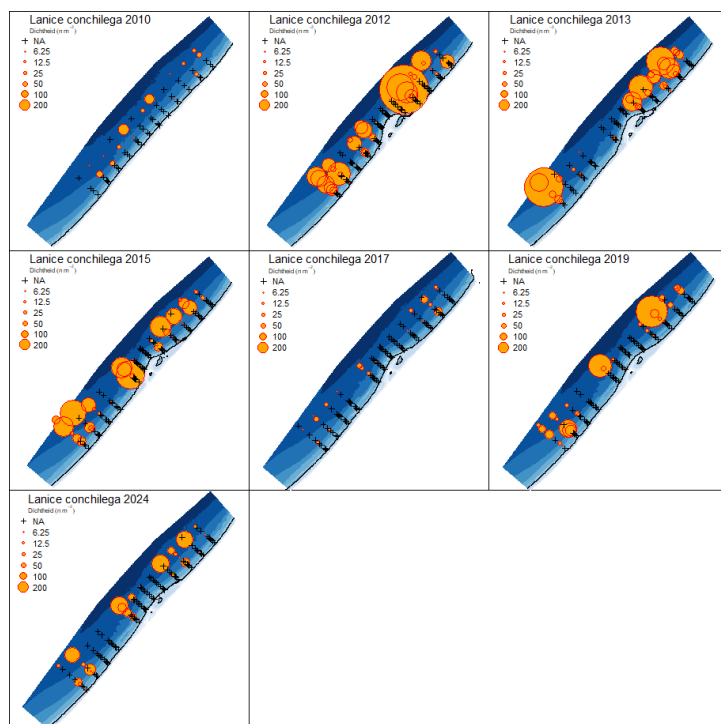
Figuur 95: Verspreidingskaarten *Capitella* spp. in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



Figuur 96: Verspreidingskaarten *Donax vittatus* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



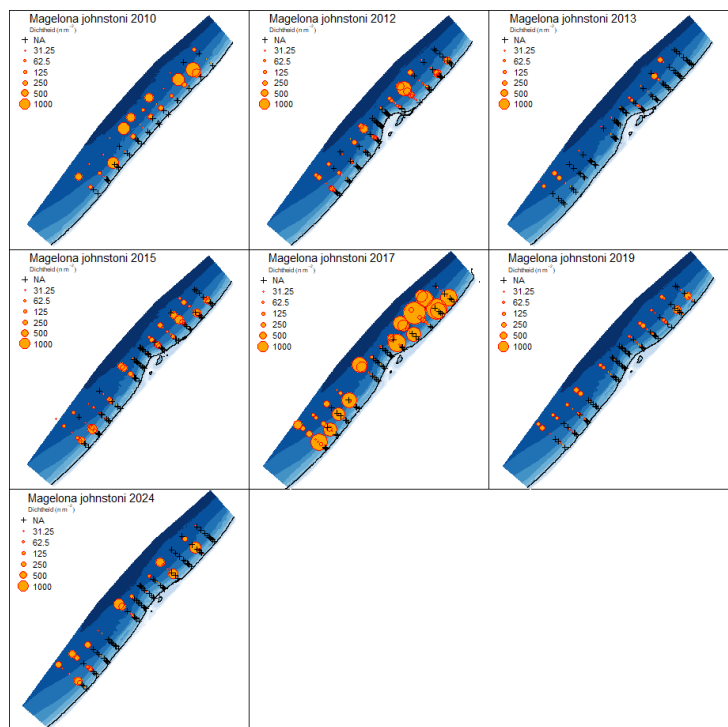
Figuur 97: Verspreidingskaarten *Fabulina fabula* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



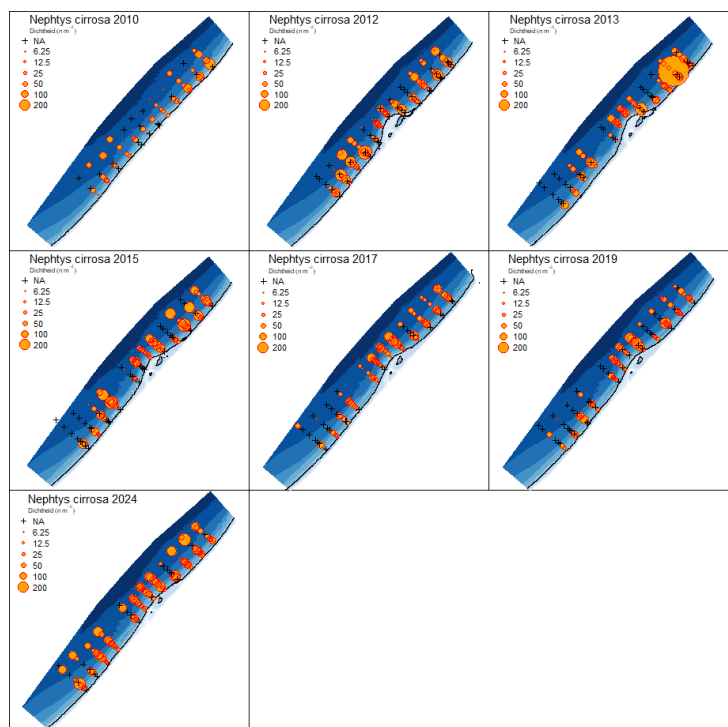
Figuur 98: Verspreidingskaarten *Lanice conchilega* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



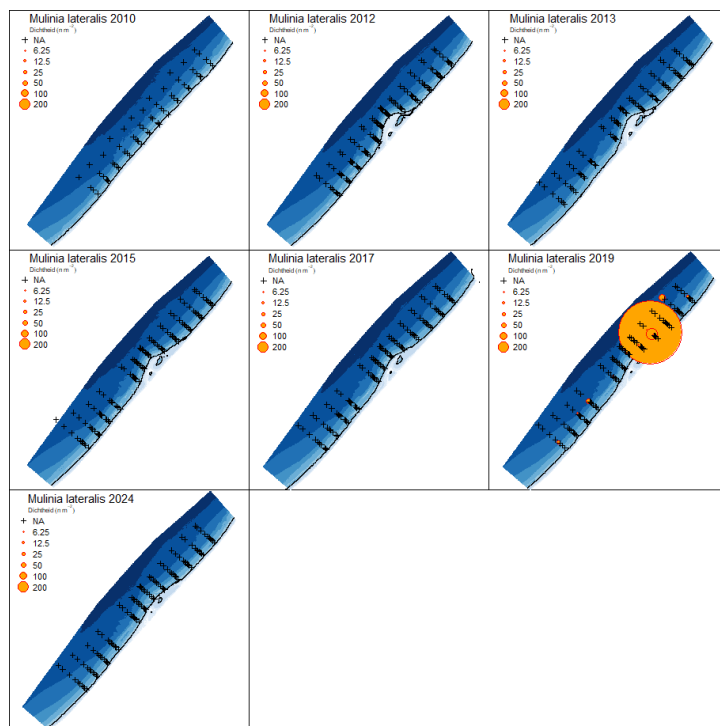
Figuur 99: Verspreidingskaarten *Kurtiella bidentata* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



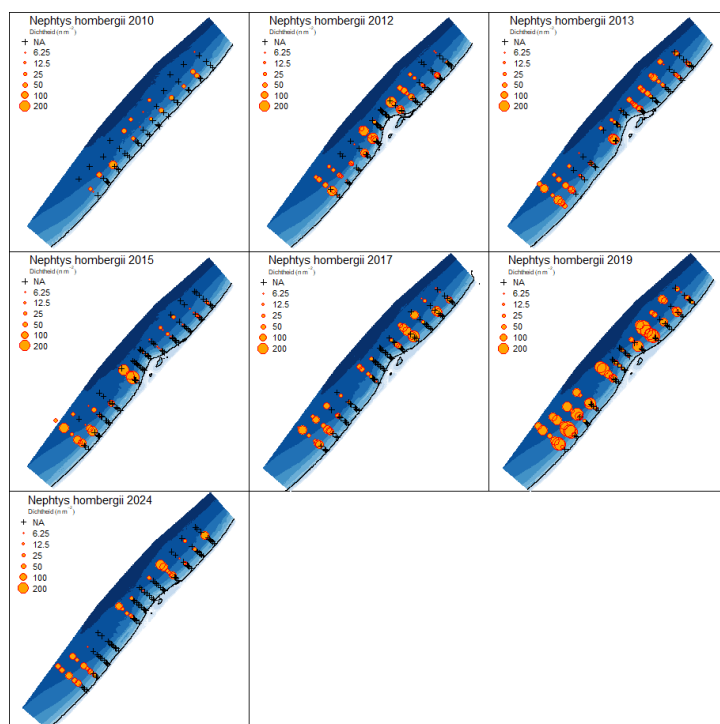
Figuur 100: Verspreidingskaarten *Magelona johnstoni* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



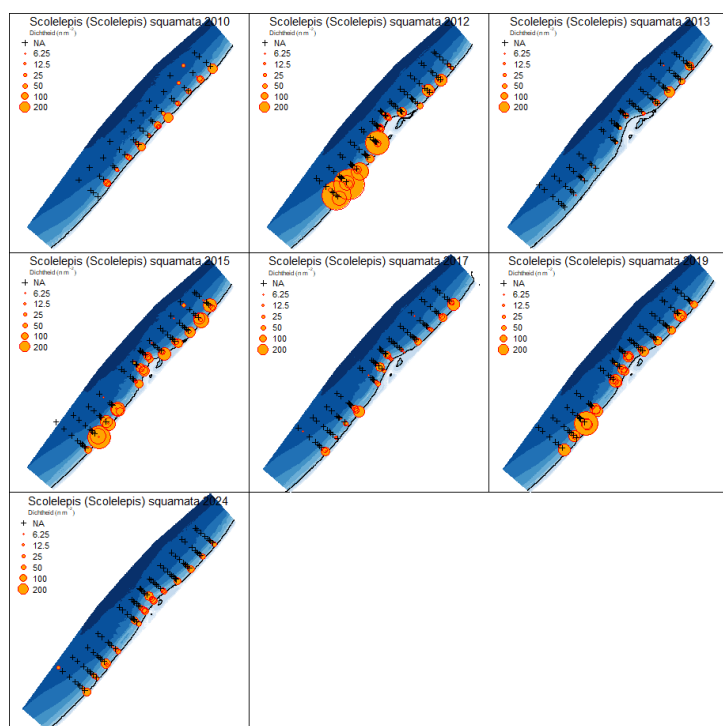
Figuur 101: Verspreidingskaarten *Nephtys cirrosa* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



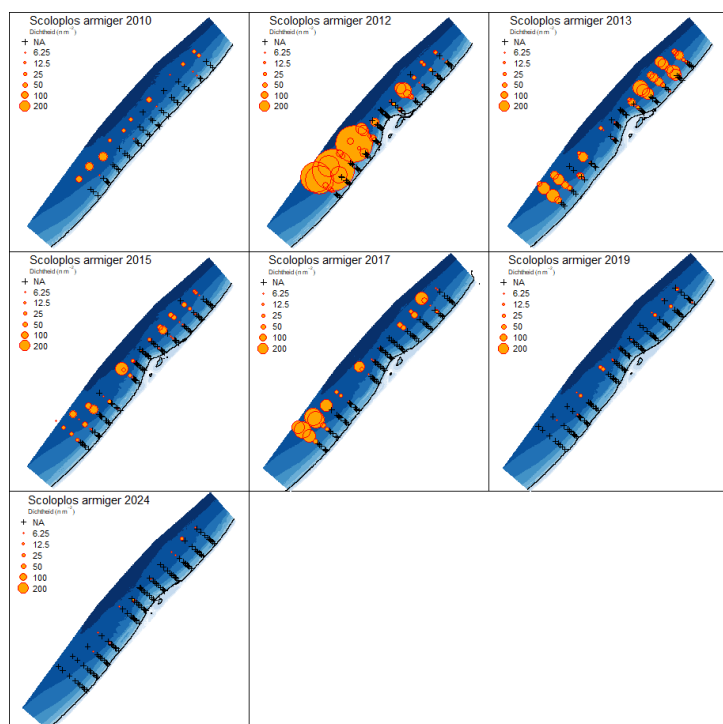
Figuur 102: Verspreidingskaarten *Mulinia lateralis* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



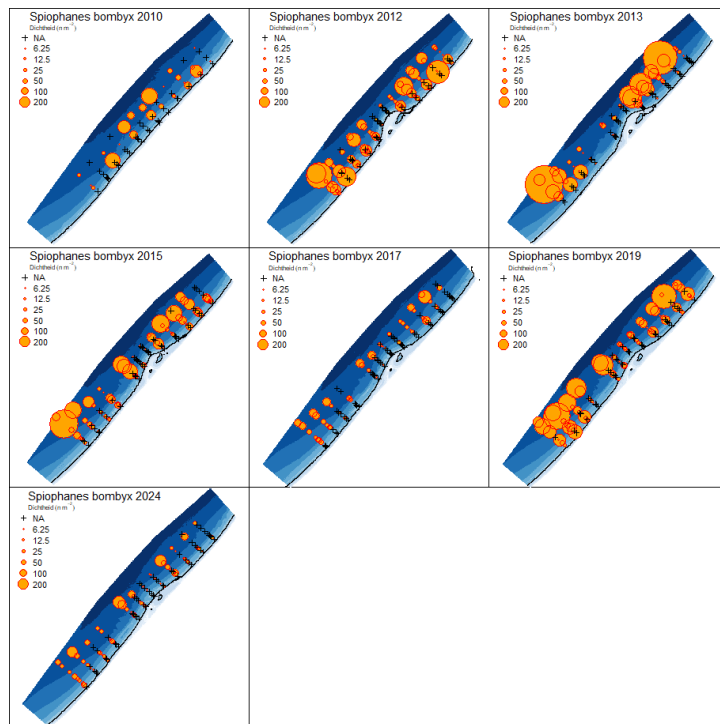
Figuur 103: Verspreidingskaarten *Nephtys hombergii* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



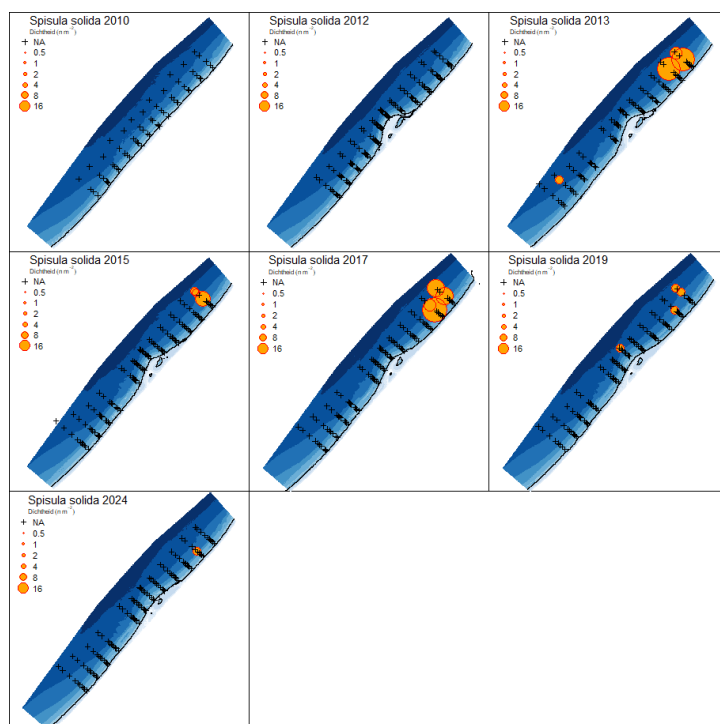
Figuur 104: Verspreidingskaarten *Scolelepis (Scolelepis) squamata* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



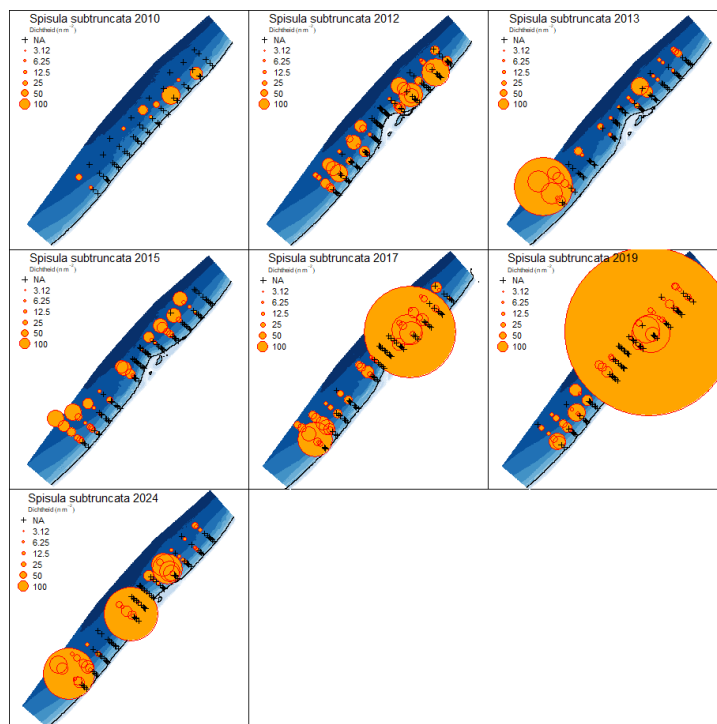
Figuur 105: Verspreidingskaarten *Scoloplos armiger* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.



Figuur 106: Verspreidingskaarten *Spiophanes bombyx* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.

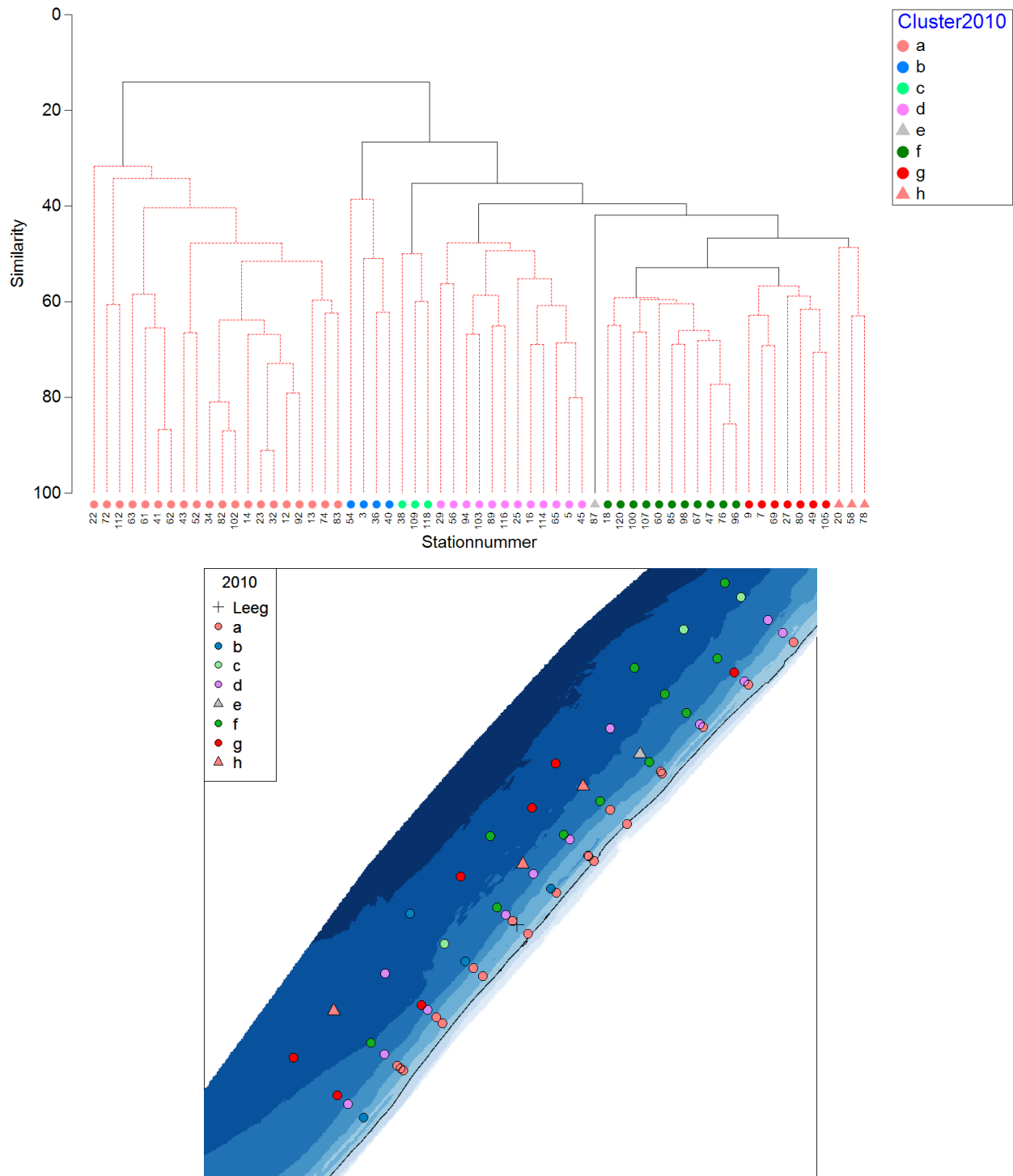


Figuur 107: Verspreidingskaarten *Spisula solida* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.

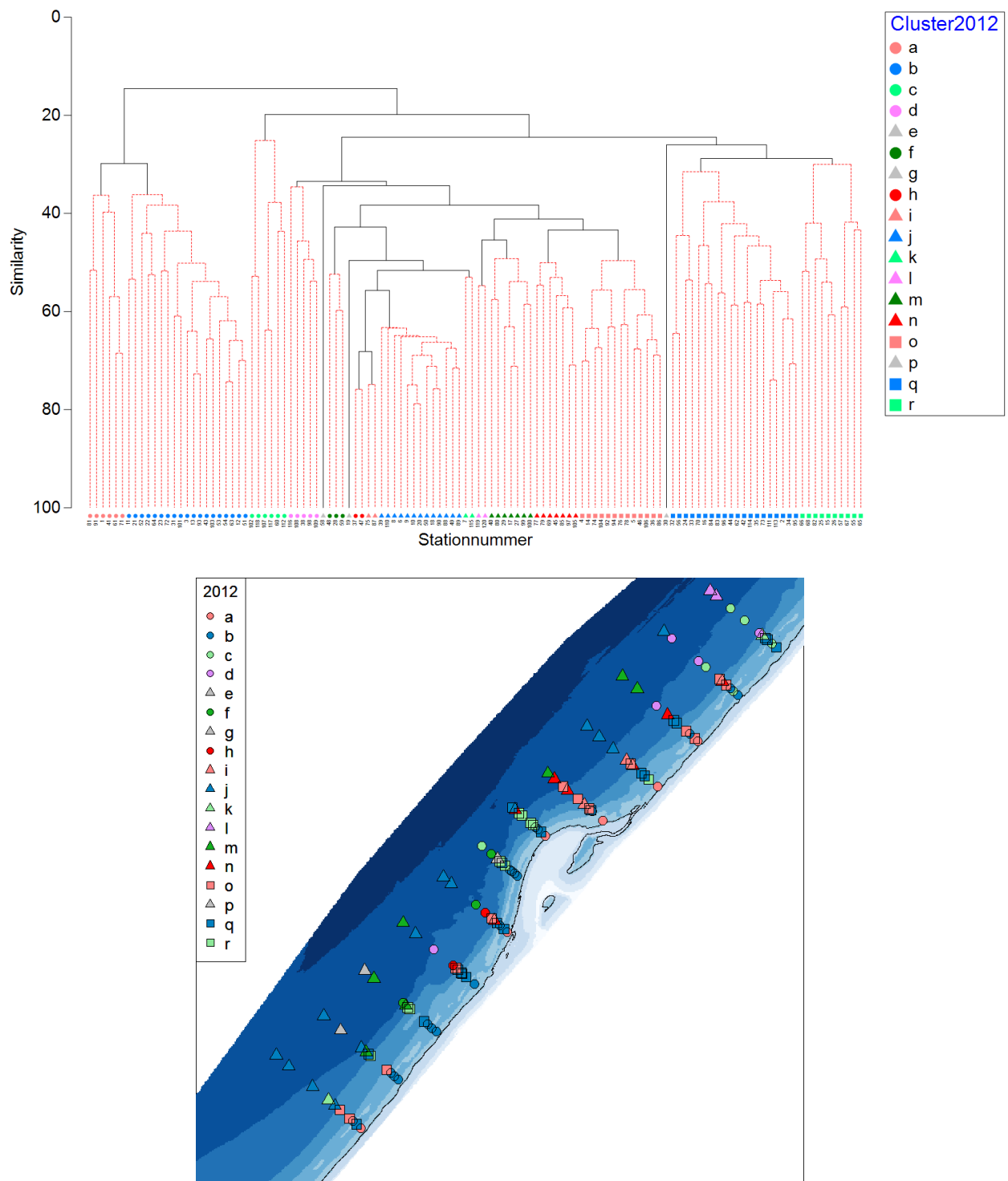


Figuur 108: Verspreidingskaarten *Spisula subtruncata* in de Van Veen over de jaren 2010 tot en met 2024.

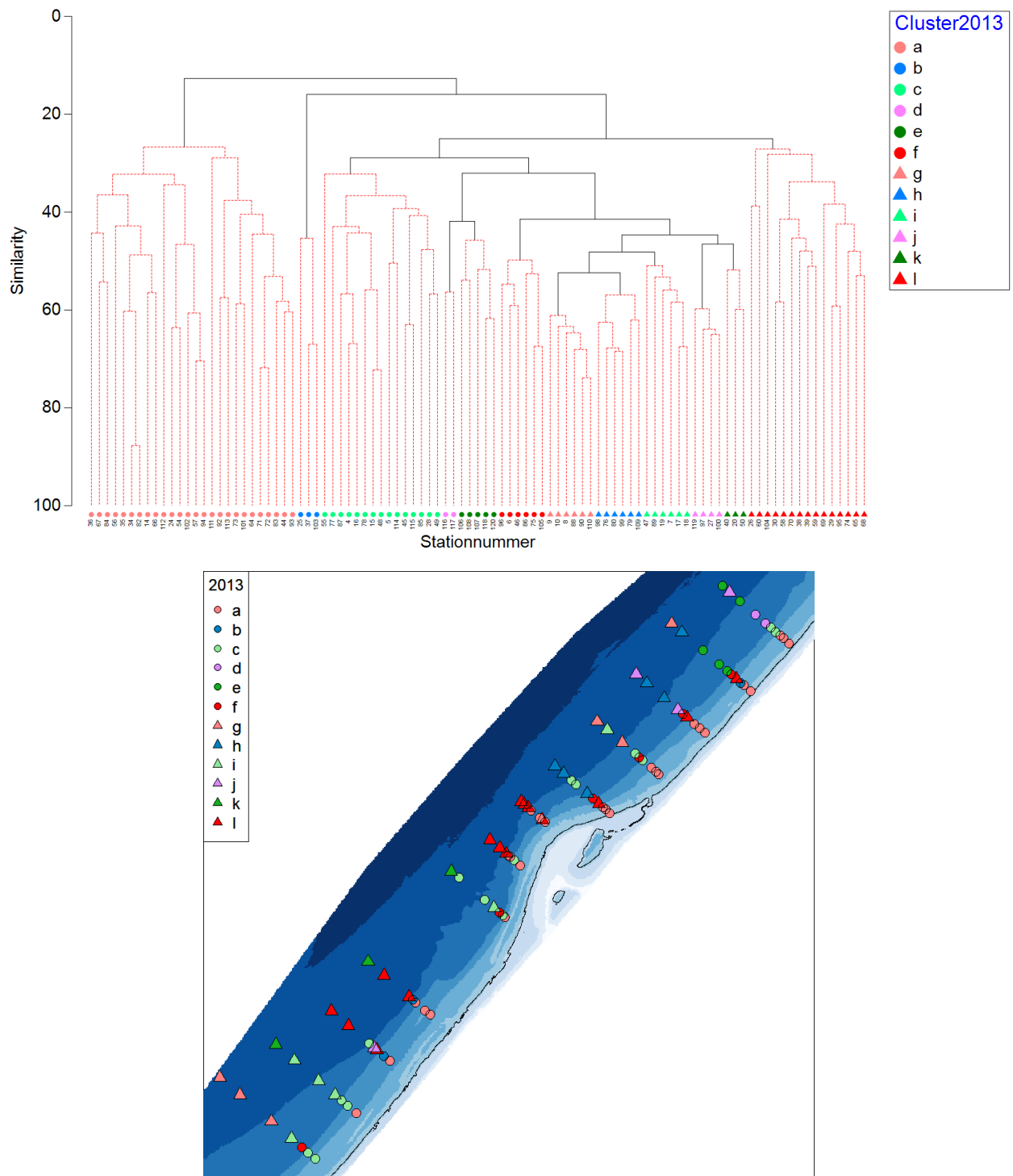
Bijlage 8 Clusteranalyse Van Veen bemonstering voorgaande jaren



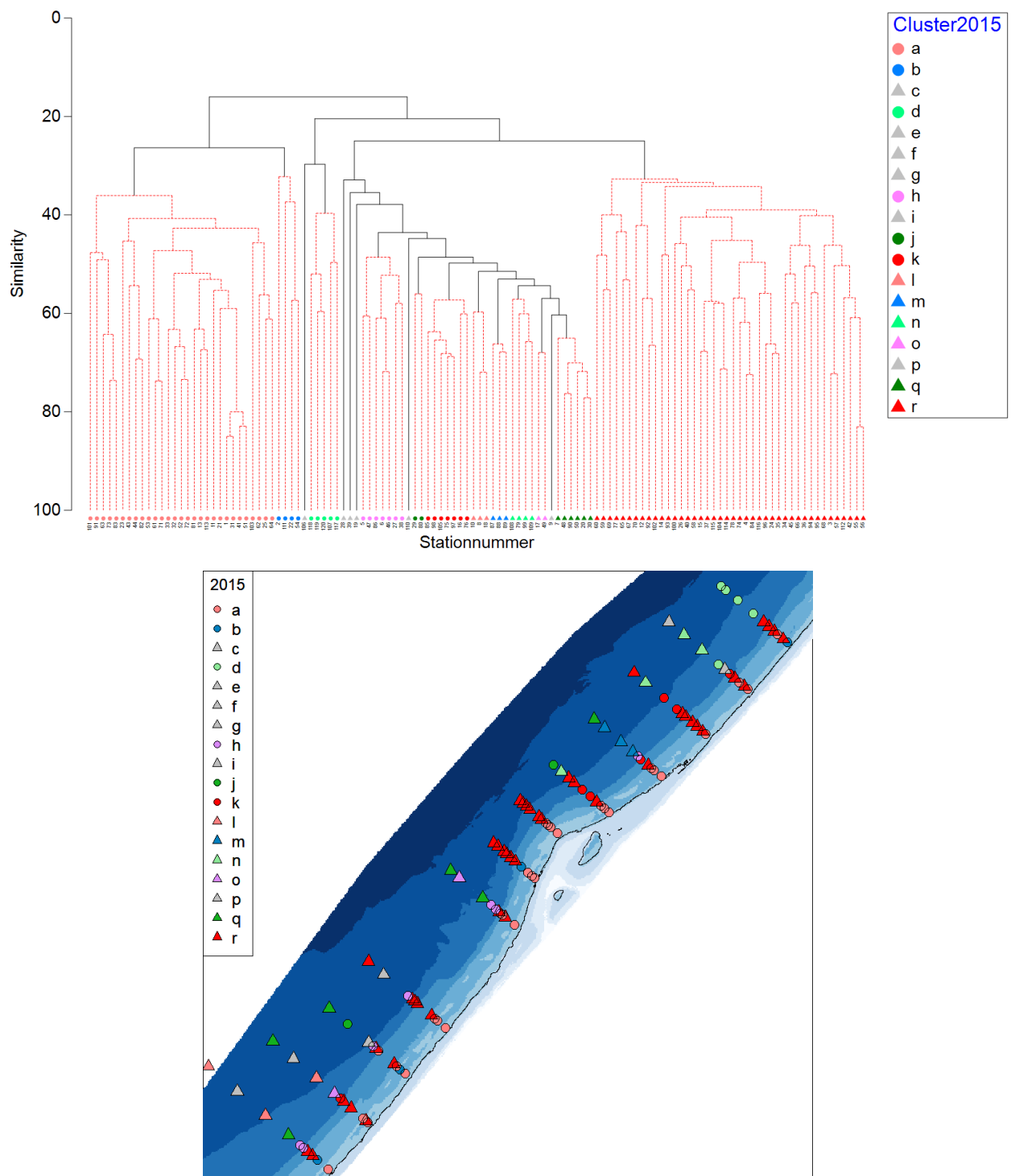
Figuur 109: Clusteranalyse data Van Veen 2010. Bovenste figuur het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



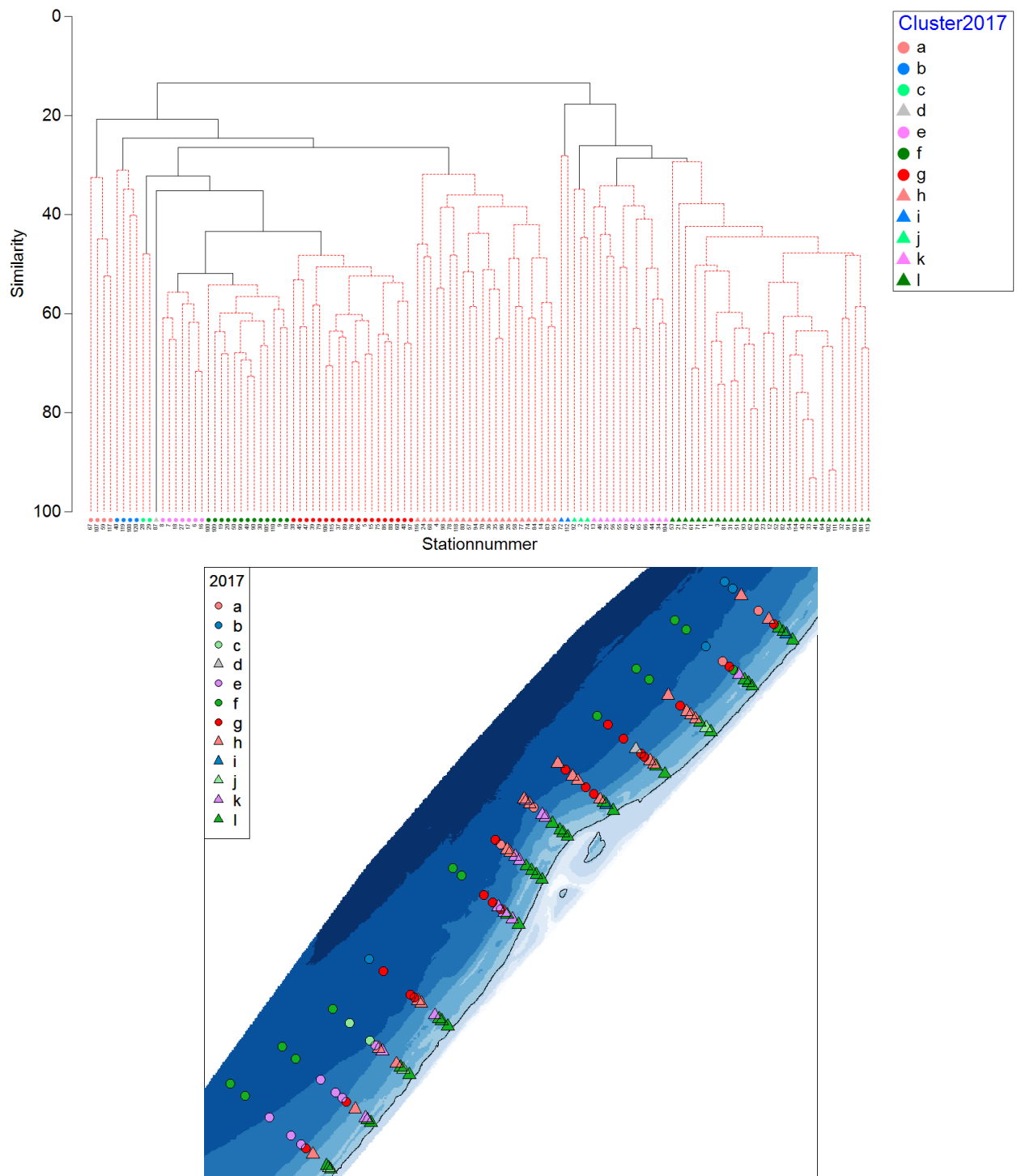
Figuur 110: Clusteranalyse data Van Veen 2012. Bovenste figuur het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



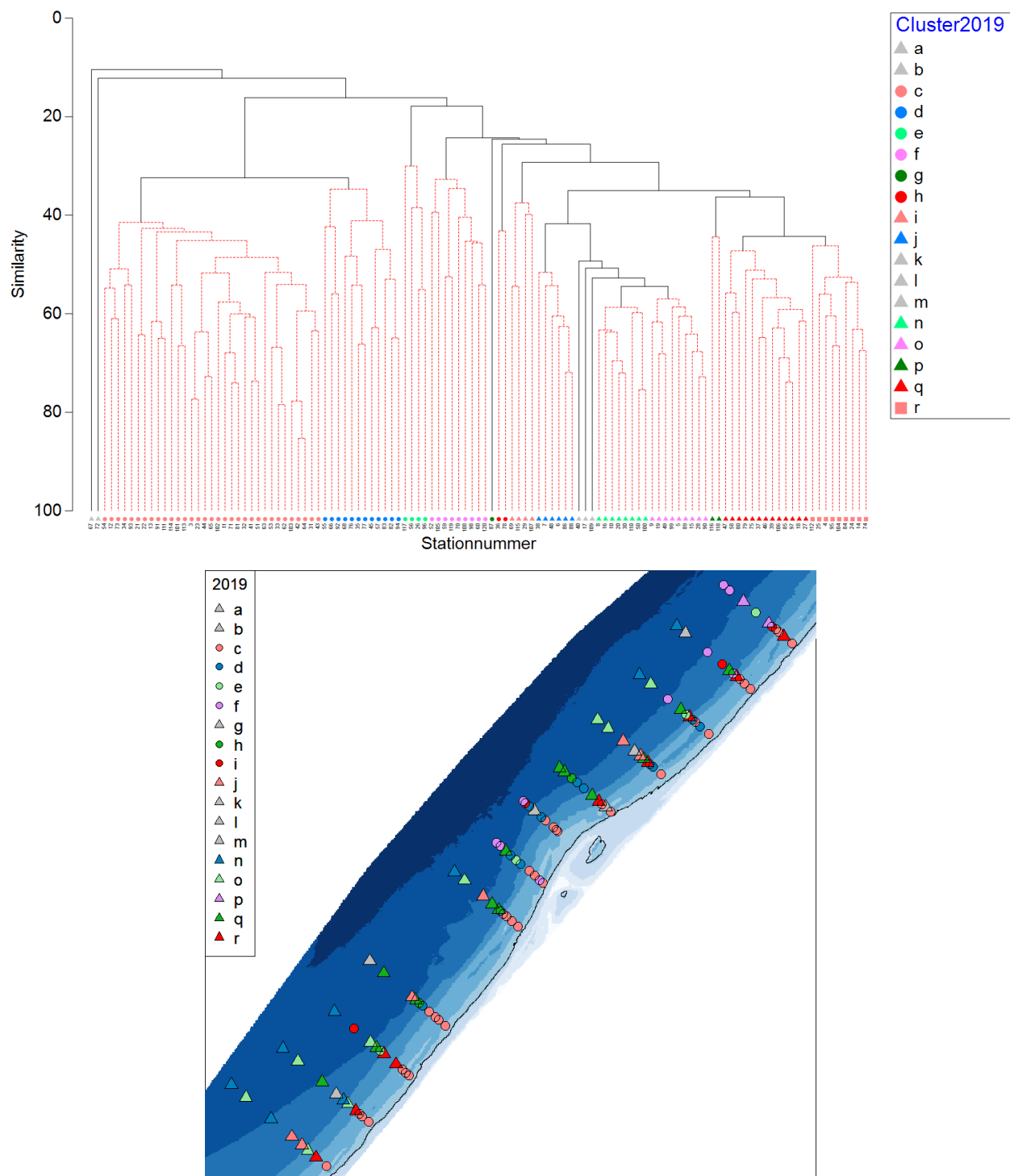
Figuur 111: Clusteranalyse data Van Veen 2013. Bovenste figuur het dendrogram. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante ($p < 0.05$) clusters weer. De markers geven de verschillende clusters. Onderste plot: de ruimtelijke verdeling van de clusters over het gebied.



Figuur 112: Clusteranalyse data Van Veen 2015. Bovenste figuur 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 113: Clusteranalyse data Van Veen 2017. Bovenste figuur 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 114: Clusteranalyse data Van Veen 2019. Bovenste figuur 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.

Wageningen Marine Research
T +31 (0)317 48 70 00
E marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekersadres:

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



Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.