

De ontwikkeling van niet beviste sublitorale mosselbanken 2009- 2012

Sander Glorius, Anneke Rippen, Martin de Jong (Natuurwerk Texel),
Babeth van der Weide, Joël Cuperus, Arnold Bakker en Maarten van
Hoppe

Rapport C199/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Ministerie van Economische Zaken
T.a.v. J. Huinink
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

BO-11-011.04-003

Publicatiedatum:

16 december 2013

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
--	--	---	--

© 2013 IMARES Wageningen UR

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

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V13.1

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Probleemstelling	7
1.2 Achtergrond	7
1.3 Doelstelling	8
2 Kennisvraag	9
3 Locaties	10
4 Methoden	11
4.1 Algemeen	11
4.2 Side scan sonar	11
4.3 Onderwater video	12
4.4 Zuigkor	13
4.5 Boxcorer	13
4.6 Vogeltellingen	15
4.7 Data analyse benthos > 1mm (boxcorer)	17
4.7.1 Voorbereiding	17
4.7.2 Abundantie	17
4.7.3 Diversiteit en evenness	17
4.7.4 Soortenrijkdom	18
4.7.5 Variatie	18
4.7.6 Cluster analyse	19
5 Resultaten	20
5.1 Ontwikkeling mosselpopulatie	20
5.2 Structuur aan de hand van Side Scan Sonar	22
5.3 Predatiedruk door krabben en zeesterren	24
5.4 Geassocieerde macrofauna	25
5.4.1 Ontwikkeling van aan mosselen vastgehechte soorten	25
5.4.2 Ontwikkeling van soortenrijkdom, abundantie, diversiteit en evenness in fijn macrofauna	27
5.4.3 Soortenrijkdom nader bekeken	28
5.4.4 Ontwikkeling functionele groepen	31
5.4.5 Clusteranalyse	33
5.5 Vogels	35
5.5.1 De Vlieter	35
5.5.2 Breezanddijk	36
6 Discussie en conclusies	39
7 Aanbevelingen	41

8	Kwaliteitsborging	42
	Referenties	43
	Verantwoording	44
	Bijlage A. Aangetroffen soorten in de zuigkorbemonsteringen	45
	Bijlage B. Aangetroffen soorten in de boxcorer bemonsteringen.	47
	Bijlage C. Dichtheden zeesterren en krabben.....	50
	Bijlage D. nMDS plots.	51
	Bijlage E. Vogeltellingen.....	54

Samenvatting

In de Nederlandse kustwateren vindt mosselzaadvijverij en mosselkweek plaats. Deze wateren herbergen echter belangrijke natuurwaarden en de meeste wateren zijn derhalve aangewezen als natuurgebied, wat Nederland verplicht om er voor te zorgen dat de natuurwaarden in deze gebieden in stand blijven. Verbetering van de kwaliteit is vooral mogelijk ten aanzien van bodemfauna en de vorming van biogene structuren met mossels (en de daaraan geassocieerde biodiversiteit). Het is in de Waddenzee echter niet goed bekend hoe gesloten (i.e. onbeviste) sublitorale mosselzaadbanken zich ontwikkelen in de tijd en welke specifieke natuurwaarden ze herbergen. Om hier inzicht in te verkrijgen is een monitorprogramma, welke loopt van 2010 t/m 2013, opgesteld waarin gesloten sublitorale mosselbanken gevolgd worden. In dit tussenrapport wordt de ontwikkeling van twee gesloten sublitorale banken (gelegen bij de Vlieter en Breezanddijk) tot 2012 beschreven. Inzicht is verkregen in de ontwikkeling van gesloten sublitorale mosselbanken in diverse stadia van wasdom en de daarmee geassocieerde biodiversiteit (successie).

De sublitorale mosselbank bij de Vlieter, ontstaan in 2009, is nagenoeg verdwenen in 2011. Dit maakt duidelijk dat het sluiten van een gebied voor visserij alleen geen garantie is voor de overleving van een mosselbank. De predatiedruk uitgeoefend door m.n. de aanwezige zeesterren en het uitblijven van nieuwe aanwas (mosselzaad) zijn vermoedelijk de voornaamste oorzaken geweest voor het verdwijnen van deze bank.

Dat er wel degelijk kans is op overleving van mosselbanken wanneer deze niet bevestigd wordt bewijst de bank bij Breezanddijk. De bank, ontstaan in 2010, is heden ten dage nog aanwezig met eenzelfde bedekkingspercentage en toegenomen mosselbiomassa. In zijn driejarig bestaan is duidelijk de groei van mosselen waar te nemen, met toenemend aandeel mosselen met lengte >45 mm. Er heeft echter na de oorspronkelijke zaadval in 2010 geen nieuw aanwas van mosselzaad plaatsgevonden op de bank.

Het lijkt erop dat na een wat homogene mat van mosselzaad in 2010 de mosselen hierna steeds verder aggregeren waarbij open plekken ontstaan. Met boxcorebemonsteringen is aangetoond dat de benthosgemeenschap op de open plekken binnen een mosselbank soortenarmer is dan op/tussen de mosselen zelf. Op de plekken met mosselen ligt het aantal verschillende benthossoorten ongeveer twee keer zo hoog en is er een meer diverse samenstelling wat betreft functionele groepen. De soortensamenstelling en dichtheid lijken niet sterk te veranderen gedurende de paar jaar waarin de bank zich heeft kunnen ontwikkelen. De belangrijkste verandering is dat het totaal aantal verschillende soorten bemonsterd in de open plekken tussen de mosselen toeneemt met het ouder worden van de bank. Daarnaast worden met minder monsters al meer verschillende soorten aangetroffen (zowel in de open plekken als plekken met mosselen). Dit duidt erop dat soorten, in zowel de plekken met mosselen als de open plekken daartussen, zich meer homogeen verspreid hebben. Wanneer mosselen daarentegen verdwijnen verandert de benthosgemeenschap wel duidelijk en ingrijpend. De bank bij de Vlieter laat zien dat met aanwezigheid van mosselen, hard substraat soorten abundant zijn. Met het verdwijnen van de mosselen verdwijnen deze echter.

Uit de vogeltellingen blijkt het belang van aanwezigheid van mosselen voor met name Topper en Eidereenden. Totale vogelaantallen nemen in beide gebieden af. Dit is in de Vlieter te verklaren door het verdwijnen van de mosselen. Mogelijk dat bij het tot wasdom komen van de bank in Breezanddijk, en de aanwezigheid van nieuwe mosselzaadbanken na goede zaadval de voorkeur van Topper en Eider uitgaat naar de nieuwe mosselzaadbanken.

Door uitblijven van (nieuwe) mosselzaadval bij Breezanddijk heeft er zich tot op heden geen sublitorale bank bestaande uit verschillende jaarklassen gevormd. Juist dit type mosselbanken, bestaande uit meerdere jaarklassen, krijgt door sluiting van sublitorale mosselbanken voor visserij kans om zich in de

toekomst te ontwikkelen. Het is interessant om vast te stellen wat dit zou betekenen voor de ruimtelijke structuur van een sublitorale mosselbank en de soortendiversiteit. Hiermee kan het resultaat van het huidige beleid inzichtelijk gemaakt worden. Er wordt aanbevolen om nieuw toegewezen gesloten banken op eenzelfde manier te blijven volgen als de bank bij Breezanddijk. Zo kunnen parallellen en mogelijke verschillen in ontwikkeling, veroorzaakt door abiotische factoren en ligging, onderzocht worden. Tevens wordt het dan mogelijk om de betekenis van het langjarig sluiten van mosselbanken voor visserij voor soortendiversiteit meer generiek vast te stellen en neemt de kans toe om banken te monitoren bestaande uit meerdere jaarklassen.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

In de Nederlandse kustwateren vindt mosselzaadvisserij en mosselkweek plaats. Deze wateren herbergen echter belangrijke natuurwaarden en de meeste wateren zijn derhalve aangewezen als natuurgebied in het kader van de Natuurbeschermingswet of de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn. Dat verplicht Nederland om er voor te zorgen dat de natuurwaarden in deze gebieden in stand blijven. Mosselzaadvisserij en mosselkweek vinden plaats in het habitatype 'Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)' (H1110_A). In de Waddenzee verkeert dit type in een matig ongunstige staat van instandhouding. Verbetering van de kwaliteit is vooral mogelijk ten aanzien van bodemfauna en de vorming van biogene structuren met mossels (en de daaraan geassocieerde biodiversiteit). Het is echter niet goed bekend hoe gesloten (i.e. onbeviste) sublitorale mosselzaadbanken zich ontwikkelen in de tijd en welke specifieke natuurwaarden ze herbergen. Deze kennis is van belang voor besluitvorming rondom mosselvisserij en het bepalen van referentiesituaties en vaststellen van streefbeelden bij de ontwikkeling van beheerplannen in het kader van Natura2000.

1.2 Achtergrond

Besluiten rondom de mosselzaadvisserij en mosselkweek leiden tot veel maatschappelijke discussies en politieke aandacht. Het kabinet kiest m.b.t. de toekomst van de mosselzaadvisserij voor de sociaal economische ontwikkeling binnen de randvoorwaarden die de natuurdoelen en waarden stellen en heeft daartoe voorafgaande aan de ontwikkeling van het beleid inhoudelijke uitgangspunten geformuleerd. Het ambitieniveau van het natuurherstel is het terugwinnen van een rijke zee, aansluiting bij het ontwikkelingsperspectief van de PKB (Planologisch Kernbeslissing) Waddenzee en realisatie van N2000-doelen.

Op 21 oktober 2008 sloten het Ministerie van (destijds) LNV, mosselsector en natuurorganisaties het convenant 'Transitie mosselsector en natuurherstel in de Waddenzee', waarin de partijen overeenkwamen dat zij gezamenlijk zullen toewerken naar een mosselsector die onafhankelijk is van de bodemzaadvisserij in 2020. Een eerste stap in deze richting werd gezet in het voorjaar van 2009. De Mosselsector ziet per stap in de transitie af van bevissing van 20% van het areaal van de in de Nederlandse Waddenzee aanwezige zaadbanken (Dankers e.a. 2010). Omdat er nu ook halfwasbanken aanwezig zijn, is afgesproken dat 20% van het areaal van de (op het moment van jaarlijkse bepaling) aanwezige zaad- en halfwasbanken niet wordt bevestigd. De uiteindelijke doelstelling is een transitie van de mosselsector en een natuurherstelprogramma met als doel ook in de toekomst een economisch gezonde mosselsector te behouden in een meer natuurlijke Waddenzee. Een belangrijk natuurdoel is daarbij het scheppen van voorwaarden voor het realiseren van een aantal gesloten sublitorale mosselbanken in verschillende stadia van ontwikkeling.

De afgelopen zes jaar is PRODUS (PROject Onderzoek DUurzame Schelpdiercultuur) uitgevoerd naar de gevolgen van de mosselzaadvisserij en de mosselkweek op de natuurwaarden van mosselbanken onder water. In het onderzoek zijn onderdelen van complete mosselbanken, waar wel en geen mosselzaad werd gevestigd, met elkaar vergeleken. Omdat veel locaties gesitueerd waren in zogenaamd instabiele gebieden, verdwenen de mosselen en geassocieerde fauna ook veel uit de niet bevestigde onderdelen van deze banken. Het aantal plekken waar mosselen bleven liggen was klein (slechts 3 van de 36 proefgebieden), maar toonde wel aan dat meerjarige wilde mosselbanken zich kunnen ontwikkelen met name wanneer visserij achterwege blijft (Smaal e.a. 2013) en mits ze niet wegstromen.

De volgende vraag is wat er zou gebeuren als er delen van de Waddenzee, en met name natuurlijke mosselbanken, écht/in het geheel met rust zouden worden laten. Dat is waar de doelen van het convenant en het PRODUS onderzoek samenkomen. In het voorjaar van 2009 is een volledige mosselbank in de Vlieter voor visserij gesloten. In voorjaar 2010 is een tweede gebied gesloten ter hoogte van Breezanddijk.

1.3 Doelstelling

Het doel van de opdracht is om door middel van meerjarige monitoring in voor- en najaar inzicht te genereren in de ontwikkeling van gesloten sublitorale mosselbanken in diverse stadia van wasdom en de daarmee geassocieerde biodiversiteit (successie). De mosselbanken worden gezien als kwaliteitskenmerk in habitatype 1110_A.

2 Kennisvraag

De kennisvraag in dit onderzoek luidt: Hoe ontwikkelen (voor visserij) gesloten mosselbanken zich in diverse stadia van wasdom en wat is daarmee de geassocieerde biodiversiteit? Het onderzoek zal minimaal de daarin gevraagde aspecten bevatten. Voor elk van de gesloten gebieden gelden de volgende vragen:

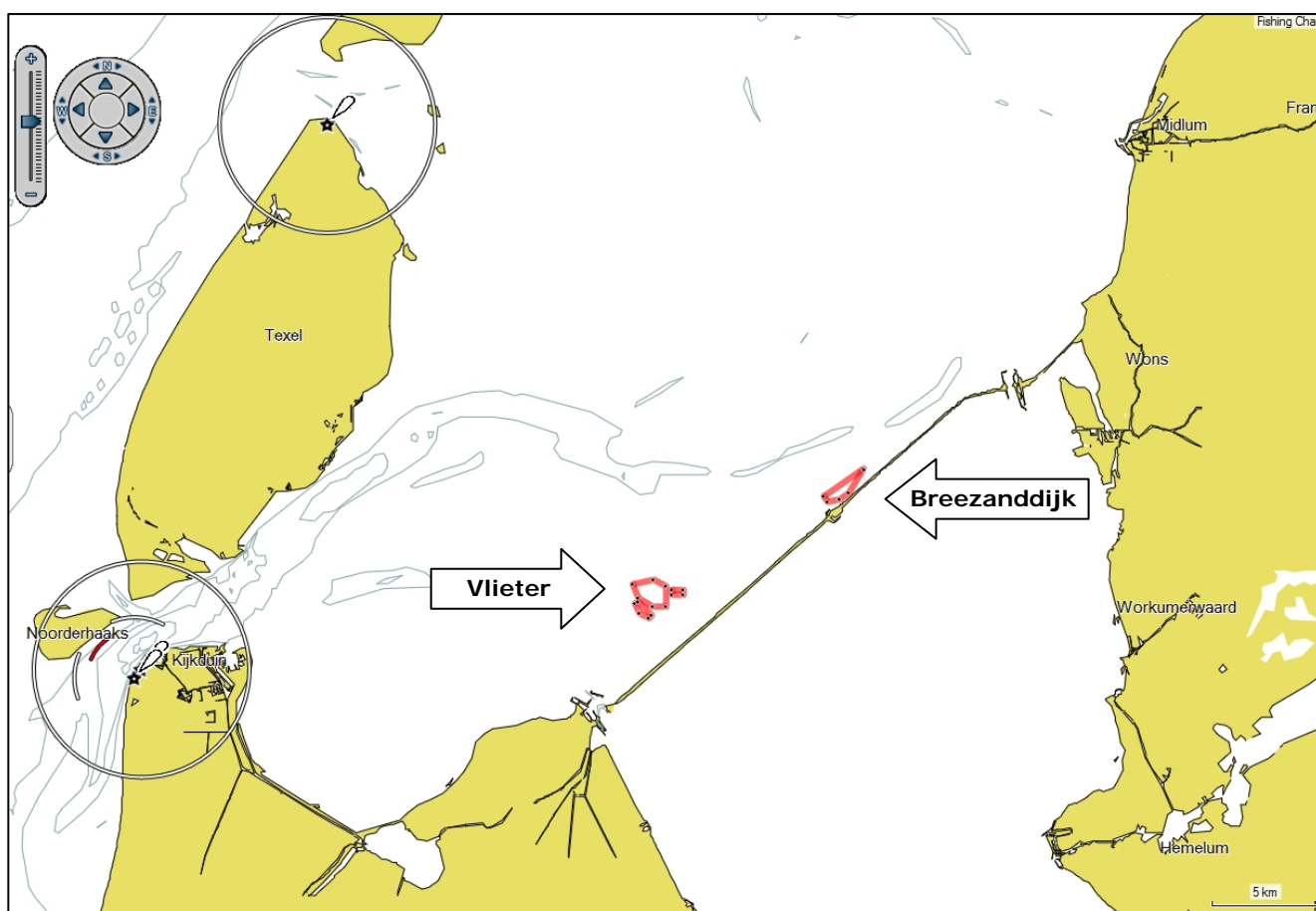
1. Hoe is de ontwikkeling van de mosselbank wanneer er geen bodemberoerende activiteiten plaatsvinden? Kijk hiervoor naar parameters leeftijdsklassen van mosselen en aanwas als gevolg van nieuwe zaadval.
2. Hoe is de ontwikkeling van de geassocieerde biodiversiteit (flora en fauna)? Maak hierbij onderscheid tussen:
 - a. aan mosselen vastgehechte soorten (pokken, anemonen, zakpijpen, wieren etc.)
 - b. de niet aan mosselen vastgehechte fauna (krabben, zeesterren, garnalen, bewoners van slikkige bodem etc.)
 - c. vogels
3. Hoe is de ontwikkeling van andere soorten (andere dan mosselen en geassocieerde biodiversiteit) in het gesloten gebied?

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het Kennisbasis Onderzoek, Beleidsondersteunend onderzoek, Wettelijke onderzoekstaken in het kader van EZ-programma's. Voor het vogelonderzoek is aansluiting gezocht bij BO2 onderzoek BO-02012043.

3 Locaties

Het sluiten van de gebieden komt voort uit het Beleidsbesluit Schelpdiervisserij en het Mosselconvenant. In het voorjaar van 2009 is een eerste mosselbank gesloten in gebied de Vlieter nabij de Afsluitdijk. Het voor mosselvisserij gesloten gebied grenst aan mosselpercelen en is circa 500 ha groot, met daarbinnen 140 ha zaadbanken/bankjes. Binnen dit gebied is 140 ha gesloten voor de garnalenvisserij. In voorjaar 2010 is een tweede gebied van 216 ha gesloten ter hoogte van Breezanddijk, met daarbinnen 70 ha aan zaadbanken en waarbij 88 ha van het gebied gesloten is voor de garnalenvisserij. Zowel de Vlieter als het gebied Breezanddijk zijn in de (openvolgende) jaren voorafgaand aan dit onderzoek bevestigd in het kader van mosselzaadvisserij (Fey e.a. 2008).

In 2010 en in 2011 zijn geen nieuwe zaadbanken in de Waddenzee ontstaan, ook niet in de reeds gesloten gebieden. Er is in het voorjaar van 2011 en 2012 dus ook geen nieuw gebied gesloten.



Figuur 1 De ligging van de gesloten gebieden de Vlieter en Breezanddijk in de Waddenzee, nabij de Afsluitdijk.

4 Methoden

4.1 Algemeen

De in dit project onderzochte gebieden bestaan uit:

- De Vlieter: een aaneengesloten oppervlak met regelmatige vorm (rechthoek) van ongeveer 2,5 (oost west) bij 2 (noord zuid) km. Het voor mosselvisserij gesloten gebied grenst aan mosselpercelen en is circa 500 ha groot, met daarbinnen 140 ha zaadbanken.
- Breezanddijk: een gesloten gebied van 216 ha met daarbinnen 70 ha aan zaadbanken.

De specifiek op mosselen gerichte onderzoeken beperken zich tot het met mosselen bedekte deel dat gesloten is voor bodemberoerende visserij. Het onderzoek naar de ontwikkeling van de gesloten gebieden is op verschillende schaalniveaus uitgevoerd. Tabel 1 geeft een overzicht van de onderzoeksdoelen en de daarvoor ingezette technieken. In de onderstaande paragrafen worden deze technieken nader beschreven.

Tabel 1. Een overzicht van de gebruikte methoden.

Onderzoeksdoel	Techniek
Structuurbepaling van het met mosselen bedekte gebied	Side Scan Sonar & onderwater video
Bepaling ontwikkeling mosselpopulatie	Zuigkor & onderwater video
Bepaling predatiedruk invertebraten (krabben en zeesterren)	Zuigkor
Bepaling predatiedruk duikeenden+ foerageergedrag overige avifauna	Vogeltellingen
Bepaling biodiversiteit grotere benthosoorten (bodemdieren), >5mm	Zuigkor
Biodiversiteit kleiner benthos, >1mm	Boxcorer

4.2 Side scan sonar

De gebruikte SideScanSonar is van het merk IMAGINEX, model SportScan. De signaalbron en ontvanger zijn geheel ingebouwd in de meettorpedo. De aansluiting is een RS232 9D aansluiting die op een seriële ingang van de laptop wordt aangesloten. Een tweede seriële poort is nodig voor de aansluiting van een GPS. De sportscan wordt gevoed met een 12 volt voeding. De signalen worden op een computer opgeslagen gebruikmakend van softwareprogramma WIN881SS. De computer en andere randapparatuur zijn opgesteld in de stuurhut van het schip Phoca.

De metingen werden verricht door parallelle routes te varen met een afstand van 100 meter. De reikwijdte van de SideScan Sonar was ingesteld op 60 meter naar beide kanten. Idealiter werd op deze manier een complete dekking van het gebied gerealiseerd.

De definitieve verwerking gebeurt met het programma SonarWiz.map. Van elke deeltrack wordt de diepte onder de SideScanSonar bepaald aan de hand van een herkenbare helderheidspatroon. Dit kan automatisch gebeuren, maar in moeilijke situaties (onduidelijke patronen in de helderheidsverdeling) kan het ook met de hand worden gedaan.

Dit onderdeel is in 2012 uit het monitorprogramma gehaald. Hoewel de individuele metingen tot een overzicht verwerkt zijn is de analyse in deze rapportage beperkt tot een visuele interpretatie.

4.3 Onderwater video

Het onderwatercamerasysteem bestaat uit een camera die gemonteerd wordt in een aluminium behuizing, zie Figuur 2. De behuizing wordt gevuld met kraanwater. De bodem van de behuizing bestaat uit een glasplaat van 50x50 cm. Rond deze plaat zit LED verlichting gemonteerd. Aan de zijkant van de behuizing zit een vleugel waarmee het systeem relatief stabiel gehouden kan worden in de getijdenstroming. Onderaan de behuizing zit een verstelbaar frame waarmee afhankelijk van de troebelheid van het water een bepaalde afstand tot de bodem kan worden behouden. Videobeelden zijn gemaakt aan boord van het schip TX63 – “Verwachting”. Dit schip beschikt over een verrijdbare kraan en spudpalen. Met behulp van de spudpalen kan het schip nauwkeurig en stabiel op monsterplaatsen vastgezet worden. Op deze manier ondervindt het camerasysteem relatief weinig hinder van deining en stroming. Het camerasysteem wordt met de kraan tot vlak boven de bodem neergelaten waarna de kraan langzaam naar het achterdek rijdt, waardoor een track van 15 meter kan worden gemaakt. De beelden worden opgenomen op een laptop waarop ook direct de beelden te zien zijn, zodat indien nodig het systeem omhoog of omlaag kan worden bijgesteld.



Figuur 2. Het camerasysteem gaat te water met behulp van een kraan.

De Vlieter is in december 2009 voor het eerst met de video gemonitord. In 2010 en 2011 is dit gebied vier keer per jaar bezocht met de video, in 2012 werd de videomonitoring drie keer uitgevoerd. In alle jaren werden er steeds 13 tracks gemaakt. In Breezanddijk is in juni 2010 begonnen met de videomonitoring, waarna er dat jaar nog twee keer met de video werd gemonitord. In 2011 vond er vier keer een videomonitoring plaats, in 2012 was dat drie keer. In alle jaren zijn er steeds 12 tracks gemaakt.

Uit elke videotrack worden foto's gehaald met het programma 'Kinovea' (versie 0.7.10, ©Joan Charmant 2006-2009). Om alleen unieke foto's zonder overlap te krijgen wordt dit gedaan met een interval van 8 seconden.

Aan de hand van de foto's kan per locatie een algemeen beeld worden gevormd met betrekking tot de patchiness en structuur van de mosselpopulatie. Bedekkingspercentages van mosselen worden geschat op individuele foto's om zo tot een gemiddelde bedekking en een spreiding in mosselbedekking te komen. Mosselen en zeesterren zijn tevens duidelijk te onderscheiden. Afhankelijk van de kwaliteit van de videobeelden kunnen ook andere soorten organismen onderscheiden worden.

4.4 Zuigkor

De zuigkor is een hydraulische guts waarmee de wat grotere benthosoorten bemonsterd worden. De guts bemonstert een spoor van 20 cm breed en 8 cm diep. De standaard tracklengte bedraagt 150 meter, wat leidt tot een bemonsterd oppervlak van 30 m². De monsters zijn aan boord van het schip gezeefd over 5 mm (waardoor kleinere benthosoorten worden gemist) en verwerkt. Kokkels en mossels zijn onderverdeeld in leeftijdsklassen. Per leeftijdsklasse is het aantal individuen per monster geteld en het totale aantal gewogen (versgewicht). Nonnetjes zijn in grootteklassen ingedeeld, terwijl voor andere schelpdieren alleen onderscheid is gemaakt tussen broed (eenjarige) en meerjarige dieren. Naast schelpdieren is alle overige fauna (bodemdieren en benthische vissen) op soort gebracht en geteld.

In de Vlieter liggen vier monsterpunten welke in de periode 2009 t/m 2012 ieder jaar bemonsterd zijn. In Breezanddijk liggen acht monster locaties die ook jaarlijks bemonsterd zijn in de periode 2010 t/m 2012. Het aantal bemonsteringen per jaar is in de Vlieter afgenomen van 16 bemonsteringen in 2009 naar een eenmalige bemonstering in 2012. De locaties in Breezanddijk zijn consequent twee keer per jaar bemonsterd.

4.5 Boxcorer

De boxcorer wordt gebruikt voor bemonstering van de wat kleinere benthosoorten (>1 mm). De boxcorer bestaat uit een frame met daarin een rechthoekige pot (met een afmeting van 20 x 30 cm). De boxcorer wordt overboord gezet en tot op de bodem neergelaten. Op dat moment zorgt een automatisch mechanisme ervoor dat de pot vrijkomt welke met behulp van gewichten de zeebodem ingedrukt wordt. Tijdens het ophalen wordt er een mes met afsluitklep onder de pot geplaatst waarna het frame aan dek gehesen wordt.

Aan dek wordt worden er uit iedere pot twee steekbuizen (met een diameter van 10 cm ieder) genomen en samengevoegd op een 1mm zeef. Het overgebleven materiaal is samengevoegd op een 5 mm zeef. Aan boord zijn de monsters gespoeld en voorzichtig gezeefd. Beide fracties zijn geconserveerd op 6% formaldehyde oplossing en naar het laboratorium getransporteerd.

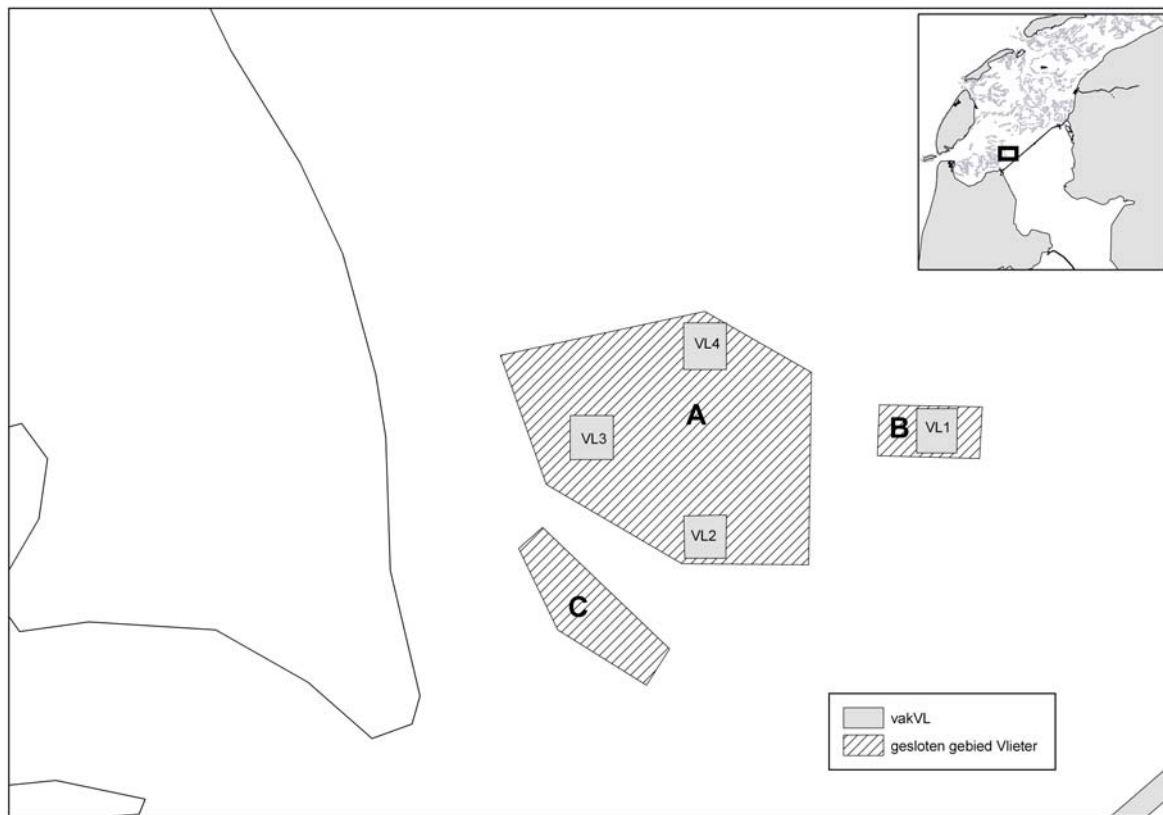
In het laboratorium zijn de steekbuismonsters (fractie gezeefd over 1 mm) gekleurd met bengaal roze, waarna alle epi- en infauna is gescheiden van schelp-, plant-, kiezel- en veendeeltjes. Alle individuele organismen zijn vervolgens met behulp van een binoculair op soort gebracht en geteld. Schelpdieren en krabben zijn hiernaast individueel opgemeten, van de krabben is ook de sekse bepaald. Van de overige soorten zijn natgewichten bepaald. Het grove monster (fractie van 5 mm) is uitgezocht op aanwezigheid van schelpdieren, zeesterren, krabben en anemonen. Deze zijn op soort gebracht en geteld.

In 2009 zijn in het gesloten gebied de Vlieter vier vakken van 200x200 meter gedefinieerd (Figuur 3), conform de aanpak binnen het PRODUS onderzoek. In elk van deze vakken zijn in september 12 random gekozen boxcorer monsters genomen. Aan de hand van de verspreiding van mosselen in het gebied is er vervolgens voor gekozen om in 2009 de monsters uit 2 van de 4 vakken te analyseren (24 van de 48), en de overige monsters op te slaan. Vanaf 2010 zijn in gesloten gebied de Vlieter slechts die 2 vakken bemonsterd, zie *Tabel 2*.

In gesloten gebied Breezanddijk zijn in 2010 twee vakken van 200x200 meter gedefinieerd. In elk van deze vakken zijn in september 12 random gekozen boxcorer monsters genomen in de periode 2010 t/m 2012, zie *Tabel 2*.

Tabel 2. Boxcorer bemonsteringslocaties en momenten van bemonstering.

Bemonsteringmoment	Sept-2009	Sept-2010	Sept-2011	Sept-2012
De Vlieter	VL1 t/m VL4	VL2 + VL3	VL2 + VL3	VL2 + VL3
Breezanddijk	géén bemonstering	BzD5 + BzD6	BzD5 + BzD6	BzD5 + BzD6

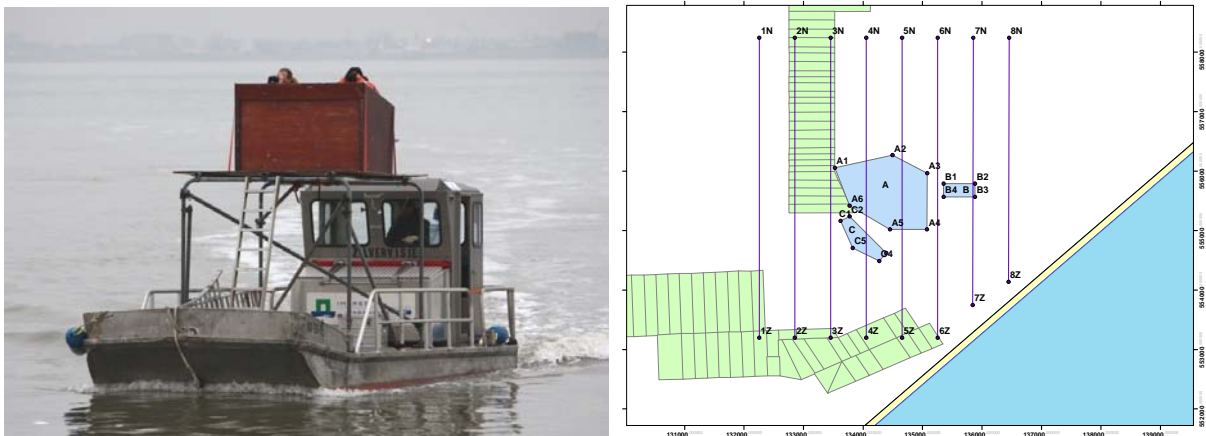


Figuur 3. De vier plots van 200 x 200 m. in gesloten gebied de Vlieter waarbinnen 12 boxcoremonsters genomen zijn.

4.6 Vogeltellingen

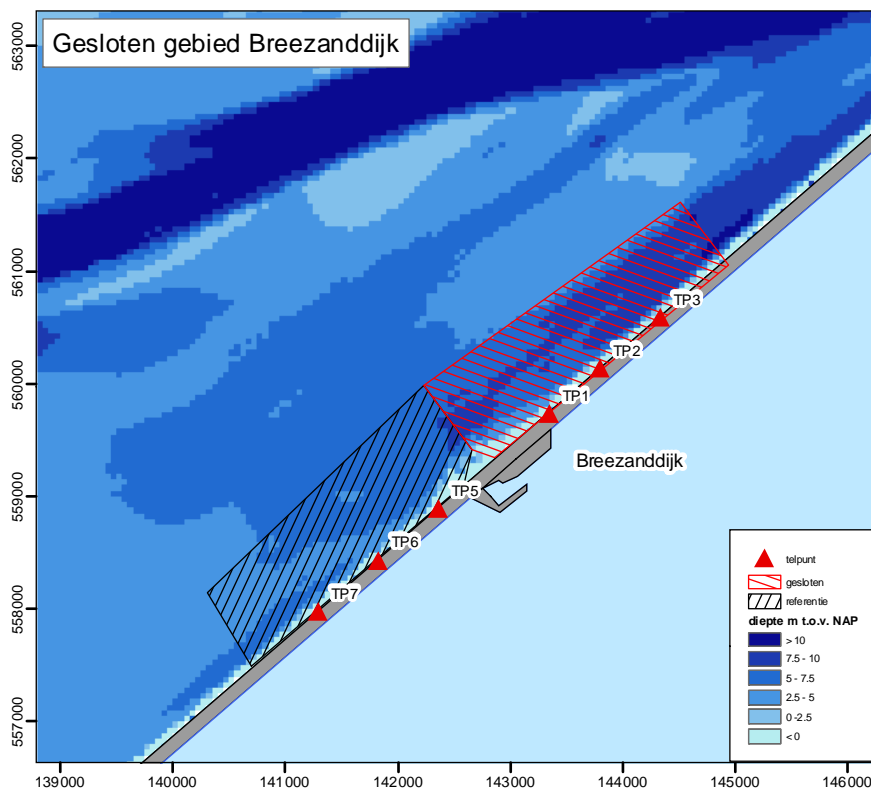
Bij de opzet van het onderzoek is na het eerste seizoen (zie Dankers et al. 2010) voor een aanpak via twee sporen gekozen.

Methode 1: De vogeltellingen in het gesloten gebied de Vlieter zijn uitgevoerd vanaf het onderzoeksvaartuig Zilvervis, zie Figuur 4. Tijdens het tellen van de vogels is gevaren op vooraf vastgelegde raaien, met een vaste snelheid van 10 km/uur, zie tevens Figuur 4. Daarbij is een GPS gebruikt waarmee de gevaren track (positie van het schip op een bepaald moment) en de exacte tijd zijn bepaald. Door achteraf een koppeling te maken met die GPS-track kan de positie van de aanwezige individuele vogels en vogelgroepen bepaald worden en (indien wenselijk) worden geplot op een kaart van het gebied. Bovendien worden schattingen uitgevoerd op welke afstand een individuele vogel of een groep zich bevindt vanaf de gevaren raai. Deze tellingen zijn uitgevoerd waarbij aan beide zijden van het vaartuig een strookbreedte van 300 meter is afgezocht. Deze tellingen zijn door (doorgaans) twee waarnemers uitgevoerd, met assistentie van een schipper. Bij de vogeltellingen is onderscheidt gemaakt of vogels zich in het gesloten vak bevinden (blauw gearceerd in *Figuur 4*), op de mosselpercelen (groen gearceerde gebieden in *Figuur 4*) of in het gebied daarbuiten. Om een vergelijking mogelijk te maken tussen de gebieden worden vogelaantallen uitgedrukt per km gevaren raai.



Figuur 4. Vogeltellers op het onderzoeksvaartuig Zilvervis in actie, linker figuur. Foto: André Meijboom. Gevaren raaien, rechter figuur.

Methode 2: Voor het gesloten gebied Breezanddijk is een andere telmethode gehanteerd omdat dit gebied tegen de Afsluitdijk ligt en van hieraf prima te overzien is, zie Figuur 5. Het gesloten gebied ligt evenwijdig aan de Afsluitdijk zodat het gebied vanaf 3 telpunten (op een onderlinge afstand van 700 m) goed te tellen is. De telpunten zijn gekozen op basis van de op de Afsluitdijk aanwezige hectometerpaaltjes.



Figuur 5. Gesloten gebied en referentiegebied Breezanddijk en de ligging van de punten waarop de tellingen zijn uitgevoerd.

Als referentie (open) gebied is een gebied gekozen aan de zuidwestkant van de werkhaven Breezanddijk, met eenzelfde lengte en breedte als het voor bodem beroerende visserij gesloten gebied, zie Figuur 5. Ook in dit gebied heeft elke telling vanaf 3 punten plaatsgevonden. Tijdens de tellingen vanaf de Afsluitdijk is gebruikgemaakt van een speciale verrekijker met een 7 x 50 vergroting op statief. De verrekijker heeft naast een ingebouwd kompas een horizontale schaalverdeling in het beeld. Met behulp hiervan kan bij een bekende hoogte van de waarnemer de hoek met de horizon worden bepaald en ook de afstand tot de waargenomen vogels. Hieruit kan worden afgeleid of een individuele vogel of een groep vogels in of buiten het gebied aanwezig was. Uit een eventuele vervolgberekening kan daarmee ook een stippenpatroon van de verspreiding van de vogels binnen het telgebied worden geconstrueerd.

Omdat het belangrijkste seizoen voor de duikeenden in de maanden november t/m februari ligt zijn, voor zover de weersomstandigheden dat toelieten, in die periode om de 14 dagen tellingen uitgevoerd. De teldata, waarnemers die bij de tellingen betrokken waren en de omstandigheden tijdens de tellingen zijn weergegeven in Bijlage E, Tabel 7. De vogeltellingen zijn uitgevoerd in samenwerking met Natuurwerk Texel.

4.7 Data analyse benthos >1mm (boxcorer)

4.7.1 Voorbereiding

Individuele die niet tot soort konden worden geïdentificeerd, maar tot op het niveau van genus of familie zijn gedetermineerd, zijn voorbereid (samengevoegd dan wel niet meegenomen in de analyse) voorafgaand aan een verdere data-analyse. Voornamelijk juveniele individuen of soorten in een larvestadium kunnen vaak niet volledig op naam gebracht worden omdat soort specifieke kenmerken nog niet volledig ontwikkeld zijn.

Voor de berekening van de totale soortendichtheid (individuele per m²) zijn juveniele soorten over het algemeen meegenomen. Een uitzondering hierop zijn bijvoorbeeld larven van de orde Decapoda, die tienpotige (o.m. krabben) die niet meegenomen zijn. Larven van deze soort bevinden zich in de waterkolom. De bemonsteringsefficiëntie van de boxcorer is hiervoor laag, waardoor gemeten dichtheden niet representatief zijn.

In de berekening van soortenrijkdom, diversiteit en evenness zijn juveniele soorten uitgesloten welke niet volledig op naam gebracht konden worden en waarvan wel soorten van dezelfde genus aangetroffen in de dataset. In 2012 zijn bryozoa (mosdiertjes), hydrozoa (hydroïdpolypen) en anthozoa (bloemdieren) op soort gebracht, terwijl dit niet gebeurd is in 2009, 2010 en 2011. Om een vergelijking met voorgaande jaren mogelijk te maken zijn deze groepen samengenomen tot bryozoa-, hydrozoa- en anthozoa species.

4.7.2 Abundantie

De totale abundantie (i.e. aantal individuen) is berekend door het totaal aantal individuen dat aangetroffen is in het monster te delen door het bemonsterd oppervlak (0.0157 m²). In dit rapport zijn aantallen weergegeven als het gemiddeld aantal soorten per vierkante meter.

4.7.3 Diversiteit en evenness

De diversiteit is berekend volgens Shannon-Wiener Index (Vergelijking 1). Deze index meet de orde/wanorde in een monster rekening houdend met zowel de evenness (i.e. de (on)gelijke verdeling van de individuen over de soorten) als het aantal soorten. De index neemt toe met een toename in het aantal soorten, maar ook met een hogere evenness.

$$H = -\sum P_i (\ln P_i) \quad \text{Vergelijking 1.}$$

H = Soortendiversiteit

P_i = Aandeel van soorten ten opzichte van het totaal aantal soorten

De evenness is berekend met de Pielou's evenness, weergegeven in Vergelijking 2. Dit is een maat voor hoe (on)gelijk de individuen verdeeld zijn over de verschillende soorten. Wanneer evenness een waarde heeft van 1 zijn alle individuen gelijk verdeeld over de soorten. De evenness index neemt af met een toenemende mate van ongelijkheid.

$$E = \frac{H}{\ln(S)} \quad \text{Vergelijking 2.}$$

E = Evenness

H = Soorten diversiteit

S = Aantal soorten

Zowel de diversiteit als de evenness zijn berekend in het programma R. Hierbij is gebruik gemaakt van functies beschikbaar binnen in het 'Vegan' pakket (Oksanen et al. 2013).

4.7.4 Soortenrijkdom

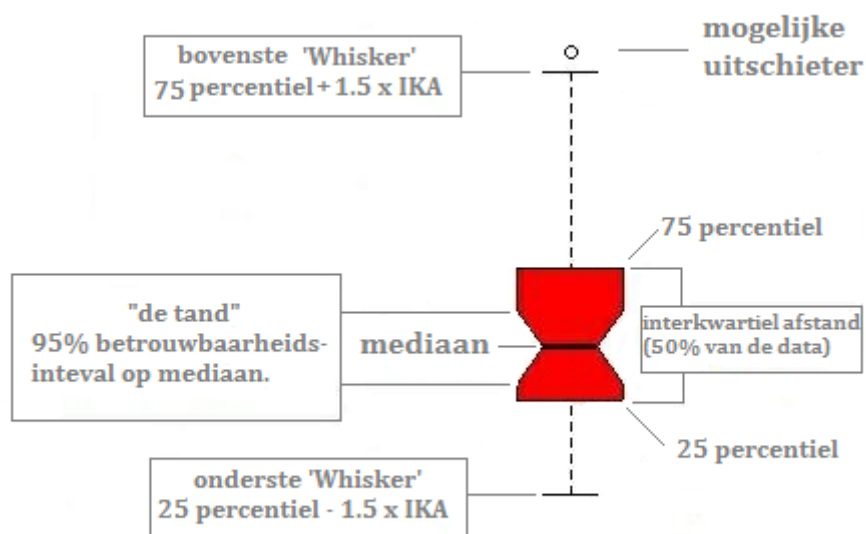
Soortenrijkdom is op twee manieren bekeken; (1) het aantal verschillende soorten dat aangetroffen is in de individuele monsters en (2) het aantal verschillende soorten dat aangetroffen is in alle monsters genomen in de Vlieter en Breezanddijk waarbij wel onderscheid gemaakt is in het bemonsteringsjaar.

Het waargenomen aantal soorten zal altijd een onderschatting zijn van de complete soortenrijkdom op een willekeurige locatie, omdat met name zeldzame soorten een grote kans hebben te worden gemist in individuele monsters. Met een grotere inspanning (i.e. het nemen van meer monsters) zullen meer soorten worden 'ontdekt' waarmee de waargenomen soortenrijkdom toeneemt.

Om inzicht te verkrijgen in de relatie tussen inspanning (i.e. monsternummer) en soortenrijkdom is er een zogenaamde 'species accumulation curve' gemaakt. In deze grafiek is de accumulatie van soorten uitgezet tegen het monsternummer. Berekeningen zijn uitgevoerd in het programma R, waarbij ook hier gebruik is gemaakt van beschikbare functies in het 'Vegan' pakket.

4.7.5 Variatie

De variatie tussen de monsters is gevisualiseerd met barplots en (getande)boxplots. De box in de boxplot laat de interkwartielafstand (IKA) zien en loopt van de 25- tot de 75 percentiel en bevat 50% van de waarnemingen. Met de dik afgedrukte horizontale lijn wordt de mediaan weergegeven. De afstand van de beide 'whiskers' van de box zijn bepaald door de laatste waarde die binnen 1.5 keer de IKA valt. Mogelijke uitschieters (gemarkeerd door open cirkels) liggen hierbuiten, zie Figuur 6.



Figuur 6 Weergaven van de verschillende parameters in een "getande" boxplot.

Met de 'tand' wordt de 95% betrouwbaarheidsinterval rond de mediane waarde weergegeven. De berekening hiervan is gebaseerd op Chambers, 1983, zie vergelijking 3. Hoewel dit geen officiële statistische toets is, is de kans groot dat als de tanden van twee boxen elkaar niet overlappen de mediane waarden significant verschillen.

$$M \pm 1.57 \times \frac{IKA}{\sqrt{n}} \quad \text{Vergelijking 3.}$$

M = mediane waarde
 IKA = Interkwartielafstand
 n = aantal observaties

4.7.6 Cluster analyse

Een clusteranalyse is uitgevoerd om te onderzoeken of en hoe stations groeperen op basis van gelijkenis in zowel aanwezige soorten als soortdichtheden. Een 'Bray Curtis dissimilarity matrix' (vergelijking 4) is berekend aan de hand van soortdichtheid data. Afhankelijk van de soortendichtheden is een wortel- of logtransformatie toegepast om zo de nadruk/dominerend effect van de soorten met hoge dichtheden te verminderen. Alleen soorten die in meer dan 5% van de monsters voorkomen zijn meegenomen in deze analyse.

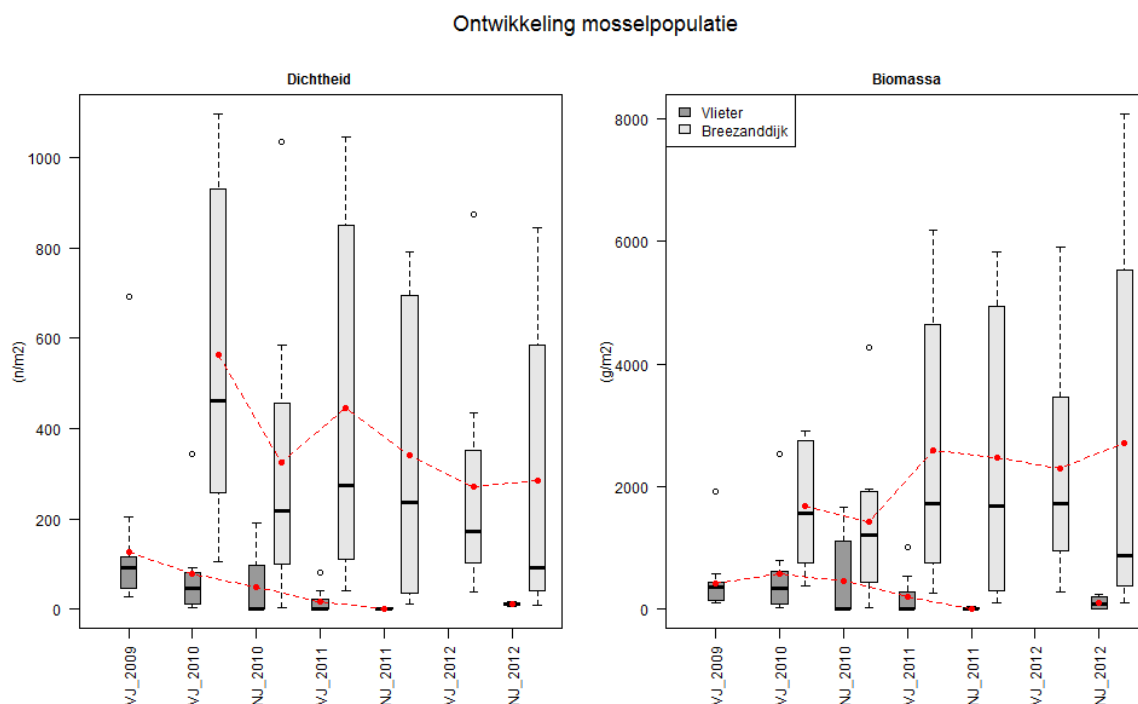
$$BC_dis = \frac{\sum_{j=1}^J |n_{ij} - n_{i'j}|}{n_{i+} + n_{i'+}} \quad \text{Vergelijking 4.}$$

Het resultaat van de clusteranalyse is gevisualiseerd in nMDS plots. Hierin worden stations met onderling grote gelijkenis dicht bij elkaar afgebeeld, stations die sterker van elkaar verschillen worden op grotere afstand van elkaar geplot. Berekeningen zijn uitgevoerd in de R omgeving met functies beschikbaar binnen het 'vegan' pakket (Oksanen *et al.*, 2013).

5 Resultaten

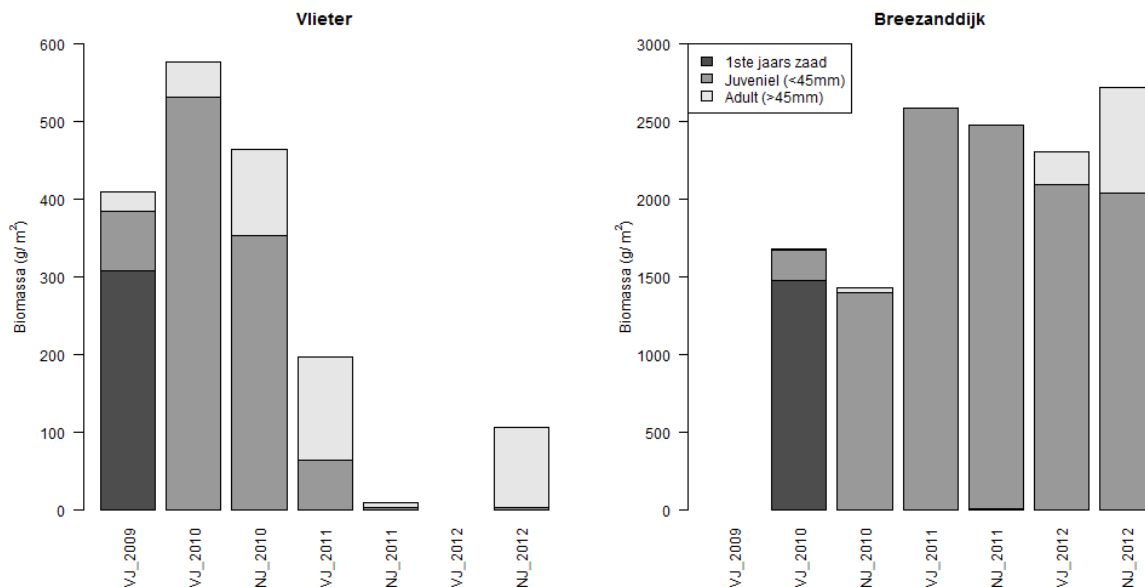
5.1 Ontwikkeling mosselpopulatie

De ontwikkeling van de mosselpopulatie in de gebieden de Vlieter en Breezanddijk sinds het voorjaar van 2009 is weergegeven in Figuur 7 (dichtheid en abundantie) en in Figuur 8 (samenstelling mosselgemeenschap), en is gebaseerd op zuigkorbemonsteringen.



Figuur 7. Ontwikkeling mosselpopulatie (dichtheid en biomassa) in de Vlieter en Breezanddijk tussen voorjaar 2009 (VJ_2009) en najaar 2012 (NJ_2012) op basis van zuigkorbemonsteringen. De rode lijn geeft de gemiddelde dichtheid/biomassa aan.

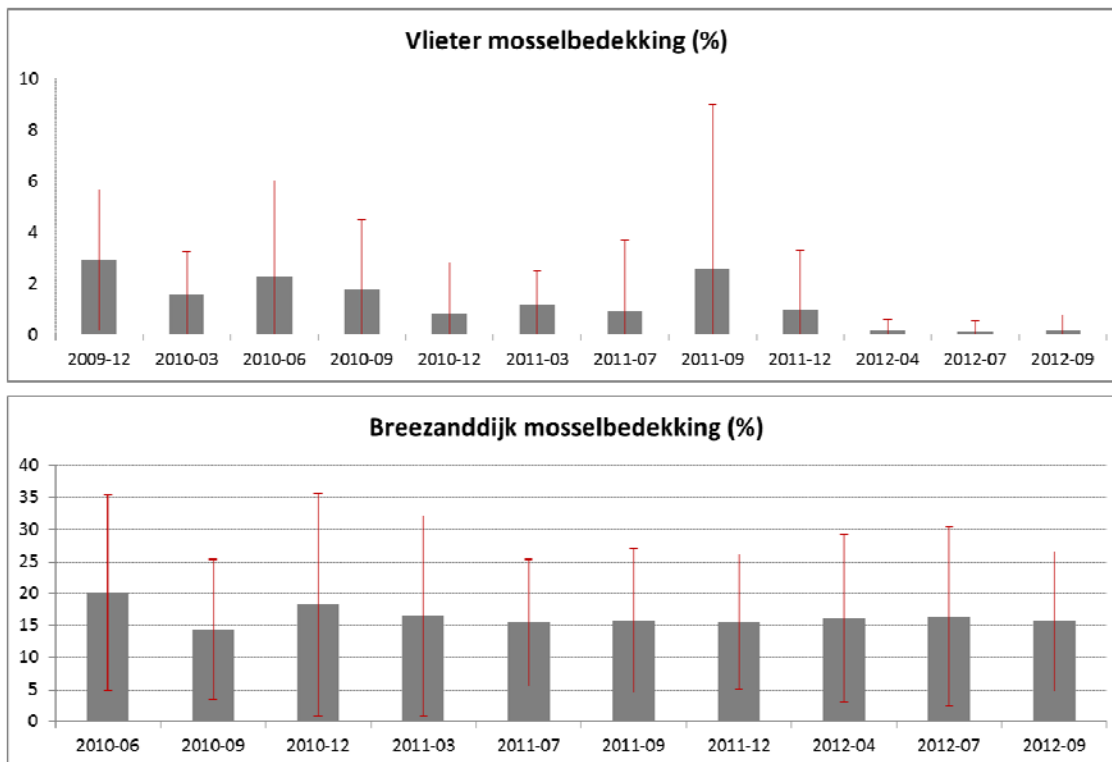
Zowel in dichtheid als in biomassa uitgedrukt, Figuur 7, is te zien dat de mosselpopulatie op de bank in de Vlieter over de jaren afneemt. De mosseldichtheid in Breezanddijk neemt tevens af van ongeveer 450 individuen/m² tot gemiddeld ongeveer 200 individuen/m² in 2012. De gemiddelde mosselbiomassa neemt echter toe op deze bank. Deze tegenovergestelde trend op de bank bij Breezanddijk laat duidelijk de ontwikkeling van de mosselbank zien met aan de ene kant dichtheidsafhankelijke (initiële)mosselsterfte welke afvlakt over de tijd en aan de andere kant groei van de individuele mosselen.



Figuur 8. Trend in gemiddelde mosselpopulatiesamenstelling voor de mosselbank gelegen in de Vlieter en Breezanddijk.

De mosselbanksamenstelling verandert van m.n. zaadmosselen naar juveniele mosselen (<45 mm) in de daaropvolgende jaren, zie Figuur 8. Ook is de ontwikkeling van volgroeide mosselen (>45 mm) twee jaar na het ontstaan van de mosselbank in Breezanddijk te zien. De bank bij Breezanddijk ontwikkelt zich hiermee duidelijk tot een meerjarige mosselbank, maar bestaat nog wel uit een jaarklasse. De mosselbank in de Vlieter daarentegen verdwijnt nagenoeg, alhoewel de aanwezigheid van enkele mosselen >45 mm in 2012 duidt op enkele plekken waar mosselen zich hebben kunnen handhaven. In beide gebieden heeft, na de initiële zaadval van 2009 (de Vlieter) en 2010 (Breezanddijk), geen zaadval van betekenis meer plaatsgevonden.

De bovenstaande gegevens uit de zuigkorbemonsteringen worden bevestigd door de videobeelden die met de onderwatercamera zijn gemaakt. In Figuur 9 is de mosselbedekking weergegeven voor de Vlieter (boven) en Breezanddijk (onder). Er is te zien dat het bedekkingspercentage door mosselen in Breezanddijk (tussen de 10 en 35% bedekking) hoger is in vergelijking tot de bank bij de Vlieter (tussen 0 en 6% bedekking). Dit correspondeert met de hogere mosseldichtheid aangetroffen in de zuigkorbemonstering op Breezanddijk. Het gemiddelde bedekkingspercentage fluctueert meer in de tijd op de Vlieterbank dan op de bank in Breezanddijk. Vanaf 2012 is de bedekking gemeten met de camera nagenoeg 0% in de Vlieterbank en bij Breezanddijk nog 10%.

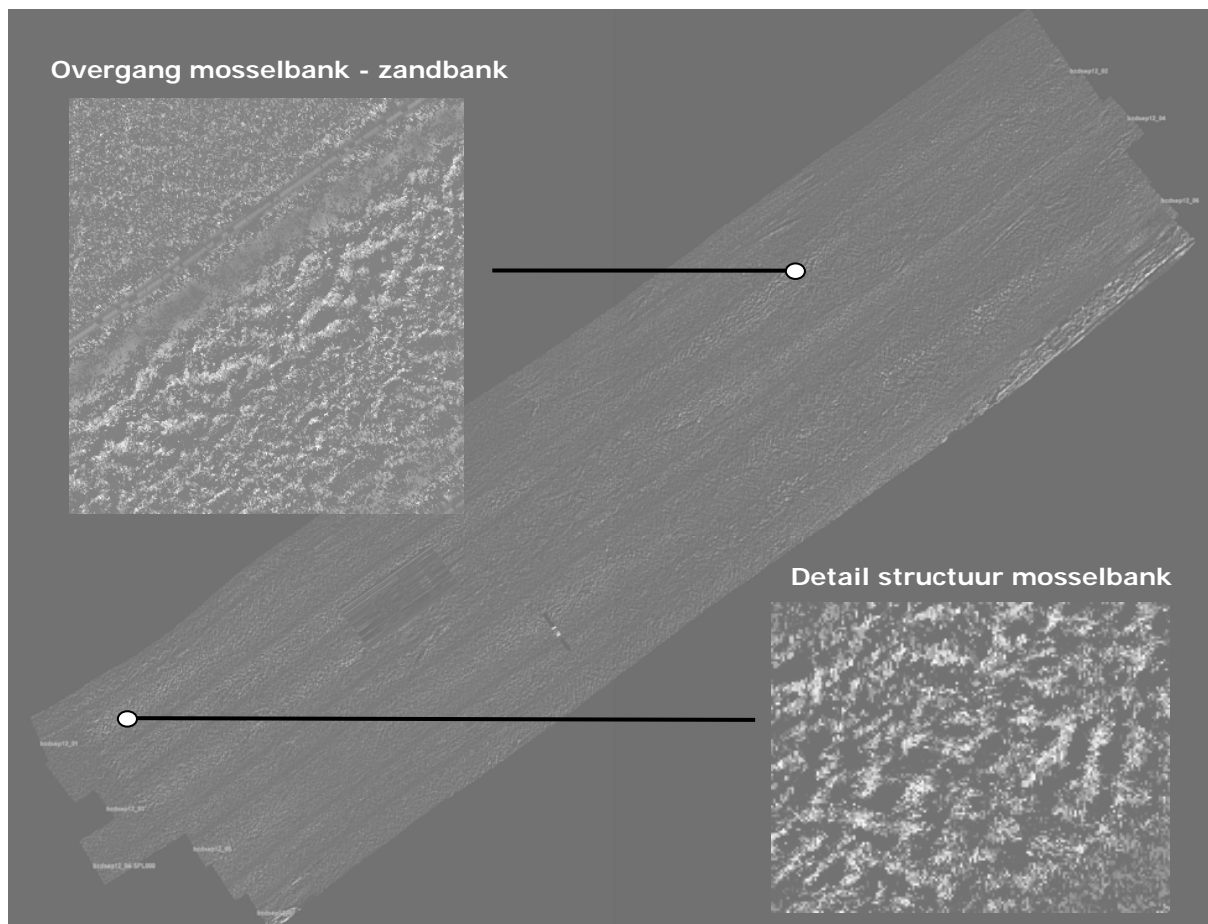


Figuur 9. Gemiddelde mosselbedekking in % voor de bank op de Vlieter (boven) en bij Breezanddijk (onder). Met de rode errorbars wordt $\pm 1 \times$ de standaardafwijking weergegeven.

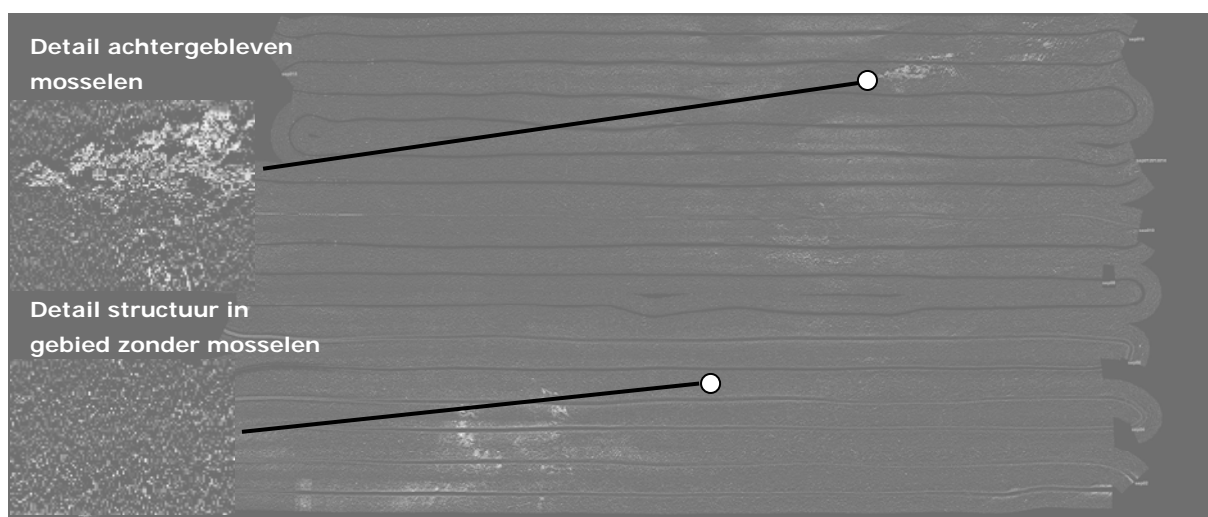
5.2 Structuur aan de hand van Side Scan Sonar

In onderstaande figuren wordt de side scan sonar opname van de zeebodem weergegeven, genomen in september 2012 op de mosselbank bij Breezanddijk (Figuur 10) en de Vlieter (Figuur 11).

Op de zeebodem bij Breezanddijk zijn banen met mosselen te onderscheiden met meer structuur dan op de gebieden daarnaast zonder mosselen. De banen met mosselen liggen in grofweg een noordoost tot zuidwestelijke richting. Op de scan genomen bij de Vlieter zijn mosselen nagenoeg afwezig, wat duidelijk terug te zien is in een fijnere bodemstructuur. Wel zijn er in het Noordoosten en in het Zuidwesten enkele gebieden met achtergebleven mosselen te zien, deze bevatten net als bij Breezanddijk meer structuur, zie Figuur 11.



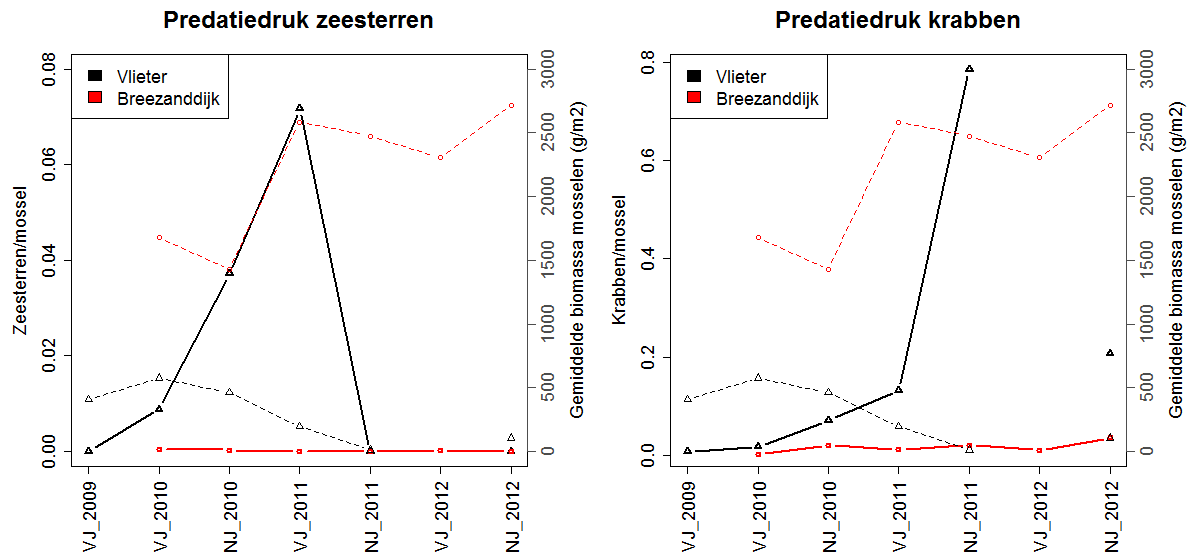
Figuur 10. Side scan sonar beeld van de zeebodem in Breezanddijk genomen in september 2012.



Figuur 11. Side scan sonar beeld van de zeebodem in de Vlieter genomen in september 2012.

5.3 Predatiedruk door krabben en zeesterren

Met de zuigkorbemonsteringen zijn dichtheden van de mosselpredatoren zeesterren (*Asterias rubens*) en krabben (*Carcinus maenas* + *Hemigrapsus spp.*) bepaald, zie Bijlage C. In *Figuur 12* is de predatiedruk (zeesterren/krabben per mossel) voor de bank bij de Vlieter en Breezanddijk weergegeven. In dezelfde grafieken is de gemiddelde mosselbiomassa weergegeven.



Figuur 12. Predatiedruk zeesterren (links) en krabben (rechts) voor de mosselbank bij de Vlieter (vet afgedrukte zwarte lijn met driehoekjes) en Breezanddijk (vet afgedrukte rode lijn met rondjes). Met de gestippelde lijnen wordt de ontwikkeling in mosselbiomassa weergegeven op de rechter y-as.

In *Figuur 12* is goed te zien dat de predatiedruk van zeesterren en van krabben op de mosselen van de Vlieter hoger is dan op de mosselen bij Breezanddijk. De daling in mosselbiomassa volgt na toename van de zeesterpredatie vanaf 2010. Nadat de mosselen -een voorname voedselbron- grotendeels zijn verdwenen in 2011 nemen ook zeesterdichtheden daar af, zie *Figuur 27* in Bijlage C. Zeesterren lijken daarmee de trend in mosselbiomassa te volgen.

De krabbedichtheden blijven hoog, ook bij het verdwijnen van de mosselen in de Vlieter, zie *Figuur 27* in Bijlage C. Krabben lijken daarmee minder afhankelijk van aanwezigheid mosselen dan zeesterren. Bij Breezanddijk blijft de krabben- en zeesterrendichtheid laag en daarmee ook de predatiedruk.

5.4 Geassocieerde macrofauna

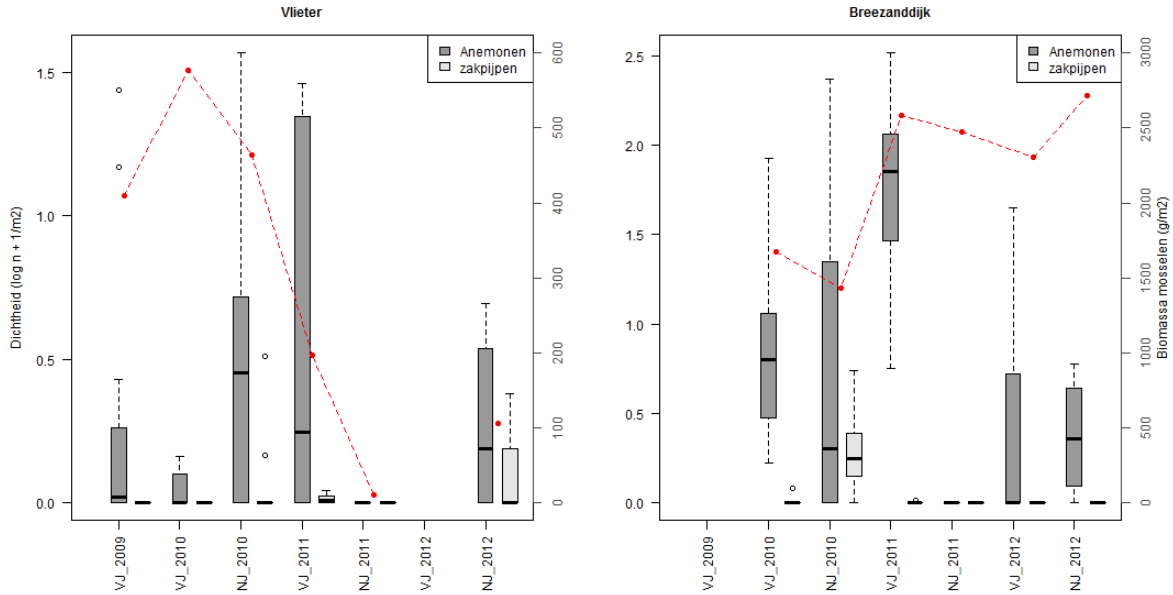
Om vast te stellen hoe de benthosgemeenschap reageert op de aanwezigheid en ontwikkeling van mosselbanken is gekeken naar sessiele epifauna soorten welke o.a. mosselen als hard substraat gebruiken. Het gaat om anemonen, zakpijpen en zeepokken zoals bemonsterd met de zuigkor (uitgebreide soortenlijsten zijn weergegeven in Bijlage A).

Naast de ontwikkeling van deze soorten is ook gekeken hoe biodiversiteitsindices (soortenrijkdom -, diversiteit - Shannon-Wiener en evenness - Pielou's) zich ontwikkelen. Deze indices zijn berekend aan de hand van fijn macrofauna (>1mm), en gaat dus uit van data verzameld met de boxcorer (uitgebreide soortenlijsten te vinden in Bijlage B).

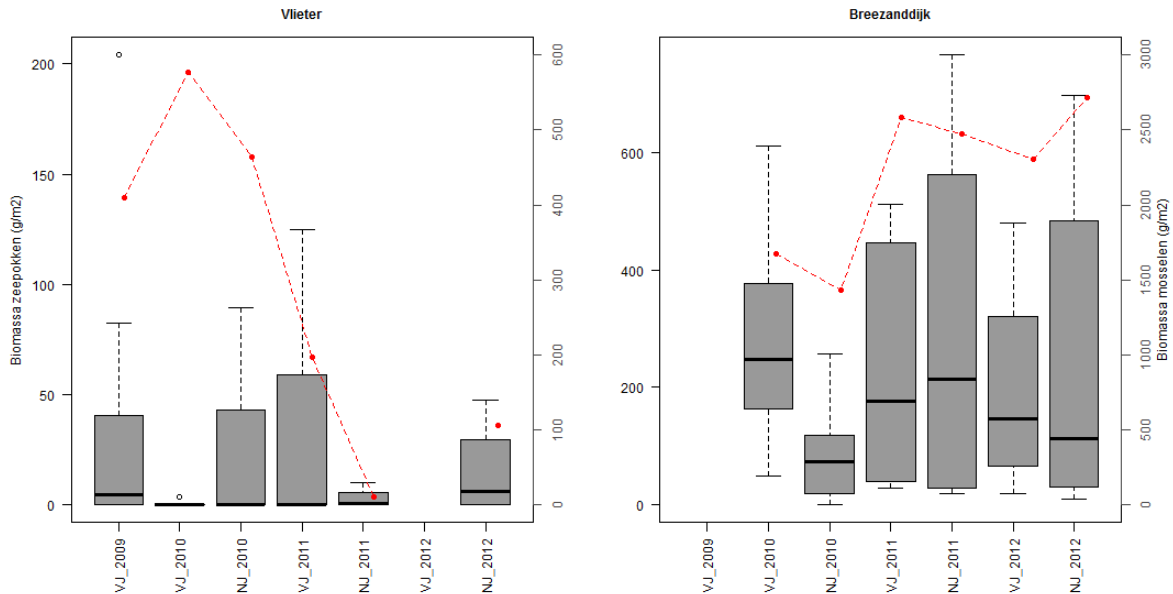
5.4.1 *Ontwikkeling van aan mosselen vastgehechte soorten*

In Figuur 13 is de ontwikkeling van anemonen, zakpijpen en zeepokken op de bank bij de Vlieter en Breezanddijk weergegeven voor de periode 2009 – 2012. In dezelfde grafiek is de gemiddelde mosselbiomassa weergegeven.

Ontwikkeling anemonen en zakpijpen

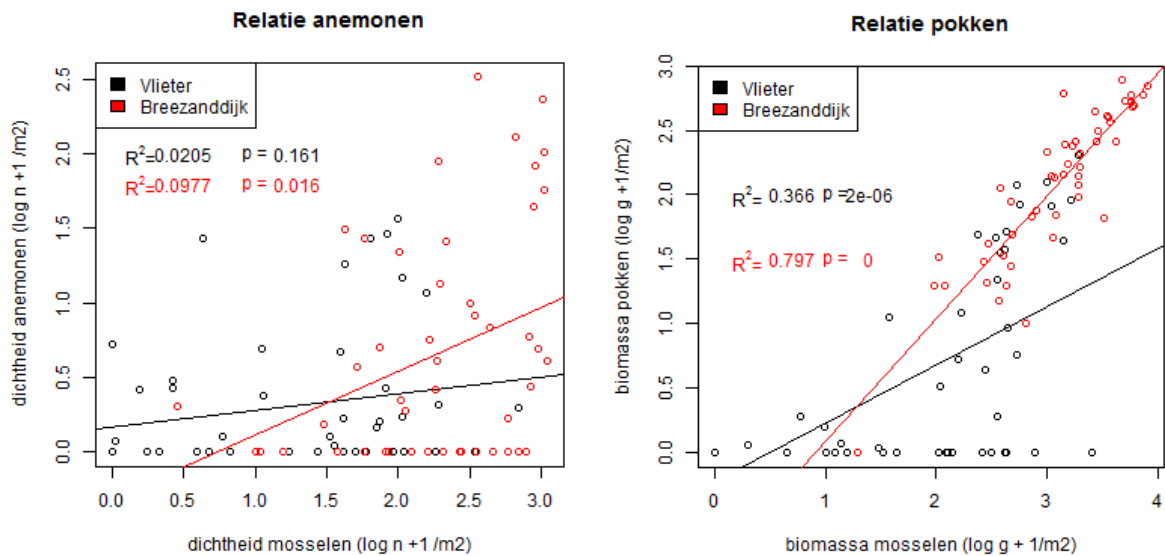


Ontwikkeling zeepokken



Figuur 13. Ontwikkeling anemonen, zakpijpen en zeepokken op de bank in de Vlieter en Breezanddijk tussen voorjaar 2009 (VJ_2009) en najaar 2012 (NJ_2012). De rode lijn geeft de gemiddelde biomassa van mosselen weer.

Zakpijpen zijn in beide gebieden slechts sporadisch aangetroffen. Anemonen worden vaker aangetroffen, in grofweg de helft van de monsters. De anemonendichtheid laat echter geen duidelijke trend in de tijd zien. Op de bank bij de Vlieter kan geen significant verband tussen anemonen- en mosseldichtheid aangetoond worden, terwijl er wel een zwak maar significant verband is op de bank bij Breezanddijk ($p=0.016$), zie Figuur 14. De aanwezigheid van mosselen lijkt bevorderlijk voor de aanwezigheid van anemonen maar niet noodzakelijk. Zeepokken zijn sterk met mosselen geassocieerd. De dichtheid van zeepokken volgt die van mosselen, zie Figuur 13 en Figuur 14.



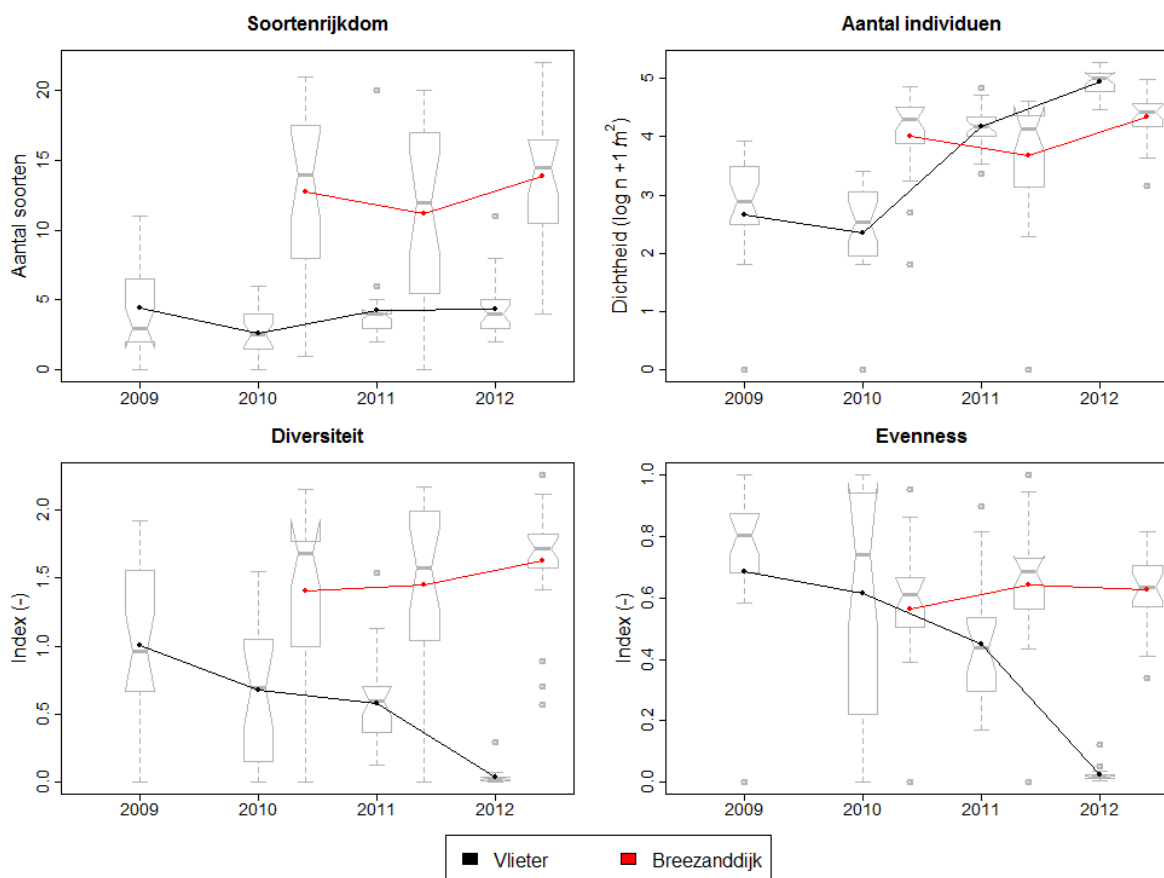
Figuur 14. Relatie anemonen (links) en pokken (rechts) voorkomen ten opzichte van mosselvoorkomen / dichtheid, voor de bank ik de Vlieter als in Breezanddijk.

5.4.2 Ontwikkeling van soortenrijkdom, abundantie, diversiteit en evenness in fijn macrofauna

In Figuur 15 is de ontwikkeling van soortenrijkdom, dichtheid, diversiteit en evenness weergegeven voor de Vlieter en Breezanddijk in de periode 2009-2012 zoals bemonsterd met de boxcorer.

Uit Figuur 15 blijkt dat de gemiddelde soortenrijkdom op de bank bij Breezanddijk hoger ligt in vergelijking tot de bank bij de Vlieter. Hiernaast is het verschil in aantal soorten tussen individuele (boxcore)monsters groter bij de Breezanddijkbank in vergelijking tot de Vlieter. M.a.w. zowel de absolute- als de variatie in soortenrijkdom is groter in Breezanddijk in vergelijking tot de Vlieter. De hogere soortenrijkdom bij Breezanddijk werkt door in een hogere (Shannon Wiener) diversiteit.

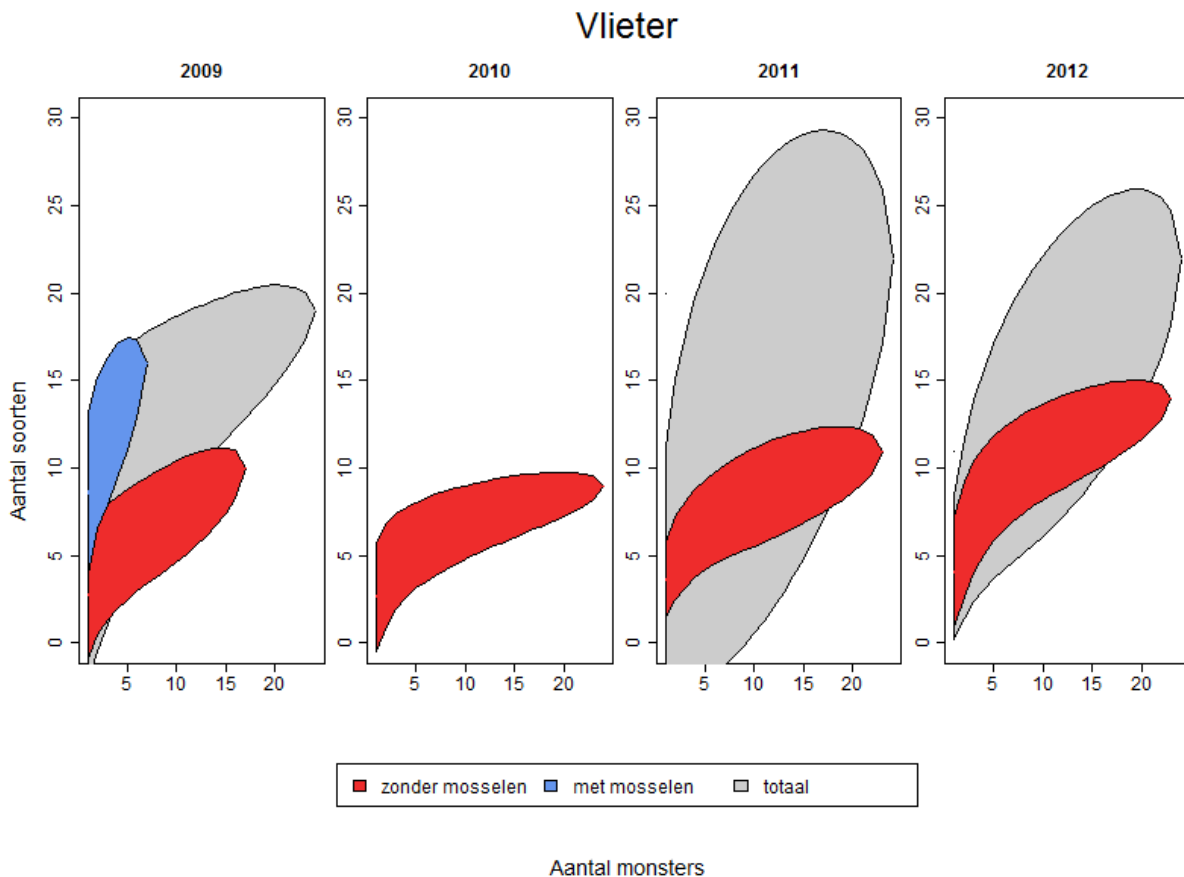
De abundantie, ofwel het totaal aantal individuen, kent voor beide banken een verschillend verloop. De bank in de Vlieter laat in 2011 en 2012 een sterke toename van het aantal gevonden individuen per vierkante meter zien. Uit nadere analyse blijken hiervoor twee soorten verantwoordelijk te zijn. In 2011 is de hoge abundantie te danken aan hoge dichtheden van de strandgaper (*Mya arenaria*) en het wadslakje (*Peringia ulvae*); in 2012 is uitsluitend het wadslakje verantwoordelijk. De relatief hoge strandgaper- en wadslakjes-dichtheden in 2011 en 2012 hebben tot gevolg dat de evenness (i.e. de verdeling individuen over de verschillende soorten) onevenwichtiger is geworden waarmee ook de diversiteit in 2011 en 2012 lager is komen te liggen. Op de bank bij Breezanddijk kan geen verandering over de tijd in gemiddelde abundantie, evenness en diversiteit waargenomen worden. Wel is de spreiding in diversiteit wat lager in 2012 vergeleken met 2010 en 2011.



Figuur 15. De parameters soortenrijkdom, abundantie (aantal individuen), diversiteit en evenness uitgedrukt voor de Vlieter en Breezanddijk, voor de periode 2009-2012. Met de rode en zwarte lijn wordt het gemiddelde weergegeven.

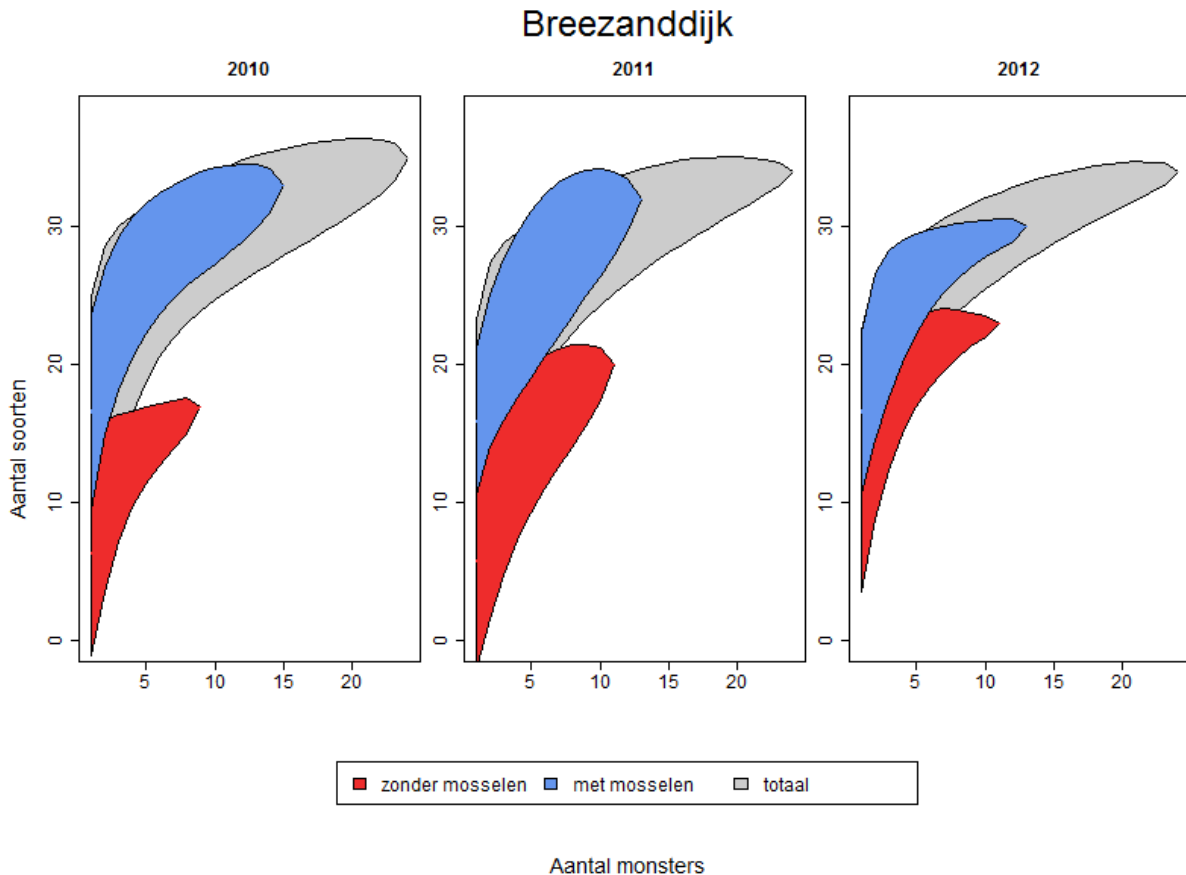
5.4.3 Soortenrijkdom nader bekeken

Uit de vorige paragraaf is gebleken dat het aantal verschillende soorten op de bank bij Breezanddijk hoger ligt dan in de Vlieter. Deze waarneming is gebaseerd op het aantal soorten aangetroffen in individuele boxcoremonsters. Door alle boxcoremonsters samen te beschouwen wordt een idee verkregen van het totaal aantal (bemonsterde)soorten. Daarnaast kan onderzocht worden hoe de soortenrijkdom toeneemt bij toename van het aantal genomen monsters. Dit is gevisualiseerd in zogenaamde 'soorten accumulatie curves', zie Figuur 16 (de Vlieter) en Figuur 17 (Breezanddijk). In deze figuren is onderscheid gemaakt tussen monsters met- (blauw), en zonder (rood) mosselen. De curve in grijs is gemaakt zonder dit onderscheid te maken en bevat alle monsters.



Figuur 16. Soorten accumulatie curves voor boxcores genomen in de Vlieter voor de jaren 2009 t/m 2012. Het aantal bemonsterde soorten wordt weergegeven op de y-as en het aantal genomen monsters op de x-as. De bubbel geeft de spreiding weer met 100 x random ordenen van de monsters.

Geen van de in 2010 genomen boxcorermonsters in de Vlieter bevatte mosselen, zie Figuur 16. In zowel 2011 en 2012 werd in slechts één monster mosselen aangetroffen. (Dit is de reden waarom in de grafieken geen blauwe curve voor het jaar 2010, 2011 en 2012 getekend is en waarom in 2010 de rode curve samenvalt met de grijze). Daarnaast bevestigt dit de al eerder geconstateerde afname in mosseldichtheid in de Vlieter. In 2010 is het totaal aantal aangetroffen verschillende soorten relatief laag, ongeveer 10 verschillende soorten zijn in de 25 boxen aangetroffen. In 2009 werden meer soorten aangetroffen, rond de 20, evenals in 2011 en 2012 waar rond de 25 verschillende soorten bemonsterd zijn. In 2011 en 2012 is dit hoge soort aantal te wijten aan het ene monster met mosselen, zonder dit monster lagen soort aantallen rond de 10.



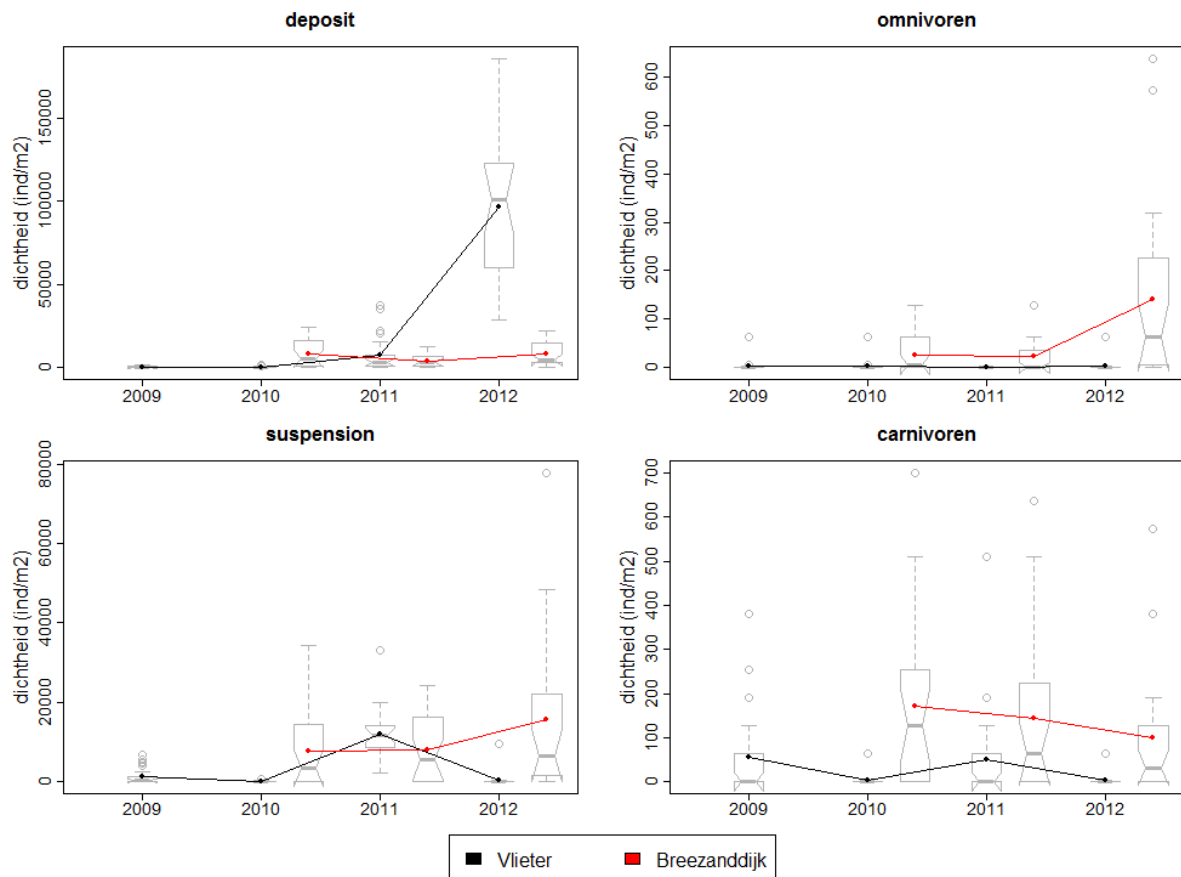
Figuur 17. Soorten accumulatie curves voor boxcores genomen in Breezanddijk voor de jaren 2010 t/m 2012. Het aantal bemonsterde soorten wordt weergegeven op de y-as en het aantal genomen monsters op de x-as. De bubbel geeft de spreiding weer met 100 x random ordenen van de monsters.

In Breezanddijk zijn in alle jaren monsters met mosselen aangetroffen, zie Figuur 17. Bij het ontstaan van de bank in 2010 bevatte meer dan de helft van de monsters mosselen (15 met t.o.v. 9 monsters zonder mosselen) terwijl dit meer evenwichtig verdeeld is in 2011 en 2012 (13 met en 11 zonder mosselen). Het totaal aantal aangetroffen soorten ligt rond de 33 en is gelijk voor de verschillende monsterjaren. Ook in Breezanddijk is het aantal soorten in monsters met mosselen flink hoger dan in monsters zonder mosselen. Daarnaast zijn de accumulatielijnen in 2012 steiler en vlakken meer af (lijken zich richting een maximum te bewegen waarbij extra monsters niet leiden tot meer nieuwe soorten) in vergelijking tot 2010 en 2011. Een evenwichtigere verdeling van boxen met en zonder mosselen duidt mogelijk op aggregatie van mosselen. Een toenemende hellingshoek en afvlakkende lijnen duiden op een toegenomen bedekking van m.n. de wat meer zeldzamere soorten; m.a.w. er zijn minder monsters nodig om de verschillende soorten aan te treffen. Dit verschijnsel lijkt op te treden voor zowel monsters met- als zonder mosselen.

5.4.4 Ontwikkeling functionele groepen

De ontwikkeling van afzonderlijke soorten is allereerst bestudeerd op het niveau van functionele groepen, te weten deposit feeders, omnivoren, suspension feeders en carnivoren. Soorten die in de boxcorebemonstering zijn gevonden zijn ingedeeld in deze groepen op basis van Drent & Dekker 2013.

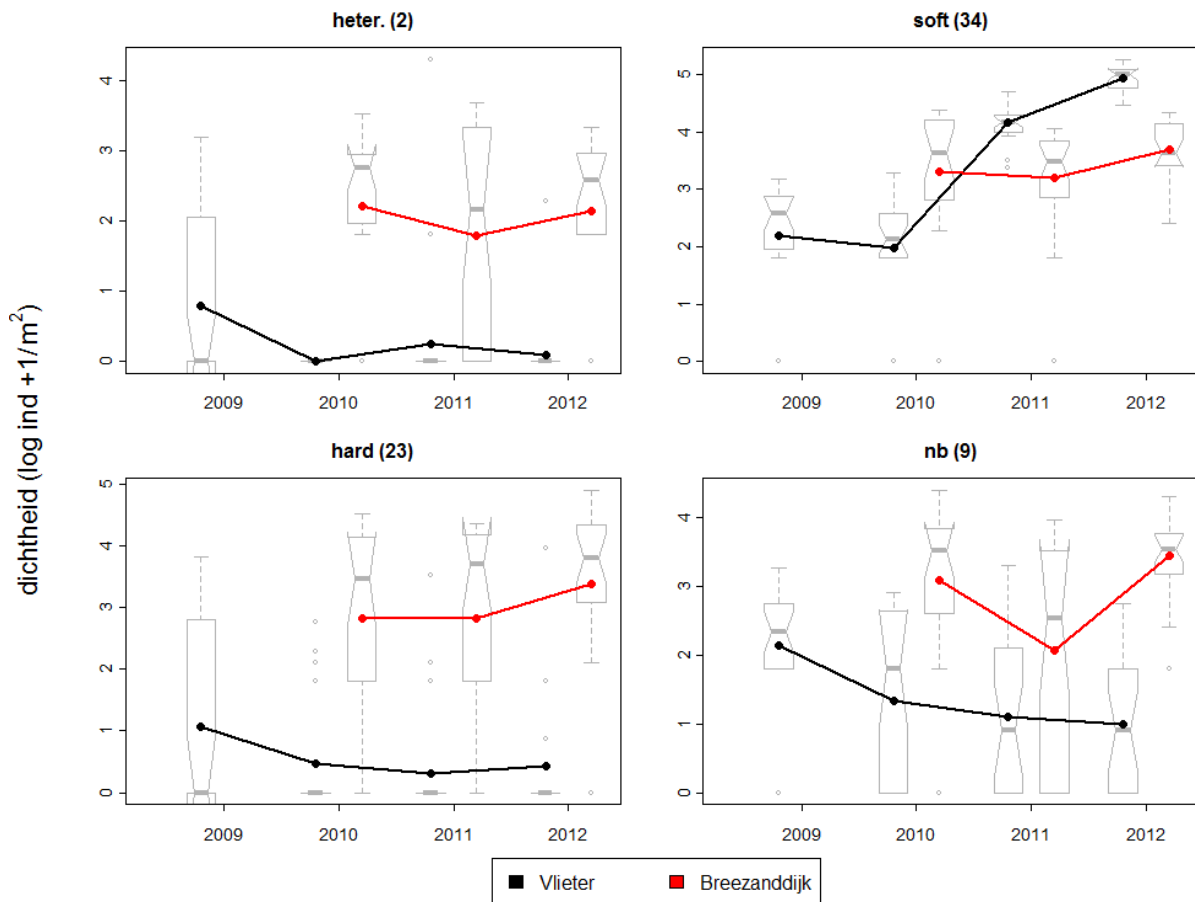
In Figuur 18 is weergegeven hoe deze functionele groepen zich ontwikkelen over de tijd in de Vlieter en Breezanddijk.



Figuur 18. Ontwikkeling van deposit feeders, omnivoren, carnivoren en suspension feeders over de periode 2009-2012 in de Vlieter en Breezanddijk, uitgedrukt in aantallen individuen per m².

In Figuur 18 is te zien dat er in de Vlieter een sterke toename is van deposit feeders (m.n. wadslakje) in 2012, terwijl er het jaar ervoor (2011) een piek te zien is bij de suspension feeders (m.n. strandgaper), zie ook paragraaf 5.4.2. Bij Breezanddijk is een toename te zien van omnivoren in 2012, carnivoren lijken enigszins af te nemen.

Soorten zijn naast de indeling in functionele groepen ook ingedeeld in het substraat type waar zij voornamelijk op/in leven volgens Drent & Dekker 2013. De ontwikkeling van deze groepen wordt weergegeven in Figuur 19.



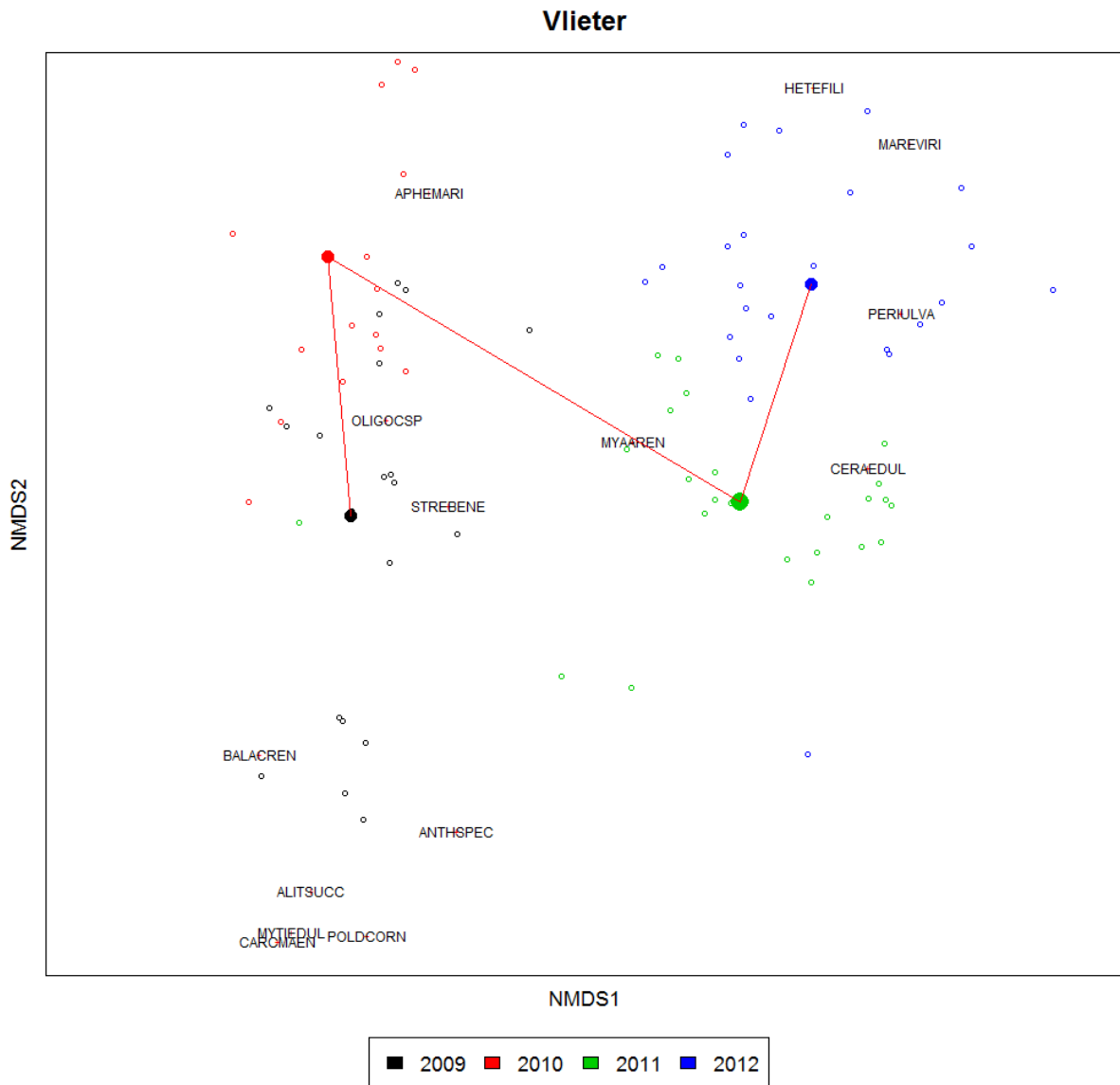
Figuur 19. Ontwikkeling van soorten die gebonden zijn aan verschillende substraattypen; nl. heterogeen (gemengd) substraat, soft substraat, hard substraat en niet bepaald. Tussen haakjes is weergegeven hoeveel soorten elke groep bevat.

Uit de figuur blijkt dat er op hard substraat een ontwikkeling is van meer individuen per m² voor Breezanddijk, terwijl er een afname te zien is bij de Vlieter.

Wat betreft het zachte (soft) substraat is er een sterke toename van het aantal individuen per m² te zien in 2011 en 2012 in de Vlieter. In 2011 wordt dit, zoals hierboven reeds beschreven, veroorzaakt door de strandgaper (*Mya arenaria*) en in 2012 door het wadslakje (*Peringia ulvae*). Voor de heterogene en niet bepaalde (nb) substraattypen en de daarmee gebonden soorten, lijken geen duidelijke toe- of afnemende trends zichtbaar.

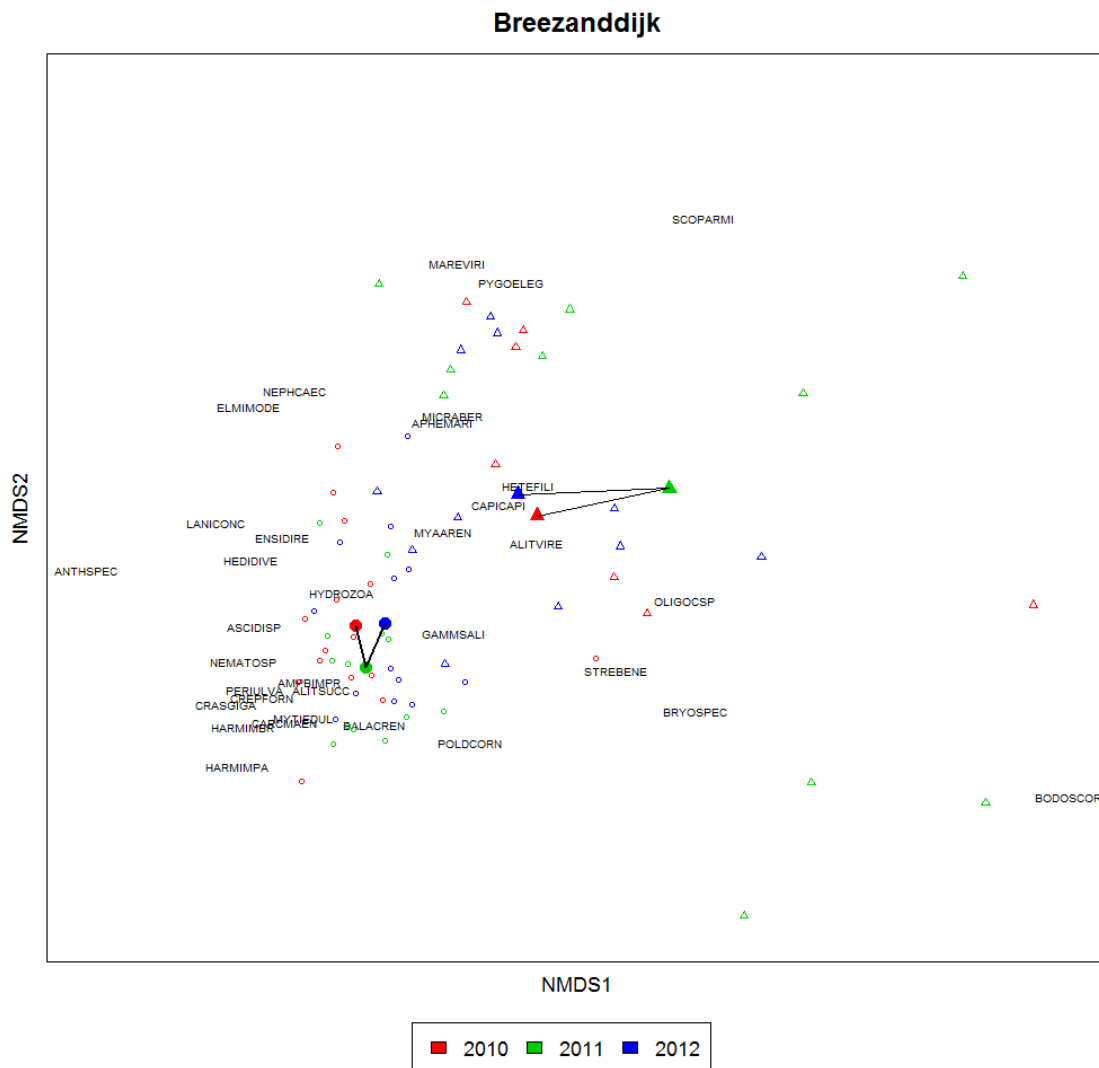
5.4.5 Clusteranalyse

In Figuur 20 en Figuur 21 zijn nMDS (nonmetric MultiDimensional Scaling) plots weergegeven voor respectievelijk de Vlieter en Breezanddijk. In deze plots worden monsters met overeenkomende soortsaanstelling en dichtheid geclusterd weergegeven.



Figuur 20. nMDS plot van de Vlieter voor de bemonsteringsperiode 2009-2012. De open cirkels betreffen individuele monsters, met de gevulde cirkels wordt het gemiddelde van een onderzoeksjaar weergegeven. Dimensies = 2, stress = 0.19, transformatie soortdichtheden = log.

De benthosgemeenschap laat een duidelijke ontwikkeling zien in de Vlieter waarbij de benthosgemeenschap in 2012 weinig overeenkomt met die van 2009. In 2009 zijn mosselen en aan mosselen gehechte soorten, zoals pokken (BALACREN) en de strandkrab (CAROMAEN) onderscheidend, waarna in 2011 de strandgaper (MYAAREN) en kokkel (CERAEDUL) belangrijk worden. In 2012 bepalen het wadslakje (PERIULVA) en verschillende borstelwormen de richting van de puntenwolk.



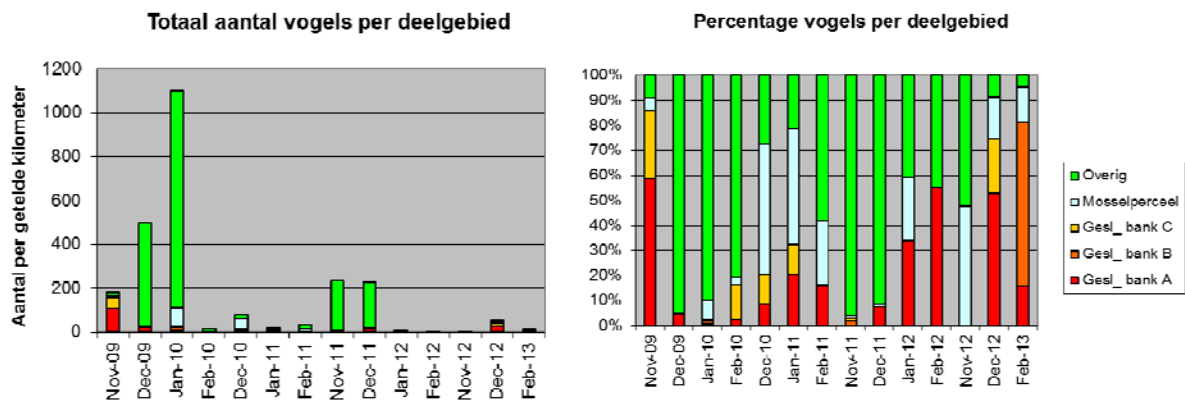
Figuur 21. nMDS plot van Breezanddijk voor de bemonsteringsperiode 2010-2012. De open cirkels (monsters met mosselen) en driehoeken (monsters zonder mosselen) betreffen individuele monsters, de gevulde cirkels en driehoeken geven het gemiddelde van een onderzoeksjaar weer. Dimensies = 2, stress = 0.15, transformatie soortdichtheden = wortel.

In Breezanddijk verandert de soortsaamenstelling tussen de onderzoeksjaren slechts beperkt, zie Figuur 21. Wel is duidelijk te zien dat monsters met- (cirkel symbool) en zonder (driehoek symbool) mosselen verschillend zijn in de benthosgemeenschap. Monsters zonder mosselen onderscheiden zich door een wormengroep (o.a. *Heteromastus filiformis*, *Capitella capitata* en *Alitta virens*). De wormen in deze groep worden in Drent en Dekken 2013 geassocieerd als kenmerkend voor een zacht substraat en bovendien als 'deposit feeders', zie ook nmds plots in Bijlage D. Karakteristiek voor de monsters met mosselen zijn soorten geassocieerd met hard substraat zoals anemonen (ANTHSPEC), zakpijpen (ASCIDISP) en hydrozoa (HYDROZOA). Daarnaast bevat deze gemeenschap ook soorten die geassocieerd zijn als carnivoor, zoals de strandkrab *Carcinus maenas* (CARCMAEN) en de zeerups *Harmothoe imbricata* (HARMIMBR), evenals soorten die geassocieerd zijn als omnivoor zoals de veelkleurige zeeduizendpoot *Hediste diversicolor* (HEDIDIVE).

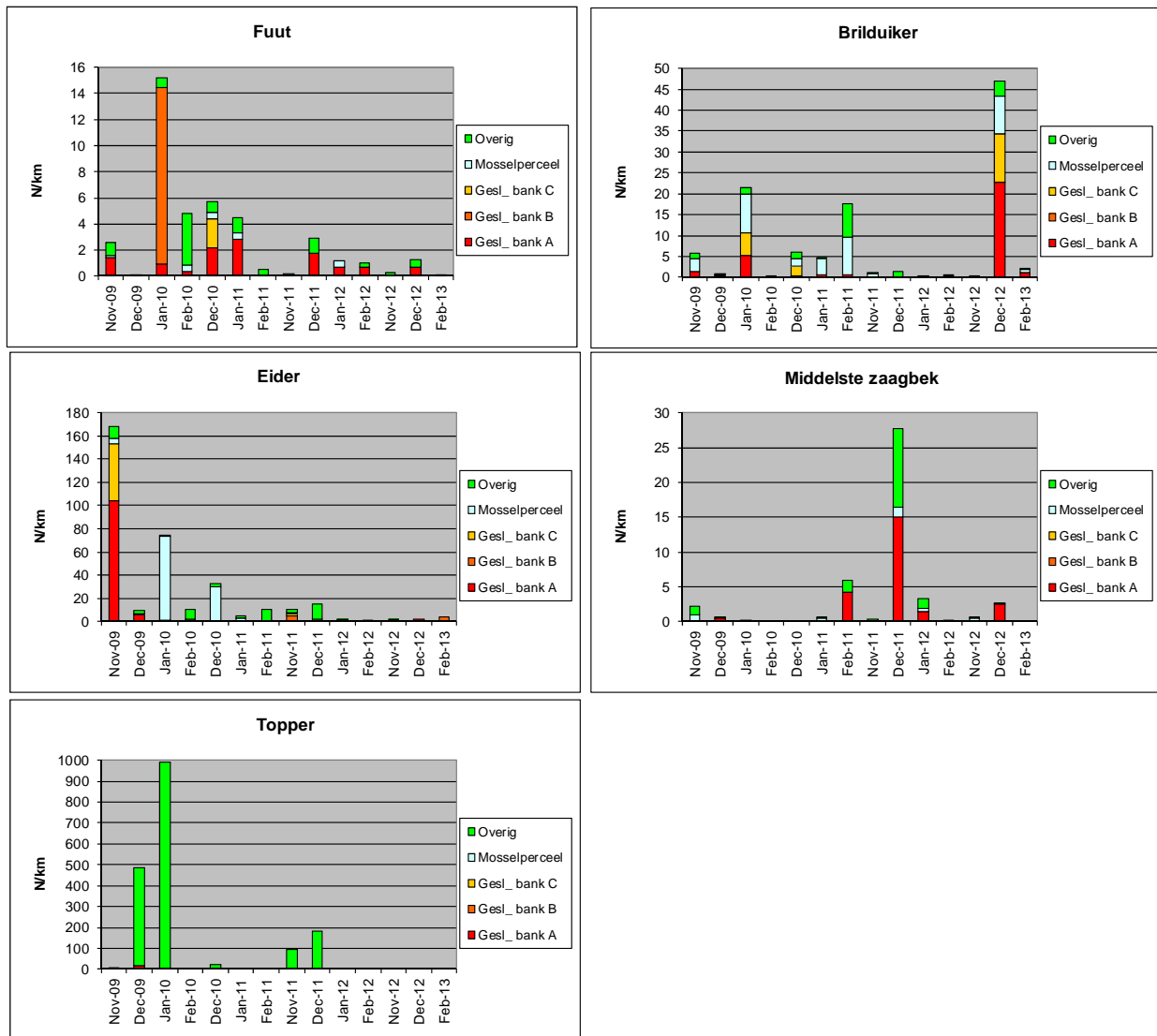
5.5 Vogels

5.5.1 De Vlieter

In Figuur 22 (links) is de ontwikkeling in het aantal en percentage vogels te zien, zowel binnen als buiten het gebied. Uit de figuur blijkt dat de aantallen vogels in het gesloten gebied de Vlieter in de winter 2012-2013 sterk verminderd zijn ten opzichte van eerdere winters. Het aandeel aangetroffen vogels in het gesloten gebied is juist toegenomen. Bij de tellingen van december 2012 en februari 2013 waren 75-80% van de waargenomen vogels aanwezig in de gesloten gebieden, zie Figuur 22 rechts.



Figuur 22. Totaal aantal watervogels (links) in het telgebied de Vlieter en het percentage waargenomen watervogels (rechts) in de telseizoenen 2009-2010 tot en met 2012-2013, op basis van transect-tellingen met het onderzoeksvaartuig Zilvervis.



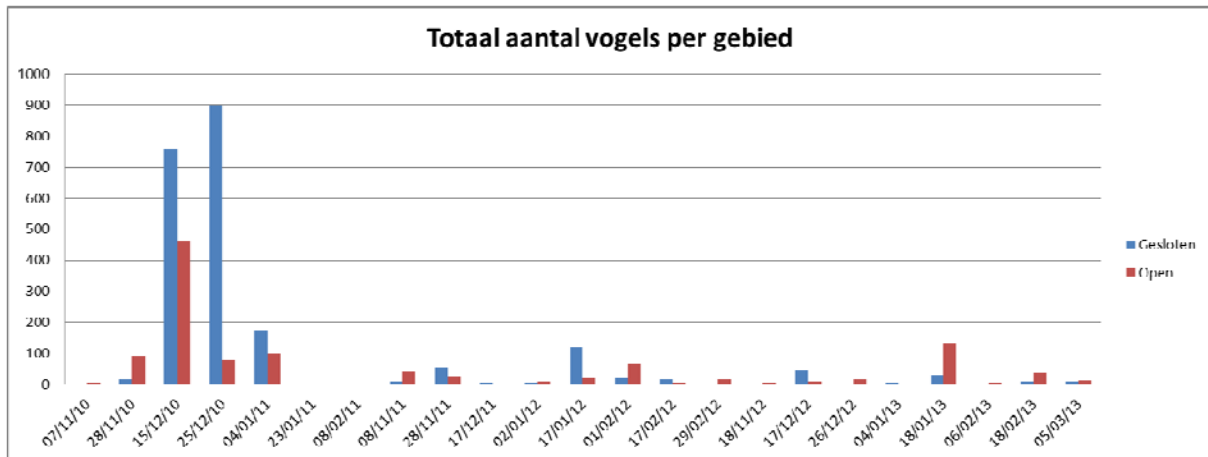
Figuur 23. Trends in de aantallen van 5 soorten watervogels in het telgebied de Vlieter, op basis van transecttellingen met het onderzoeksvaartuig Zilvervis.

De soortensamenstelling in de winter van 2012-2013 wijkt enigszins af van die uit de eerste winters, waarin Eider en Topper dominant aanwezig waren. Figuur 23 laat zien welke aantallen van de vijf meest talrijke watervogels er in het onderzoeksgebied de Vlieter in de afgelopen jaren aanwezig waren. Uit deze figuur komt geen consistent beeld naar voren. Ook Figuur 31 in Bijlage E, waarin de verspreiding van de aanwezige watervogels binnen het onderzoeksgebied is weergegeven, laat geen duidelijke concentraties zien binnen de aanwezige mosselpercelen en het gesloten gebied.

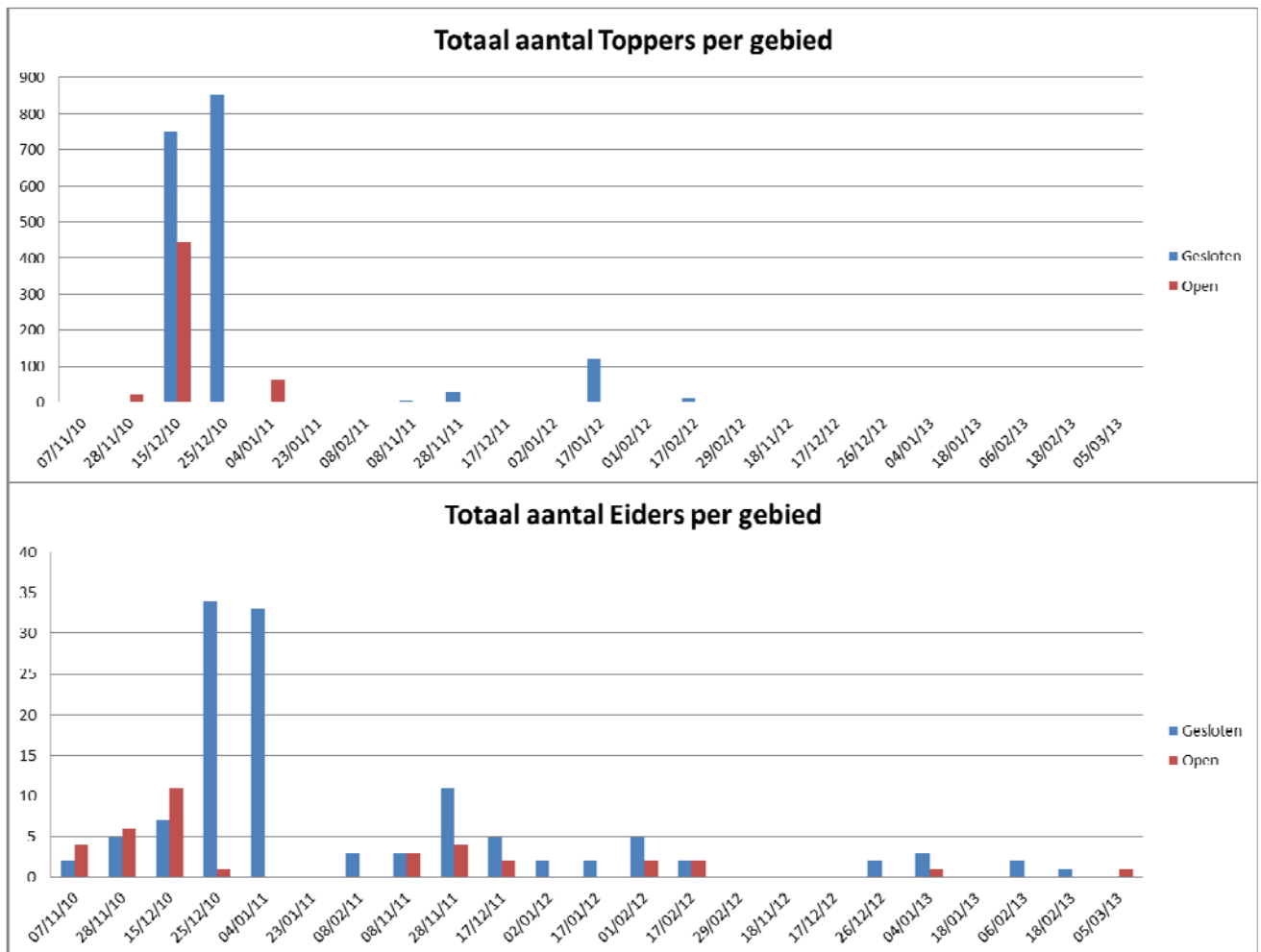
5.5.2 Breezanddijk

Zoals in Figuur 24 is weergegeven is het totaal aantal waargenomen vogels in het gesloten gebied Breezanddijk vanaf de eerste waarnemingen in 2010 afgenomen tot een beduidend lager aantal in het telseizoen 2012-2013. Toppers zijn in deze laatste getelde winter in het geheel niet gezien en de lage aantallen Eiders beperken zich deze winter vrijwel geheel tot het gesloten gebied, zie Figuur 25. Verder werden er in 2012/2013 vooral krakeenden gezien tijdens de vogeltellingen, zie Figuur 26.

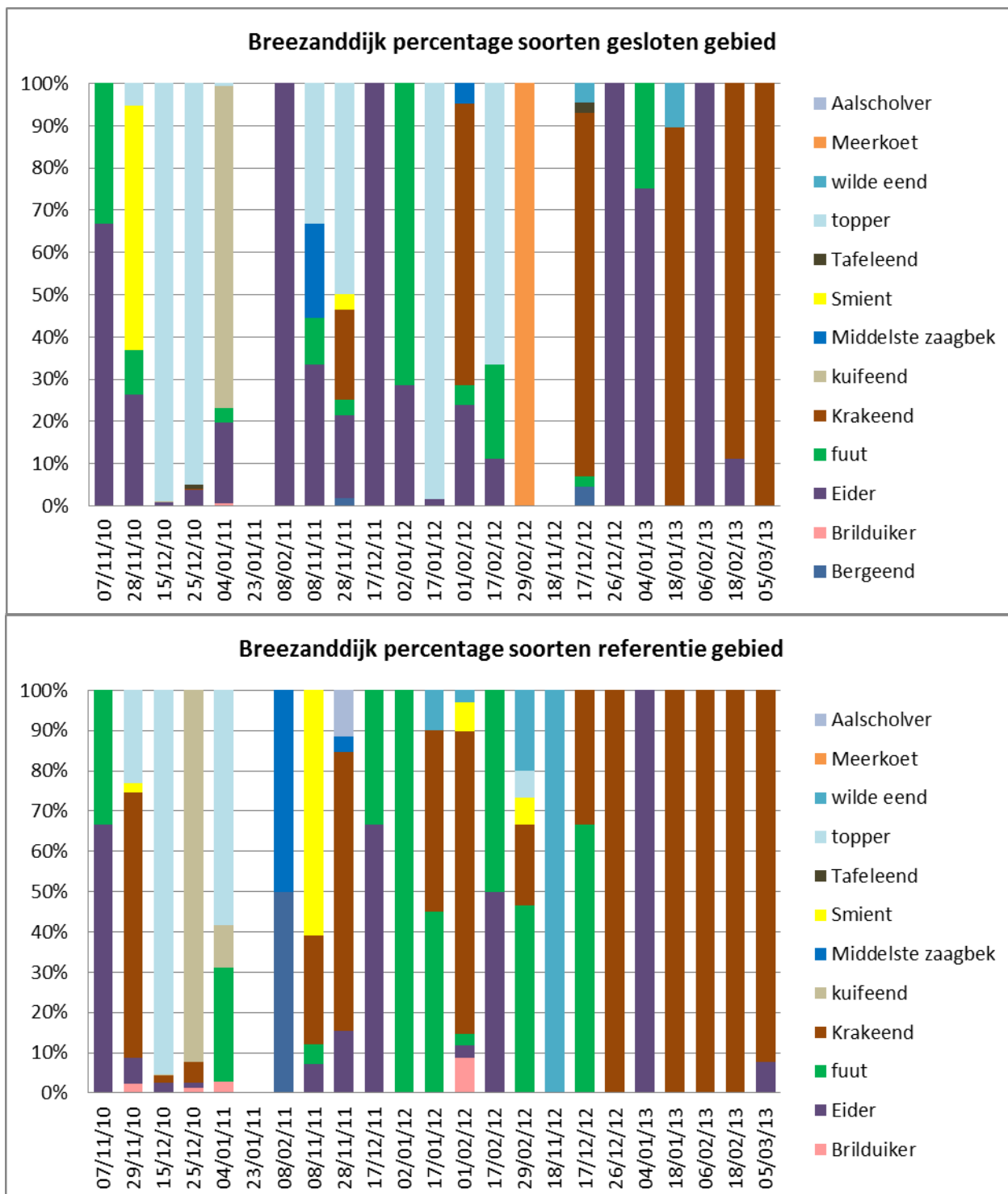
Figuur 26 Aanwezigheid van de Krakeenden vindt met name plaats op dagen met wind uit zuidelijke richtingen.



Figuur 24 Totaal aantal watervogels in het telgebied Breezanddijk (gesloten) en het referentiegebied (open) in de telseizoenen 2010/2011, 2011/2012 en 2012/2013 per telgebied en telling, op basis van punt-tellingen vanaf de Afsluitdijk.



Figuur 25. Totaal aantal Toppers en Eiders in het telgebied Breezanddijk in de telseizoenen 2010/2011, 2011/2012 en 2012/2013 per telgebied en telling, op basis van punt-tellingen vanaf de Afsluitdijk



Figuur 26. Procentuele verdeling per soort van de waargenomen watervogels per deelgebied in het telgebied Breezandijk op basis van punt-tellingen vanaf de Afsluitdijk.

6 Discussie en conclusies

Het verdwijnen van de mosselbank in de Vlieter laat zien dat het sluiten van een gebied voor visserij alleen geen garantie is voor de overleving van een mosselbank. De predatiedruk uitgeoefend door m.n. de aanwezige zeesterren en het uitblijven van nieuwe aanwas (mosselzaad) zijn vermoedelijk de voornaamste oorzaken geweest voor het verdwijnen van deze bank. De zeesterrenpopulatie stortte dan ook in nadat de mosselen, een belangrijke voedselbron, verdwenen waren. Mogelijk heeft het verdwijnen van structuur, en daarmee houvast, hierbij ook een rol gehad (Aguëra, in prep.). Dat de natuurlijke sterfte van sublitorale mosselbanken hoog kan zijn, ook bij afwezigheid van visserij is ook gebleken uit het PRODUS onderzoek (Smaal et al., 2013).

Dat er wel degelijk kans is op overleving van mosselbanken wanneer deze niet bevestigd wordt bewijst de bank bij Breezanddijk. De bank, ontstaan in 2010, is nog aanwezig met eenzelfde bedekkingspercentage en toegenomen mosselbiomassa. De bank heeft zich ontwikkeld van een mosselzaadbank in 2010 naar een bank bestaande uit juveniele en volgroeide mosselen in 2012. Er heeft zich op deze bank na de eerste broedval geen nieuwe aanwas meer gevestigd. Belangrijk verschil met de bank in de Vlieter is de (nagenoeg) afwezigheid van zeesterren en krabben en de hogere mosselzaaddichtheid bij het ontstaan van de bank.

Bij het ontstaan van een mosselbank bestaat deze uit een wat homogenere mat van mosselzaad. Door afwezigheid van harde structuren om aan te hechten zoeken individuele mosselen elkaar snel op waarbij klonten mosselen ontstaan (Koppel et al., 2008, Capelle et al., 2013 en De Jager et al., 2011). Verschillende studies wijzen verder uit dat clustering van mosselen onderling de weerstand tegen golfslag (Koppel et al., 2008) en predatie (Dolmer, 1998) verbetert, echter de voedselbeschikbaarheid neemt af. Gesuggereerd wordt dat de ordening in mosselbanden op een grotere ruimtelijke schaal bevorderlijk is voor beschikbaarheid van voedsel en dus voor groei (Koppel et al., 2005). Dit is terug te zien op de bank in Breezanddijk waar het aantal genomen monsters met en zonder mosselen zich evenwichtiger verdeelt twee jaar na het ontstaan van de bank, hetgeen duidt op aggregatie van mosselen en ordeningen op grotere ruimtelijke schaal. De ruimtelijke ordening in banden is tevens terug te zien in de bodemscan van 2012 genomen van de bank in Breezanddijk. Hiermee lijkt de mosselbank bij Breezanddijk zich te ontwikkelen op een manier die gunstig lijkt voor overleving. Echter, zo nu en dan zal aanwas van jong mosselzaad nodig zijn om de mosselbank niet te doen laten verdwijnen op de langere termijn.

Geassocieerde fauna - benthos

De boxcorer bemonsteringen op de bank in Breezanddijk laten zien dat binnen een mosselbank de benthosgemeenschap op de open plekken tussen de mosselen verschillend is van die op plekken met mosselen. De benthosgemeenschap op de open plekken is soortenarmer en bestaan uit wormen zoals; *Pygospio elegans* – kokerworm, *Marenzelleria viridis* - gewone groenworm, *Alitta virens* - zager etc., welke geassocieerd zijn met zacht substraat en zich voeden met afgezonken en op bodem opgehoopt organisch materiaal. Mogelijk dat de filteractiviteit van de mosselen en het dempen van de stroming de depositie van organisch materiaal heeft doen toenemen in de open plekken. Op de plekken met mosselen ligt het aantal verschillende benthossoorten ongeveer twee keer zo hoog en is er een meer diverse samenstelling wat betreft functionele groepen. De soorten die daar aangetroffen zijn, zijn filter feeders (*Crepidula fornicata* – muiltje, *Lanice conchilega* - schelpkokerworm), carnivoren (de zeerupsen *Harmothoe impar* en *Harmothoe imbricata*, *Carcinus maenas* - strandkrab) en omnivoren (*Hediste diversicolor* – veelkleurige zeeduizendpoot). De soortensamenstelling en dichtheid lijken niet sterk te veranderen gedurende de twee jaar waarin de bank zich heeft kunnen ontwikkelen. De belangrijkste verandering is dat het totaal aantal verschillende soorten bemonsterd in de open plekken tussen de mosselen toeneemt met het ouder worden van de bank. Daarnaast worden met minder monsters al meer verschillende soorten aangetroffen (zowel in de open plekken als plekken met mosselen). Dit duidt erop dat soorten, in zowel de plekken met mosselen als de open plekken daartussen, zich meer homogeen

verspreid hebben. Wanneer mosselen daarentegen verdwijnen verandert de benthosgemeenschap wel duidelijk en ingrijpend. De bank bij de Vlieter laat zien dat met aanwezigheid van mosselen hard substraat soorten abundant zijn. Met het verdwijnen van de mosselen verdwijnen deze echter, en andere soorten domineren dan meer. Dit zijn bijvoorbeeld deposit feeders (*Peringia ulvae* - wadslakje, *Heteromastus filiformis* – rode draadworm, *Marenzelleria viridis* – gewone groenworm) en zacht substraat filter feeders (*Mya arenaria* - strandgaper en *Cerastoderma edule* – kokkel).

Geassocieerde fauna - vogels

In zowel de Vlieter als Breezanddijk nemen vogelaantallen af gedurende de winters van 2009-2010 tot 2012-2013, maar het is niet mogelijk daar een oorzaak voor aan te wijzen. De soort samenstelling in het bemonsterde gebied bij de Vlieter verandert, waarbij tot 2011 Eider en Topper belangrijk waren. Dit houdt mogelijk verband met het verdwijnen van de mosselbank in de Vlieter in dezelfde periode, een belangrijke voedselbron voor beide vogelsoorten. Echter, vogels lijken zich niet te concentreren in het gesloten gebied, met uitzondering van de aangetroffen Eiders in Breezanddijk die zich m.n. in het gesloten gebied bevinden.

In het gebied bij Breezanddijk zijn de schelpdier etende vogels Topper en Eider bepalend voor een groot deel van de aantallen aanwezige vogels, met uitzondering van seizoen 2012-2013 waar Toppers in het geheel niet gezien zijn. De aantallen van zowel Topper als Eider lijken in het gesloten gebied (mosselbank) hoger en in telseizoen 2012-2013 werden de meeste eiders op de gesloten mosselbank aangetroffen. In de referentiegebieden is de vogelsamenstelling meer divers, met onder andere visetende soorten zoals de Fuut en Middelste zaagbek.

Uit de vogeltelling blijkt het belang van aanwezigheid van mosselen voor met name Topper en Eidereenden. Totale vogelaantallen nemen in beide gebieden af. Dit is in de Vlieter te verklaren door het verdwijnen van de mosselen. Mogelijk dat bij het tot wasdom komen van de bank in Breezanddijk, en de aanwezigheid van nieuwe mosselzaadbanken in 2013 na goede zaadval (Stralen, 2012) de voorkeur van Topper en Eider uitgaat naar de nieuwe mosselzaadbanken.

7 Aanbevelingen

De mosselbank in Breezanddijk lijkt zich te handhaven; mosselbiomassa blijft stabiel, banden met mosselen hebben zich gevormd, predatiedruk door zeesterren en krabben is laag en ook predatiedruk door vogels lijkt af te nemen. Het is dan ook de verwachting dat deze bank overlevingskansen heeft. Interessant is om te volgen of de waargenomen ontwikkeling in de twee jaar dat de bank bestaat zich voortzet. Een volgende ontwikkelingsstap wordt gemaakt wanneer additionele zaadval plaatsvindt op (delen van) de huidige bank. De bank evolueert dan naar een bank bestaande uit meerdere jaarklassen. Het is de verwachting dat met name dit soort type banken kunnen ontstaan wanneer deze voor lange duur gesloten worden voor visserij. Interessant is om vast te stellen wat additionele zaadval in de bank betekent voor de ruimtelijke oriëntatie in banden of vlakken met mosselen, wat dit betekent voor de predatiedruk van vogels, zeesterren en krabben, voor de stabiliteit en de benthosgemeenschap.

In 2012 is er een goede mosselzaadval geweest (25,1 Mkg mosselzaad = 66% van het totale bestand) in de Westelijke Waddenzee (van Stralen, 2013). Dit heeft ertoe geleid dat nieuwe mossel(zaad)banken zich hebben kunnen vestigen en een volgende stap in de mosseltransitie gemaakt kon worden. Twee zaadbanken, één bij het Molenrak gelegen en één nabij de huidige Vlieter, Javaruggen genoemd, zullen in ieder geval voor mosselzaadvisserij gesloten worden en waarschijnlijk ook voor garnalenvisserij. Door de noordelijkere ligging van de mosselzaadbank gelegen bij het Molenrak, zijn zoutgehalte, hydrodynamische condities en sediment type aldaar verschillend in vergelijking tot de bank bij Breezanddijk. De invloed van de abiotische factoren, zoals zoutgehalte, maximale stroomsnelheid, diepte en sedimenttype, op de aan mosselen geassocieerde benthosoorten is door Drent en Dekker (2013) bestudeerd. Met name zoutgehalte bleek positief gecorreleerd te zijn aan met mosselen geassocieerde benthosoorten. Dit zal mogelijk van invloed zijn op de bank bij het Molenrak waar het zoutgehalte hoger is in vergelijking tot Breezanddijk.

Door verschillen in hydrodynamische condities en voedselaanbod, maar waarschijnlijk ook door verschillen in predatiedruk, is te verwachten dat mosselen zich onderling verschillend oriënteren met een verschillende ruimtelijke structuur als gevolg. In 2013 is een nieuw (stereo)camera systeem gereedgekomen en getest. Met dit systeem worden simultaan twee hoge resolutiebeelden gemaakt wat het mogelijk maakt om soorten op te meten en tevens om de ontwikkeling in structuur (op kleine ruimtelijke schaal) in detail te volgen. Deze beelden zouden idealiter met side scan sonar beelden gecombineerd worden zodat de ontwikkeling in kleine ruimtelijke schaal gekoppeld kan worden aan die op een grotere ruimtelijke schaal.

Het wordt aanbevolen om deze nieuwe banken op eenzelfde manier te volgen als de bank bij Breezanddijk. Zo kunnen parallellen, maar mogelijk ook verschillen, in ontwikkeling veroorzaakt door abiotische factoren en ligging, onderzocht worden. Tevens wordt het dan mogelijk om de betekenis van het langjarig sluiten van mosselbanken voor visserij voor soortendiversiteit meer generiek vast te stellen. Door het verdwijnen van de bank in de Vlieter wordt het voortzetten van de monitoring daar onnodig geacht. Een reden om daar door te gaan met monitoren zou kunnen zijn om verschillen aan te tonen tussen mosselbanken en open (zand)banken. Echter, als het doel is om een vergelijking te maken, dan wordt het nuttiger geacht om op open plekken die meer dichtbij de mosselbanken liggen te monitoren omdat abiotische condities dan meer overeenkomen en om meer gebieden met elkaar te vergelijken.

8 Kwaliteitsborging

Deze inventarisatie is uitgevoerd door een team van specialisten met meerjarige ervaring op het gebied van schelpdier-bestandsopnames en zij beschikken over een gedegen kennis van soorten en het gebied. De monsternamen worden uitgevoerd volgens de protocollen beschreven in het Handboek Bestandsopnames Schelpdieren WOT (Troost et al., 2013) en het Handboek Monstertuigen Schelpdierinventarisaties (Perdon & Troost, 2013).

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Agüera Garcia, A. (in preparation). "Costs of ecosystem engineering: facilitating your predators".
- Capelle, J.J., Wijsman, J.W.M., Schellekens, T., Stralen, van M.R., Herman, P.M.J., Smaal, A.C., (2013). "Spatial organisation and biomass development after relaying of mussel seed", *Journal of Sea Research*, accepted.
- Chambers, J.M., Cleveland, W.S., Kleiner, B. and Tukey, P.A. (1983). "Graphical Methods for Data Analysis". Duxbury Press, Boston, Massachusetts, 395 pp.
- Dankers, N., Jansen, J., de Jong, M.L., Kersting, K., Couperus, B., van Hoppe, M., van de Brink, A., Smit, C., Cervenci, A., Brinkman, B., (2010). De ontwikkeling van een niet beviste sublitorale mosselbank. IMARES rapport C114/10, 64 p.
- De Jager, M., Weissing, F.J., Herman, P.M.J. Nolet, B.A. Koppel, van de J. (2011). "Lévy walks evolve through interaction between movement and environmental complexity", *Science* (332), pp 1551 – 1553.
- De Mesel, I., Wijsman, J., Jol, J., Perdon, J., (2011). Onderzoekproject Duurzame schelpdiervisserij (PRODUS), Deelproject 1A: Bepaling bestand op de mosselpercelen in de Waddenzee, najaar 2010. IMARES rapport C127/11, 35 p.
- Dolmer, P. (1998). "The interaction between bed structure of *Mytilus edulis* L., and the predator *Asterias rubens* L.", *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (228), pp 137 – 150.
- Drent, J. & R. Dekker, (2013). "Macrofauna associated with mussels, *Mytilus edulis* L., in the subtidal of the western Dutch Wadden Sea". NIOZ-Report 2013-7.
- Fey-Hofstede, F., Jansen, J., Dijkman, E. en Kesteloo-Hendrikse, J. (2008). Ruimtelijke verspreiding van sublitorale mosselvoorkomens en mosselzaadvissers van 1997-2007. IMARES Rapport C102/08
- Oksanen, J. F., Guillaume Blanchet, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Peter R. Minchin, R. B. O'Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry, H. Stevens and Helene Wagner (2013). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-7. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Programma naar een Rijke Waddenzee (2012). Voortgangsrapport van de transitie van de Nederlandse mosselsector 2012.
- Smaal, A.C., J. Craeymeersch, J. Drent, J.M. Jansen, S. Glorius & M.R. van Stralen (2013). Effecten van mosselzaadvissers op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport. Rapport C006/13
- Van de Koppel, J., Gascoigne, J.C., Theraulaz, G., Rietkerk, M., Mooij, W.M., Herman, P.M.J., (2008). "Experimental evidence for spatial self organisation and its emergent effects in mussel bed ecosystems", *Science*, (322), pp 739 – 741.
- Van de Koppel, J., Rietkerk, M., Dankers, N., Herman, P.M.J., (2005). "Scale-Dependent feedback and regular spatial patterns in young mussel beds", *Am. Nat.* (165), pp E66 – E77.
- Van Stralen, M. (2012). Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het najaar van 2012. MarinX RAPPORT 2012.124.2

Verantwoording

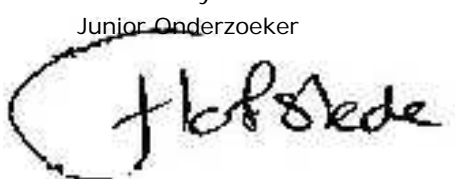
Rapportnummer : C199/13

Projectnummer : 4308501017

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. F.E. Fey-hofstede
Junior Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 16 december 2013

Akkoord: M. de Wit MSc
Afdelingshoofd Experimentele Ecologie

Handtekening:



Datum: 16 december 2013

Bijlage A. Aangetroffen soorten in de zuigkorbemonsteringen

Tabel 3. Benthosoorten aangetroffen met de zuigkorbemonsteringen bij de Vlieter.

De VLIETER	2009	2010	2011	2012
Actiniaria	+	+	+	-
Ascidacea	-	-	-	+
<i>Asterias rubens</i>	+	+	+	-
Balanidae	-	-	-	-
<i>Carcinus maenas</i>	+	+	+	+
<i>Cerastoderma edule</i>	+	+	+	+
<i>Corophium</i> spp.	-	-	-	-
<i>Crangon crangon</i>	+	+	+	+
<i>Crassostrea gigas</i>	+	+	-	-
<i>Crepidula fornicata</i>	-	+	+	+
<i>Donax vittatus</i>	+	-	-	-
<i>Ensis</i> spp.	-	+	+	+
<i>Eriocheir sinensis</i>	-	-	-	-
<i>Hemigrapsus takanoi</i>	+	+	+	+
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	-	-	-	+
<i>Lanice conchilega</i>	-	-	-	-
<i>Macoma balthica</i>	+	+	+	+
<i>Molgula</i> spp.	-	+	+	-
<i>Mya arenaria</i>	+	+	+	+
<i>Mytilus edulis</i>	+	+	+	+
<i>Nephtys</i> spp.	-	-	-	+
<i>Alitta virens</i>	+	+	+	+
<i>Ophiura albida</i>	-	+	+	-
<i>Ophiura</i> spp.	-	+	+	-
<i>Pagurus bernhardus</i>	-	-	-	-
Palaemonidae	-	-	+	-
<i>Petricola pholadiformis</i>	-	-	-	-
<i>Sagartia troglodytes</i>	+	+	+	+
<i>Scrobicularia plana</i>	-	+	-	-
<i>Venerupis corrugata</i>	+	-	-	-

Tabel 4. Benthossoorten aangetroffen met de zuigkorbemonsteringen bij Breezanddijk.

BREEZANDDIJK	2010	2011	2012
Actiniaria	+	+	+
Asciacea	+	-	-
<i>Asterias rubens</i>	+	+	+
Balanidae	-	-	-
<i>Carcinus maenas</i>	+	+	+
<i>Cerastoderma edule</i>	-	-	-
<i>Corophium</i> spp.	-	-	+
<i>Crangon crangon</i>	+	+	+
<i>Crassostrea gigas</i>	+	-	-
<i>Crepidula fornicata</i>	-	+	+
<i>Donax vittatus</i>	-	-	-
<i>Ensis</i> spp.	+	+	+
<i>Eriocheir sinensis</i>	-	+	-
<i>Hemigrapsus takanoi</i>	+	+	+
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	-	+	-
<i>Lanice conchilega</i>	-	-	-
<i>Macoma balthica</i>	+	-	+
<i>Molgula manhattensis</i>	+	+	-
<i>Mya arenaria</i>	+	+	+
<i>Mytilus edulis</i>	+	+	+
<i>Nephtys</i> spp.	-	-	-
<i>Alitta virens</i>	+	+	+
<i>Ophiura albida</i>	-	-	-
<i>Ophiura</i> spp.	-	-	-
<i>Pagurus bernhardus</i>	-	-	-
Palaemonidae	-	-	-
<i>Petricola pholadiformis</i>	+	-	-
<i>Sagartia troglodytes</i>	+	-	+
<i>Scrobicularia plana</i>	-	-	-
<i>Syngnathus acus</i>	-	-	-
<i>Syngnathus rostellatus</i>	-	-	-
<i>Turritella communis</i>	-	-	-
<i>Venerupis senegalensis</i>	-	-	-

Bijlage B. Aangetroffen soorten in de boxcorer bemonsteringen.

Tabel 5. Benthossoorten aangetroffen met de boxcorerbemonsteringen bij de Vlieter.

Soortgroep	Latijnse naam	Voedsel	Substraat	2009	2010	2011	2012
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	depos.	soft	+	+	+	+
Annelida	<i>Capitella capitata</i>	depos.	soft	-	-	+	-
Annelida	<i>Heteromastus filiformis</i>	depos.	soft	+	-	-	+
Annelida	<i>Aphelochoaeta marioni</i>	depos.	soft	+	+	+	+
Annelida	<i>Alitta succinea</i>	depos.	heter.	+	-	+	+
Annelida	<i>Alitta virens</i>	omniv.	soft	+	+	-	-
Annelida	<i>Hediste diversicolor</i>	omniv.	soft	-	-	-	+
Annelida	<i>Eumida</i> spp.	carni.	soft	-	-	+	-
Annelida	<i>Phyllodoce mucosa</i>	carni.	soft	-	-	+	-
Annelida	<i>Harmothoe imbricata</i>	carni.	hard	+	-	+	-
Annelida	<i>Scoloplos armiger</i>	depos.	soft	-	-	-	+
Annelida	<i>Marenzelleria viridis</i>	depos.	soft	-	-	-	+
Annelida	<i>Polydora ciliata</i>	depos.	hard	-	-	+	-
Annelida	<i>Polydora cornuta</i>	susp.	heter.	+	-	+	+
Annelida	<i>Pygospio elegans</i>	depos.	soft	-	-	+	-
Annelida	<i>Streblospio benedicti</i>	depos.	soft	+	+	+	+
Annelida	<i>Myrianida prolifera</i>	carni.	hard	-	-	+	-
Annelida	<i>Lanice conchilega</i>	susp.	soft	-	-	+	-
Arthropoda	<i>Austrominius modestus</i>	susp.	hard	+	-	-	-
Arthropoda	<i>Amphibalanus improvisus</i>	susp.	hard	-	+	-	+
Arthropoda	<i>Balanus crenatus</i>	susp.	hard	+	+	-	+
Arthropoda	<i>Monocorophium acherusicum</i>	depos.	hard	-	-	-	+
Arthropoda	<i>Corophium</i> spp.	depos.	hard	-	-	+	-
Arthropoda	<i>Crangon crangon</i>	carni.	soft	-	+	-	+
Arthropoda	<i>Gammarus</i> spp.	depos.	hard	+	-	-	-
Arthropoda	<i>Carcinus maenas</i>	carni.	soft	+	-	+	-
Arthropoda	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	carni.	hard	+	-	-	-
Chordata	Ascidiacea	susp.	hard	-	-	+	+
Cnidaria	Anthozoa	susp.	hard	+	+	+	+
Echinodermata	<i>Asterias rubens</i>	carni.	hard	+	-		-
Echinodermata	<i>Ophiura albida</i>	carni.	soft	-	-	+	-
Echinodermata	<i>Ophiura ophiura</i>	carni.	soft	+	-	-	-
Lophophorata	Bryozoa	susp.	hard	-	-	+	+
Mollusca	<i>Cerastoderma edule</i>	susp.	soft	+	-	+	+
Mollusca	<i>Peringia ulvae</i>	depos.	soft	+	-	+	+

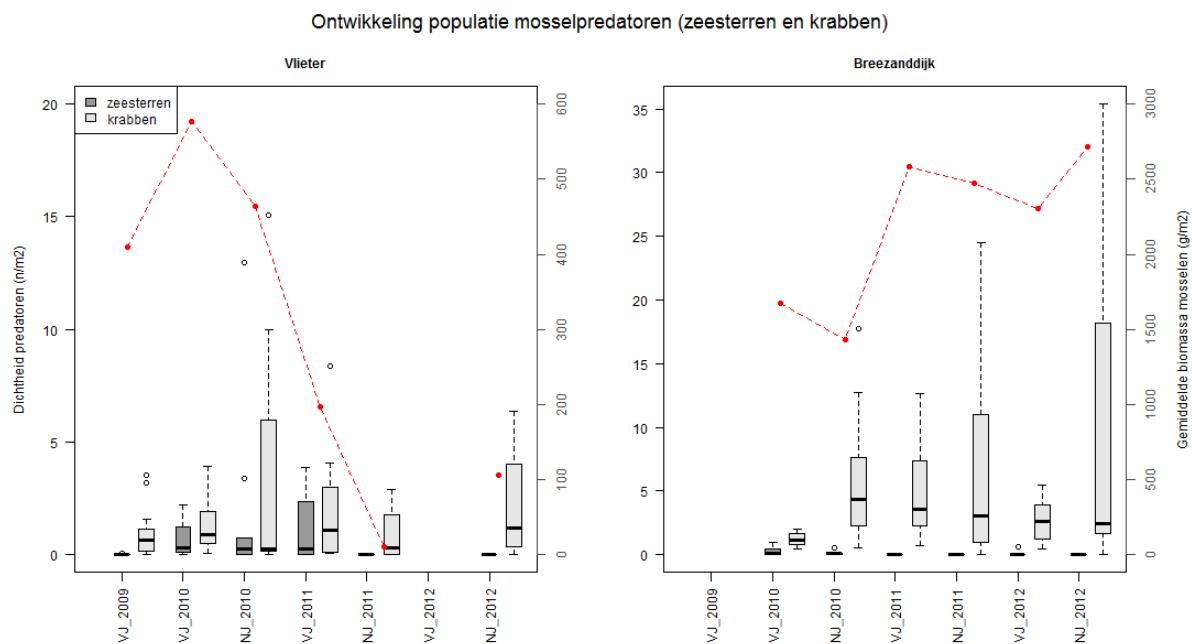
Soortgroep	Latijnse naam	Voedsel	Substraat	2009	2010	2011	2012
Mollusca	<i>Mya arenaria</i>	susp.	soft	+	+	+	+
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	susp.	hard	+	-	+	+
Mollusca	<i>Ensis directus</i>	susp.	soft	-	-	-	+
Mollusca	<i>Macoma balthica</i>	depos.	soft	-	-	+	-
Totalen				20	9	24	21

Tabel 6. Benthossoorten aangetroffen met de boxcorerbemonsteringen bij Breezanddijk.

Soortgroep	Latijnse naam	Voedsel	Substraat	2010	2011	2012
Annelida	<i>Capitella capitata</i>	depos.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Heteromastus filiformis</i>	depos.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Aphelochaeta marioni</i>	depos.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Caulleriella killariensis</i> (door nieuwe kennis pas sinds 2012 gescoord)	depos.	soft	-	-	+
Annelida	<i>Microphthalmus aberrans</i>	depos.	soft	-	+	+
Annelida	<i>Nephtys assimilis</i>	carni.	soft	-	+	-
Annelida	<i>Nephtys caeca</i>	carni.	soft	+	+	-
Annelida	<i>Nephtys cirrosa</i>	carni.	soft	+	-	-
Annelida	<i>Nephtys hombergi</i>	carni.	soft	-	-	+
Annelida	<i>Alitta succinea</i>	depos.	heter.	+	+	+
Annelida	<i>Alitta virens</i>	omniv.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Hediste diversicolor</i>	omniv.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Scoloplos armiger</i>	depos.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Eteone longa</i>	carni.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Phyllodoce mucosa</i>	carni.	soft	-	+	+
Annelida	<i>Harmothoe imbricata</i>	carni.	hard	+	+	+
Annelida	<i>Harmothoe impar</i>	carni.	hard	+	+	+
Annelida	<i>Lepidonotus squamatus</i>	carni.	hard	+	-	+
Annelida	<i>Pholoe inornata</i>	carni.	hard	-	-	+
Annelida	<i>Marenzelleria viridis</i>	depos.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Polydora ciliata</i>	depos.	hard	-	+	+
Annelida	<i>Polydora cornuta</i>	susp.	heter.	+	+	+
Annelida	<i>Pygospio elegans</i>	depos.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Streblospio benedicti</i>	depos.	soft	+	+	+
Annelida	<i>Myrianida prolifera</i>	carni.	hard	+	+	-
Annelida	<i>Proceratea cornuta</i>	nb	nb	+	-	-
Annelida	<i>Lanice conchilega</i>	susp.	soft	+	-	-
Annelida	Oligochaeta	depos.	soft	+	+	+

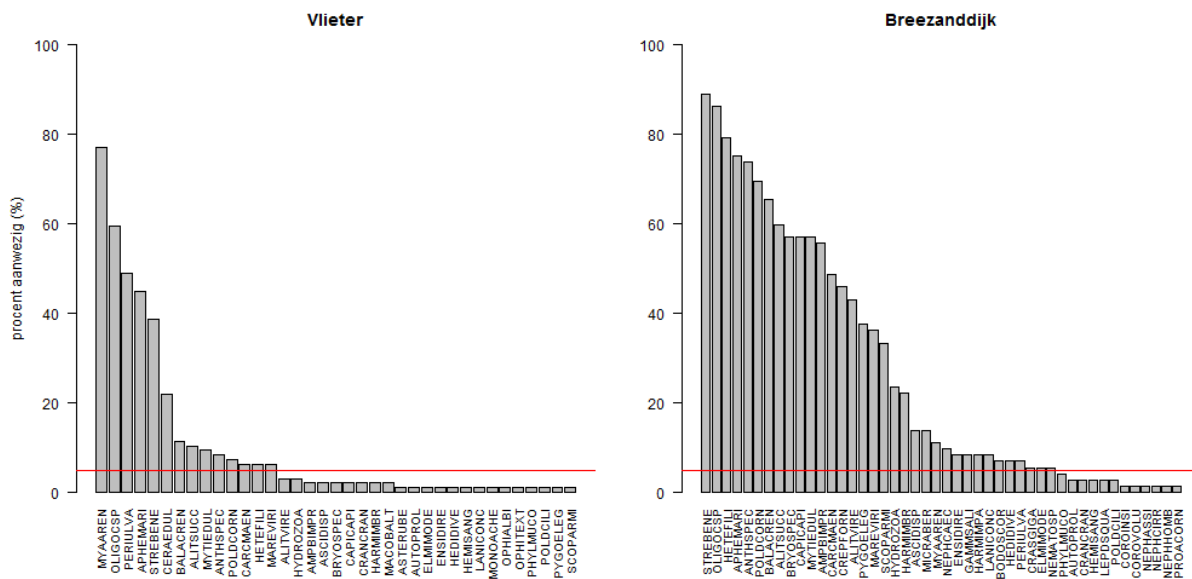
Soortgroep	Latijnse naam	Voedsel	Substraat	2010	2011	2012
Arthropoda	<i>Austrominius modestus</i>	susp.	hard	+	+	-
Arthropoda	<i>Balanus crenatus</i>	susp.	hard	+	+	+
Arthropoda	<i>Amphibalanus improvisus</i>	susp.	hard	+	+	+
Arthropoda	<i>Bodotria scorpioides</i>	depos.	soft	-	+	+
Arthropoda	<i>Monocorophium insidiosum</i>	depos.	hard	+	-	-
Arthropoda	<i>Corophium volutator</i>	depos.	soft	+	-	-
Arthropoda	<i>Crangon crangon</i>	carni.	soft	+	+	
Arthropoda	<i>Gammarus salinus</i>	depos.	hard	+	+	
Arthropoda	<i>Carcinus maenas</i>	carni.	soft	+	+	+
Arthropoda	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	carni.	hard	-	-	+
Arthropoda	<i>Hemigrapsus takanoi</i>	carni.	hard	-	-	+
Chordata	Ascidicae	nb	nb	+	+	+
Cnidaria	Anthozoa	susp.	hard	+	+	+
Cnidaria	Hydrozoa	susp.	hard	-	+	+
Lophophorata	Bryozoa	susp.	hard	+	+	+
Mollusca	<i>Crepidula fornicata</i>	susp.	hard	+	+	+
Mollusca	<i>Peringia ulvae</i>	depos.	soft	+	-	+
Mollusca	<i>Mya arenaria</i>	susp.	soft	-	+	+
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	susp.	hard	+	+	+
Mollusca	<i>Crassostrea gigas</i>	susp.	hard	+	-	-
Mollusca	<i>Ensis directus</i>	susp.	soft	+	-	+
Mollusca	<i>Venerupis corrugata</i>	susp.	hard	-	-	+
Nematoda	Nematoda	nb	nb	-	+	+
Totalen				37	36	39

Bijlage C. Dichtheden zeesterren en krabben.

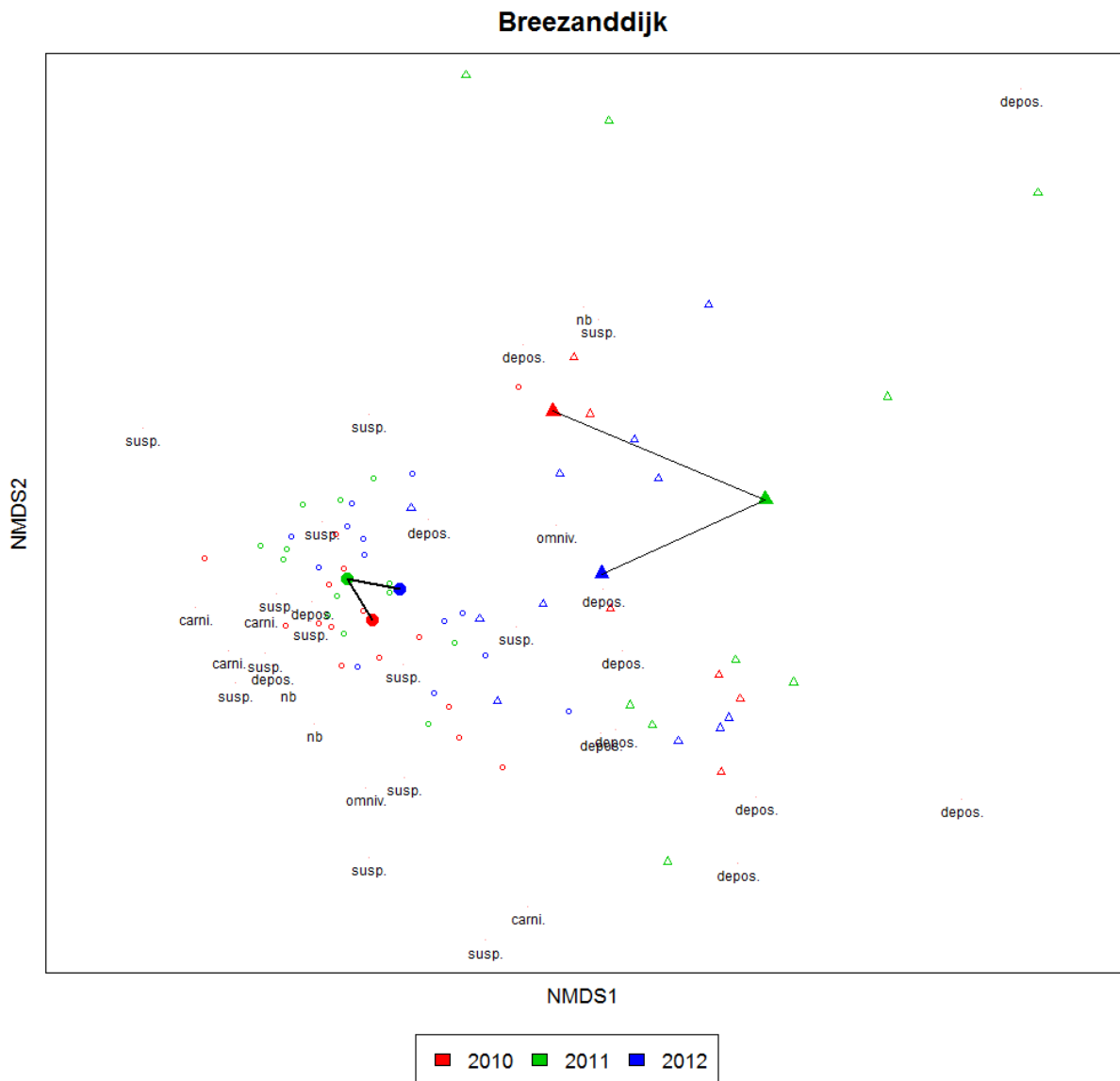


Figuur 27. Ontwikkeling zeesterren- (*Asterias rubens*) en krabbendichtheden (*Carcinus maenas* + *Hemigrapsus* spp.) op de mosselbanken van de Vlieter (links) en Breezanddijk (rechts). Met de rode stippellijn wordt de ontwikkeling van de mosselbank weergegeven (uitgedrukt in g mosselen/m² op de rechter y-as).

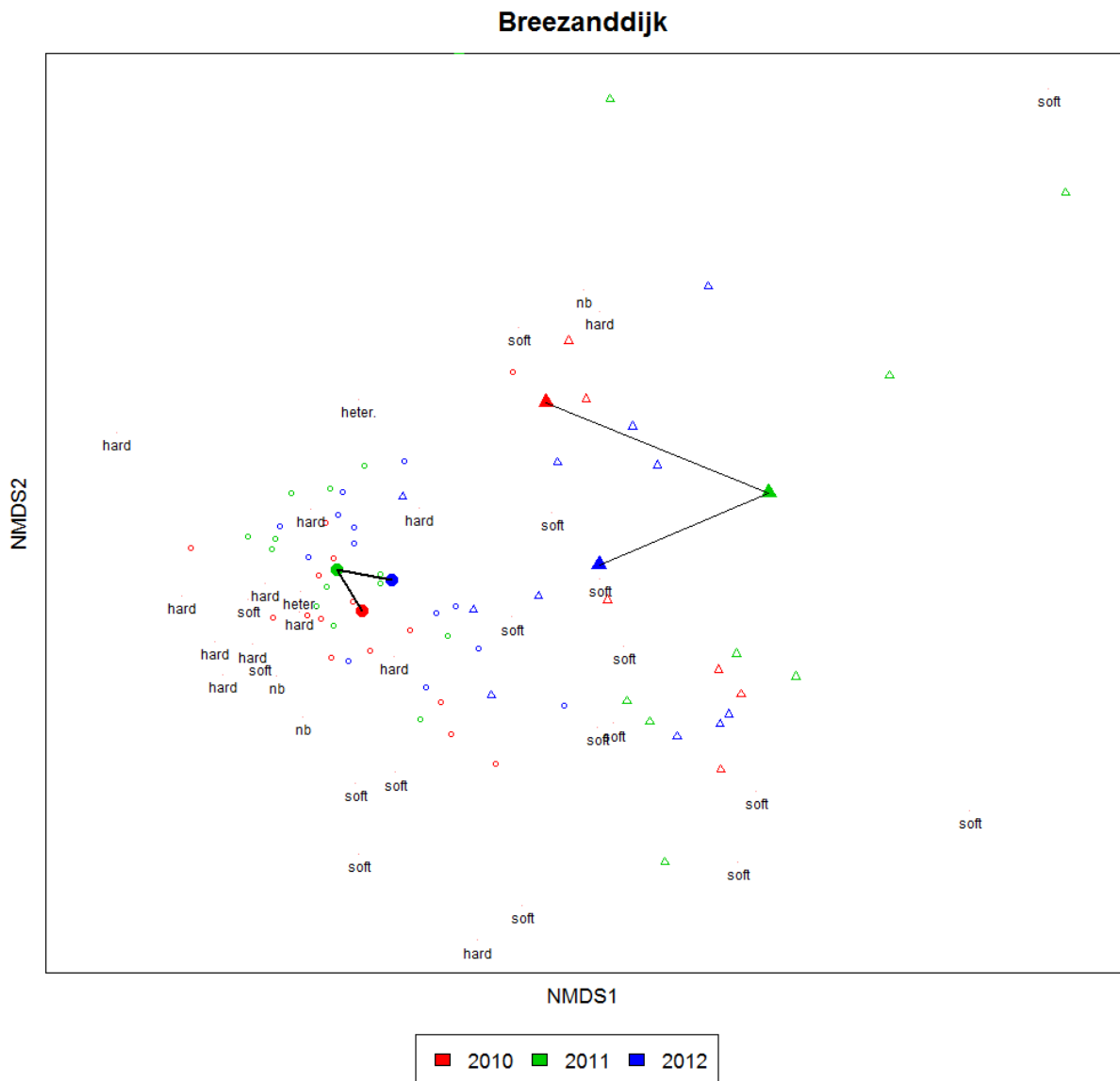
Bijlage D. nMDS plots.



Figuur 28. Voorkomen soorten; alleen soorten die in meer dan 5% van de monsters zitten zijn meegenomen in de nMDS-plots.



Figuur 29. nMDS plot van Breezanddijk voor de bemonsteringsperiode 2010-2012 met niet de soortnaam maar voedselopname zoals gekarakteriseerd in Drent en Dekker 2013. De open cirkels en driehoeken betreffen individuele monsters, met de gevulde cirkels en driehoeken worden het gemiddelde van een onderzoeksjaar weergegeven. Cirkels betreffen monsters met mosselen, driehoeken monsters zonder mosselen. Dimensies = 2, stress = 0.15, transformatie soortdichtheden = wortel.



Figuur 30. nMDS plot van Breezanddijk voor de bemonsteringsperiode 2010-2012 met niet de soortnaam maar sedimenttype zoals gekarakteriseerd in Drent en Dekker 2013. De open cirkels en driehoeken betreffen individuele monsters, met de gevulde cirkels en driehoeken worden het gemiddelde van een onderzoeksjaar weergegeven. Cirkels betreffen monsters met mosselen, driehoeken monsters zonder mosselen. Dimensies = 2, stress = 0.15, transformatie soortdichtheden = wortel.

Bijlage E. Vogeltellingen

Het weer in de winters, 2010/2011 en 2011/2012 heeft een grote invloed gehad op de uitvoering en de resultaten van de tellingen. Vanwege te harde wind, mist of ijsvorming is er in een aantal gevallen geschoven met de teldata of zijn er tellingen niet uitgevoerd.

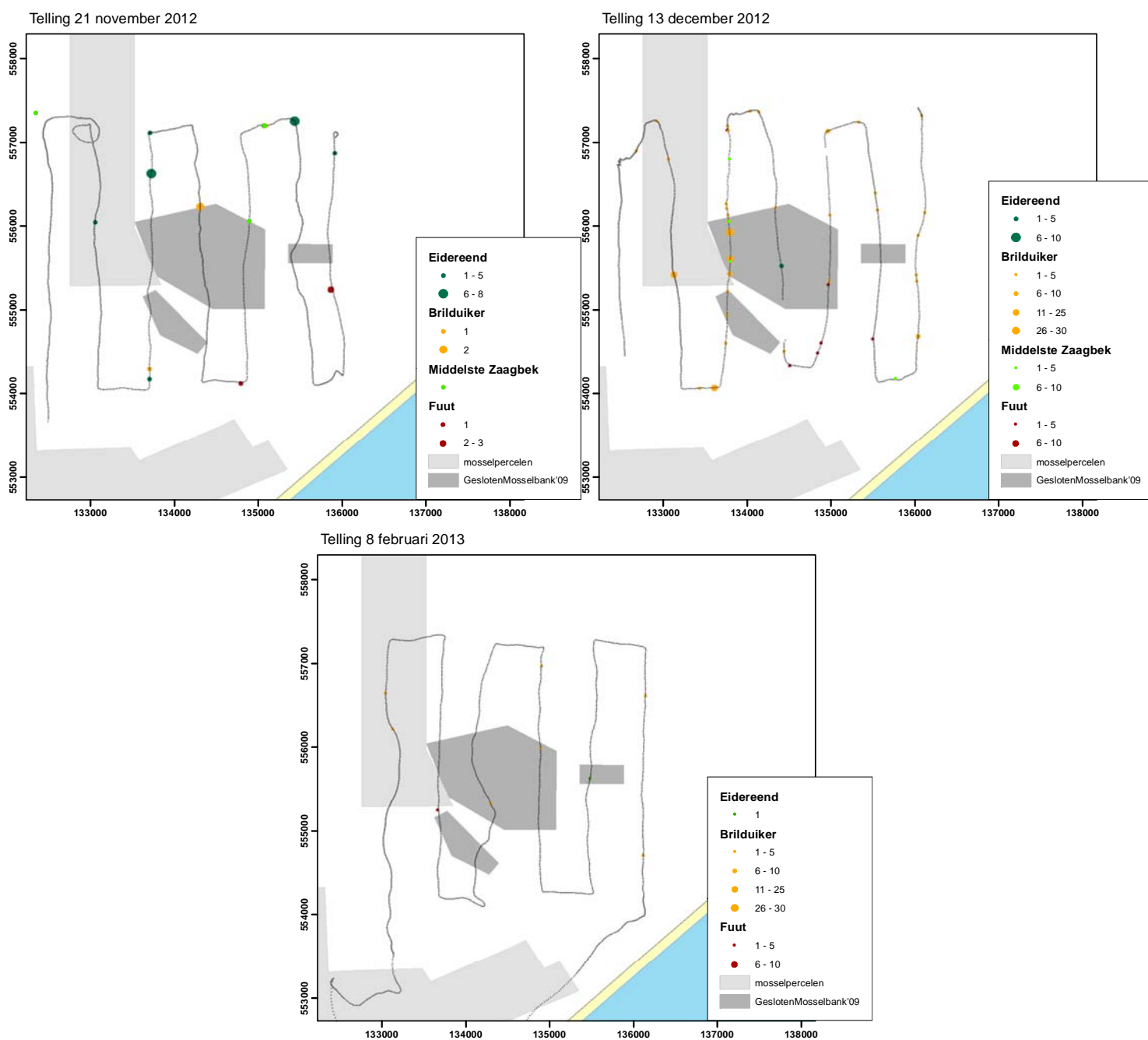
In de winter 2010/2011 zijn er door weersomstandigheden en problemen met de personele inzet slechts 3 vaartellingen gelukt. Met uitzondering van eind februari 2011 zijn de tellingen vanaf de Afsluitdijk bij Breezanddijk wel iedere 2 weken geslaagd.

In de winter van 2011/2012 zijn er vanwege soms ongunstige door weersomstandigheden slechts 4 vaartellingen op De Vlieter succesvol uitgevoerd. De tellingen bij Breezanddijk zijn wel iedere 2 weken uitgevoerd, soms met een paar dagen meer tussenruimte.

Tabel 7. Data waarop tellingen zijn uitgevoerd, betrokken waarnemers en weeromstandigheden. De weergegevens zijn ontleend aan www.knmi.nl en betreffen daggemiddelden voor De Kooy (Den Helder). Het getal in de kolom zicht is het minimum van die dag, de waarde tussen haakjes is van toepassing indien het werkelijke zicht tijdens de telling op de telformulieren weergegeven

Datum	Plaats / Methode	Waarnemer(s)	Temp.	Bewolk.	Zicht (km)	Wind (B)
7-11-10	Breezanddijk	Martin de Jong	7.1	5/8	10	3, O
28-11-10	Breezanddijk/	Martin de Jong	-0.9	2/8	2.1	4, O
8-12-10	De Vlieter	Rob van Bemmelen, Martin de Jong	-0.3	6/8	3.0	2, N
15-12-10	Breezanddijk	Martin de Jong	3.2	7/8	6	3, N
25-12-10	Breezanddijk	Martin de Jong	-0.8	6/8	3.7	2, Z
4-1-11	Breezanddijk	Cor Smit	2.0	8/8	5	4, ZZW
20-01-11	De Vlieter	Cor Smit, Steve Geelhoed	2.8	7/8	2.5	4, ZZW
23-1-11	Breezanddijk	Martin de Jong	5.8	8/8	1.7	3, N
8-2-11	Breezanddijk	Martin de Jong	4	2/8	0.1 (ca 0.5)	3, N
9-2-11	De Vlieter	Rob van Bemmelen, Martin de Jong	2.6	2/8	0.2 (ca 1.0)	2, Z
08-11-11	Breezanddijk	Richard Witte	8.4	8/8	0.6	3, OZO
24-11-11	De Vlieter	Rob van Bemmelen, Steve Geelhoed	10.3	6/8	5	4, ZZW
28-11-11	Breezanddijk	Richard Witte	7.2	4/8	5	3, ZZW
17-12-11	Breezanddijk	Martin de Jong	5.7	5/8	19	4, NW
21-12-11	De Vlieter	Martin de Jong, Joop van Eerbeek	6.7	8/8	2.5	2, WZW
02-01-12	Breezanddijk	Martin de Jong	7.2	5/8	11	4, WZW
11-01-12	De Vlieter	Martin de Jong, Hans Verdaat	8.3	8/8	5	4, WZW
17-01-12	Breezanddijk	Richard Witte	0.2	0/8	6	2, ZZW
01-02-12	Breezanddijk	Richard Witte	-3.3	0/8	16	5, ONO
17-02-12	Breezanddijk	Richard Witte	5.5	5/8	2.9	3, W
24-02-12	De Vlieter	Martin de Jong, Joop van Eerbeek	6.7	4/8	4.0	4, WZW
29-2-12	Breezanddijk	Richard Witte	6.7	8/8	0.2 (>3.0)	3, ZW
18-11-12	Breezanddijk	Martin de Jong	6.4	4/8	14	2, WNW
21-11-12	De Vlieter	Martin de Jong, Joop van Eerbeek	6.9	8/8	4.1	4, Z
13-12-12	De Vlieter	Martin de Jong, Joop van Eerbeek	-0.3	5/8	2.9	3, ZO
17-12-12	Breezanddijk	Martin de Jong	6.0	7/8	4	3, Z
26-12-12	Breezanddijk	Martin de Jong	7.7	6/8	4.8	5, WZW
04-01-13	Breezanddijk	Martin de Jong	7.2	7/8	6	6, W
18-01-13	Breezanddijk	Martin de Jong	4.7	8/8	1.7	4, ZW
06-02-13	Breezanddijk	Martin de Jong	3.3	5/8	4.9	3, N
08-02-13	De Vlieter	Martin de Jong, Rob van Bemmelen	1.5	6/8	9	3, NNO

Datum	Plaats / Methode	Waarnemer(s)	Temp.	Bewolk.	Zicht (km)	Wind (B)
18-02-13	Breezanddijk	Martin de Jong	2.1	7/8	3.1	2, N
05-03-13	Breezanddijk	Martin de Jong	7.5	0/8	12	3, ZZO



Figuur 31 Verspreidingskaarten per telling in het telgebied de Vlieter in het telseizoen 2012/2013, op basis van transect-tellingen met het onderzoeksvaartuig Zilvervis