



Biologische monitoring P0 Eems

Tussenrapportage data voor- en najaar 2020

Auteur(s): J. A. Craeymeersch, A. Hamer

Wageningen University &
Research rapport C073/21A

Biologische monitoring P0 Eems

Tussenrapportage data voor- en najaar 2020

Auteur(s): J. A. Craeymeersch, A. Hamer

Wageningen Marine Research
Yerseke, novemeber 2021

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C073/21A

Keywords: benthos, monitoring, ecologische effecten, baggerspecie, kustzone

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Noord-Nederland
T.a.v.: Anco van den Heuvel
Postbus 2232
3500 GE Utrecht

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/554382>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur
bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolg schade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
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.

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.1 Kennisvraag en doelstelling	5
2 Methoden	7
2.1 Opzet monitoring	7
2.1.1 Monitoringsplan	7
2.1.2 Uitvoering	8
2.2 Analyses	9
2.2.1 Sedimentsamenstelling	9
2.2.2 Van Veen-happer	9
2.2.3 Kieler Kinderwagen	10
2.2.4 Aantal benodigde monsters	11
3 Resultaten	12
3.1 Sedimentkarakteristieken	12
3.2 Infauna-gemeenschappen	16
3.2.1 Univariate analyses	16
3.2.2 Multivariate analyse	21
22	
3.3 Kieler Kinderwagen	22
3.4 Aantal benodigde monsters	24
4 Discussie	25
Literatuur	27
5 Kwaliteitsborging	28
Verantwoording	29
Bijlage 1 Evaluatie geplande biologische monsterprogramma P0 Eems	30

Samenvatting

Rijkswaterstaat heeft op de Eems een opgave om de Toegangsgeul naar de Eemshaven bereikbaar te houden voor schepen met een diepgang van 14m (Panamax). Rijkswaterstaat heeft een Duitse vergunning om de baggerspecie te verspreiden op verspreidingslocatie P0 op de Eems, op Duits grondgebied. Voorwaarden vanuit deze vergunning is dat 1) monitoring van de effecten op bodemfauna dient te worden uitgevoerd en 2) de ecologische impact op het gehele natuurgebied Borkum Riffgrund dient te worden vastgesteld. Monitoring van de bodemdieren is gepland voor de jaren 2020, 2021 en 2022.

Dit rapport, een eerste tusssenrapportage, beschrijft de data en veranderingen in 2020. Er is in het voor- en najaar, na het verspreiding van de baggerspecie, bemonsterd met een van Veen-happer (infauna) en een Kieler Kinderwagen (epifauna), in het verspreidingsgebied en in een referentiegebied, deels ten oosten en deels ten westen van het referentiegebied gelegen.

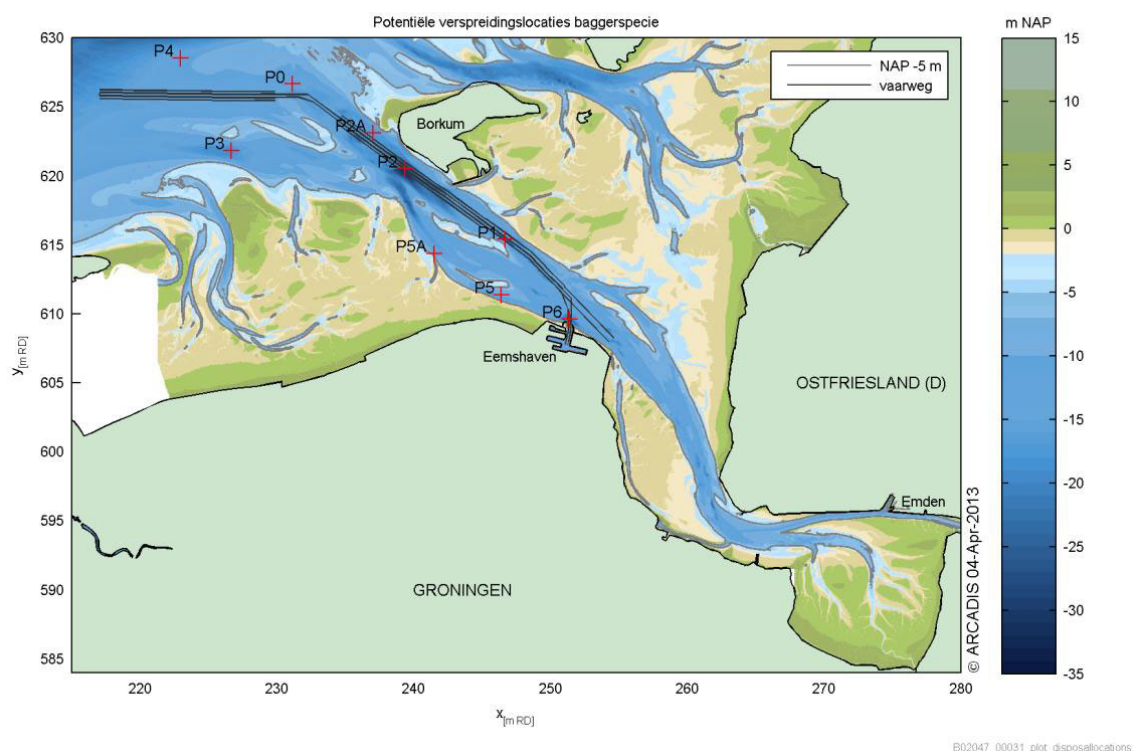
Na de start van het verspreiden is het sediment in het verspreidingsgebied veel fijnzandiger geworden. Vooralsnog zijn er weinig verschillen in de fauna vastgesteld, mogelijk omdat het 1) om een soortenarm gebied gaat met lage dichtheden, zowel per soort als totaal en 2) de fauna in het oostelijk en westelijk deel van het referentiegebied verschillen. Wel zien we in het verspreidingsgebied in het najaar hogere dichtheden van de borstelworm *Magelona johnstoni*, wat gerelateerd kan zijn aan een herstel na de verspreiding van baggerspecie (fluctuaties in sedimentatie, fijner zand) in het najaar. Ook de multivariate analyses laten een grotere verandering zien in de soortensamenstelling in het verspreidingsgebied dan in het referentiegebied.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Rijkswaterstaat heeft op de Eems een opgave om de toegangsgeul naar de Eemshaven bereikbaar te houden voor schepen met een diepgang van 14m (Panamax). Er is een baggeropgave die ligt tussen de 2 en 3 miljoen kuub die verspreid mag worden over 3 verspreidingslocaties, 2 conform Nederlandse wetgeving en 1 conform Duitse wetgeving. De belangrijkste P1 kent gebruiksbeperkingen (5 maanden per jaar niet gebruiken) en de terugvaloptie (P3) kent geen gebruiksbeperkingen maar heeft hele lange vaarafstanden waardoor gebruik van deze locatie veel geld kost (enkele miljoenen) en extra CO₂ uitstoot met zich meebrengt. Project behelst het uitvoeren van de monitoring, een van de voorwaarden, om ook de in Duitsland vergunde locatie te kunnen gebruiken en daarmee de kosten voor baggeren in de zomer met circa 50% te reduceren. Rijkswaterstaat heeft een Duitse vergunning om verspreidingslocatie P0 op de Eems te mogen gebruiken (figuur 1).

Voorwaarden vanuit deze vergunning zijn, voor zover het de bodemfauna betreft, dat 1) monitoring van de effecten dient te worden uitgevoerd en 2) de ecologische impact op het gehele natuurgebied Borkum Riffgrund dient te worden vastgesteld.



Figuur 1. Ligging van alle potentiële baggerspecie-verspreidingslocaties, waaronder P0 (Bron: Grasmeijer & Pasmans 2013)

1.1 Kennisvraag en doelstelling

Voorwaarden voor RWS vanuit deze vergunning is dat 1) monitoring van de effecten op bodemfauna dient te worden uitgevoerd en 2) de ecologische impact op het gehele natuurgebied Borkum Riffgrund dient te worden vastgesteld. In opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Nederland is door IBL Umweltplanung GmbH een monitoringsvoorstel opgesteld.

Aan Wageningen Marine Research is door RWS, in hoofdlijnen, het volgende gevraagd:

- 1 Het beoordelen of het Monitoringkonzept für die Klappstelle P0 im „NSG Borkum Riffgrund“ om wetenschappelijke redenen ook nog meer of betere referentielocatie(s) benodigd heeft om de resultaten van de monitoring wetenschappelijk onderbouwd te kunnen duiden.
- 2 Bemonstering, determinatie en tellingen gedurende 3 jaren
- 3 Korte wetenschappelijke analyse en jaarlijkse rapportage
- 4 Wetenschappelijke analyse en eindrapportage na 3 jaar

Wat betreft de beoordeling van het monitoringsprogramma opgesteld door IBL gaat het om volgende vragen:

- Zijn er meer of betere referentielocatie(s) benodigd om de resultaten van de monitoring wetenschappelijk onderbouwd te kunnen duiden?
- Zijn de afstanden tot de verspreidingslocatie voldoende groot om geen beïnvloeding ten gevolge van de verspreiding met zand te hebben?
- Zijn er voldoende monsterpunten om wetenschappelijk onderbouwd uitspraken te doen over potentiële significante verschillen?

De tussenrapportages over het eerste en de eerste twee jaren van monitoring zullen de volgende aspecten bevatten:

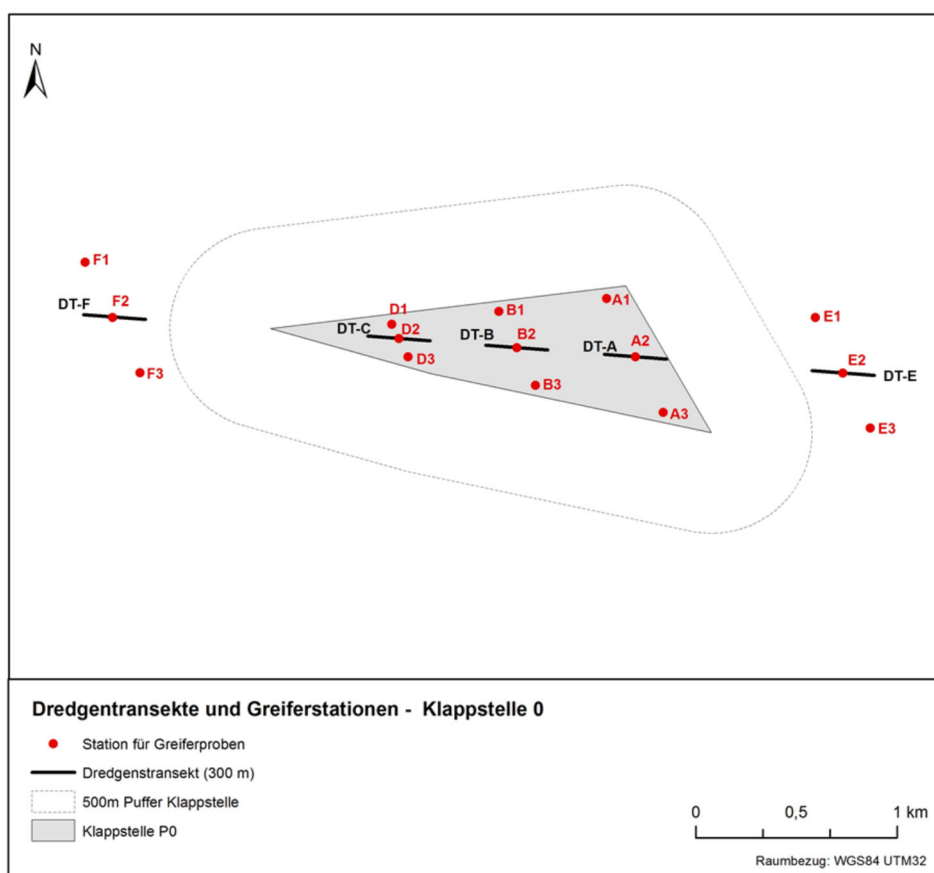
- Zijn er, in wetenschappelijke zin, significante verschillen in bodemleven tussen de referentielocaties en de verspreidingslocatie P0.
- Zijn, indien significante verschillen worden aangetroffen, die wetenschappelijk te herleiden tot het gebruik van P0 als verspreidingslocatie.
- Zijn, indien significante verschillen worden aangetroffen, die van invloed op de natuurgebied-doelstellingen van Borkum Riffgrund. Deze afweging zal worden gemaakt op basis van expert judgement, gebaseerd op de in dit project verzamelde data en vanuit andere projecten in dit gebied.

2 Methoden

2.1 Opzet monitoring

2.1.1 Monitoringsplan

In opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Nederland is door IBL Umweltplanung GmbH een monitoringsplan opgesteld (IBL 2020). Volgens dit plan worden bodemdieren bemonsterd met twee monstertuigen: een van Veen-happer en een Kieler Kinderwagen. Figuur 2 geeft de geplande ligging en het aantal te bemonsteren locaties met ieder monstertuig. Per locatie worden 3 happen genomen of 1 trek met de Kieler Kinderwagen.



Figuur 2. Monitoringsplan IBL. Ligging van te bemonsteren locaties met van Veen-happer (rode punten) en Kieler Kinderwagen (zwarte lijnen) in het verspreidingsgebied voor baggerspecie P0, en in de referentiegebieden ten oosten en ten westen van P0 (Bron: IBL 2020)

Dit monitoringsplan is door Wageningen Marine Research, zoals gevraagd door RWS, begin 2020 geëvalueerd (bijlage 1). De belangrijkste conclusies waren :

- Zijn er meer of betere referentielocatie(s) benodigd om de resultaten van de monitoring wetenschappelijk onderbouwd te kunnen duiden?
 - Onze aanbeveling is om het oostelijk gebied iets naar het zuiden te verplaatsen, omdat zo de sedimentsamenstelling in dit referentiegebied beter overeenkomt met die van de verspreidingsgebied voor de baggerspecie.
- Zijn de afstanden tot de verspreidingslocatie voldoende groot om geen beïnvloeding ten gevolge van de verspreiding met zand te hebben?
 - We schatten dat de kans op invloed vanuit het verspreidingsgebied voor de baggerspecie klein is, de natuurlijke sedimentdynamiek in ogenschouw nemend, en de afstanden dus voldoende groot zijn.
- Zijn er voldoende monsterpunten om wetenschappelijk onderbouwd uitspraken te doen over potentiële significante verschillen?
 - Dat is zeker niet het geval. Niet voor de Kieler Kinderwagen, want slechts 1 monsters in ieder referentiegebied. Ook niet voor de happer, want aantal monsterlocaties in referentiegebieden zeker te gering. Hoeveel monsters genomen moeten worden, hangt af van de effectgrootte die men wil kunnen detecteren. Voor effectgroottes van 20% zouden 30 box-corers genomen moeten worden, en 5 monsters met de Kieler Kinderwagen. Minder monsters betekent een keuze om enkel grotere veranderingen te kunnen detecteren.

2.1.2 Uitvoering

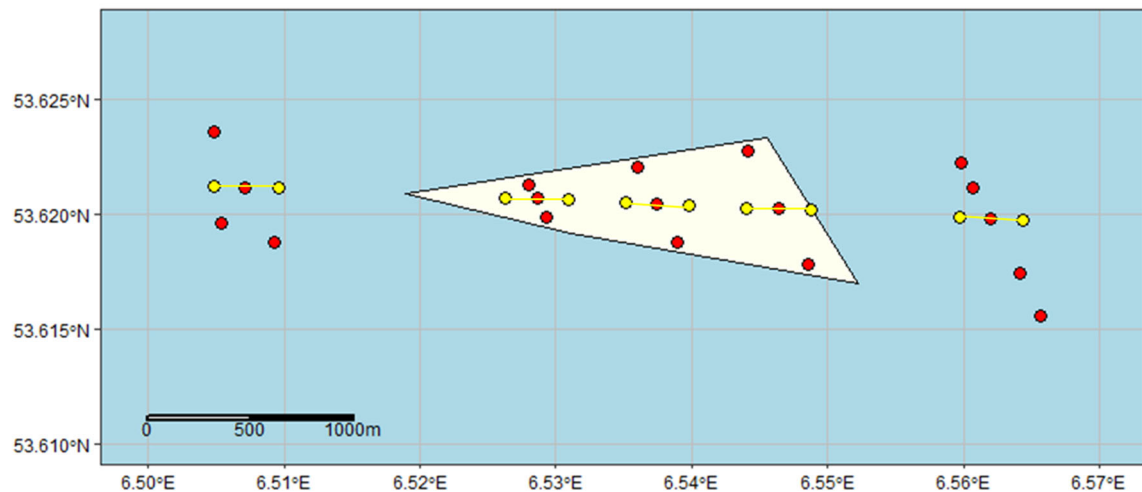
Door COVID-19 was het in het voorjaar 2020 niet mogelijk voor RWS om een onderzoeksschip voor de bemonstering beschikbaar te stellen. Dit betekende dat WMR de bemonstering niet kon uitvoeren.

De bemonstering is wel uitgevoerd, door IBL, in opdracht van RWS. Daarbij is gemonsterd volgens het door IBL opgezette monsterprogramma (zie hierboven), met volgende wijzigingen:

- Er zijn 3 extra locaties in de referentiegebieden bemonsterd, om het aantal monsters in P0 en referentiegebieden (oostelijk en westelijk deel samen) gelijk te hebben (rode stippen in Figuur 3).
- Bemonstering van de infauna is dus uitgevoerd met een van Veen-happer, en niet zoals oorspronkelijk gepland met een boxcorer
- De 3 happen per locatie zijn afzonderlijk gezeefd op een 1mm-zeef en bewaard op gebufferde formaldehyde.
- Voorafgaand is uit iedere hap een sedimentmonster genomen en afzonderlijk bewaard, voor latere analyse van de korrelgrootteverdeling.

De bemonstering van de epifauna is uitgevoerd met de Kieler Kinderwagen, en niet zoals oorspronkelijk gepland met de bodemschaaf. In voorjaar zijn alle vissen aan boord geïdentificeerd, geteld en gewogen en overboord gebracht. De overige soorten zijn bewaard op formaldehyde en achteraf nader geanalyseerd (identificatie, telling, bepaling versgewicht). In het najaar zijn alle gevonden dieren aan boord op naam gebracht, geteld en gewogen (versgewicht)

In het najaar 2020 is de bemonstering op dezelfde wijze uitgevoerd.



Figuur 3. Ligging van de locaties bemonsterd met van Veen-happer (rode punten) en de transecten bemonsterd met de Kieler Kinderwagen (gele lijnen).

2.2 Analyses

2.2.1 Sedimentsamenstelling

Per locatie is van een replica het sedimentmonster gevriesdroogd en een submonster daarvan geanalyseerd op de korrelgrootteverdeling. Het sediment is daarbij niet voorbehandeld. De sedimentanalyses zijn uitgevoerd door het NIOZ m.b.v. een Multisizer 2000 van de firma Malvern Instruments. Dit apparaat analyseert de lichtverstrooiingspatronen van sedimentdeeltjes in suspensie bij het passeren door een laserbundel. De grootteverdeling van de deeltjes is bepaald tussen 0.02 en 1000 μm .

De beschrijving van het sediment is gedaan op basis van de mediane korrelgrootte (D50) en percentage slib. Ook is de korrelgrootteverdeling (onderverdeeld in 5 verschillende fracties) bepaald (Tabel 1).

Tabel 1. Klassegrenzen korrelgrootteverdeling

Fractie	Range
Silt	< 63 μm
Zeefijn zand	63 – 125 μm
Fijn zand	125 – 250 μm
Middelfijn zand	250 – 500 μm
Grof zand	500 – 1000 μm

Verschillen in mediane korrelgrootte tussen gebieden zijn getest met een parameter vrije toets, de Kruskal-Wallis test, gevolgd door een post-hoc test, de Wilcoxon rangtest. Omdat op vele locaties geen slib vastgesteld is, zijn deze testen niet voor slibgehalte uitgevoerd.

2.2.2 Van Veen-happer

De in monsters aangetroffen dieren zijn in het laboratorium door taxonomen van Wageningen Marine Research voor zover mogelijk op soort gebracht, en de aantallen en dichtheid per vierkante meter ervan bepaald.

De gegevens zijn verder geanalyseerd met univariate en multivariate technieken, gericht op het nagaan van verschillen tussen het verspreidings- en het referentiegebied, en het verloop in de tijd. De 3 replica's zijn daarbij samengevoegd tot een enkel monster, conform de oorspronkelijke opzet (3 monsters samen gezeefd).

Als univariate indices voor de beschrijving van de bodemfauna zijn voor alle locaties bemonsterd in het kader van het monitoringsonderzoek de volgende biotische indicatoren bepaald, per monster:

- Het totaal aantal soorten/taxa
- De totale dichtheid

Als twee organismen in eenzelfde taxonomische categorie zijn waargenomen, waarvan één van de twee tot een lagere taxonomisch niveau is geïdentificeerd dan de ander en het laagste, bij beide soorten, geïdentificeerde taxon tot dezelfde categorie behoort, dan is alleen de soort meegeteld die tot een lager taxonomisch niveau is geïdentificeerd. Een voorbeeld is dat wanneer er binnen een categorie zowel *Nephtys* spp. als *Nephtys cirrosa* zijn geobserveerd, alleen *Nephtys cirrosa* bij de berekening wordt meegeteld, echter wanneer alleen *Nephtys* spp wordt geobserveerd hij wel wordt meegerekend.

Tevens is specifiek gekeken naar het voorkomen en de gemiddelde dichtheid van de dominante soorten.

Ruimtelijke verschillen in soortensamenstelling zijn ook geanalyseerd met een ordinarie-techniek (multivariate analyse), een niet-metrische Multidimensional Scaling (nMDS), op basis van de Bray-Curtis dissimilariteit tussen dichtheden (ind/m²). Omdat deze dichtheden niet normaal verdeeld zijn, zijn ze door middel van een dubbele worteltransformatie, getransformeerd voor de analyse. In de output, een ordinarie-diagram, worden de locaties zodanig weergegeven dat locaties met een gelijkaardige soortensamenstelling dicht bij elkaar liggen en locaties met een erg verschillende soortensamenstelling ver uit elkaar.

Bij deze analyses hebben we, naast vergelijking van verspreidingsgebied en referentiegebied in voor- en najaar, ook gekeken naar ruimtelijke verschillen tussen het oostelijk en het westelijk deel van het referentiegebied. Dit omdat we bij analyse van data uit 2016 (bijlage 1) constateerden dat de fauna ten oosten van het verspreidingsgebied duidelijk anders was dan in en ten westen van het verspreidingsgebied.

Voor het totaal aantal soorten en de totale dichtheid is de significantie van de verschillen getest met een parametervrije toets, de Kruskal-Wallistest, gevolgd door een post-hoc test, de Wilcoxon rangtest.

2.2.3 Kieler Kinderwagen

Omdat de exacte afstand waarop de Kieler Kinderwagen effectief de bodem raakt niet bekend is, zijn de verkregen data kwalitatief. Deze kunnen enkel semi-kwantitatief geanalyseerd worden. We hebben de gevonden aantallen per soort verdeeld in een aantal klassen, volgens het ACFOR-systeem ('Abundant Common Frequent Occasional and Rare' – inclusief niet gevonden) (Crisp & Southward 1958):

- A: zeer algemeen (>100 individuen),
- C: algemeen (50-100),
- F: vaak voorkomen (10-50),
- O: aanwezig (5-10) en
- R: zeldzaam (>0 en <5 individuen) [in onze analyse niet toegewezen als niet gevonden]

In de monsters komen ook vissen en andere dieren voor (kwallen bijv.), soorten waarvoor het monstertuig niet geschikt is (bijv. omdat ze het tuig kunnen ontwijken). Toch hebben we deze soorten voor de volledigheid in de tabellen opgenomen.

2.2.4 Aantal benodigde monsters

Voorafgaand aan de start van dit programma was berekend hoeveel monsters nodig waren om een bepaald verschil (effectgrootte) statistisch te kunnen vaststellen. De berekeningen waren gebaseerd op eerdere bemonsteringen met box-corer in dat gebied, en bemonsteringen met de bodemschaaf in de kustzone (zie Bijlage 1).

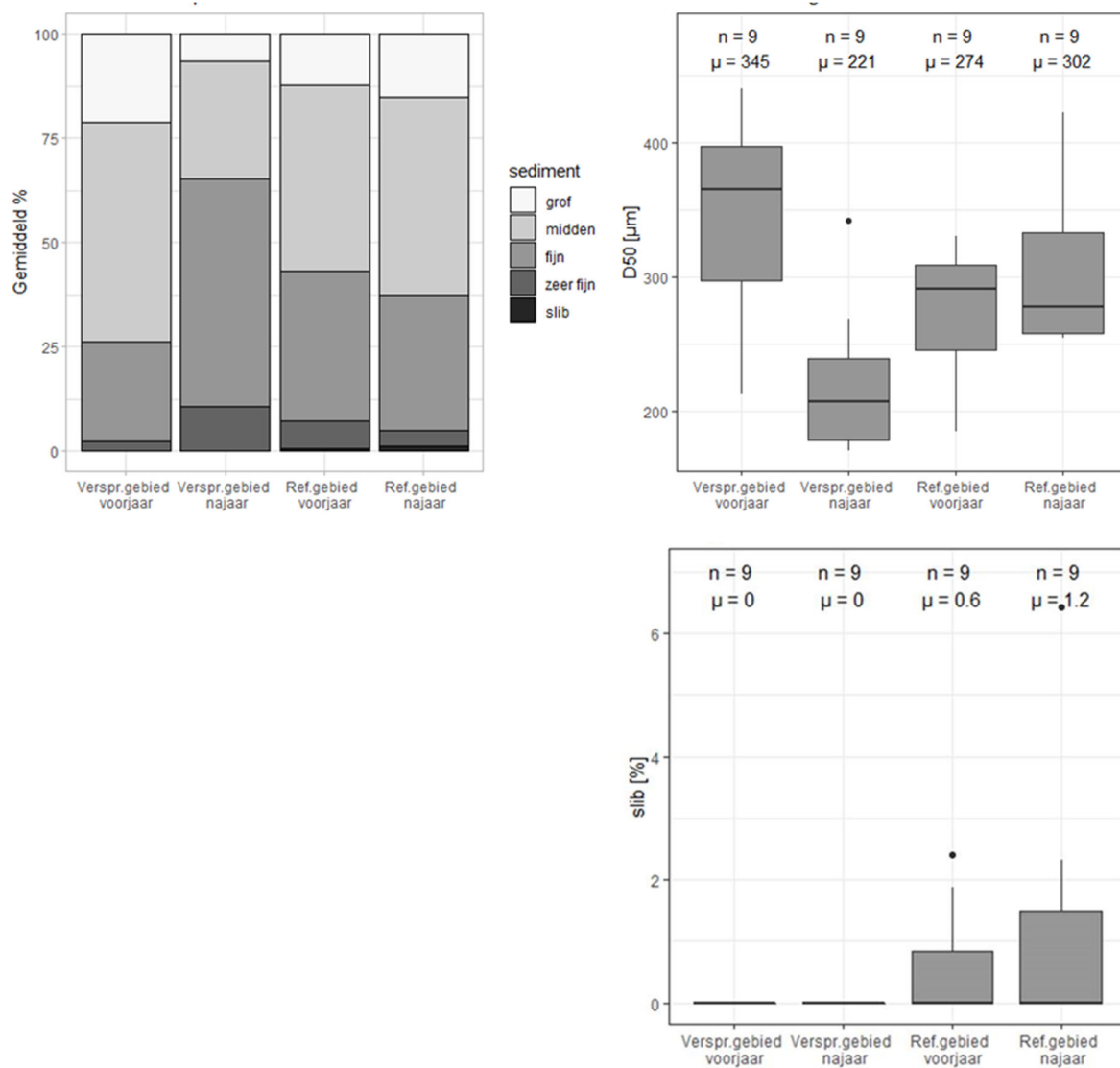
Omdat uiteindelijk bemonsterd is met een van Veen-happer en een Kieler Kinderwagen, zijn de berekeningen opnieuw uitgevoerd, met de data van het verspreidingsgebied van voorjaar 2020. En dat enkel met de happer, omdat zoals hierboven al gezegd, de data met de Kieler Kinderwagen kwalitatief zijn.

3 Resultaten

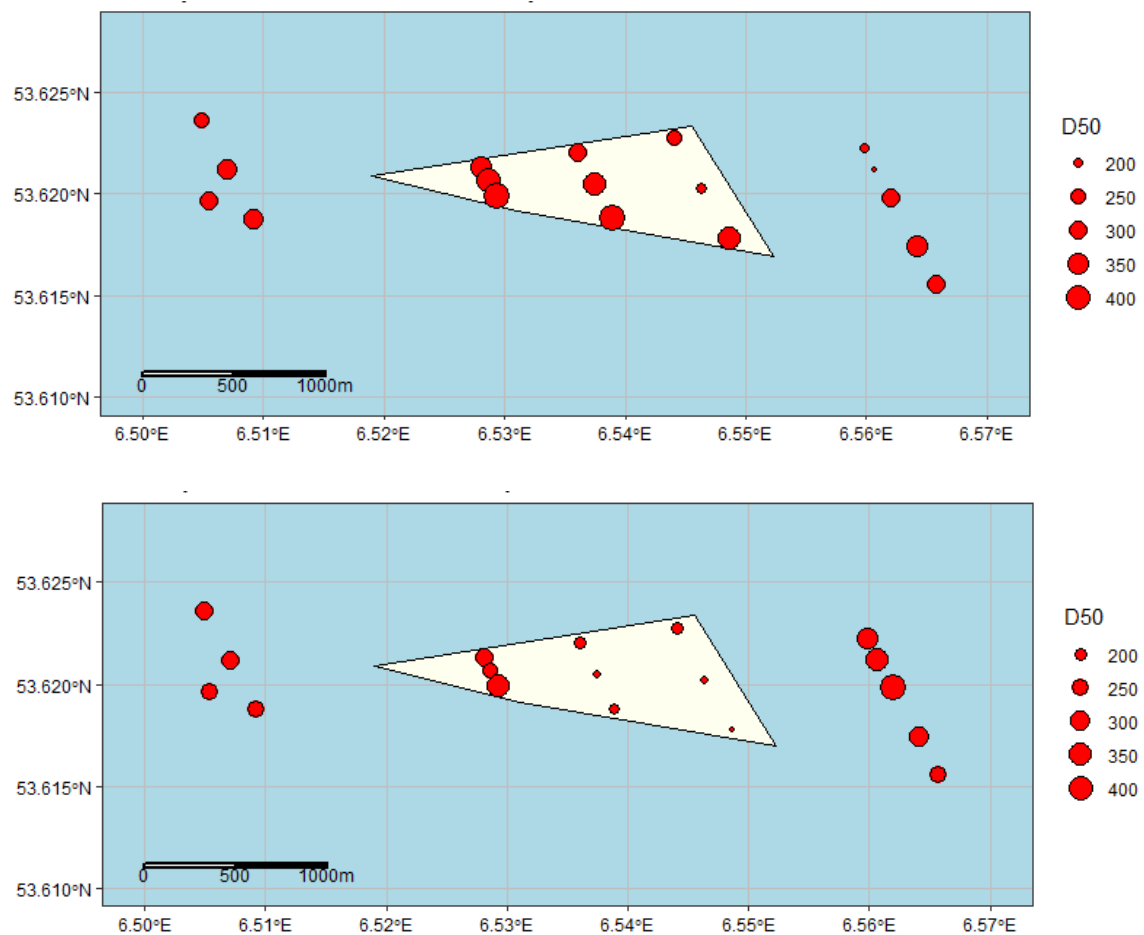
3.1 Sedimentkarakteristieken

Het sedimenttype aangetroffen in het monitoringsgebied kan gemiddeld geclassificeerd worden als midden/fijn zand (Figuur 4, links).

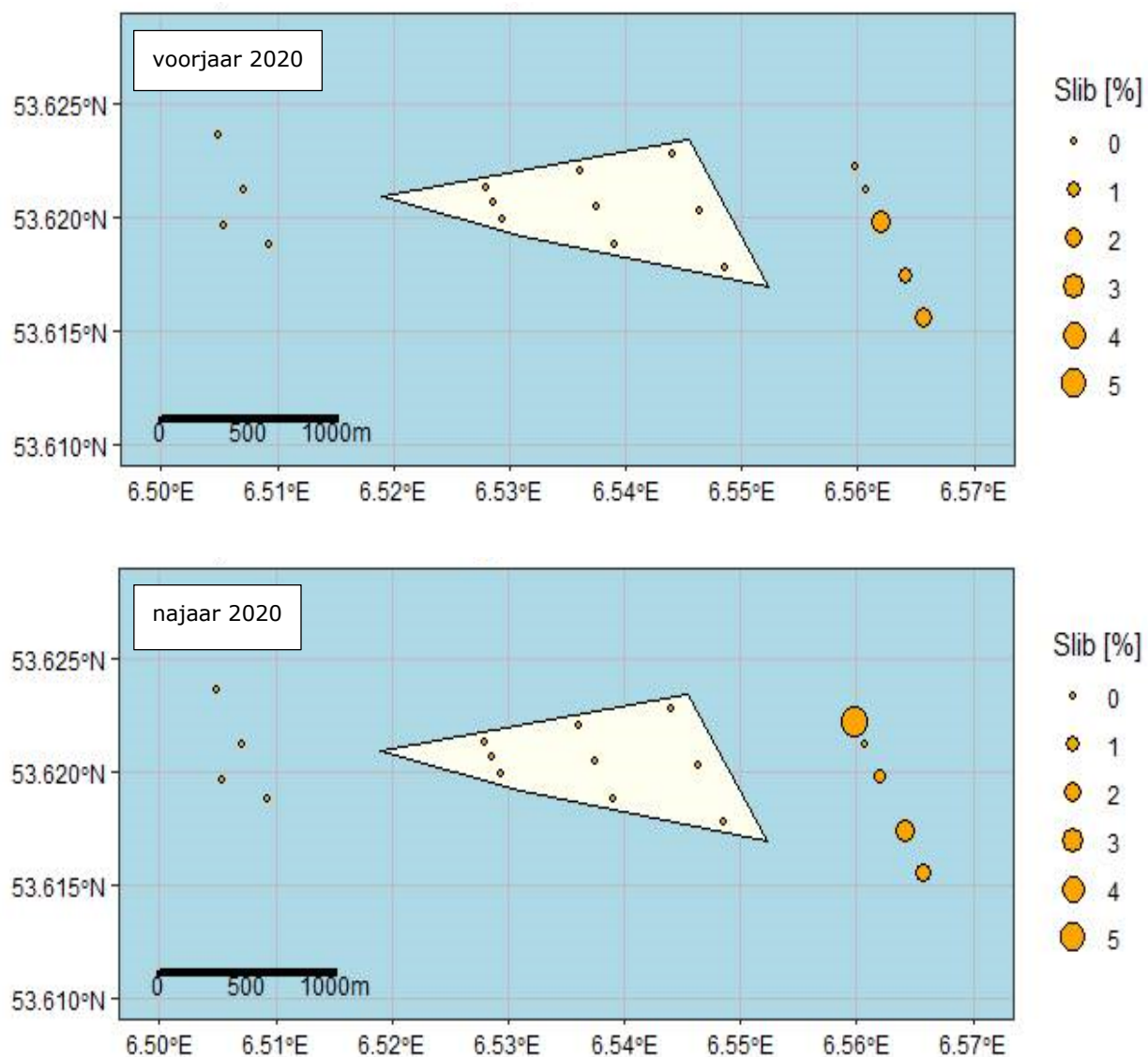
Hierbij had het verspreidingsgebied grotere korrelgroottes en een kleiner aandeel aan slib dan het referentiegebied (Figuur 4, rechts). Er is een significant verschil tussen de korrelgrootte tussen het referentiegebied en het verspreidingsgebied, wanneer deze is onderverdeeld per seizoen (Kruskal-Wallis: $p = 0.004$). Hierbij is de mediane korrelgrootte in het verspreidingsgebied in het najaar significant lager dan in hetzelfde gebied in het voorjaar en significant lager dan in het referentiegebied in het najaar (zie tabel 2). In het najaar 2020 worden de laagste mediane korrelgroottes gevonden, in het oosten van het verspreidingsgebied (Figuur 5). De gemiddelde korrelgrootte in het oostelijk referentiegebied verschilt niet ten opzichte van het westelijk referentiegebied. De slibgehalten zijn overal heel erg minimaal (Figuur 4), kleine hoeveelheden worden enkel in het referentiegebied, en meer specifiek het oostelijke referentiegebied, aangetroffen (Figuur 4 en Figuur 6).



Figuur 4 Links: gemiddelde verdeling van sedimenttypes. Rechts: verdeling van de mediane korrelgrootte (D50) (boven) en slibgehalte (onder) aangetroffen per bemonsterde locatie in het voor- en na- jaar. Hierbij geeft de horizontale dikgedrukte streep de mediaan weer, het grijze balkje het 25^{ste} en 50^{ste} kwartiel en de losse stipjes uitschieters, waar de waarde meer dan 1.5 de interkwartiel afstand van de 25^{ste} of 50^{ste} kwartiel betreft.



Figuur 5. Ruimtelijke verspreiding van de mediane korrelgrootte (D50 [μm]) in het monitoringsgebied voor (boven) en na (onder) de bestorting. De omlijning geeft het verspreidingsgebied weer.



Figuur 6. Ruimtelijke verspreiding van het slibgehalte (%) in het monitoringsgebied voor en na de bestorting.

Tabel 2. Significantie (p-waarde) van de paarsgewijze vergelijkingen (Wilcoxon rangtest) van de mediane korrelgrootte (D50) in het verspreidings- en referentiegebied in voor- en najaar (significante waarden zijn dikgedrukt weergegeven)

D50		verspreiding		referentie	
		vj	nj	vj	nj
verspreiding	vj	-			
	nj	0.011	-		
referentie	vj	0.063	0.094	-	
	nj	0.267	0.017	0.666	-

3.2 Infauna-gemeenschappen

3.2.1 Univariate analyses

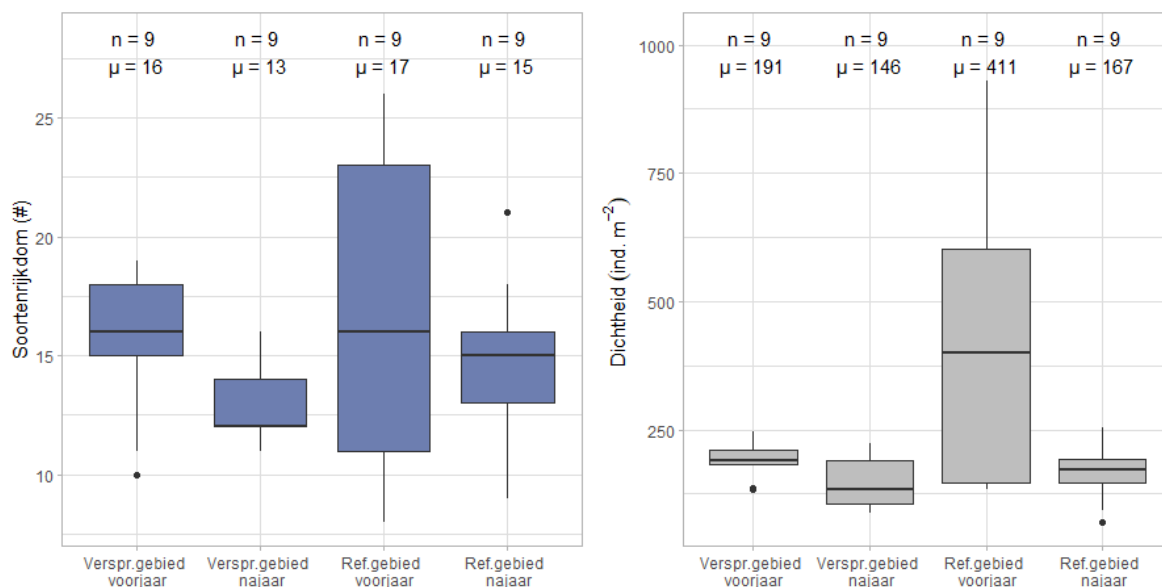
3.2.1.1 Soortenrijkdom en totale dichtheid

Voor de soortenrijkdom is er geen significant verschil (Kruskal-Wallis: $p = 0.4$) tussen de vier waarnemingen, met name voor- en najaar in verspreidingsgebied en referentiegebied (Figuur 7). De grote spreiding in het referentiegebied in het voorjaar komt door het grote verschil tussen het westelijke en het oostelijke deel van het referentiegebied. Ook de trends lijken verschillend: in het verspreidingsgebied en het oostelijke referentiegebied zijn de soortenrijkdom lager in het najaar dan in het voorjaar, in het westelijk referentiegebied juist hoger in het najaar (Figuur 8). Er is ook een significant verschil tussen deze zes waarnemingen (Kruskal-Wallis: $p = 0.006$). Een post-hoc test laat echter geen significante verschillen tussen paren waarnemingen (Tabel 4). Wellicht is het aantal waarnemingen per waarnemingen te klein.

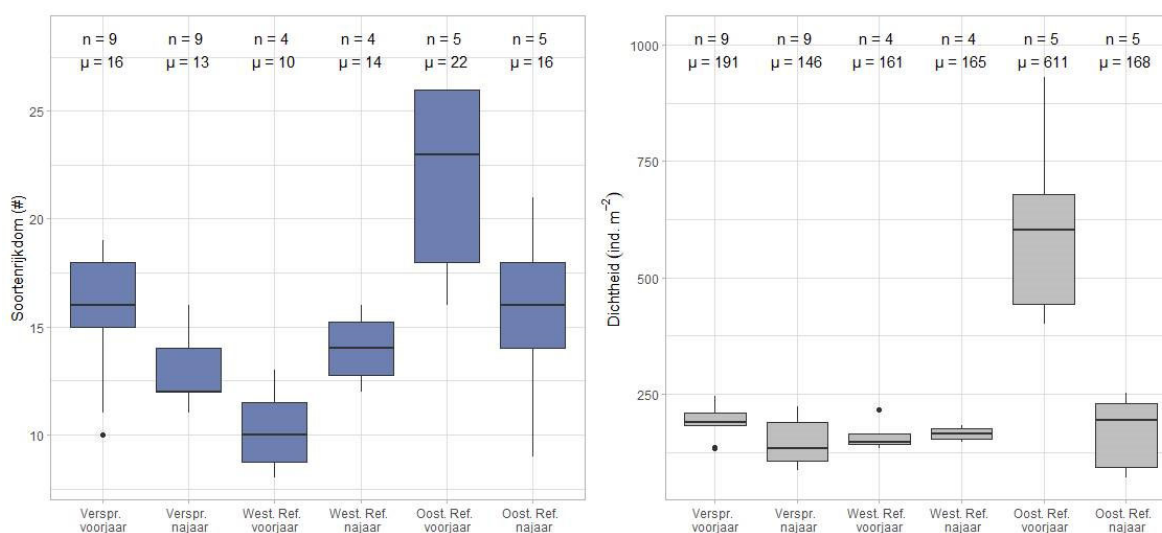
Hetzelfde geldt ongeveer voor de totale dichtheid. Er is net een significant verschil (Kruskal-Wallis: $p = 0.0489$) tussen de vier waarnemingen (Figuur 7), maar de post-hoc test wijst niet op significante verschillen (Tabel 3). Ook hier zijn we in het voorjaar in het referentiegebied een grote spreiding veroorzaakt door verschillen tussen het westelijke en het oostelijke deel van het referentiegebied. Hier is ook statistisch de dichtheid hoger in het oostelijk deel van het referentiegebied in het voorjaar dan in alle andere gevallen (Figuur 8, Tabel 4), zowel met het westelijk deel van het referentiegebied als met het verspreidingsgebied.

Tabel 3. Significantie (p-waarde) van de paarsgewijze vergelijkingen (Wilcoxon rangtest) van de totale dichtheid in het verspreidings- en referentiegebied in voor- en najaar

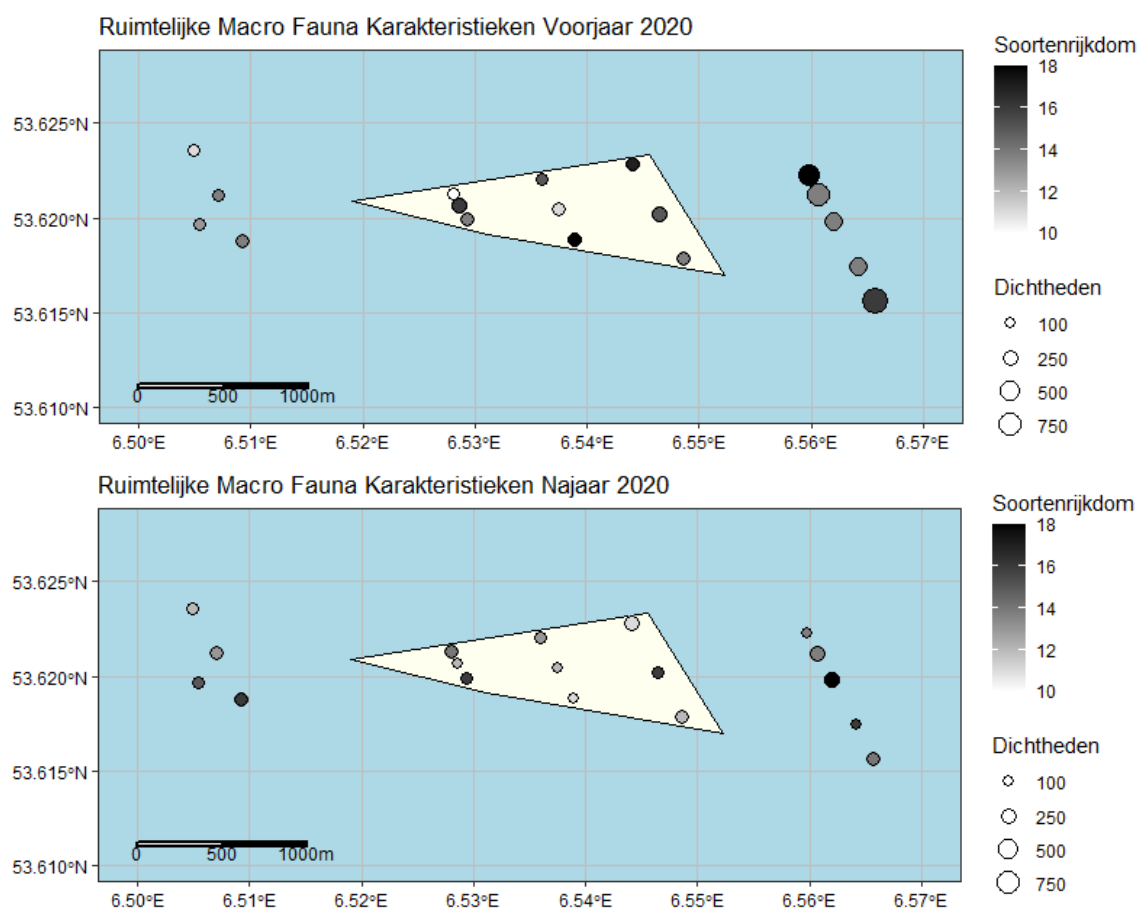
totale dichtheid		verspreiding		referentie	
		vj	nj	vj	nj
verspreiding	vj	-			
	nj	0.227	-		
referentie	vj	0.242	0.064	-	
	nj	0.436	0.436	0.227	-



Figuur 7 Verdeling van soortenrijkdom (# taxa) en dichtheden (ind.·m⁻²) aangetroffen in het verspreidingsgebied en het referentiegebied, in het voorjaar van 2020 (voor bestorting) en in het najaar van 2020 (na bestorting).



Figuur 8. Verdeling van soortenrijkdom (# taxa) en dichtheden (ind.·m⁻²) aangetroffen in het verspreidingsgebied en het oostelijk en westelijk referentiegebied, in het voorjaar van 2020 (voor verspreiding van baggerspecie) en in het najaar van 2020 (na verspreiding)



Figuur 9 Ruimtelijke verspreiding van totale dichtheid ($\text{ind.} \cdot \text{m}^{-2}$) en soortenrijkdom (# taxa) in het monitoringsgebied voor en na de bestorting. De omlijning geeft het verspreidingsgebied weer.

Tabel 4. Significantie (p-waarde) van de paarsgewijze vergelijkingen (Wilcoxon rangtest) van het aantal soorten en de totale dichtheid in het verspreidings- en de twee delen van het referentiegebied (west en oost) in voor- en najaar (significante waardes zijn dikgedrukt weergegeven)

aantal soorten		verspreiding		referentie west		referentie oost	
		vj	nj	vj	nj	vj	nj
verspreiding	vj	-					
	nj	0.160	-				
referentie west	vj	0.110	0.150	-			
	nj	0.400	0.440	0.150	-		
referentie oost	vj	0.130	0.070	0.110	0.110	-	
	nj	1.000	0.270	0.150	0.490	0.150	-
totale dichtheid		verspreiding		referentie west		referentie oost	
		vj	nj	vj	nj	vj	nj
verspreiding	vj	-					
	nj	0.284	-				
referentie west	vj	0.621	0.621	-			
	nj	0.318	0.621	0.766	-		
referentie oost	vj	0.008	0.008	0.048	0.048	-	
	nj	1.000	0.843	0.969	0.843	0.040	-

3.2.1.2 Dominante soorten

De dichtheden van alle aangetroffen soorten zijn vrij laag (Tabel 5). Ze behoren allen tot de borstelwormen (Polychaeta) of kreeftachtigen (Arthropoda), op wat kleine mosselen (Mytilidae) na. De meest talrijke soort was een kleine borstelworm van het geslacht *Microphthalmus* (zo'n 100 ind/m²), in het voorjaar in het referentiegebied.

Opvallend is dat voor de meeste soorten de dichtheden in het voorjaar vaak hoger zijn dan in het najaar, ook in het referentiegebied.

Tabel 5 Gemiddelde dichtheden en standaarddeviatie ($\mu + sd$) [*ind. m*⁻²] en voorkomen (% , percentage van de locaties waar de soort is aangetroffen), in verspreidings- en referentiegebied in voor- en najaar. De 5 talrijkste soorten zijn grijs gemarkeerd.

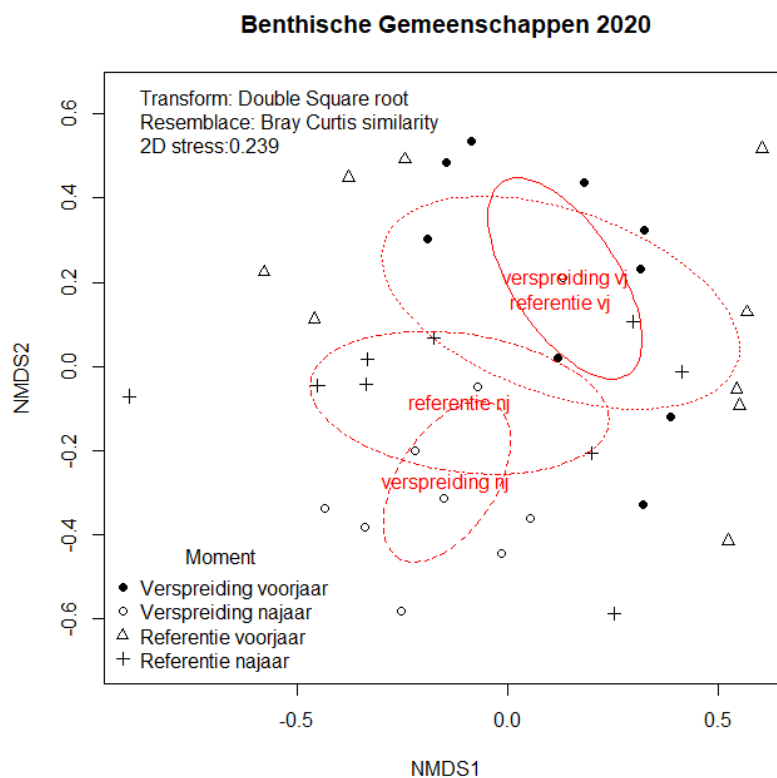
Soortensamenstelling

	Verspreiding Voorjaar n= 9		Verspreiding Najaar n= 9		Referentie Voorjaar n= 9		Referentie Najaar n= 9	
	$\mu + sd$	%	$\mu + sd$	%	$\mu + sd$	%	$\mu + sd$	%
<i>Bathyporeia pelagica</i>	44.4 ±33	100	27.8 ±41	78	81.5 ±96	100	21.1±24	67
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	20.7 ±16	89	1.1 ±2	33	4.1 ±5	56	7 ±5	89
Decapoda	18.1 ±14	100	8.1 ±7	89	31.1 ±48	78	4.8 ±6	67
<i>Ophelia borealis</i>	15.6 ±23	100	7.8 ±1	33	33.3 ±3	67	15.2 ±0	44
<i>Pontocrates arenarius</i>	15.6 ±13	56	0.4 ±16	11	1.1 ±48	11	0 ±35	0
<i>Nephtys cirrosa</i>	14.4 ±8	100	19.6 ± 13	100	18.5 ±13	89	22.2 ±13	89
<i>Scoloplos armiger</i>	8.5 ±7	78	5.9 ±7	78	9.6 ±12	56	5.6 ±10	33
<i>Pontocrates altamarinus</i>	8.1 ±7	100	10 ±8	89	4.1 ±3	78	11.9 ±8	100
<i>Nephtys</i>	7.4 ±8	67	16.3 ±12	89	7.4 ±5	89	11.9 ±9	89
<i>Bathyporeia elegans</i>	7 ±15	44	4.4 ±5	67	14.8 ±15	89	4.1 ±5	44
<i>Microphthalmus</i>	5.6 ±9	44	2.2 ±7	11	99.6 ±169	56	14.8 ±27	44
Mytilidae	4.4 ±4	78	0.7 ±2	11	14.1 ±37	33	1.1 ±2	22
<i>Spio martinensis</i>	3.7 ±4	44	1.5 ±2	44	7.8 ±8	56	6.3 ±4	56
<i>Spio gonocephala</i>	3.7 ±7	56	0.7 ±2	11	4.1 ±12	44	2.6 ±12	44
<i>Magelona johnstoni</i>	3.3 ±6	44	28.9 ±39	89	36.7 ±69	78	12.6 ±18	78
Alle Soorten	191 ±39		146 ±50		411 ±282		167 ±59	

3.2.2 Multivariate analyse

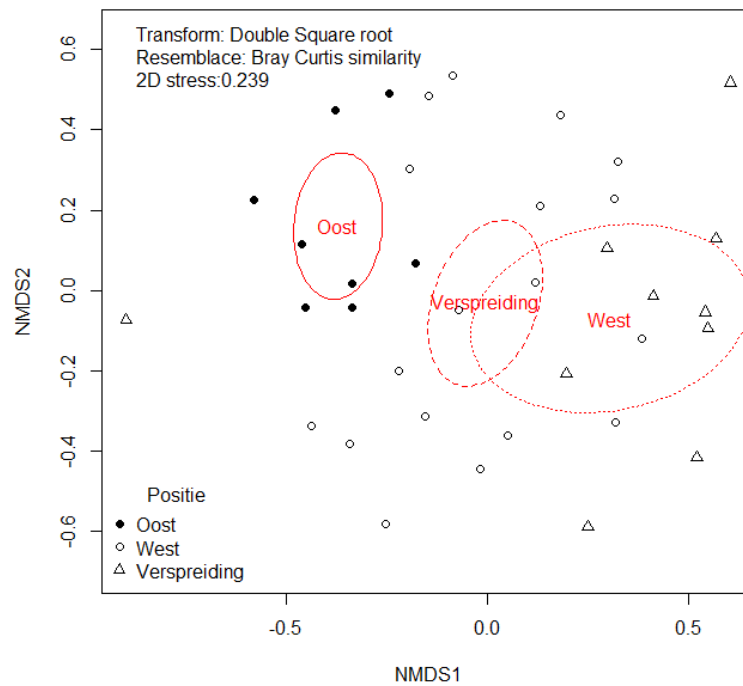
Een nMDS-ordinatie is uitgevoerd op aangetroffen dichtheden in alle individuele monsters om de verschillen in gemeenschap tussen het referentie- en verspreidingsgebied in kaart te brengen voor en na de verspreiding van baggerspecie. Hiervoor zijn 42 van de 74 soorten gebruikt (alleen de soorten geselecteerd die minimaal op drie locaties minstens 1% van de totale dichtheid van het monster opmaken). Zowel het referentiegebied als het spreidingsgebied laat een verschuiving in benthische gemeenschap zien tussen de voorjaarsbemonstering (vóór het verspreiden) en de najaarsbemonstering (na het verspreiden), zie Figuur 11. Dit ondersteunt het vermoeden dat geobserveerde verschillen in soorten, in 2020, in het verspreidingsgebied voor een groot deel te wijten zijn aan seizoenale variaties.

Tevens is er wel een groot verschil in soortensamenstelling, tijdens beide bemonsteringsmomenten, tussen het Oostelijke referentiegebied en het Westelijke referentiegebied/Verspreidingsgebied, zie Figuur 10. Dit doet vermoeden dat het Oostelijke referentiegebied geen goede referentie is voor het verspreidingsgebied.



Figuur 10. nMDS plot over twee dimensies, waarbij onderscheid is gemaakt tussen het referentie gebied ($n = 9$ per moment) en het verspreidingsgebied ($n = 9$ per moment) voor en na het bestorten. De ellipsen geven de 95% contouren voor ieder moment.

Benthische Gemeenschappen 2020



Figuur 11 nMDS plot over twee dimensies (zelfde als figuur 10), waarbij onderscheid is gemaakt tussen het verspreidingsgebied ($n = 9$ per moment) en het referentiegebied is opgesplitst tussen Oost ($n = 4$ per moment) en West ($n = 5$ per moment). De ellipsen geven de 95% contouren voor ieder moment.

3.3 Kieler Kinderwagen

Zowel in voor- als in het najaar zijn van de meeste soorten slechts enkele individuen in de monsters aangetroffen (code R) (Tabel 6 en Tabel 7). Slechts mosselen en garnalen kwamen in hoge aantallen voor, respectievelijk in het voor- en het najaar, steeds op de transecten DT-A en DT-E. Garnalen waren in het najaar ook op andere trajecten algemeen (code C). Alhoewel mosselen niet meer gevonden werden met de Kieler Kinderwagen in het najaar, waren er wel nog aanwezig maar in veel lagere dichtheden (data van Veen, Tabel 5).

Zoals al eerder aangegeven, kunnen uit de vondsten van de vissen (Pisces) geen conclusies getrokken worden omdat deze mobiele dieren het monstertuig kunnen ontwijken.

Soorten die in beide seizoenen gevonden zijn, zijn de gewone heremietkreeft, de gewone zwemkrab, de zeester, de Noordzeegarnaal en de strandkrab.

Opvallend is dat het aantal taxa (exclusief vissen) in het najaar in 3 van de 5 monsters kleiner is dan in het voorjaar, zowel in het verspreidingsgebied als in het referentiegebied.

Er lijken uit deze gegevens geen grote veranderingen in het verspreidingsgebied.

Tabel 6. Voorkomen van soorten in de Kieler Kinderwagen in het voorjaar 2020, gecategoriseerd volgens het ACFOR systeem (zie 2.2.3.: A = zeer algemeen, C = algemeen, F = vaak voorkomend, O = aanwezig, R = zeldzaam, blanco = niet aangetroffen)

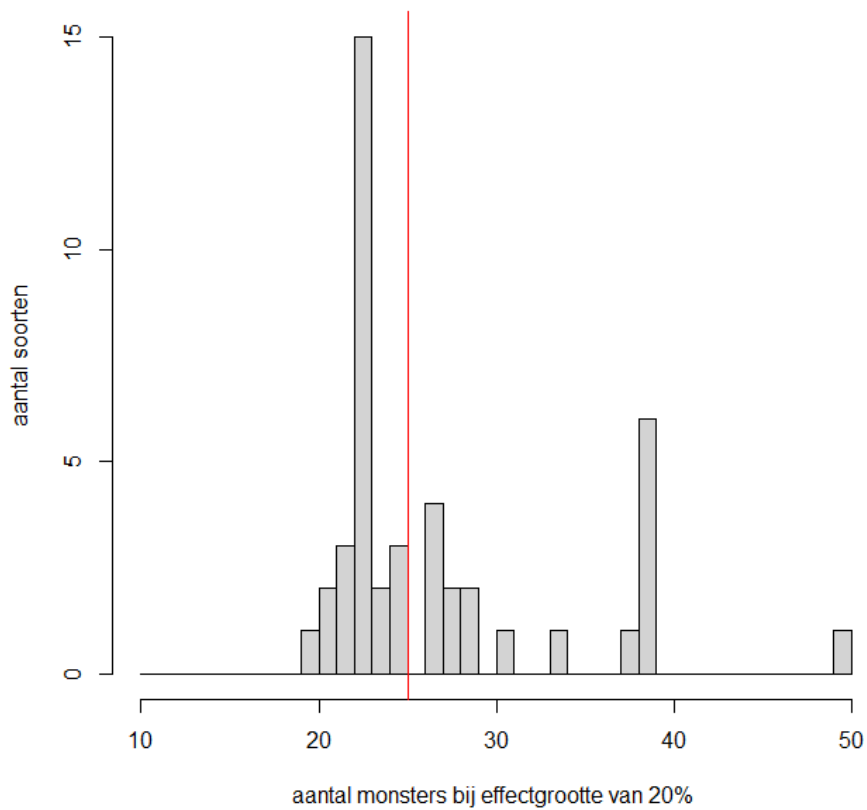
Phylum	Soort	Nederlandse naam	DT-F	DT-C	DT-B	DT-A	DT-E
Annelida	Autolytinae	-				R	
Annelida	Ophelia borealis	-		R			
Annelida	Terebellidae	-				R	R
Arthropoda	Balanomorpha	zeepokken		R			
Arthropoda	Balanus crenatus	gekerfde zeepok		O			
Arthropoda	Brachyura	krabben		R			
Arthropoda	Caprellidae	spookkreeftjes				R	O
Arthropoda	Carcinus maenas	strandkrab	R	R	R		O
Arthropoda	Crangon crangon	Noordzeegarnaal	R	F		O	F
Arthropoda	Decapoda	tienpotigen		R		O	F
Arthropoda	Gammarus locusta	sprinkhaanvlokreeft	R			R	O
Arthropoda	Gastrosaccus spinifer	-		R		O	F
Arthropoda	Hyas araneus	gewone spinkrab					R
Arthropoda	Idotea linearis	smalle zeepissebed					O
Arthropoda	Liocarcinus holsatus	gewone zwemkrab	R	R			R
Arthropoda	Mysidae	aasgarnalen	R				
Arthropoda	Nymphon brevistre	rode zeespin					R
Arthropoda	Pagurus bernhardus	gewone heremietkreeft			R	R	O
Arthropoda	Schistomysis spiritus	-	R	R		O	F
Bryozoa	Bryozoa	mosdiertjes		+		+	+
Cnidaria	Hydrozoa	hydroidpoliepen		+		+	+
Echinodermata	Asterias rubens	zeester	R		R		O
Echinodermata	Asteroidea	zeesterren		R		R	R
Echinodermata	Ophiura ophiura	gewone slangster				R	
Mollusca	Mytilidae	mosselen		F		A	A
Mollusca	Nudibranchia	naaktslakken				R	R
Pisces	Agonus cataphractus	harnasmannetje				R	F
Pisces	Ammodytidae	zandspieringen		R			R
Pisces	Limanda limanda	schar					R

Tabel 7. Voorkomen van soorten in de Kieler Kinderwagen in het najaar 2020, gecategoriseerd volgens het ACFOR systeem (A = zeer algemeen, C = algemeen, F = vaak voorkomend, O = aanwezig, R = zeldzaam, blanco = niet aangetroffen)

Phylum	Soort	Nederlandse naam	DT-F	DT-C	DT-B	DT-A	DT-E
Arthropoda	Mysidae	aasgarnaal	O				
Arthropoda	Portunus latipes	breedpootzwemkrab	R				
Arthropoda	Philocheras trispinosus	driepuntsgarnaal	O		R	R	
Arthropoda	Crangon	garnaal	C		C	A	A
Arthropoda	Pagurus bernhardus	gewone heremietkreeft	R	F		R	O
Arthropoda	Liocarcinus holsatus	gewone zwemkrab			F	O	F
Arthropoda	Diogenes pugilator	kleine heremietkreeft	F		F	F	F
Arthropoda	Corophium	slijkgarnaal				R	R
Arthropoda	Carcinus maenas	strandkrab	R		R	R	R
Cnidaria	Anthozoa	anemoon		R		R	
Cnidaria	Pleurobrachia pileus	zeedruif		R		O	
Cnidaria	Rhizostoma pulmo	zeepaddestoel				R	
Echinodermata	Asterias rubens	zeester	R	R		R	R
Mollusca	Sepioida	sepioida		R	R	R	
Pisces	Gobiidae	grondel	R	O		F	R
Pisces	Syngnathus rostellatus	kleine zeenaald	F	O	F	F	
Pisces	Limanda limanda	schar				R	
Pisces	Osmerus eperlanus	smelt		R			
Pisces	Ammodytidae	zandspiering	O	F		R	

3.4 Aantal benodigde monsters

Voor de meeste soorten zijn er 25-30 monsters nodig om verschillen van 20% (van het bereik) in dichtheid tussen 2 waarnemingen te kunnen vaststellen (Figuur 12). Dat is dus in goede overeenkomst met eerdere berekeningen met data van de box-corer, en conform het advies vooraf om 25-30 monsters te nemen.



Figuur 12. Histogram van het aantal soorten bij verschillend aantal benodigde monsters (effectgrootte 20%) (rode lijn bij 25 monsters)

4 Discussie

In de zomer van 2020 is begonnen met het verspreiden van baggerspecie uit de vaargeul naar de Eemshaven op locatie P0. Voorafgaand is in het voorjaar van 2020 een bemonstering van het bodemleven uitgevoerd. Monsters zijn genomen in het verspreidingsgebied en in het referentiegebied bestaande uit twee deelgebieden, oostelijk en westelijk van het verspreidingsgebied. In het najaar is een eerste bemonstering uitgevoerd, en in de jaren 2021 en 2022 zijn nieuwe bemonsteringen gepland in voor -en najaar (en, uiteraard, al deels uitgevoerd).

Door covid-19 kon het beoogde monitoringsplan, een aanpassing van het plan door IBL opgesteld, niet uitgevoerd worden. Daarom is ongeveer volgens het oorspronkelijke plan gemonsterd, met een van Veen-happer, en met de Kinder Kielerwagen.

Dit rapport beschrijft de data en veranderingen in 2020.

Het sediment kan geclassificeerd worden als middelfijn tot fijn zand, met heel lage slibgehalten. In tegenstelling tot onze verwachting (bijlage 1) is het sediment in het oostelijk deel van het referentiegebied niet grover dan elders. En, is slibgehalte er hoger, zij het overal laag.

In de loop van de zomer, na de start van het verspreiding van baggerspecie, is het sediment in het verspreidingsgebied fijnzandiger geworden

De soortenrijkdom is laag (max. 26 taxa per locatie) op alle drie locaties. In het referentiegebied is er wel een grote ruimtelijke variatie, en de soortenrijkdom in het oostelijk deel is veel hoger dan in het verspreidingsgebied en in het westelijk deel van het referentiegebied. In deze twee gebieden is de soortenrijkdom lager in het najaar, in het westelijk deel van het referentiegebied juist hoger dan in het voorjaar. Wellicht worden de ruimtelijke verschillen tussen oostelijk deel van het referentiegebied met de rest van het onderzoeksgebied deels veroorzaakt door de aanwezigheid van slib, al zijn dit lage gehalten. Maar het slibgehalte in het najaar is er niet lager dan in het voorjaar en kan dus niet de tegengestelde trends verklaren. Samengevat blijken er in het najaar geen verschillen tussen het verspreidingsgebied en het referentiegebied.

De totale dichtheid vertoont ongeveer dezelfde ruimtelijke en temporele verschillen. De totale dichtheid is heel erg laag (max. 930 ind./m²), met in het referentiegebied de grootste variatie in het voorjaar. Dit door de hogere dichtheden in het oostelijke deel van het referentiegebied. Enkel in dit deelgebied zijn er significante verschillen tussen voor- en najaar: een daling in de totale dichtheid, te wijten aan een daling van de dichtheid van meerdere soorten. Algeheel zijn er in het najaar geen verschillen tussen het verspreidingsgebied en het referentiegebied. Een daling in totale dichtheid is overigens tegengesteld aan de verwachting. Vaak zie je juist hogere dichtheden in het najaar in vergelijking met het voorjaar (Reiss & Kröncke 2005, Boon et al. 2011).

Voor een enkele soort is het verschil wellicht wel aan deze activiteit te wijten. De dichtheid van de borstelworm *Magelona johnstoni* nam toe in het verspreidingsgebied, terwijl de dichtheid afnam in het referentiegebied. Deze soort heeft de voorkeur aan fijnere sedimenten (Degraer et al. 2006). Het is bekend dat de populatie significant kan toenemen in gebieden na sterke fluctuaties in sedimentatie (Gittenberger & van Loon 2013). De soort is in BISI ook opgenomen als indicatorsoort voor meerdere habitats en gebieden, als indicator voor herstel (Wijnhoven et al. 2013, Wijnhoven & Bos 2017). Tot 1977 zijn alle Europese specimen van het geslacht *Magelona* geïdentificeerd als *M. papillicornis*. De soort werd zelfs beschouwd als een van de meest abundante soorten in de zuidelijke Noordzee (Fiege et al. 2000). Nadien is vaak de naam *M. mirabilis* gebruikt. Later is gebleken dat het in feite om 2 soorten ging: *M. mirabilis* and *M. johnstoni*. Om deze reden zijn in BISI ook de drie namen samen meegenomen (*M. papillicornis* = *M. johnstoni* + *M. mirabilis*) *Magelona mirabilis* is de soort waarvan bij eerder onderzoek (BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde 2001) (Klappstelle 2) hoge aantallen in het verspreidingsgebied (K-stationen) gevonden werden in vergelijking met de omgeving (R-Stationen), in

de periode na het kortstondig verspreiden van baggerspecie. De auteurs wijten het ruimtelijk verschil aan lokale natuurlijke verschillen.

Vooraf was een inschatting gemaakt van het aantal benodigde monsters. Voor het significant aantonen van verschillen van 20% (van het verschil tussen maximale en minimale dichtheid) tussen 2 metingen van de dichtheid van individuele soorten. Dit is gelijk aan wat vooraf ingeschat was (zie bijlage 1). Kortom, enkel grotere verschillen kunnen aangetoond worden. Aan de andere kant is bekend dat de mogelijkheid om verschillen statistisch aan te tonen groter is bij analyse van gemeenschapsindices (zoals soortenrijkdom en totale dichtheid) en dat geldt nog meer voor multivariate analyses. Verder kan het gebruik van co-variabelen (bijv. sedimentkarakteristieken) die mogelijkheid verder vergroten. In het komende jaar zullen we dit verder in beschouwing nemen.

Zeker is in ieder geval dat de multivariate analyses wel duidelijk seizoenale verschillen in soortensamenstelling laten zien. De verschillen in het verspreidingsgebied lijken iets groter dan in het referentiegebied. De analyses laten ook duidelijk zien dat de verschillen in soortensamenstelling tussen het oostelijke deel en het westelijk deel van het referentiegebied. Dat laatste lijkt veel meer op het verspreidingsgebied. Dat komt overeen met de vooraf uitgevoerde analyses (zie bijlage 1).

Conclusies:

- Algemeen blijkt de fauna in het verspreidingsgebied niet te verschillen van deze in het referentiegebied. Maar de bodemfauna in het oostelijk en het westelijk deel van het referentiegebied verschilden wel bij aanvang van de studie, in het voorjaar 2020. Toen was er ook een verschil tussen het oostelijk deel van het referentiegebied en het verspreidingsgebied.
- Alhoewel niet significant, lijkt de dichtheid van de veel soorten, alsook de totale dichtheid in het najaar lager dan in het voorjaar. In het verspreidingsgebied is er wel een grote toename van de borstelworm *Magelona johnstoni* opvallend, een soort die afneemt in het referentiegebied. Dit is mogelijk gerelateerd aan het verspreiden van baggerspecie, al kan het ook al duiden op herstel of te wijten zijn aan natuurlijke lokale en/of temporele verschillen. Dat zou conform eerder Duits onderzoek zijn.
- Gezien de geringe veranderingen, is er vooralsnog geen reden om enige invloed op het natuurgebied van Borkum Riffgrund te verwachten.

5 Literatuur

- Crisp D, Southward A (1958) The distribution of intertidal organisms along the coasts of the English Channel. . J Mar Biol Assoc U K 37:157–203
- Degraer S, Wittoeck J, Appeltans W, Cooreman K, Deprez T, Hillewaert H, Hostens K, Mees J, Vanden Berghe E, Vincx M (2006) The macrobenthos atlas of the Belgian part of the North Sea. Belgian Science Policy. D/2005/1191/6.
- Gittenberger A, van Loon W (2013) Sensitivities of marine macrozoobenthos to environmental pressures in the Netherlands. . Nederlandse Faunistische Mededelingen 41:79-112
- Grasmeijer B, Pasmans I (2013) Hydromorfologie Eems-Dollard estuarium. Achtergrondstudie t.b.v. OTB MER Vaarweg Eemshaven. ARCADIS, 3 december 2013 077141772:D. 168 pp.
- IBL (2020) Monitoringkonzept für die Klappstelle P0 im „NSG Borkum Riff“. IBL Umweltplanung GmbH, Oldenburg. 11 p.

6 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

Verantwoording

Rapport C073/21A
Projectnummer: 4313100129

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: J. Wijsman
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 9 november 2021

Akkoord: J. Asjes
Manager Integratie

Handtekening:



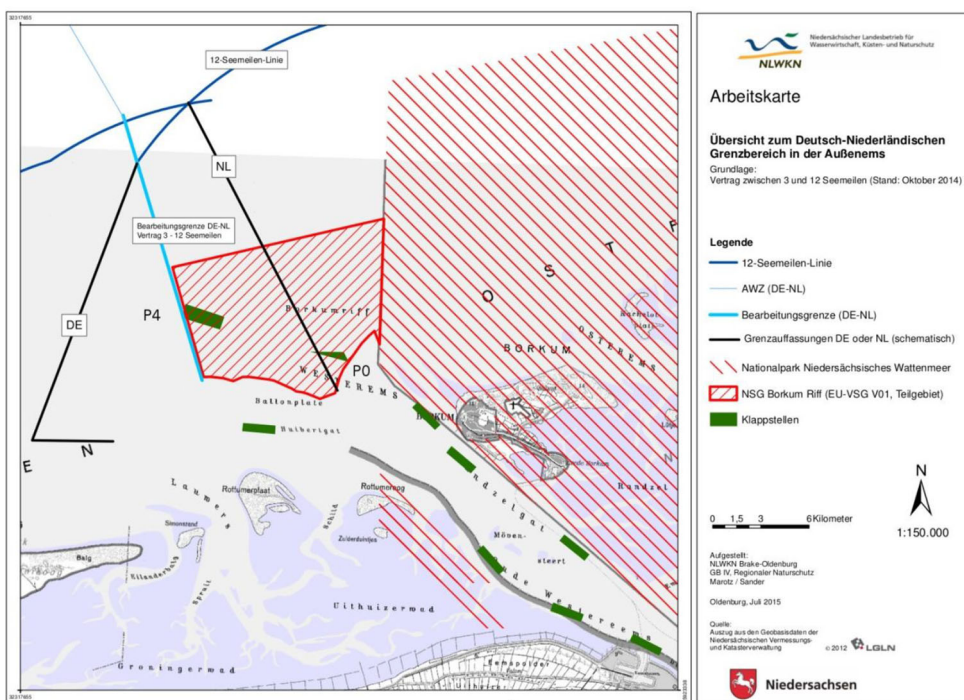
Datum: 9 november 2021

Bijlage 1 Evaluatie geplande biologische monsterprogramma P0 Eems

J.A. Craeymeersch, M. Baptist
April 2020

Kennisvraag

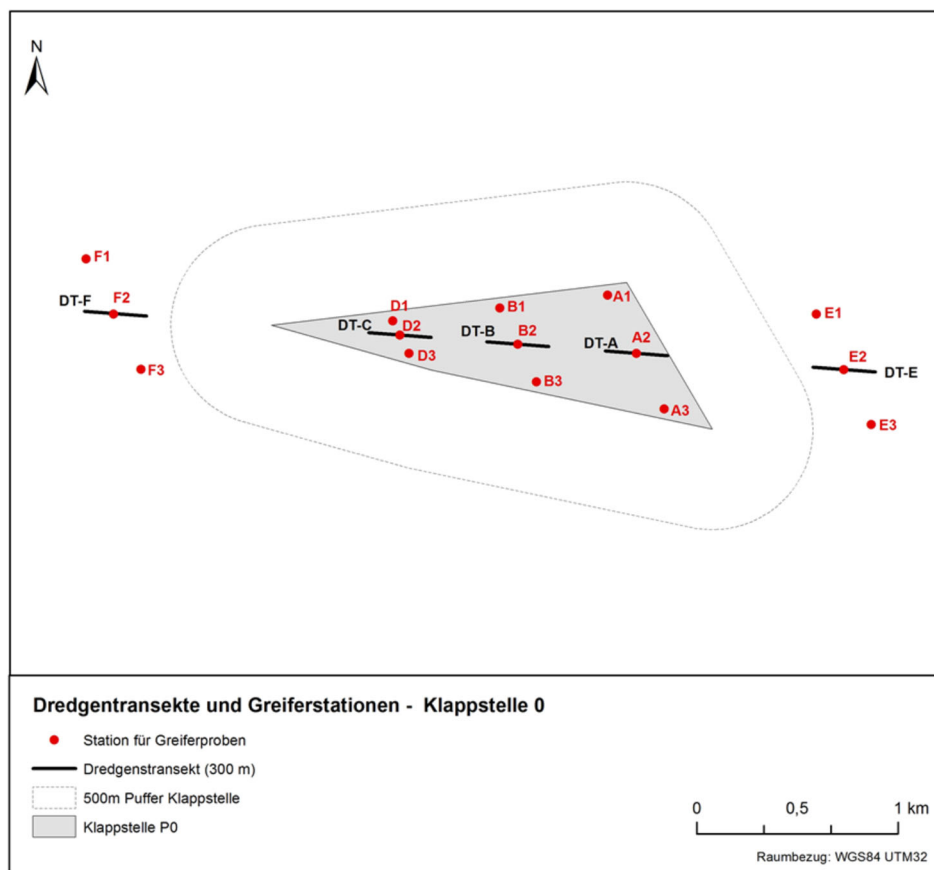
Rijkswaterstaat heeft op de Eems een opgave om de Toegangsgeul naar de Eemshaven bereikbaar te houden voor schepen met een diepgang van 14m. Rijkswaterstaat heeft een Duitse vergunning om verspreidingslocatie P0 op de Eems te mogen gebruiken (Bijlage - figuur 1). Deze is ten noordwesten van Borkum gelegen. Voorwaarden vanuit deze vergunning is dat 1) monitoring van de effecten op bodemfauna dient te worden uitgevoerd en 2) de ecologische impact op het gehele natuurgebied Borkum Riffgrund dient te worden vastgesteld. In opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Nederland is door IBL Umweltplanung GmbH een monitoringsvoorstel opgesteld (IBL 2020). Volgens dit plan worden bodemdieren bemonsterd met twee monstertuigen: een van Veen-happer en een Kieler Kinderwagen. Bijlage - figuur 2 geeft de geplande ligging en het aantal te bemonsteren locaties met ieder monstertuig.



Bijlage - figuur 1. Ligging van baggerspecieverspreidingsgebied P0 (Bron: IBL 2020)

Aan WMR is gevraagd te beoordelen of het monitoringprogramma opgesteld door IBL om wetenschappelijke redenen aangepast moet worden. Het gaat om de volgende vragen:

- Zijn er meer of betere referentielocatie(s) benodigd om de resultaten van de monitoring wetenschappelijk onderbouwd te kunnen duiden?
- Zijn de afstanden tot de verspreidingslocatie voldoende groot om geen beïnvloeding ten gevolge van de verspreiding met zand te hebben?
- Zijn er voldoende monsterpunten om wetenschappelijk onderbouwd uitspraken te doen over potentiële significante verschillen?



Bijlage - figuur 2. Monitoringsvoorstel IBL. Ligging van te bemonsteren locaties met van Veen-happer (rood) en Kieler Kinderwagen (zwart) in het baggerspecieverspreidingsgebied P0, en in de referentiegebieden ten oosten en ten westen van P0 (Bron: IBL 2020)

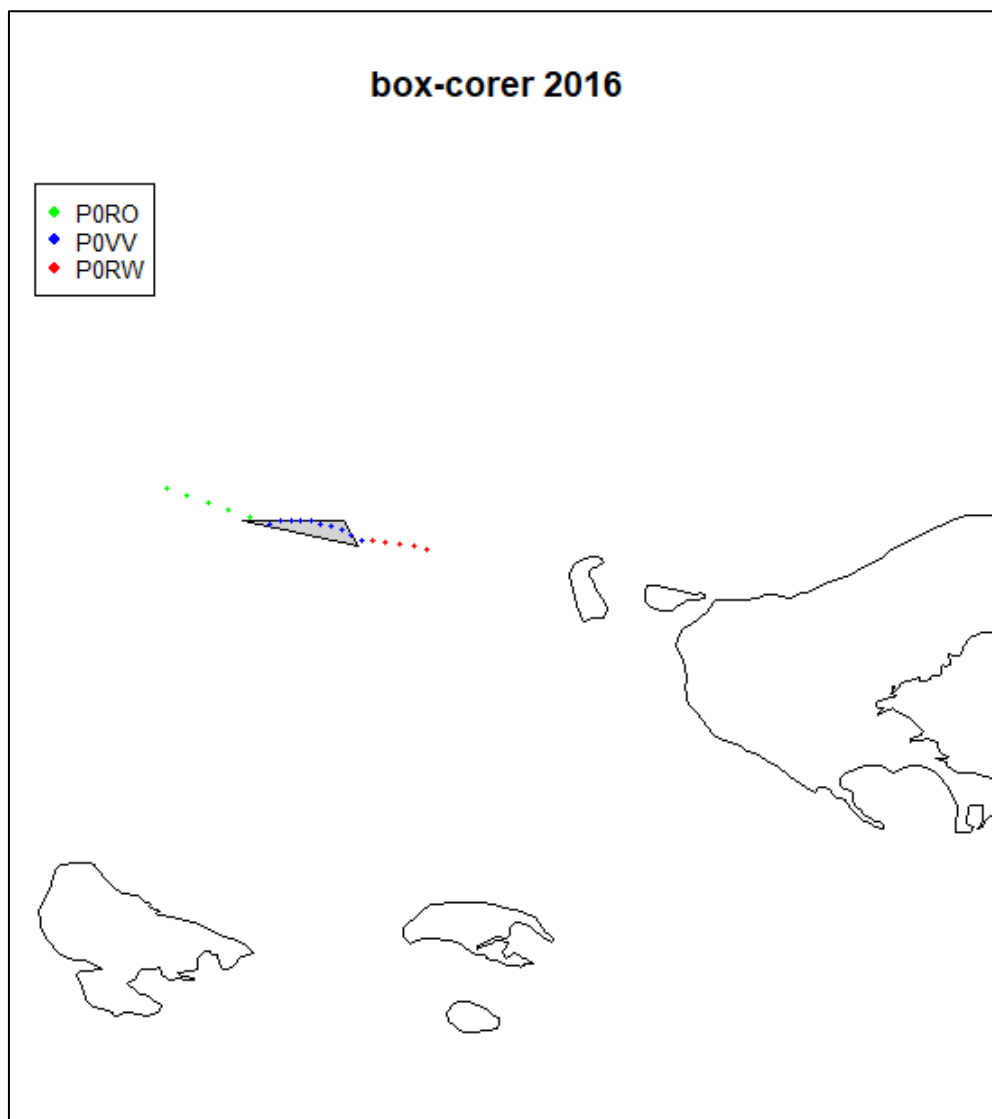
Aantal benodigde monsters

Een van de vragen is of er bij de voorgestelde bemonsteringopzet (IBL 2020) voldoende monsters genomen zullen worden en, zo niet, hoeveel er genomen moeten worden. Doel is het aantal monsterpunten zo te kiezen dat de kans om een effect te ontdekken als hete inderdaad bestaat, voldoende groot is. In het algemeen geldt: hoe meer monsters hoe beter het onderscheidend vermogen (Bos et al. 2009). De aanname is dat er op een bepaald moment een verschil tussen twee groepen (normaal verdeelde) waarnemingen (bijv. tussen het moment voor de verspreidingsactiviteiten en de eerste meting nadien) statistisch significant aangetoond moet kunnen worden, op basis van een t-test. Hierbij is de nulhypothese dat er geen verschil is. Voor de kans deze nulhypothese ten onrechte te verwerpen, is 5% aangehouden. De kans dat de nulhypothese niet waar is, maar toch niet verworpen wordt bij de toetst, is op 20% gezet. Dat betekent dat het onderscheidingsvermogen (de power) 80% is. De power hangt verder af van de variatie tussen de monsters van de betreffende variabele en de grootte van het verschil dat men wil kunnen detecteren. Het aantal te nemen monsters (n) kan dan op volgende manier berekend worden (Ens et al. 2007):

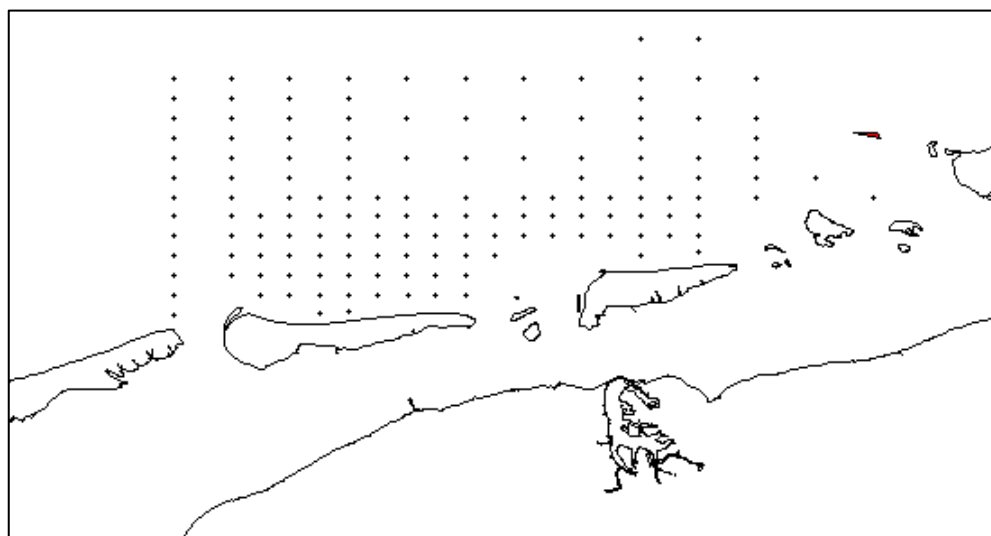
$$n = 8 * \left(\frac{\sigma}{\delta}\right)^2$$

met σ de standaarddeviatie en δ de effectgrootte waarvoor een onderscheidingsvermogen van 80% gehaald moet worden. Effectgrootte wordt uitgedrukt als een percentage van het waargenomen bereik, het verschil tussen de minimale en maximale waarde. Berekeningen zijn uitgevoerd voor meerdere effectgroottes: 5%, 10%, 15% en 20% van het waargenomen bereik.

Als waarnemingen zijn de totale dichtheid van de afzonderlijke bodemdiersoorten genomen, zoals waargenomen in het verspreidingsgebied in 2016 (P0VV in), en zoals waargenomen in het voorjaar 2019 tijdens de WOT schelpdiersurvey in de kustzone ten oosten van de 5,5 graden OL (Figuur 13) (Perdon et al. 2019). Het gaat om data verkregen uit bemonsteringen met respectievelijk een box-corer en een bodemschaaf. Een overzicht van de gevonden soorten, en de minimale en maximale dichtheden is gegeven in Bijlage - tabel 1 en Bijlage - tabel 2. De data dienen als proxy voor respectievelijk het aantal te nemen monsters met van Veen en met Kieler Kinderwagen.



Bijlage - figuur 3. Ligging van de locaties bemonsterd met box-corer in 2016, in het baggerspecieverspreidingsgebied (P0VV), en ten oosten (P0RO) en ten westen (P0RW) van het verspreidingsgebied.



Bijlage - figuur 4. Ligging van de monsterpunten bemonsterd met de bodemschaaf tijdens de schelpdiersruvey in de kustzone in 2019, gebruikt in de power-analyses

Figuur 13. Ligging van de monsterpunten bemonsterd met de bodemschaaf tijdens de schelpdiersruvey in de kustzone in 2019, gebruikt in de power-analyses

Bijlage - tabel 1. Minimale en maximale dichtheid gevonden in het stortvak P0 in 2016 (box-corer).

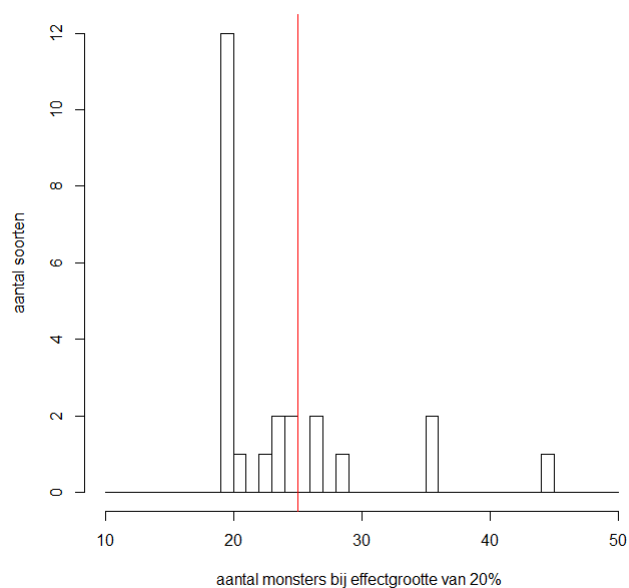
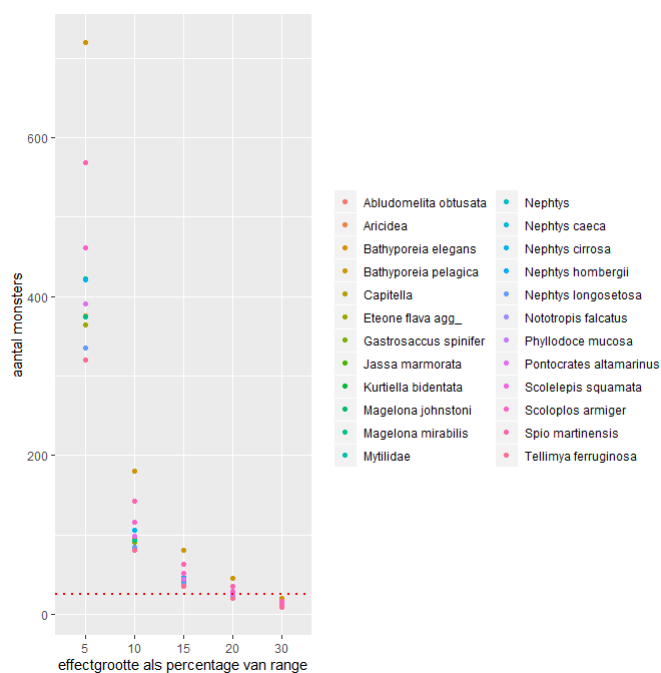
soort	min	max
Magelona johnstoni	12.821	410.256
Scoloplos armiger	0.000	141.026
Nephtys cirrosa	25.641	115.385
Magelona mirabilis	0.000	89.744
Bathyporeia elegans	0.000	51.282
Eteone flava agg_	0.000	51.282
Nephtys longosetosa	0.000	38.462
Bathyporeia pelagica	0.000	25.641
Gastrosaccus spinifer	0.000	25.641
Pontocrates altamarinus	0.000	25.641
Abludomelita obtusata	0.000	12.821
Aricidea	0.000	12.821
Capitella	0.000	12.821
Jassa marmorata	0.000	12.821
Kurtiella bidentata	0.000	12.821
Mytilidae	0.000	12.821
Nephtys	0.000	12.821
Nephtys caeca	0.000	12.821
Nephtys hombergii	0.000	12.821
Nototropis falcatus	0.000	12.821
Phyllodoce mucosa	0.000	12.821
Scolecopsis squamata	0.000	12.821
Spio martinensis	0.000	12.821
Tellinomya ferruginosa	0.000	12.821

Bijlage - tabel 2. Minimale en maximale dichtheden gevonden in kustgebied ten oosten van de 5.5 oosterlengte tijdens de WOT schelpdiersurvey in 2019 (bodemschaaf)

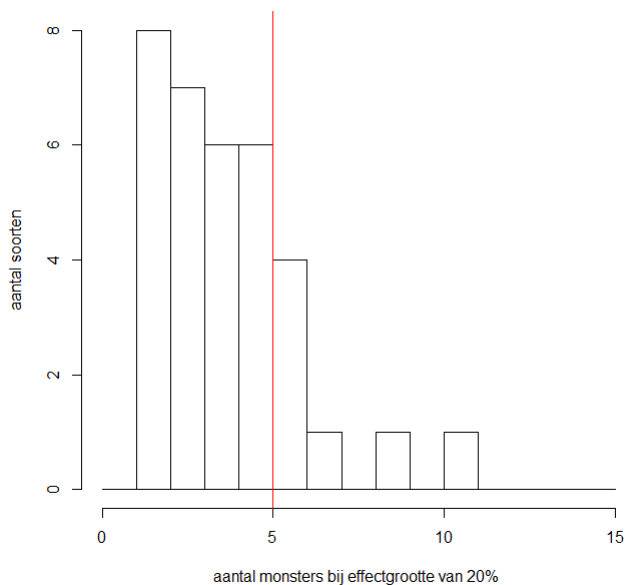
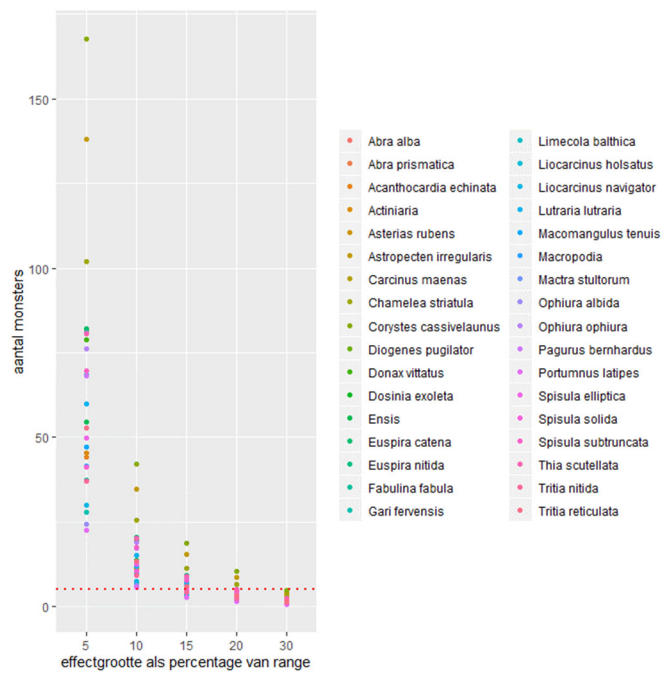
soort	min	max
<i>Spisula subtruncata</i>	0	4104.841
<i>Ensis</i>	0	803.066
<i>Limecola balthica</i>	0	81.054
<i>Actiniaria</i>	0	16.572
<i>Ophiura ophiura</i>	0	14.748
<i>Fabulina fabula</i>	0	13.093
<i>Donax vittatus</i>	0	9.397
<i>Lutraria lutraria</i>	0	7.208
<i>Abra alba</i>	0	6.914
<i>Tritia reticulata</i>	0	5.645
<i>Macomangulus tenuis</i>	0	5.363
<i>Chamelea striatula</i>	0	4.974
<i>Asterias rubens</i>	0	4.096
<i>Tritia nitida</i>	0	4.009
<i>Diogenes pugilator</i>	0	3.901
<i>Liocarcinus holsatus</i>	0	2.587
<i>Carcinus maenas</i>	0	1.773
<i>Pagurus bernhardus</i>	0	1.474
<i>Thia scutellata</i>	0	1.465
<i>Astropecten irregularis</i>	0	1.306
<i>Corystes cassivelaunus</i>	0	1.282
<i>Ophiura albida</i>	0	1.002
<i>Liocarcinus navigator</i>	0	0.806
<i>Euspira catena</i>	0	0.665
<i>Mactra stultorum</i>	0	0.660
<i>Abra prismatica</i>	0	0.305
<i>Euspira nitida</i>	0	0.292
<i>Spisula solida</i>	0	0.169
<i>Macropodia</i>	0	0.163
<i>Dosinia exoleta</i>	0	0.151
<i>Gari fervensis</i>	0	0.136
<i>Portumnus latipes</i>	0	0.095
<i>Spisula elliptica</i>	0	0.084
<i>Acanthocardia echinata</i>	0	0.069

Hoeveel monsters genomen moeten worden met een box-corer om effectgroottes van 5%, 10%, 15%, 20% en 30% van het waargenomen bereik te kunnen detecteren met een onderscheidingsvermogen van 80% is geschetst in Bijlage – figuur 5. Het aantal monsters dat je moet nemen om verschillen significant te kunnen aantonen, neemt toe naarmate een kleiner verschil aangetoond moet kunnen worden (kleinere effectgrootte) (bovenste figuur). Minimaal 300 tot meer dan 700 monsters bij bijv. een effectgrootte van 5%. Ook is het te nemen aantal monsters bij een kleine effectgrootte sterk afhankelijk van de soort. Bij een grotere effectgrootte wordt het aantal benodigde monsters kleiner, en is er praktisch geen verschil meer voor de verschillende bodemdiersoorten (punten vallen ook op elkaar). Voor het significant kunnen vaststellen van verschillen van 20% tussen 2 waarnemingen zijn voor de meeste soorten minimaal 20-25 monsters nodig. Dat is ook geschetst in de onderste figuur: bij het nemen van 25 monsters (rode lijn) is de power voldoende groot voor 18 van de 24 soorten. Daarbij is het wel zo dat 3 van de soorten waarvoor meer monsters voor genomen zouden moeten worden (*Scoloplos armiger*, *Magelona johnstoni*, *Nephtys cirrosa*) de numeriek dominante soorten. Het aantal benodigde monsters voor deze soorten is respectievelijk 26, 26 en 29. Met 20 monsters kunnen voor alle soorten verschillen van 30% vastgesteld worden. Met 9 monsters, zoals in IBL-plan voorzien in het verspreidingsgebied, kunnen verschillen van 30-45% aangetoond worden.

Hoeveel monsters genomen moeten worden met een bodemschaaf om effectgroottes van 5%, 10%, 15%, 20% en 30% van het waargenomen bereik te kunnen detecteren met een onderscheidingsvermogen van 80% is geschetst in Bijlage - figuur 6. Ook hier is duidelijk dat het aantal monsters dat je moet nemen om verschillen significant te kunnen aantonen, toeneemt naarmate een kleiner verschil aangetoond moet kunnen worden (kleinere effectgrootte) (bovenste figuur). Minimaal 22 tot meer dan 170 monsters bij bijv. een effectgrootte van 5%. Ook hier zien we dat het te nemen aantal monsters bij een kleine effectgrootte sterk afhankelijk is van de soort. En dat bij een grotere effectgrootte het aantal benodigde monsters kleiner wordt, en er praktisch geen verschil meer is voor de verschillende bodemdiersoorten (punten vallen ook op elkaar). Voor het significant kunnen vaststellen van verschillen van 20% tussen 2 waarnemingen zijn voor de meeste soorten maximaal 5 monsters nodig. Dat is ook geschetst in de onderste figuur: bij het nemen van 5 monsters (rode lijn) is de power voldoende groot voor 26 van de 33 soorten. Voor 3 van de overige soorten zijn eigenlijk ook maar 5 monsters nodig: de berekende waardes liggen tussen 5.05 en 5.12. Geen van de overige soorten behoort tot de numeriek dominante soorten. Daarvan heeft *Chamelea striatula* de grootste dichtheid, bijna 5 ind/m² (Bijlage - tabel 2). Bij het nemen van 5 monsters kunnen voor alle soorten verschillen van 30% vastgesteld worden. Met 3 monsters, zoals in IBL-plan voorzien in het verspreidingsgebied, kunnen verschillen van 15-26% aangetoond worden.



Bijlage - figuur 5. Boven: Aantal benodigde monsters te nemen met box-corer als functie van de gewenste effectgrootte voor totale dichtheid van verschillende bodemdiersoorten. Onder: histogram van het aantal soorten bij verschillend aantal benodigde monsters (effectgrootte 20%).



Bijlage - figuur 6. Boven: Aantal benodigde monsters te nemen met bodemschaaf als functie van de gewenste effectgrootte voor totale dichtheid van verschillende bodemdiersoorten. Onder: histogram van het aantal soorten bij verschillend aantal benodigde monsters (effectgrootte 20%).

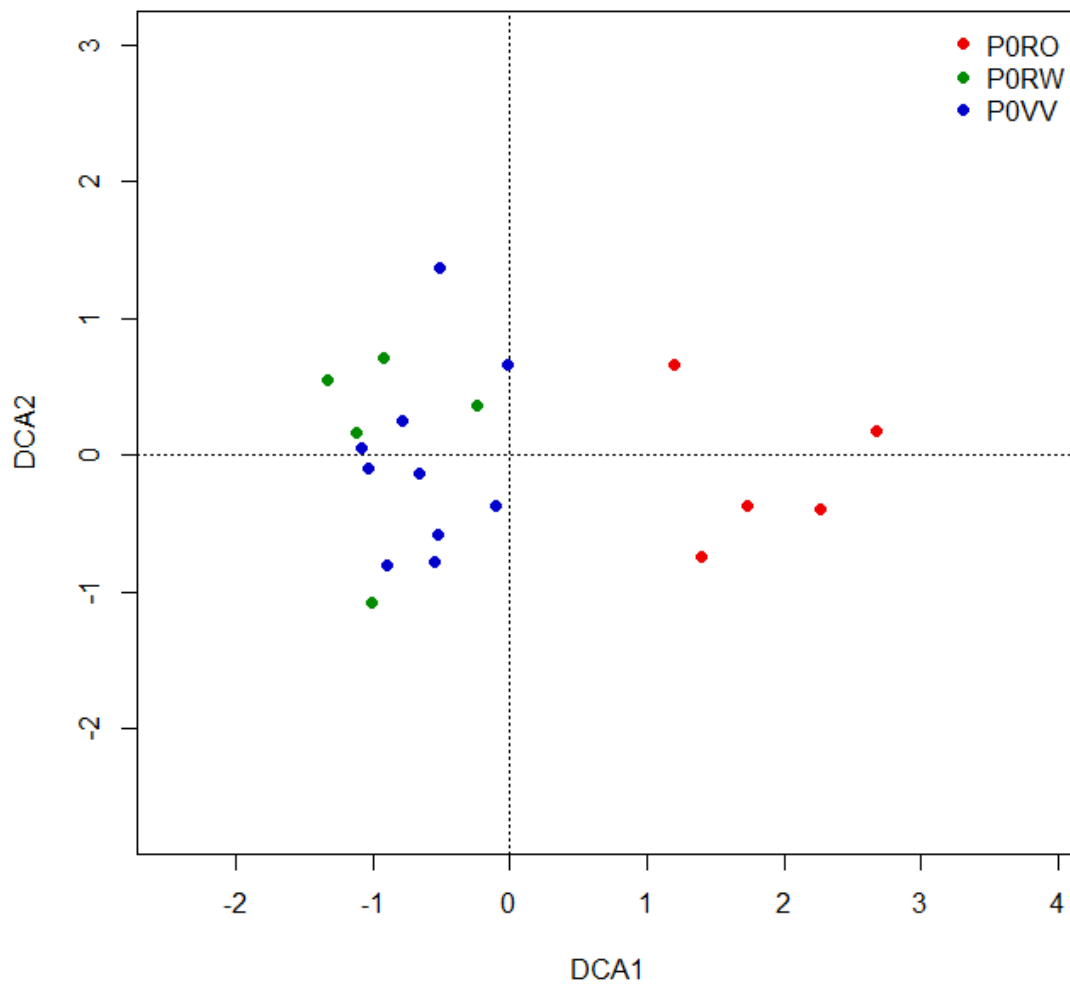
Ligging van de referentiegebieden

Het uitgangspunt voor de poweranalyse is dat op T0 de gebieden (suppletie- en referentiegebieden) niet van elkaar zouden moeten verschillen in termen van soortenaantal en dichtheid per soort. Op T1 zouden er wel verschillen kunnen zijn ontstaan doordat het benthos nog niet hersteld is van de effecten van de suppletie.

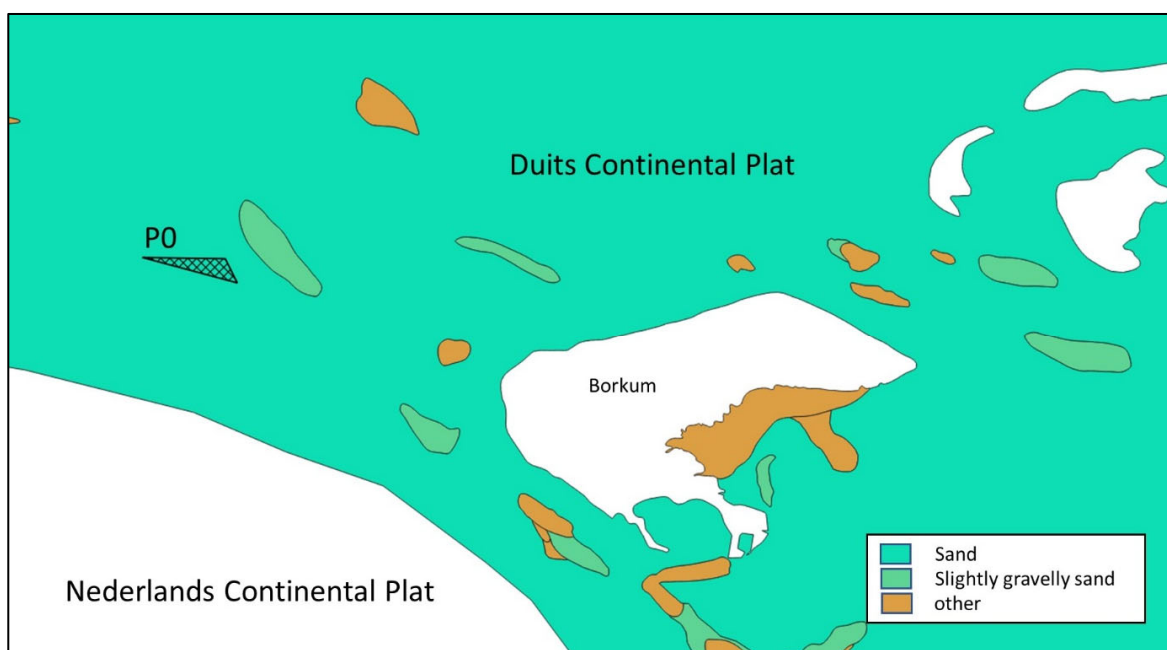
Het is niet altijd makkelijk om die referentiegebieden te vinden. Vaak verandert de bodemfauna op relatief kleine schaal, door verschillen in omgevingsvariabelen. Daarom wordt er vaak een referentiegebied gekozen langs beide zijden van het gebied waar een menselijke activiteit gepland is, zoals bijv. bij de suppletie bij Callantsoog (Wijsman et al. 2017). Ook hier is hiervoor gekozen (Bijlage - figuur 2).

Uit een multivariate analyse van de data uit 2016 blijkt dat het referentiegebied ten oosten van het verspreidingsgebied qua fauna verschilt (Bijlage - figuur 7). In deze figuur zijn alle locaties genomen op de verspreidingslocatie en de twee referentiegebieden weergegeven. De kleur wijst op de ligging. Hoe dichter locaties bij elkaar liggen, hoe meer ze gelijk zijn qua soortensamenstelling, hoe verder uit elkaar hoe meer verschillend. De monsters genomen in het gebied en oosten van de verspreidingslocatie (in rood weergegeven) liggen duidelijk 'los' van de overige monsters. De volumes na zeven waren ook groter, en dus was de sedimentsamenstelling hoogstwaarschijnlijk ook anders, met grover sediment. Inderdaad blijkt er oostelijk van P0 een gebied met grover sediment (Bijlage - figuur 8).

De ruimtelijke detaillering van deze sedimentkaart is beperkt, en de precieze ligging van het gebied met grovere sedimenten is niet juist bekend. Onze aanbeveling is om het referentiegebied in het oosten iets zuidelijker te leggen, en de geul te volgen die daar naar het zuiden afbuigt.



Bijlage - figuur 7. DCA-diagram met ligging van de monsters genomen in 2016, in het baggerspecieverspreidingsgebied (P0VV), ten oosten ervan (P0RO) en ten westen ervan (P0RW).



Bijlage - figuur 8. Sedimentkaart Duits Continentaal Plat (bron: GPDN-website www.gpdn.de)

Afstand tot verspreidingslocatie

Tot slot is er nog de vraag of de afstanden van de referentielocaties tot de verspreidingslocatie voldoende groot zijn om geen beïnvloeding ten gevolge van de verspreiding met zand te hebben.

De valsnelheid van fijn zand (~250 µm) is orde 0,04 m/s. De waterdiepte is hier een meter of 10. Als het water niet stroomt doet het zand er 250 sec = 4 minuten over om de bodem te bereiken. Maar het water stroomt met pak hem beet 1 m/s in de vloed- of ebstroom. Heel simplistisch gerekend (geen rekening houdend met turbulentie) kan een zandkorrel in die 250 sec dus 250 m afleggen. Er is een bufferzone van 500 m rond de verspreidingslocatie en de monsterstations liggen daarbuiten. Dit is dus voor fijn zand genoeg. In werkelijkheid valt het zand in de vorm van een massatransport uit een zandzuiger door bodemklappen en wordt de bodem sneller bereikt.

Voorts kunnen er door het verspreiden morfologische veranderingen van de zeebodem optreden die dan weer invloed hebben op het sedimenttransport. In het verspreidingsgebied komt een berg zand op bodem en die gaat uitvlakken. Er wordt 640.000 m³ per jaar verspreid met een maximum van 2.300.000 m³. Het oppervlakte van P0 is ongeveer $\frac{1}{2} \cdot B \cdot H = \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 700 = 700.000 \text{ m}^2$. Dat betekent dus ongeveer 1 m bodemverhoging per jaar. En na 4 jaar dus bijna 4 m. Dat zand moet ergens naartoe en dat zal vooral in oostwestelijke richting uitgevlakt worden met de oostwest getijdestroming. De vorm in ogenschouw nemend is er meer invloed aan de oostzijde te verwachten dan aan de westzijde. Het zou daarom kunnen dat die 500 m bufferzone te klein is om totaal geen invloed te hebben. Anderzijds, er is ook al natuurlijke dynamiek van zandtransport als het slechts 10 m diep is en dan is de invloed van het extra zand daarop gering.

Conclusies

- Zijn er meer of betere referentielocatie(s) benodigd om de resultaten van de monitoring wetenschappelijk onderbouwd te kunnen duiden?
 - Onze aanbeveling is om het oostelijk gebied iets naar het zuiden te verplaatsen, omdat zo de sedimentsamenstelling in dit referentiegebied beter overeenkomt met die van de verspreidingslocatie.
- Zijn de afstanden tot de verspreidingslocatie voldoende groot om geen beïnvloeding ten gevolge van de verspreiding met zand te hebben?
 - We schatten dat de kans op invloed vanuit de verspreidingslocatie klein is, de natuurlijke sedimentdynamiek in ogenschouw nemend, en de afstanden dus voldoende groot zijn.
- Zijn er voldoende monsterpunten om wetenschappelijk onderbouwd uitspraken te doen over potentiële significante verschillen?
 - Dat is zeker niet het geval. Niet voor de Kieler Kinderwagen, want slechts 1 monsters in ieder referentiegebied. Ook niet voor de happer, want aantal monsterlocaties in referentiegebieden zeker te gering. Hoeveel monsters genomen moeten worden, hangt af van de effectgrootte die men wil kunnen detecteren. Voor effectgroottes van 20% zouden 30 box-corers genomen moeten worden, en 5 monsters met de Kieler Kinderwagen. Minder monsters betekent een keuze om enkel grotere veranderingen te kunnen detecteren.

Referenties

- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2001) Bagger- und Klappstellenuntersuchungen im Ems-Ästuar, Klappstellen 1 bis 7. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht BfG-1329: 111S + 28 Anl.
- Boon A, Gittenberger A, van Loon W (2011) Review of Marine Benthic Indicators and Matrices for the WFD and design of an optimized BEQI. Deltares, .
- Bos O, Meesters H, van der Wal J, Lewis W, Cuperus J, Bakker A, van Leeuwen P (2009) Kwantitatieve bemonstering van benthos en bodem voorafgaand aan zandsuppleties bij Texel (nulmeting). Wageningen UR, IMARES. Rapport C134/09. 50 pp. .

-
- Crisp D, Southward A (1958) The distribution of intertidal organisms along the coasts of the English Channel. . J Mar Biol Assoc U K 37:157–203
- Degraer S, Wittoeck J, Appeltans W, Cooreman K, Deprez T, Hillewaert H, Hostens K, Mees J, Vanden Berghe E, Vincx M (2006) The macrobenthos atlas of the Belgian part of the North Sea. Belgian Science Policy. D/2005/1191/6.
- Ens BJ, Craeymeersch JA, Fey FE, Heessen HJL, Smaal AC, Brinkman AG, Dekker R, van der Meer J, van Stralen MR (2007) Sublitorale natuurwaarden in de Waddenzee. Een overzicht van bestaande kennis en een beschrijving van een onderzoekopzet voor een studie naar het effect van mosselzaadvisserij en mosselkweek op sublitorale natuurwaarden. Wageningen IMARES, Rapportnummer C077/07. 117 pp.
- Fiege D, Licher F, Mackie ASY (2000) A partial review of the European Magelonidae (Annelida : Polychaeta): *Magelona mirabilis* redefined and *M-johnstoni* sp nov distinguished. J Mar Biol Assoc UK 80:215-234
- Gittenberger A, van Loon W (2013) Sensitivities of marine macrozoobenthos to environmental pressures in the Netherlands. . Nederlandse Faunistische Mededelingen 41:79-112
- Grasmeijer B, Pasmans I (2013) Hydromorfologie Eems-Dollard estuarium. Achtergrondstudie t.b.v. OTB MER Vaarweg Eemshaven. ARCADIS, 3 december 2013 077141772:D. 168 pp.
- IBL (2020) Monitoringkonzept für die Klappstelle P0 im „NSG Borkum Riff“. IBL Umweltplanung GmbH, Oldenburg. 11 p.
- Perdon K, Troost K, van Zwol J, van Asch M, van der Pool J (2019) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2019. CVO rapport: 19.010. 50 pp.
- Reiss H, Kröncke I (2005) Seasonal variability of benthic indices: an approach to test the applicability of different indices for ecosystem quality assessment. Mar Pollut Bull 50:1490-1499
- Wijnhoven S, Bos OG (2017) Benthische Indicator Soorten Index (BISI). Ecoauthor
- Wijnhoven S, Duineveld G, Lavaleye M, Craeymeersch J, Troost K, van Asch M (2013) Kaderrichtlijn Marien indicatoren Noordzee. Naar een uitgebalanceerde selectie van indicator soorten ter evaluatie van habitats en gebieden en scenario's hoe die te monitoren. NIOZ, Monitor Taskforce Publication Series 2013-02. 108 pp. .
- Wijsman JWM, Craeymeersch J, Gerla D (2017) Effect van diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog op de benthosgemeenschap. Resultaat T0-bemonstering najaar 2016. Wageningen Marine Research Yerseke, september 2017. Rapport C071/17. 49 pp.

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

Bezoekers adres:

- 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.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'
