



# Ruimtelijke patronen van het benthos in de buitendelta van de Westerschelde

Een studie i.h.k.v. een mogelijke pilotsuppletie

Auteur(s): Vincent Escaravage\* & Luuk van der Heijden\*\*

Wageningen University &  
Research rapport C050/21

Wageningen Marine Research\*

Deltares \*\*

---

# Ruimtelijke patronen van het benthos in de buitendelta van de Westerschelde

Een studie i.h.k.v. een mogelijke pilotsuppletie



Vincent Escaravage\* & Luuk van der Heijden\*\*

Wageningen Marine Research\*

Deltares \*\*

Wageningen Marine Research

Yerseke, mei 2021

---

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C050/21

---

Keywords: Vlakte van de Raan. Benthic communities, Spatial patterns,

Opdrachtgevers: RWS Zee en Delta  
t.a.v.: Marco Schrijver  
Postbus: 2232  
3500 GE Utrecht

RWS WVL  
t.a.v.: Cor Schipper  
Postbus: 2232  
3500 GE Utrecht

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van het project KPP Schelde-estuarium 11206823

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/547651>

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

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto's bovenaan: Persoonlijke foto's van auteurs en download vanuit *WoRMS*

(*marinespecies.org*)

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research,  
instituut binnen de rechtspersoon  
Stichting Wageningen Research,  
hierbij vertegenwoordigd door  
Dr.ir. J.T. Dijkman, Managing  
director

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

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 Kennisvragen over de bodemdiergemeenschappen rondom de Vlakte van de Raan</b>	<b>9</b>
2.1 Bodemdiergemeenschappen in de Voordelta (1983-1988)	9
2.2 Bodemdiergemeenschappen in het Belgische deel van de Noordzee (1976-1986 / 1994-2001).	10
2.3 Synthese en formulering van de kennisvragen	11
2.3.1 Verschillen in de selectie van kensoorten als functie van het studiegebied	11
2.3.2 Verschillen als gevolg van temporele trends	12
2.3.3 Relatie tussen ecologische typering en omgevingsfactoren	13
2.3.4 Van statistische clustering naar ecologische typering	13
<b>3 Gegevens en methoden</b>	<b>15</b>
3.1 Bodemdiergegevens	15
3.1.1 Oorsprong en eigenschappen van de datasets	15
3.1.2 Standaardisering van de taxonomie	15
3.1.3 Selectie van de locaties uit dataset Voordelta 1983-1988	16
3.1.4 Selectie van de locaties uit dataset WOT 1993-2019	16
3.2 Omgevingsfactoren	17
3.2.1 Diepte	17
3.2.2 Sedimentkarakteristieken	17
3.2.3 Bodemschuifspanning	17
3.2.4 Sedimentatie-erosie	17
3.2.5 Koppeling tussen omgevingsfactoren en bodemdiergemeenschappen	17
3.3 Statistische analyses	18
<b>4 Resultaten</b>	<b>21</b>
4.1 Analyse van boxcorer Voordelta 1983-1988	21
4.1.1 Clustering van de locaties op basis van de bodemdiersoorten	21
4.1.2 Soortenrijkdom, taxonomische diversiteit en totale dichtheid (boxcorer Voordelta 1983-1988)	22
4.1.3 Ruimtelijke verdeling van de clusters (boxcorer Voordelta 1983-1988)	24
4.2 Analyse van bodemschaafgegevens (WOT, 1993-2019)	25
4.2.1 Temporele trends in bodemdieren door de jaren heen	25
4.2.2 Gemeenschapsanalyse WOT monitoring 2011-2019	26
4.2.3 Soortenrijkdom, taxonomische diversiteit en totale dichtheid	27
4.2.4 PCA vs. cluster analyse WOT 2011-2019	30
4.3 Relatie tussen de bodemdiergemeenschappen en de omgevingsvariabelen (WOT 2011-2019)	32
4.3.1 Omgevingsvariabelen vs. clustering WOT 2011-2019	32
4.3.2 Omgevingsvariabelen vs. multivariate projecties WOT 2011-2019	33
4.4 Interpretatie huidige clustering resultaten a.d.h.v. een "Biological Trait Analysis"	34
<b>5 Discussie en conclusie</b>	<b>37</b>
5.1 Boxcorer vs. bodemschaaf monitoring	37
5.1.1 Kensoorten en clustering	37
5.1.2 Monstertuigen vs. biodiversiteit	38

---

5.2	Temporele variaties in bodemdiergemeenschappen	38
5.3	Bodemdiergemeenschappen en omgevingsfactoren	39
5.4	Statistische clustering vs. ecologische typering	39
<b>6</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Kwaliteitsborging</b>	<b>43</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>44</b>
	<b>Verantwoording</b>	<b>46</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Soortenlijst met Latijnse en Nederlandse benamingen en foto</b>	<b>47</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Soortenlijst ("gelumppte" taxa) met voorkomen-frequentie in datasets (Voordelta, WOT)</b>	<b>50</b>

# Samenvatting

Als voorstudie van de door Rijkswaterstaat geplande pilotsuppletie in de Scheldemonding wordt een analyse uitgevoerd naar de ecologie en de relatie met abiotische factoren in de Scheldemonding. Het doel van deze studie is om, met behulp van beschikbare data en vier verschillende complementaire analyses, de relatie tussen bodemdiergemeenschappen en abiotiek in de huidige situatie in kaart te brengen.

De eerste analyse betreft een ruimtelijke verfijning van de gemeenschapsanalyse, zoals uitgevoerd in Craeymeersch et al. (1990a), op basis van de boxcore-data (projecten Voordelta en Grootschalige Lokatie) verzameld in de voordelta van 1983 tot en met 1988. Deze analyse richt zich op een kleinere ruimtelijke schaal dan toentertijd is gedaan door Craeymeersch et al. (1990a), namelijk het mondingsgebied van de Westerschelde, en heeft als doel het identificeren van clusters van bodemdiergemeenschappen. Vier verschillende clusters worden in het Scheldemondingsgebied onderscheiden. De kensoorten van deze clusters zijn voor cluster 1: het kniksprietkreeftje *Bathyporeia* sp. en de zandzager *Nephtys cirrosa*; voor cluster 2 de zandzager *Nephtys hombergii*, het goudkammetje *Lagis* sp. en de witte dunschaal *Abra alba*; voor cluster 3 de draadworm *Heteromastus filiformis*; en voor cluster 4 het nonnetje *Limecola balthica*. De oplopende toename in slibgehalten van cluster 1 naar cluster 4 komt overeen met de transitie van *Nephtys cirrosa*- naar *Abra alba*- naar *Limecola balthica* gemeenschappen, die vaak gepaard gaat met het fijner worden van het sediment. De ruimtelijke verfijning van de gemeenschapsanalyse van Craeymeersch et al. (1990a) levert zeer vergelijkbare resultaten op met verschuivingen van kensoorten langs gradiënten van toenemende diepte en/of slibgehalten.

Als tweede analyse zijn de resultaten uit deze boxcorer monitoring in 1983-1988 vergeleken met de data verkregen op basis de bodemschaafbemonstering, uitgevoerd in het kader van het WOT-programma (1995-2019). Deze analyse zal duidelijkheid geven over de overeenkomsten tussen beide bemonsteringsmethodes, de bruikbaarheid van de bodemschaafbemonstering voor een ecologische monitoring en de temporele trends in de bodemdiersoorten. Er is bij de gemeenschapsanalyse van de WOT dataset gebruik gemaakt van een selectie van monsters verzameld tussen 2011 en 2019. Deze analyse wijst de rechtsgestreepte platschelp *Fabulina fabula* (cluster 1) en de breedpootkrab *Portumnus latipes* (cluster 2) aan als kensoorten voor respectievelijk de geul-plaat transitiegebieden en ondiepe platen. Volgens de EUNIS classificatie is de transitie tussen die soorten kenmerkend voor een toenemende invloed van golven op de hydrodynamica. Ook *Spisula* soorten (strandschelpen) worden aangemerkt in de EUNIS classificatie als kenmerkend voor verandering in hydrodynamica. Dit komt overeen met de resultaten van onze analyse waarbij een verschuiving van *Spisula subtruncata*/*Nephtys hombergii* naar *Spisula elliptica*/*Nephtys cirrosa* waargenomen wordt bij toenemende hydrodynamische stress. De overige kensoorten, *Abra alba* en *Limecola balthica*, zijn kenmerkend voor diepere en/of slibrijke gebieden zoals eerder beschreven in Craeymeersch et al. (1990), Degraer (2006) en de Mesel (2011). Dit toont aan dat ondanks een verschil in bemonsteringsapparaten, en dus een andere dataset aan soorten, er in beide gevallen "typische" soorten waargenomen worden die kenmerkend zijn voor bepaalde gebieden of transities. De consistentie van deze resultaten met eerdere studies wijst op robuuste ecologische structuren in relatie met hun omgeving. Ook blijkt de WOT monitoring, dankzij de jaarlijkse frequentie en het grote aantal locaties, in staat om de temporele veranderingen in schelpdieren en overige relatief grote soorten accuraat in beeld te brengen.

De derde analyse richt zich op de mogelijke relatie tussen bodemdiergemeenschappen en omgevingsfactoren. Hierbij worden abiotische parameters, zoals diepte, bodemschuifspanning en sedimentatie-erosie, gekoppeld aan de bodemdiergemeenschap om te onderzoeken of hier een verband zit. De vergelijking tussen de bodemdiergemeenschappen (WOT-clusters) en de omgevingsvariabelen wijzen op een sterke abiotische controle op de gemeenschappen. Voornamelijk omgevingsfactoren zoals bodemschuifspanning (golf- en getij-gedreven), diepte en samenstelling blijken een rol te spelen in de gemeenschapsverdeling. Ook individuele soorten tonen een sterke

---

relatie met omgevingsfactoren zoals de positieve relatie tussen *Abra alba* en relatief diepere gebieden met lagere hydrodynamica en fijner sediment of de positieve correlatie tussen *Limecola balthica* en relatief diepere gebieden met sterkere getijstroom. De verwachting is ook dat een zandsuppletie, die de natuurlijke gradiënten in omgevingsvariabelen zal veranderen, een grote invloed zal hebben op de bodemdiergemeenschappen.

De vierde "analyse" betreft een interpretatie van de huidige resultaten aan de hand van de biologische eigenschappen benadering (*Biological Trait Analysis*; denk aan o.a. levensduur, mobiliteit en larvale ontwikkeling), vergelijkbaar met de analyses in de studie bij het Amelandse Zeegat. Deze interpretatie van soortenclustering aan de hand van de *trait-modaliteiten* toont aan dat wanneer er sprake is van één of meerdere dominante abiotische factoren het mogelijk is om de biologische eigenschappen van de dominante soorten te onderscheiden. Zo duiden de biologische eigenschappen van de dominante en/of onderscheidende soorten op specialisatie en/of aanpassing aan de verstoringen in clusters die een sterke golf- of getij-gedreven bodemschuifspanning ondervinden. Voor de dominante en onderscheidende soorten van de overige clusters variëren deze *trait-modaliteiten* sterk, wat overeenkomt met de "rustige" omgeving (abiotiek) van de clusterlocaties. Door een relatief lage verstoring op deze locaties komt er ruimte voor biologische interacties en nichedifferentiatie, waardoor er meerdere "type" soorten in coëxistentie kunnen leven en er een "volledigere" gemeenschap ontstaat (met soorten die verschillen in biologische eigenschappen).

## Leeswijzer

De soortennamen zijn weergegeven in het latijn volgens de taxonomie aanbevolen in de World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/>). Voor de statistische analyse en sommige grafische weergaven is er wel gebruik gemaakt van een acht-letterige codering. Alle soorten genoemd in deze rapportage zijn opgenomen in Bijlage 2 samen met de Nederlandse naam en een foto.

## Dankwoord

Dit rapport is een onderdeel van een bredere studie naar de uitvoerbaarheid van een pilotsuppletie in de Schelde monding onder begeleiding van Marco Schrijver (RWS ZD) en Cor Schipper (RWS WVL). Marcel Taal en Ingrid Tulp zijn de projectleiders voor Deltares en WUR-Wageningen Marine Research respectievelijk.

Met dank aan Cor Schipper (RWS WVL), Silvana Ciarelli (RWS ZD), Johan Craeymeersch (WUR), Ingrid Tulp (WUR) en Peter Herman (Deltares) voor de stimulerende discussies en het kritisch nalezen en substantieel verbeteren van het huidige rapport.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van het project KPP Schelde-estuarium 11206823.

# 1 Inleiding

Rijkswaterstaat is voornemens om een pilotsuppletie in de monding van het Schelde-estuarium aan te leggen om te onderzoeken in welke mate suppleties in dit gebied bijdragen aan de instandhouding van het kustfundament en de veiligheid van de kust en het achterland, rekening houdend met bestaande natuurwaarden. Deze exercitie biedt bovendien een uitgesproken kans voor een verdieping in de ecologische kennis van dit gebied en in de interpretatie van de effecten van een suppletie op de ecologie.

Deze rapportage bevat een synthese van de huidige kennis van de ecologie van de bodemdieren in de Scheldemonding. Uitwerking hiervan gebeurt op basis van de beschikbare monitoringgegevens verzameld in de periode 1983 tot 2019 op de Vlakte van de Raan, met een focus op de nabije omgeving van de mogelijke pilotsuppletielocatie. De resultaten van de huidige analyse zullen worden gebruikt bij het opstellen van een monitoringsprogramma om de T0 situatie voor de pilotsuppletie te beschrijven en om de ontwikkelingen na de aanleg te evalueren.

In deze rapportage komen zowel bemonsteringen met de boxcore als met de bodemschaaf aan de orde. Met de boxcore wordt een relatief klein oppervlak (ca. 0,1 m<sup>2</sup>) bemonsterd dat gezeefd wordt over een fijne zeef (1 mm), met de bodemschaaf wordt een groter oppervlak (ca. 15 m<sup>2</sup>) bemonsterd en gezeefd over een grovere zeef (5 mm). Daarmee is de boxcore vooral geschikt voor de kleinere soorten en de bodemschaaf vooral voor de grotere soorten.

De analyse van Craeymeersch et al. (1990a) op bodemdiermonsters, verzameld in de periode 1983-1988 met een happer/boxcorer, vormt het uitgangspunt voor de huidige studie. Een eerste analyse in dit rapport betreft een gemeenschapsanalyse, zoals uitgevoerd in Craeymeersch et al. (1990a), gericht op een selectie van locaties in het mondingsgebied van de Westerschelde. De resultaten verkregen op basis van deze beperkte dataset zijn vergeleken met die van Craeymeersch et al. (1990a) en met recentere studies in omliggende gebieden (Degraer et al., 2006; Wijsman et al., 2014).

Een tweede analyse richt zich op de bruikbaarheid van een bemonstering met een bodemschaaf voor een gemeenschapsanalyse zoals die uitgevoerd door Craeymeersch et al. (1990a) op basis van boxcorer monsters. Het gebruik van een bodemschaaf brengt meerdere voordelen met zich mee zoals de aansluiting bij het langjarige (1995-2019) en landelijk dekkende WOT-programma, de lagere kosten en de snellere beschikbaarheid van de resultaten in vergelijking met die van een boxcorer. De resultaten van de studie over de boxcorer monsters uit de jaren 1983-1988 zijn vergeleken met die verkregen op basis van de bodemschaaf (WOT, 1995-2019) in hetzelfde gebied. Deze vergelijking is vooral bedoeld om vast te stellen of vergelijkbare ecologische structuren worden waargenomen door beide monstermethodes (boxcorer en bodemschaaf).

De analyse in Craeymeersch et al. (1990b) toont significante relaties aan tussen de ruimtelijke verdeling van de bodemdiergemeenschappen (boxcorer) en abiotische factoren als hoogteligging, sedimentkarakteristieken, saliniteit, diepte, troebelheid en bodemschuifspanning. Een derde analyse is daarom uitgevoerd om te onderzoeken of een dergelijke relatie tussen bodemdiergemeenschappen in de zuigkor/bodemschaaf monsters van het WOT programma en de omgevingsfactoren ook waargenomen wordt.

In het kader van Kustgenese2.0 is er door Rijkswaterstaat in 2018-2019 een pilotsuppletie uitgevoerd op de buitendelta van het Amelanders Zeegat waar zowel een jaar voor als na de suppletie bodemdiermonsters verzameld zijn met een boxcore (Holzhauer, 2017). De clustering van de monsterlocaties op basis van hun soortensamenstelling toont sterke overeenkomsten met de kenmerken van de soorten ("*Biological Traits*", denk aan voortplanting, grootte en levensduur) en een correlatie met de morfologische eigenschappen van de monsterlocaties, zoals sedimentatie/erosie,



---

oriëntatie en helling (pers. comm. P. Herman). De vierde en laatste analyse betreft een interpretatie van de biologische eigenschappen van de dominante en onderscheidende soorten en de relatie met abiotische factoren. Deze analyse kan in de toekomst ingezet worden als een middel om de effecten van een suppletie op de omliggende gebieden en hun fauna in generieke zin te voorspellen (Glorius et al., 2016).

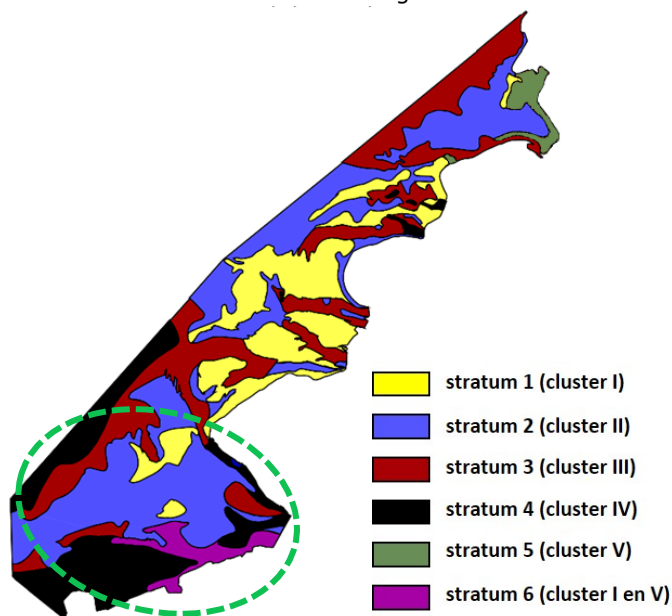
## 2 Kennisvragen over de bodemdiergemeenschappen rondom de Vlakte van de Raan

### 2.1 Bodemdiergemeenschappen in de Voordelta (1983-1988)

Op basis van bodemdierdichtheden in monsters genomen met een boxcorer in de periode 1983-1988 (Craeymeersch et al., 1990a) zijn de bemonsterde locaties gegroepeerd in vijf clusters (kensorten hieronder vet afgedrukt). De clustering heeft een sterke relatie met de hoogteligging en de korrelgrootte (Craeymeersch et al., 1990b; Craeymeersch et al., 2006):

- Het kniksprietkreeftje ***Bathyporeia sp.*** is typerend voor ondiepe platen (cluster I)
- De zandzager ***Nephtys cirrosa*** (vergezeld door borstelworm *Spio filicornis* en halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata*) bereikt de hoogste dichtheden in de overgangszone van plaat naar geul (cluster II)
- De zandzager ***Nephtys hombergii***, het goudkammetje ***Lagis sp.***, de noordelijke zandkokerworm *Spiophanes bombyx* en de witte dunschaal *Abra alba* zijn vooral in hoge dichtheden te vinden in diepere gebieden en dragen bij aan de zeer verwante clusters III en IV waar cluster V gezien kan worden als een verarmde versie van de soortenrijke cluster III.
- De draadworm ***Heteromastus filiformis*** is karakteristiek voor cluster V.

De ruimtelijke verspreiding van die clusters zorgt voor een verdeling van het gebied in zes strata (Figuur 1). Binnen deze verspreiding wordt stratum 6, een mengeling van clusters I en V met een lage soortenrijkdom, enkel gevonden aan de Belgische oever van de Westerscheldemonding. Stratum 5 (cluster V) komt enkel voor in de monding van het Haringvliet en derhalve niet op de Vlakte van de Raan en in de Westerscheldemonding.



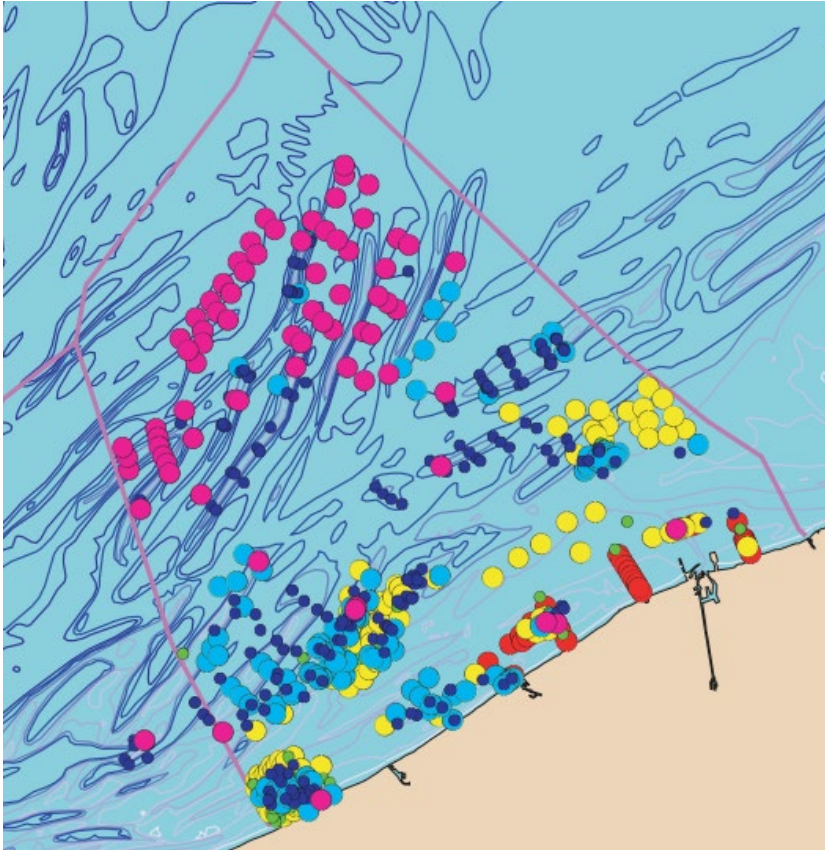
**Figuur 1. Ruimtelijke verspreiding van het bodemdierclusters (boxcorer monitoring) samengesteld door Craeymeersch et al. (2006). Het gebied rondom de Vlakte van de Raan, waar de nadruk op ligt in deze studie, is omcirkeld. Figuur afkomstig uit Craeymeersch et al. (2006).**

De vijf clusters beschreven in Craeymeersch et al. (1990a) zijn dus vertegenwoordigd in het gebied op en rondom de Vlakte van de Raan (omcirkeld gebied in Figuur 1). De auteurs benadrukken hierbij dat de overgangen tussen de strata niet zo abrupt zijn als Figuur 1 doet vermoeden. Dit is het gevolg van de geleidelijke overgang in de abiotische omstandigheden die sterk bepalend zijn in het voorkomen

van die soorten en de variatie binnen de clusters onder invloed van lokale omstandigheden Craeymeersch et al. (1990b).

## 2.2 Bodemdiergemeenschappen in het Belgische deel van de Noordzee (1976-1986 / 1994-2001).

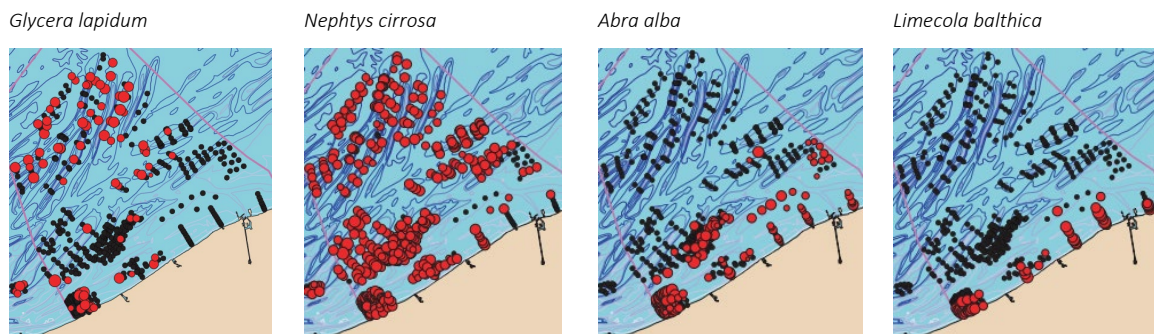
De verspreiding van de bodemdieren in het Belgische deel van de Noordzee (Degraer et al., 2006) toont, zoals in Craeymeersch et al. (1990a), sterke gradiënten in soortensamenstelling waardoor onderscheid gemaakt kan worden tussen gemeenschappen (Figuur 2).



**Figuur 2. De vier bodemdiergemeenschappen onderscheiden in Degraer et al. (2006) in het Belgische deel van de Noordzee, weergegeven in een andere kleur en met volgende kensoorten: paars (*Ophelia limacina*, *Glycera lapidum*), licht blauw (*Nephtys cirrosa*), geel (*Abra alba*, *Kurtiella bidentata*), rood (*Limecola balthica*). De groene en donkerblauwe symbolen staan voor overgangszones tussen *Nephtys* en *Abra* en tussen *Ophelia* en *Nephtys* gemeenschappen respectievelijk. Figuur afkomstig uit Degraer et al. (2006).**

De ruimtelijke verdeling van de vier gemeenschappen onderscheiden in Degraer et al. (2006) volgt ruwweg een gradiënt van kust naar open zee. De "*Limecola balthica*" (nonnetje) gemeenschap bevindt zich aan de kust, de borstelworm gemeenschap met *Ophelia limacina* en *Glycera lapidum* bevindt zich op de Hinderbanken (open zee) en de "*Nephtys cirrosa*" (zandzager) en "*Abra*" (dun witschaal) gemeenschappen daartussen (Figuur 2).

In Degraer et al. (2006) benadrukken de auteurs de geleidelijke transitie tussen deze vier gemeenschappen: "*Naturally there are no clear boundaries between these communities; they gradually blend into each other. Such transitions are called transient associations.*". Dergelijke intermediaire stadia zijn overigens ook weergegeven in Figuur 2 (groene en donkerblauwe punten). De afwezigheid van scherpe begrenzingen tussen de gemeenschappen kan nog duidelijker worden gemaakt door de verspreiding van de individuele kensoorten te karteren (Figuur 3).



**Figuur 3. Verspreiding van de vier kensoorten voor de gemeenschappen onderscheiden in Degraer et al. (2006) op basis van monstercampagnes tussen 1994 en 2001 in het Belgische deel van de Noordzee. De zwarte en rode kleuren van de symbolen staan respectievelijk voor de afwezigheid en aanwezigheid van de soorten. De grootte van de symbolen is, voor elke soort, geschaald ten opzicht van de maximale dichtheid. Figuur afkomstig uit Degraer et al. (2006).**

Het gaat dus bij het onderscheiden van de gemeenschappen niet zo zeer om de aan/afwezigheid van die individuele kensoorten maar meer om hun associatie met andere soorten die kenmerkend zijn voor deze gemeenschappen (zie Tabel 2.1).

**Tabel 2.1. Beschrijving van de vier bodemdiergemeenschappen (soortenrijkdom en totale dichtheid) onderscheiden in Degraer et al. (2006) in het Belgische deel van de Noordzee (kleurenindicatie zoals in Figuur 2) en van hun leefomgeving (sedimentkarakteristieken met o.a. mediane korrelgrootte).**

Kensoorten	Beschrijving van de gemeenschappen en hun leefomgeving
<i>Ophelia limacina</i> , <i>Glycera lapidum</i>	Lage soortenrijkdom (gem. 5 spp./0,1m <sup>2</sup> ) en lage dichtheid (gem. 190 ind./m <sup>2</sup> ) In medium- tot grofzandige (mediane korrelgrootte: gem. <b>409 µm</b> )
<i>Nephtys cirrosa</i>	Lage soortenrijkdom (gem. 7 spp./0,1m <sup>2</sup> ) en lage dichtheid (gem. 402 ind./m <sup>2</sup> ) Typisch voor fijn tot medium zandige (mediane korrelgrootte: gem. <b>274 µm</b> )
<i>Abra alba</i> , <i>Kurtiella bidentata</i>	Hoge soortenrijkdom (gem. 30 spp./0,1 m <sup>2</sup> ) en hoge dichtheid (gem. 6432 ind./m <sup>2</sup> ) Typisch voor slibrijk sediment (mediane korrelgrootte: gem. <b>219 µm</b> )
<i>Limecola balthica</i>	Lage soortenrijkdom (gem. 7 spp./0,1 m <sup>2</sup> ), hoge dichtheid (gem. 967 ind./m <sup>2</sup> ) Typisch voor slibrijke sedimenten (mediane korrelgrootte gem. <b>95 µm</b> ).

De ruimtelijke verspreiding van de vier gemeenschappen vastgesteld door Degraer et al. (2006) blijkt voor ca. 80% van de waarnemingen adequaat voorspeld te zijn d.m.v. een habitatmodel op basis van korrelgrootte en slibgehalte (Degraer et al., 2008).

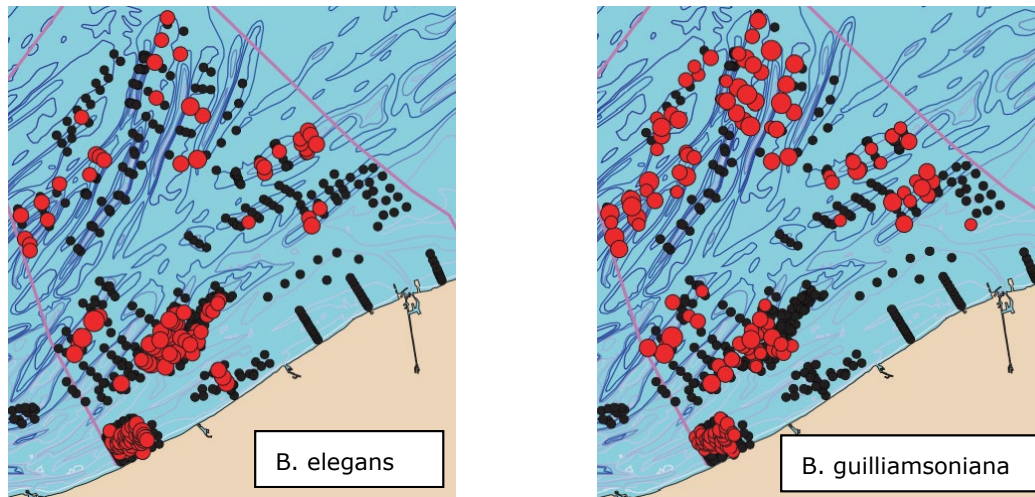
## 2.3 Synthese en formulering van de kennisvragen

De resultaten uit de studies van Craeymeersch et al. (1990a) en Degraer et al. (2006) worden gebruikt bij het formuleren van kennisvragen voor een beter begrip van de ecologie van de bodemdieren op de Vlakte van de Raan.

### 2.3.1 Verschillen in de selectie van kensoorten als functie van het studiegebied

In Craeymeersch et al. (1990a) wordt *Bathyporeia* sp. beschreven als een typerende soort voor de platen, vooral representatief in de monding van de Haringvliet en van de Oosterschelde (Figuur 1). In de Scheldemonding ontbreekt deze soort echter in de lijst van kensoorten opgesteld door Degraer et al. (2006).





**Figuur 4. Verspreiding van *Bathyporeia* soorten (*B. elegans* en *B. guilliamsoniana*) in het Belgische deel van de Noordzee op basis van monstercampagnes uitgevoerd in periodes 1976-1986 en 1994-2001. De zwarte en rode kleuren van de symbolen staan respectievelijk voor de afwezigheid en aanwezigheid van de soorten. De grootte van de symbolen is, voor elke soort, geschaald ten opzicht van de maximale dichtheid. Figuur afkomstig uit Degraer et al. (2006).**

In de beschrijving van de individuele soorten in Degraer et al. 2006 wordt echter het genus *Bathyporeia* wel waargenomen, namelijk met betrekking tot twee soorten *B. elegans* en *B. guilliamsoniana*. De verspreiding van deze twee soorten (Figuur 4) ligt vooral in een intermediaire positie tussen *Glycera lapidum* (sterk aanwezig aan de buitenkant van het gebied) en soorten zoals *Abra alba* en *Limecola balthica* (sterk aanwezig aan de kust). Deze verspreiding en gradiënt van soorten komt overeen met de gradiënt in hoogteligging zoals beschreven in Craeymeersch et al. (1990b).

Het feit dat *Glycera lapidum* en *Limecola balthica* aangewezen worden door Degraer et al. (2006) als kensoorten en niet door Craeymeersch et al. (1990a) zou verklaard kunnen worden door het ruimtelijke bereik van de monitoringgegevens. De studie van Degraer et al. (2006) is beperkt tot de Belgische kust, inclusief de grofzandige Hinderbanken, Craeymeersch et al. (1990a) omvat de hele Nederlandse Voordelta. Desalniettemin, ook al wordt *Limecola balthica* door de Twinspan analyse in Craeymeersch et al. (1990a) niet als kensoort aangewezen voor een bepaalde cluster, toch blijkt uit niet gepubliceerde resultaten van die analyse dat deze soort hoge dichtheden had in cluster 3 (410 ind./m<sup>2</sup>) en cluster 4 (140 ind./m<sup>2</sup>) (J.A. Craeymeersch, pers. com.). Deze dichtheden zijn zelfs hoger dan de maximale waarde van 165 ind./m<sup>2</sup> vermeld door Degraer et al. (2006) voor de Belgische kust.

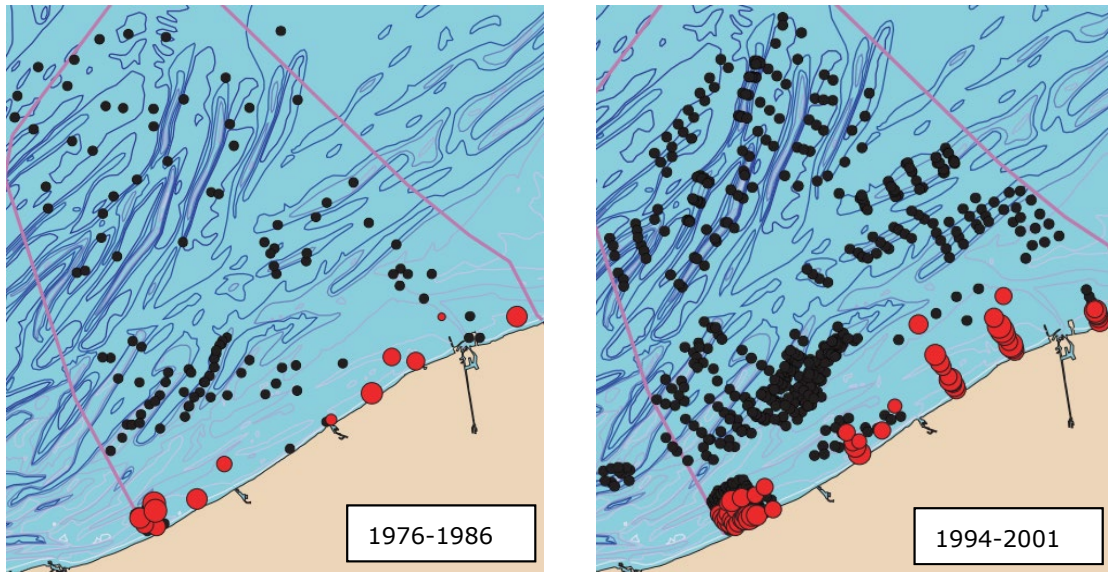
Onze eerste kennisvraag betreft het staven van de resultaten uit de gemeenschapsanalyse in Craeymeersch et al. (1990a) uitgevoerd over de hele Voordelta op basis van een vergelijkbare analyse beperkt tot het mondingsgebied van de Westerschelde.

### 2.3.2 Verschillen als gevolg van temporele trends

Over de tijd zijn verschillen waar te nemen in soortendichtheden en diversiteit. Zo werd door Degraer et al. (2006) een sterke toename in de dichtheid van het nonnetje *Limecola balthica* waargenomen (Figuur 5) tussen de twee periodes 1976-1986 (max. 13 ind./m<sup>2</sup>) en 1994-2001 (max. 165 ind./m<sup>2</sup>)

Degraer et al. (2006) kaart ook voor andere schelpdiersoorten grote verschillen aan tussen de twee monsterperiodes, zoals de sterke afname van de stevige strandschelp *Spisula solida* en de toename in de witte dunschaal *Abra alba* en het tweetandschelpje *Kurtiella bidentata*. Dergelijke verschuivingen in soortensamenstellingen over tijd kunnen leiden tot veranderingen in de ruimtelijke typering op basis van de bodemdiergemeenschappen. Daarom is een herhaling van de gemeenschapsanalyse, zoals uitgevoerd in Craeymeersch et al. (1990a), op meer recente gegevens van de Vlakte van de Raan nodig. Het enige langdurige, nog lopende, frequente (jaarlijks) en gebied-dekkende monitoringsprogramma voor bodemdieren op de Vlakte van de Raan betreft de WOT-schelpdiersurvey. Dit programma heeft met behulp van een bodemschaaf/zuigkor de Vlakte van

Raan bemonsterd tussen 1995 en 2019. Ter vergelijking, het MWTL (boxcore) monitoring programma bevat slechts enkele monsterpunten in het huidige gebied waarbij na 2011 de meetfrequentie ook nog eens teruggebracht is van een bemonstering per jaar naar een bemonstering per drie jaar. Daardoor gaat voor de huidige studie de voorkeur naar de WOT dataset boven die van het MWTL programma.



**Figuur 5. Verspreiding van *Limecola balthica* in het Belgische deel van de Noordzee op basis van monstercampagnes uitgevoerd in periodes 1976-1986 en 1994-2001. Figuur uit Degraer et al. (2006)**

De tweede kennisvraag betreft de bruikbaarheid van de bodemschaaf/zuigkor WOT bemonstering bij de ecologisch typering van het studiegebied, met als onderzoeksdoel het vaststellen of vergelijkbare ecologische structuren waargenomen zijn op basis van een boxcorer en een bodemschaaf monitoring. Hierbij zal rekening gehouden worden met de temporele trends in de verspreiding van dominante schelpdieren.

### 2.3.3 Relatie tussen ecologische typering en omgevingsfactoren

In Craeymeersch et al. (1990b) wordt de relatie tussen het voorkomen van de bodemdierclusters en de hoogteligging en de korrelgrootte benadrukt. De hoogste soortenrijkdom en dichtheden worden waargenomen op de overgangen van plaat naar geul terwijl platen in de diepere gebieden gekenmerkt worden door soortenarme gemeenschappen met lage dichtheden. Op basis van de monitoringsgegevens verzameld in het Belgische deel van de Noordzeekust tussen 1994 en 2004 concludeert Degraer et al. (2008) dat sediment karakteristieken (korrelgrootte en slibgehalte) ca. 80% van de ruimtelijke verdeling van bodemdieren kan verklaren.

Voor de derde kennisvraag wordt onderzocht in welke mate de ruimtelijke verspreiding van de bodemdiergemeenschappen waargenomen op basis van de WOT bodemschaaf monitoring, verklaard kan worden op basis van de omgevingsfactoren die beschikbaar zijn voor het studiegebied.

### 2.3.4 Van statistische clustering naar ecologische typering

De analyses uitgevoerd in het huidige rapport en vorige studies zoals Craeymeersch et al. (1990a) en Degraer et al. (2006) zijn gebaseerd op het gezamenlijke voorkomen van soorten op de monsterlocaties (de clustering). Er wordt aangenomen dat de clustering van soorten, die samen een benthische gemeenschap vormen, typisch zijn voor bepaalde omstandigheden. Na de clustering wordt gebruik gemaakt van omgevingsfactoren om de gemeenschappen te typeren aan de hand van hun affiniteit voor deze factoren.

In het kader van Kustgenese 2.0 is door Rijkswaterstaat in 2018-2019 een pilotsuppletie uitgevoerd in de buitendelta van het Amelandse Zeegat waar zowel een jaar voor als na de suppletie

---

bodemdiermonsters (boxcores) verzameld zijn (Holzhauer, 2017). De clustering van de monsterlocaties, op basis van hun soortensamenstelling, toont daar sterke overeenkomsten met de abiotiek. In deze analyse zijn soorten gegroepeerd op basis van hun kenmerken ("*Biological Traits*"), denk aan voortplanting, grootte en levensduur, en eerder toonde deze eigenschappen sterke overeenkomsten met de morfologische eigenschappen van de monsterlocaties, bijvoorbeeld sedimentatie/erosie, oriëntatie en helling (Glorius et al., 2016).

De vierde "analyse" betreft een interpretatie van de resultaten van de correlatie gemeenschapsverdeling en abiotiek (zie 2.3.3.) en de biologische eigenschappen van de dominante soorten ("*Biological Traits*"). Ook wordt gekeken naar de toepassing van deze aanpak bij de evaluatie van een proefsuppletie in de Westerscheldemonding.

# 3 Gegevens en methoden

## 3.1 Bodemdierengegevens

### 3.1.1 Oorsprong en eigenschappen van de datasets

In de huidige studie is gebruik gemaakt van de twee volgende datasets:

#### **Voordelta 1983-1988**

Een selectie uit de "Bedman" database, beschikbaar gemaakt door J.A. Craeymeersch, op basis van bodemdiermonsters (dichtheid per soort; N/m<sup>2</sup>) verzameld in de Voordelta tussen 1983 en 1988 (9964 records, 830 locaties, 183 taxa), met uitzondering van campagnes in het voorjaar .

#### **WOT 1993-2019**

Een selectie uit de CSO-database voor WOT-monsters (dichtheid per soort; N/m<sup>2</sup>) van locaties zuidelijker dan 52°N (WGS84) (966784 records, 10624 monsters, 91 taxa).

#### **Boxcorer vs. bodemschaaf**

Bij de bemonstering gerapporteerd in de dataset Voordelta 1983-1988 is er gebruik gemaakt van een van Veen-happer of boxcorer. Bij de monsters verzameld in het WOT-programma is daarentegen gebruik gemaakt van een zuigkor of bodemschaaf. Een boxcorer-monster heeft een oppervlak van ca. 0,1 m<sup>2</sup> en een steekdiepte van ca. 20 cm. Deze wordt bij de bemonstering gezeefd in het veld op een zeef met een maaswijdte van 1 mm. Voor een bodemschaafmonster is dat oppervlak ca. 15 m<sup>2</sup>, de steekdiepte ca. 7 tot 9 cm en de maaswijdte van de zeef 5 mm.

Deze karakteristieken hangen samen met de doelgroepen van de twee bemonsteringstuigen. De focus ligt bij een boxcorer-bemonstering op het verzamelen van de kleine, talrijke en dieper levende soorten. Deze monsters worden dan ook vaak gedomineerd door wormen en schaaldieren. De bodemschaaf-bemonstering richt zich vooral op de minder abundante in en op het bodemoppervlak levende soorten met vaak een sterkere waargenomen dominantie door schelpdieren dan in de boxcorer.

### 3.1.2 Standaardisering van de taxonomie

#### **Taxonomische standaardisering**

Om rekening te houden met voortschrijdend wetenschappelijke inzicht m.b.t. de taxonomie wordt de lijst van 246 taxa, aanwezig in beide datasets samen, aangeboden aan de "Taxon match" routine beschikbaar op de site van de World Register of Marine Species (<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=match>). Na het hernoemen van de verouderde soorten en beschrijvingen blijft een lijst van 238 taxa over.

#### **Taxonomische lumping**

Naast de huidige stand van zaken wat betreft taxonomische kennis kan ook onzekerheid ontstaan over de taxonomische bepalingen, in het bijzonder voor langdurige monitoringsreeksen. Zo kan de betrokkenheid van verschillende laboratoria een rol spelen, met als gevolg dat dezelfde organismen anders geïdentificeerd worden. Knelpunten omtrent de identificatie spelen hier ook een rol bij die onzekerheid, bijvoorbeeld bij de afwezigheid van specifieke kenmerken bij juveniele stadia of beschadigde organismen.

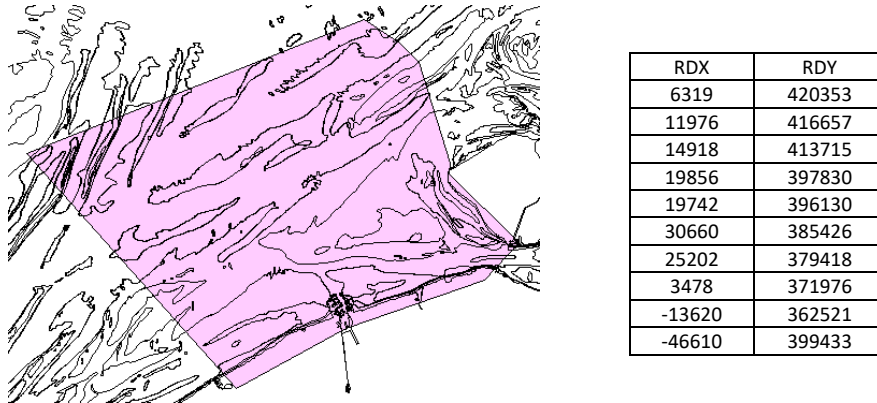
In het kader van een synthese van het meerjarige PMR project (2004-2018) in de Voordelta is een "taxonomische lumping" voorgesteld door van Moorsel et al. (2020) om de consistentie van de dataset te garanderen. De koppeling van de huidige lijst van 238 taxa met een Excel kopie beschikbaar gemaakt door Godfried van Moorsel (soortenlijst Voordelta 191016 GvM voor JC.xlsx) levert een lijst van 213 taxa op. Ten gunste van de statistische analyse en sommige grafische weergaven zijn de



“gelumpte” taxa namen gecodeerd m.b.v. lettercodes, bijvoorbeeld: *Spisula solida* = SPISSOLI, *Spisula subtruncata* = SPISSUBT, *Abra* = ABRA.

### 3.1.3 Selectie van de locaties uit dataset Voordelta 1983-1988

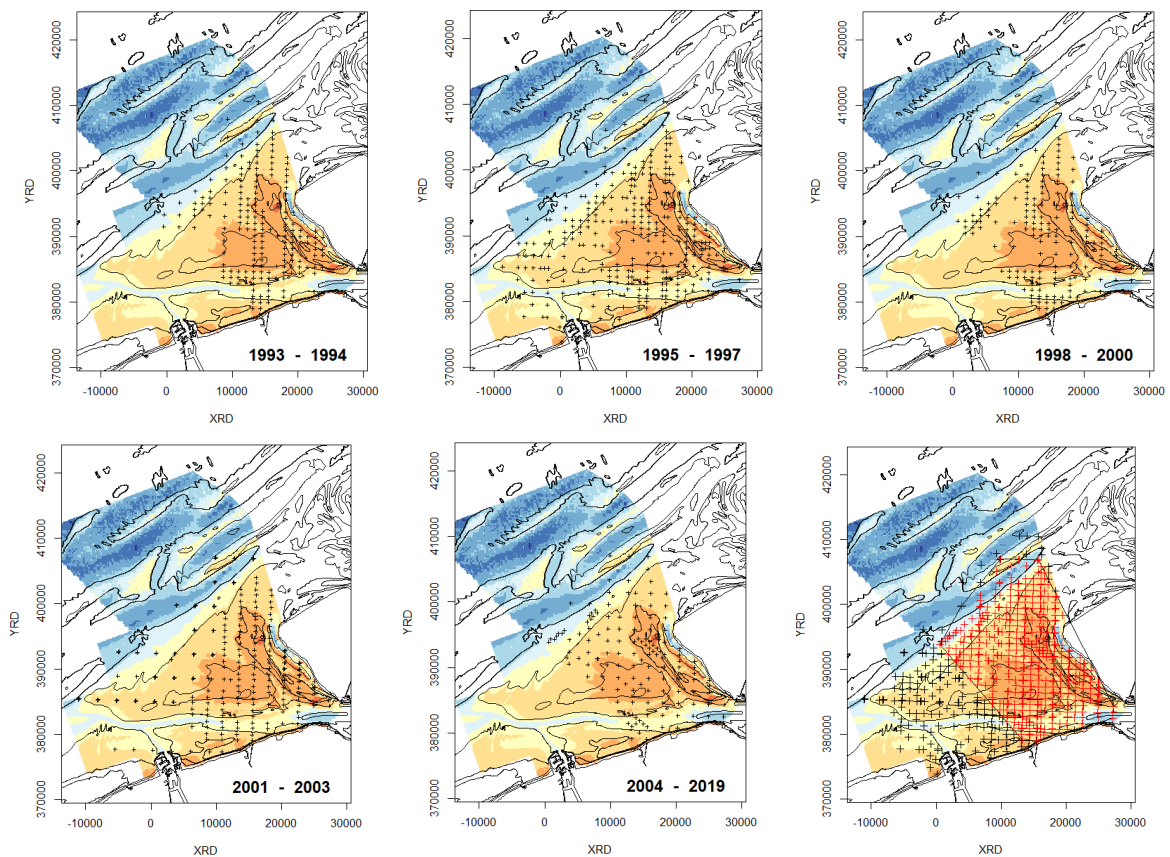
Een selectie van de locaties uit de dataset Voordelta 1983-1988 is gemaakt d.m.v. een polygoon die de Vlake van de Raan en omgeving omvat (Figuur 6), afgelezen uit de kaart in Craeymeersch et al. (1990a).



**Figuur 6. Polygoon voor de selectie van de monsterlocaties gebruikt voor de huidige analyse. Weergave t.o.v. de kust en coördinaten (Rijksdriehoeksstelsel) van de polygoon. De monsterlocaties zijn op dit polygoon geprojecteerd wat resulteerde in een selectie van waarnemingen met 100 (“gelumpte”) taxa verdeeld over 155 monsterlocaties.**

### 3.1.4 Selectie van de locaties uit dataset WOT 1993-2019

De WOT-gegevens (< 52° N) zijn geselecteerd d.m.v. een polygoon, zoals gebruikt bij de boxcorer-data (Figuur 6), wat een dataset oplevert met 14100 waarnemingen waar 63 (“gelumpte”) taxa gevonden zijn op 3043 verschillende monsterlocaties.



**Figuur 7. Verandering in het bereik van de WOT-monitoring door de jaren heen en selectie van de monsterlocaties (rode symbolen) uit alle jaren die binnen het bereik vallen van de monitoring uitgevoerd tussen 2004 en 2019.**

Het bereik van de WOT-monitoring is niet constant gebleven door de jaren heen en op basis van de verschuivingen binnen deze monitoring kunnen vijf verschillende perioden onderscheiden worden: 1993-1994, 1995-1997, 1998-2000, 2001-2003 en 2004-2019 (Figuur 7).

Om de monstergebieden homogeen te houden over de jaren heen is er een selectie gemaakt van de monsterlocaties die in alle jaren bemonsterd zijn. Als gevolg hiervan wordt er gewerkt met een dataset waar 63 ("gelumpte") taxa gevonden zijn, verspreid over 2488 monsters.

De lijst van taxa samen met de voorkomen-frequenties in beide datasets (Voordelta en WOT) is weergegeven in Bijlage 3.

## 3.2 Omgevingsfactoren

### 3.2.1 Diepte

In de dataset Voordelta 1983-1988 zijn de dieptes gemeten tijdens de bemonstering welke voor gebruik in de analyse geconverteerd zijn ten opzichte van NAP. Dit is niet het geval voor de WOT-monitoring waar geen registratie plaats vindt van de gerealiseerde dieptes. De dieptes zijn daardoor verkregen d.m.v. een koppeling tussen de coördinaten van de monsterlocaties en een diepteraster overgenomen uit vaklodingen. De vaklodingen zijn een door Rijkswaterstaat beheerde dataset van de gemeten bodemhoogte in de Nederlandse kustwateren. Om een vlak-dekkende kaart te krijgen voor de bodemhoogte in een bepaald jaar wordt nieuwe data aangevuld met data uit eerdere jaren. Voor de periode waarin wij geïnteresseerd zijn, is de vaklodingskaart van 2011 gebruikt.

### 3.2.2 Sedimentkarakteristieken

In de dataset Voordelta 1983-1988 zijn sedimentmonsters genomen op een beperkt aantal locaties. Bij de WOT-monitoring is er geen sedimentmonster genomen. Voor die monsterlocaties zijn de mediane korrelgrootte en de percentage slibgehalte verzameld m.b.v. de kaarten gepresenteerd door van Lancker (2010). Deze kaarten zijn niet beschikbaar als data-kaart en daarom is gekozen voor het aflezen van gegevens m.b.v. van een 'georeferenced map'. Omdat het hier ging om ranges (bijv. mediane korrel: 125 t/m 250  $\mu\text{m}$  of percentage slibgehalte: 10-20%) zijn de resulterende aan de monsterpunten gekoppelde waarden een ruwe schatting van de daadwerkelijke metingen.

### 3.2.3 Bodemschuifspanning

De totale bodemschuifspanning door stroming en golven op de Vlakte van de Raan (*TauMax*) is berekend met een Delft3D WaveModel met golven. Om de totale bodemschuifspanning uit te splitsen in een getij-gedreven en een golf-gedreven component is ook een modelberekening uitgevoerd zonder golven. Het verschil in bodemschuifspanning in modelberekeningen met en zonder golven is daarbij aangemerkt als de golf-gedreven component. De niet-lineaire interactieterm tussen stroming en golven wordt daardoor dus aangemerkt als een golf-gedreven component. Verwacht wordt dat deze aanname slechts een klein effect heeft op de grootte van de golf-gedreven bodemschuifspanning.

### 3.2.4 Sedimentatie-erosie

De sedimentatie- en erosiewaarden voor de Vlakte van de Raan zijn berekend door de bodemligging van 2011 en van 2017 naast elkaar te leggen. De verschillen tussen deze twee jaren geeft de langdurige sedimentatie of erosie weer voor de Vlakte van de Raan.

### 3.2.5 Koppeling tussen omgevingsfactoren en bodemdiergemeenschappen

De koppeling tussen de omgevingsfactoren en bodemdiergemeenschappen gebeurt d.m.v. een koppeling tussen de coördinaten van de monsterlocaties en de 'georeferenced grids' van omgevingsfactoren.

---

### 3.3 Statistische analyses

De statistische analyses uitgevoerd in deze studie beperken zich vooral tot de gemeenschapsanalyses zoals ook uitgevoerd door Craeymeersch et al. (1990a) en Degraer et al. (2006). Bij het onderscheiden van bodemdiergemeenschappen worden locaties gegroepeerd op basis van hun numerieke soortensamenstellingen ( $N/m^2$ ).

**Vorbereiding gegevens.** Monsters zonder organismen (ca. 8% van de WOT-monsters) blijven buiten beschouwing om de uitvoering van de gemeenschapsanalyses mogelijk te maken. Soorten zijn geselecteerd op frequentie van voorkomen om de invloed van zeldzame soorten, die per toeval in de monsters voorkomen, te verminderen. Alleen soorten die in minimaal 5% van de monsters voorkwamen bij de Voordelta 1984-1988 (45 taxa) en in 1% van de monsters bij de WOT 1993-2019 (31 taxa) zijn meegenomen. De dichtheden ( $N/m^2$ ) zijn onderworpen aan een vierdemachtswortel-transformatie om het effect van uitschieters op de analyse te dempen.

**Dissimilariteitsmatrix.** Een matrix van dissimilariteiten (Bray-Curtis coëfficiënt) tussen de monsterlocaties (R: *vegdist*, vegan package) is berekend op basis van de dichtheden van de soorten.

**Clustering.** Een cluster analyse is uitgevoerd op de dissimilariteitsmatrix door de monsters te groeperen op basis van de overeenkomsten tussen soortensamenstelling. De groepering is uitgevoerd met behulp van de Ward methode om de variatie binnen elke groep te minimaliseren (R: *hclust*, *ward.D2*, stats package). De significante verschillen tussen de clusters zijn getoetst m.b.v. een paarsgewijze permutatie test (*adonis*, vegan package). Daarnaast zijn de distributiepatronen van de individuele soorten over de clusters berekend (R: *multipatt*, *indicspecies* package) voor een selectie van de soorten die kenmerkend zijn voor de verschillende clusters.

**Univariate analyse.** De verschillende bodemdierengemeenschappen, zoals onderscheiden door middel van de clusteranalyse, zijn beschreven op basis van de volgende descriptoren:

- *Alpha-diversiteit* (aantal taxa per monster), *Beta-diversiteit* (aantal taxa per cluster) en de *Pielou's evenness index*, berekend als de ratio  $J' = H'/H'_{max}$  (waarden tussen 0 en 1) met  $H'$  de waarde van de Shannon index ( $H' = -\sum p_i \ln p_i$ ) en  $H'_{max}$  de maximale waarde voor  $H'$ , te weten de logaritme van het aantal soorten ( $H'_{max} = \ln[S]$ ).
- Taxonomische samenstelling genomen op het niveau van de klassen
- Totale dichtheid

**PCA.** Een PCA (Hoofdcomponentenanalyse, R: *rda*, vegan package) is gebruikt om de belangrijkste trends (assen van de PCA) in de bodemdiergemeenschappen te extraheren. Deze trends zijn vergeleken (GLM) met omgevingsfactoren zoals bodemschuifspanning, diepte en sedimentkarakteristieken.

**Biological-Trait-Analysis (BTA).** Voor de bodemdieren die een significante rol spelen in de cluster van bodemdiergemeenschappen zijn ook de biologische eigenschappen (*traits*) geanalyseerd. De soorten die dominant waren in elke cluster, in soortendichtheid of in onderscheidt.o.v. andere clusters, zijn gekoppeld aan een database. In deze database, ontwikkeld in het EU-project BENTHIS en beschreven door Bolam (2013), Bolam en Eggleton (2014) en Bolam et al. (2017), zijn tien eigenschappen voor 934 taxa opgenomen. Elke eigenschap wordt hierbij opgesplitst in een aantal modaliteiten (zie Tabel 3.1). De volgende soorteigenschappen worden beschreven; hoe de soort het sediment omzet (*bioturbatie*), de omgeving waar zowel het ei (*locatie van ei ontwikkeling*) als de larvale fase (*larvale ontwikkelings-strategieën*) zich ontwikkelt, de manier waarop voedsel tot zich genomen wordt (*voeding modus*), de leefomgeving van de soort (*leefomgeving*), hoe de soort zich al dan niet voortbeweegt (*mobiliteit*), morfologie (*morfologie*), waar de soort zich in het sediment bevindt (*positie in/op sediment*), de levensverwachting (*levensduur*) en de lichaamsgrootte (*bereik van grootte*).

**Tabel 3.1 De eigenschappen, modaliteiten en beschrijvingen van deze modaliteiten uit de database van Bolam (2013) en Bolam et al. (2017), en zoals gebruikt in deze studie.**

<b>Eigenschap</b>	<b>Modaliteit</b>	<b>Beschrijving</b>
Bereik van grootte (mm)	<10	De maximale grootte (lengte of hoogte) van een volwassen (in mm)
	10-20	
	21-100	
	101-200	
	201-500	
	>500	
Levensduur (in jaren)	<1	De maximale levensduur van een volwassen
	1-3	
	3-10	
	>10	
Larvale ontwikkelingsstrategieën	Pelagisch planktotroof	Larven voeden zich, en groeien op in de waterkolom
	Pelagisch lecithotroof	Larven leven in de waterkolom maar gebruiken dooierreserves als energiebron
	Benthisch (direct)	Larval fase mist of larven zijn gebonden aan bodem
Locatie van ei ontwikkeling	Ongeslachtelijk	Soorten planten zich ongeslachtelijk voort, o.a. door fragmentatie, ontkieming, epitoky
	Seksueel met vrije pelagische eieren	Eieren worden losgelaten in waterkolom
	Seksueel met vrije benthische eieren	Eieren worden losgelaten in/op de bodem, vrij of vastgehouden door slijm of andere methode.
	Seksueel met uitgebode eieren	Eieren worden door volwassen dieren bijgehouden voor bescherming, bijv. binnenin een ouderlijke gang of binnenin een lichaamsholte
Positie in sediment	Oppervlakte	Gevonden in of net onder het oppervlakte van de bodem
	Ingegraven: 0-5cm	Soorten waarvan het lichaam enkel onder het bodemoppervlakte wordt gevonden tussen 0 en 5 cm diepte
	Ingegraven: 6-10cm	Soorten waarvan het lichaam enkel onder het bodemoppervlakte wordt gevonden tussen 6 en 10 cm diepte
	Ingegraven: >10cm	Soorten waarvan het lichaam enkel onder het bodemoppervlakte wordt gevonden dieper dan 10 cm
Voeding modus	Gesuspendeerd materiaal	Neemt gesuspendeerd voedsel uit de water kolom tot zich, voornamelijk met een filter
	Oppervlakte detritus	Actief tot zich nemen van detritus materiaal van het bodemoppervlak.
	Ondergronds detritus	Tot zich nemen van detritus materiaal uit het sediment
	Aaseter/opportunist	Soorten die zich voeden met dode dieren
	Roofdier	Soorten die actief jagen op dieren (ook predatie van kleiner zooplankton)
Mobiliteit	Sessiel	Soorten waarvan de volwassen dieren niet of nauwelijks mobiel zijn, o.a. doordat ze ergens aan vast zitten of zich bevinden in een (semi-) permanente tunnel of hol
	Zwemmen	Soorten waarvan de volwassen dieren actief zwemmen door de waterkolom (kunnen op bodem voorkomen wanneer ze niet aan het eten zijn)

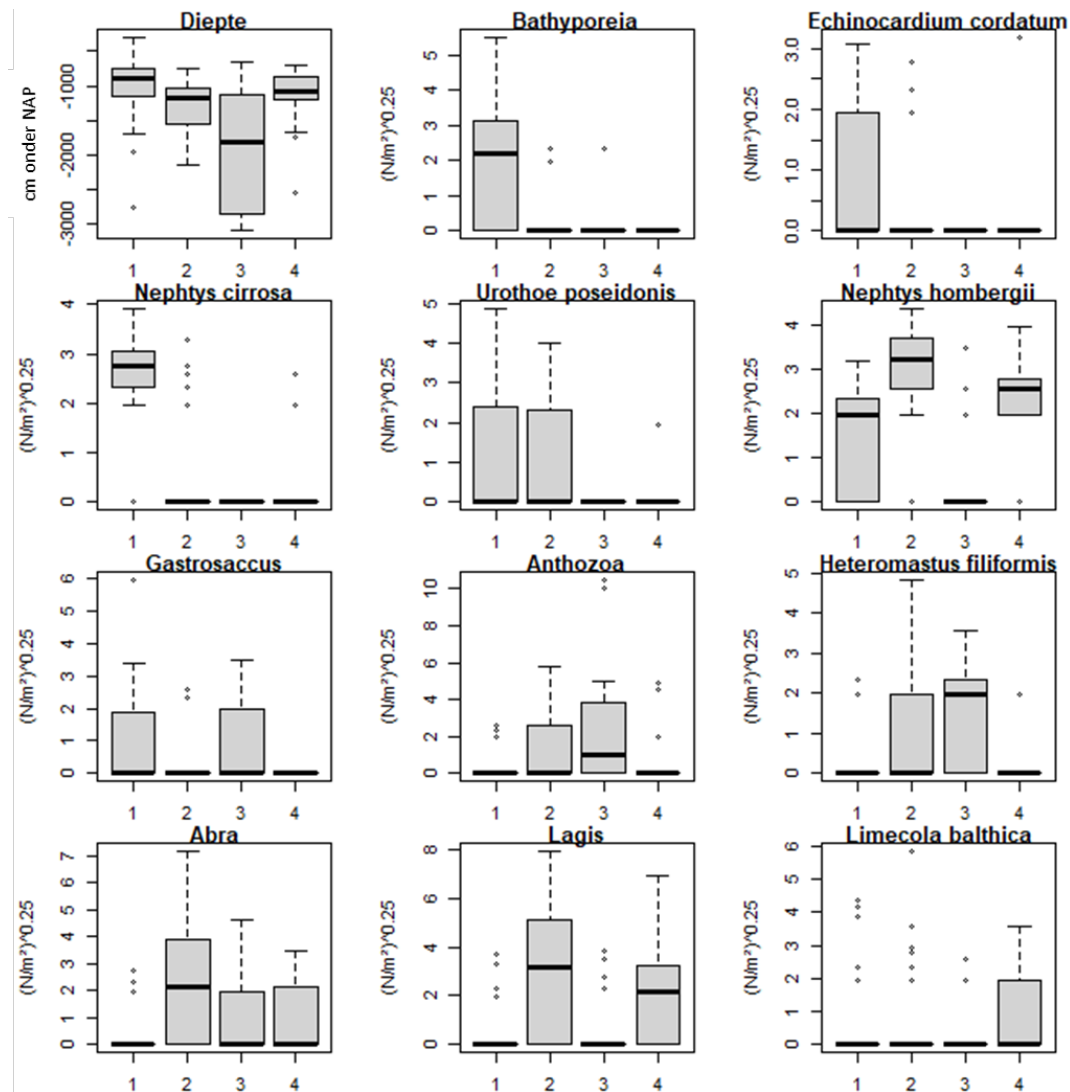
	Kruipen/klimmen	Capabel om een vorm van beweging over het bodemoppervlak of rotsachtig substraat uit te voeren
	Graver	Benthische soorten waarvan de volwassen dieren in staat zijn zich actief door het sediment te bewegen
Bioturbatie	Diffusieve vermenging	Verticale en/of horizontale beweging van sediment en/of deeltjes
	Oppervlakte depositie	Depositie van deeltjes aan het bodemoppervlak als resultaat van ontlasting of uitstoot door o.a. filter en oppervlakte-detritus etende soorten
	Opwaarts transport	Translocatie van sediment en/of deeltjes van diepere gedeeltes in het sediment naar het oppervlak
	Neerwaarts transport	De subductie van deeltjes van het oppervlak naar diepere gedeeltes door voeding of ontlasting.
	Geen	Geen vorm van bioturbatie
Leefomgeving	Bevestigd aan substratum	Soorten die vastgehecht zitten aan een substratum
	Tunnel-graver	Soorten die een tunnel graven om in te leven
	Spleet/hol/onder een steen	Soorten die in een spleet, hol of onder een steen leven
	Epifyte/endofyte	Soorten die als epifyte of endofyte leven
	Vrij levend	Soorten die vrij levend voorkomen
	Buis-graver	Soorten die een buis graven om in te leven

# 4 Resultaten

## 4.1 Analyse van boxcorer Voordelta 1983-1988

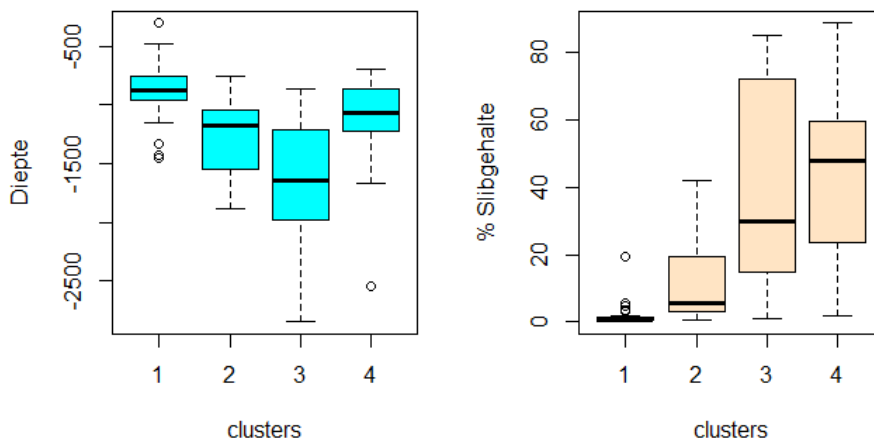
### 4.1.1 Clustering van de locaties op basis van de bodemdiersoorten

Het onderscheiden van vier clusters biedt de meest robuuste groepering van de monsterlocaties op basis van hun soortensamenstelling. De eerste twee clusters (1 en 2) volgen een gradiënt van toenemende diepte en laten de verschuiving zien tussen een aantal kensoorten eerder beschreven in Craeymeersch et al. (1990a): het kniksprietkreeftje *Bathyporeia* sp., de zandzagers *Nephtys cirrosa* en *Nephtys hombergii*, het goudkammetje *Lagis* sp. en de witte dunschaal *Abra alba* (Figuur 8). Het derde cluster omvat een verzameling van locaties met uiteenlopende dieptes (o.a. de diepste locaties uit de dataset). Daar maken binnen de borstelwormen de zandminnende *Nephtys*-soorten plaats voor de rode draadworm *Heteromastus filiformis*, vooral te vinden in fijnzandige en slikgige sedimenten. Het vierde cluster (4) kenmerkt zich door de aanwezigheid van het nonnetje *Limecola balthica*, eerder beschreven door Degraer et al. (2006) als een kensoort voor een specifieke gemeenschap naast de *Nephtys cirrosa*- en de *Abra alba* gemeenschappen.



**Figuur 8. Monsterdiepte (-dm onder NAP) en dichtheden ((N/m<sup>2</sup>)<sup>0.25</sup>) van de dominante bodemdiersoorten in de 4 clusters (x-as) van monsterlocaties na groepering op basis van de soortensamenstelling (dataset Voordelta 1983-1988).**

Voor een beperkt aantal locaties (85 van de 155) zijn sedimentdata beschikbaar. De indeling in clusters laat dezelfde relatie met de diepte zien voor dit beperkte aantal monsters als voor de hele dataset (Figuur 9), al ontbreken de dieper gelegen monsterlocaties (beneden 20 m onder NAP). De toename in diepte langs de clusters 1, 2 en 3 gaat gepaard met een toename in het relatieve slibgehalte. Het vierde cluster (4) heeft dieptewaardes tussen die van clusters 1 en 2 en toont hoge relatieve slibgehaltenes vergelijkbaar met percentages waargenomen voor cluster 3.

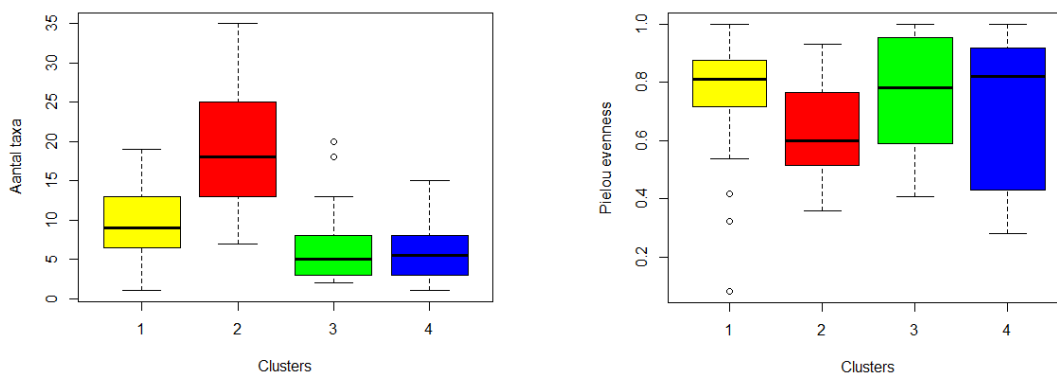


**Figuur 9. Diepte (-cm onder NAP) en slibgehalte (%) zoals beschikbaar voor 85 van de 155 monsterlocaties (dataset Voordelta 1983-1988).**

De toename in de mediane waarden aan slibgehaltenes van cluster 1 tot en met 4 komt overeen met de waarnemingen van Degraer et al. (2006) waar de transitie van *Nephtys cirrosa*- naar *Abra alba*- naar *Limecola balthica* gemeenschappen gepaard gaat met het fijner worden van het sediment.

#### 4.1.2 Soortenrijkdom, taxonomische diversiteit en totale dichtheid (boxcorer Voordelta 1983-1988)

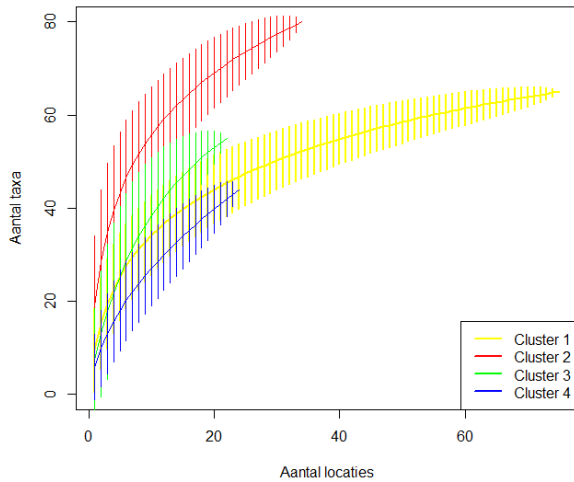
Het gemiddelde aantal taxa per monster in cluster 2 (*Abra alba*) is met  $19.1 \pm 7,6$  (SD) bijna twee keer hoger dan in cluster 1 (*Bathyporeia* sp.;  $9,5 \pm 4,6$  (SD)) (Figuur 10). Het gemiddelde aantal taxa is het laagste in clusters 3 (*Heteromastus filiformis*) en 4 (*Limecola balthica*) met  $7,3 \pm 5,6$  (SD) en  $5,9 \pm 3,6$  (SD) respectievelijk. De Pielou evenness index laat een inverse relatie zien met aantal taxa (Figuur 10): het verhoogde aantal taxa in cluster 2 is inderdaad vooral veroorzaakt door een groot aantal taxa met lage dichtheden naast enkele dominante soorten waaronder de zandzager *Nephtys hombergii*, de witte dunschaal *Abra alba* en het goudkammetje *Lagis* sp. (zie Figuur 8).



**Figuur 10. Aantal taxa en Evenness (Pielou index) in de monsters met onderscheid van de 4 clusters (op de X-as) van monsterlocaties na groepering op basis van de soortensamenstelling (dataset Voordelta 1983-1988).**

Er zijn 101 taxa gevonden in de dataset waarvan 65 in cluster 1, 80 in cluster 2, 55 in cluster 3 en 44 in cluster 4. Omdat het aantal monsterlocaties varieert tussen de clusters, met 75 locaties in cluster 1, 34 in cluster 2, 22 in cluster 3 en 24 in cluster 4, is het aantal soorten gevonden in elke cluster gecorrigeerd voor deze verschillen. De correctie is uitgevoerd d.m.v. een accumulatiemethode waarbij

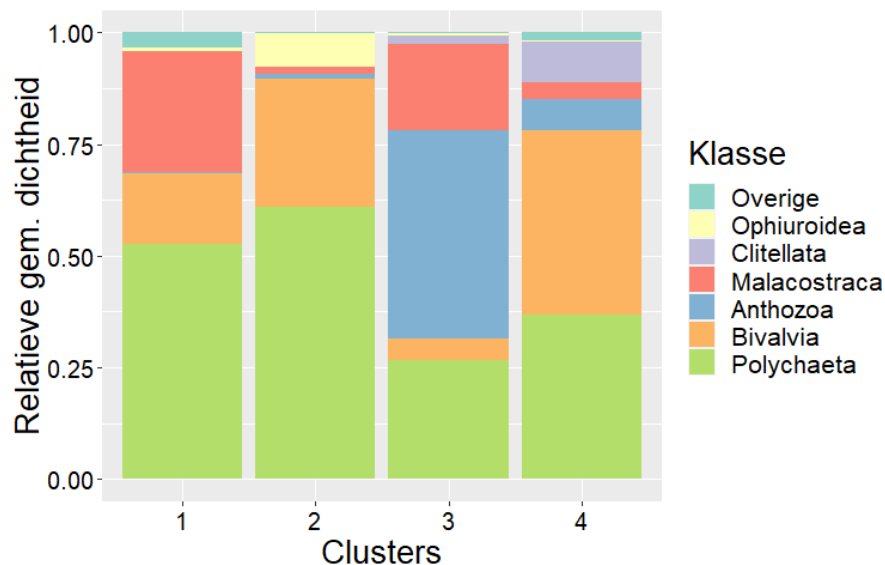
de toename van het waargenomen aantal taxa in gerandomiseerde groepen (tot 100 permutaties) met toenemend aantal monsterlocaties wordt geschat (Figuur 11).



**Figuur 11. Aantal soorten (gemiddelde en standard deviatie) voor toenemend aantal locaties berekend op basis van 100 permutaties tussen de monsterlocaties binnen elke cluster.**

Het aantal taxa voor elke cluster is geschat voor een gelijke monstergrootte van 22 locaties, het aantal locaties in cluster 3 (minimaal aantal uit de vier clusters), met behulp van de soortaccumulatiecurve (Figuur 11). Zoals voor het gemiddelde aantal taxa per monster is het totale aantal gevonden taxa (in 22 locaties) het hoogste in cluster 2 (71 taxa). Er worden ook meer soorten gevonden in cluster 3 (55) dan in cluster 1 (45) terwijl die verhouding juist omgekeerd was voor het gemiddelde aantal taxa per monster. Het laagste aantal soorten (42) is gevonden in cluster 4.

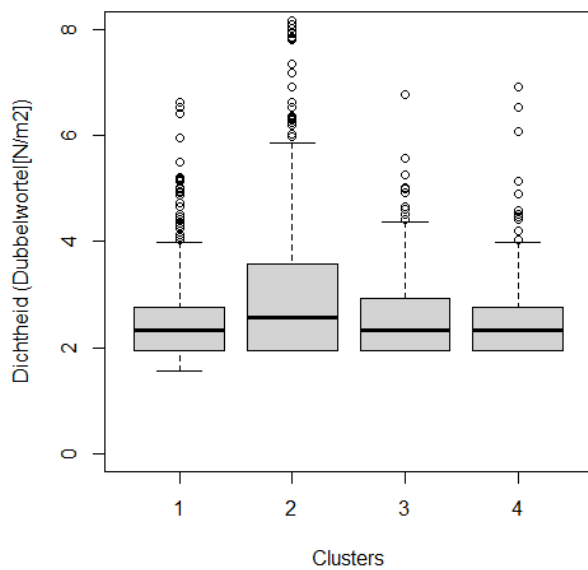
De bodemdiergemeenschappen van de vier clusters worden gedomineerd door een zestal taxonomische klassen waaronder **Polychaeta** (borstelwormen, waaronder de zandzagers *Nephtys* soorten en het goudkammetje *Lagis* sp.), **Bivalvia** (schelpdieren; waaronder de witte dunschaal *Abra alba* en het nonnetje *Limecola balthica*), **Anthozoa** (bloemdieren), **Malacostraca** (kreeftachtigen; waaronder de kniksprietkreeftjes *Bathyporeia* sp. en *Urothoe* sp. en aasgarnalen zoals *Gastrosaccus* sp.), **Clitellata** (regenwormachtige) en **Ophiuroidea** (brokkelsterren) (Figuur 12). Borstelwormen en schelpdieren zijn in grote aantallen te vinden in alle clusters. Deze taxonomische klassen vormen samen minimaal driekwart van de gemiddelde dichtheden in alle clusters m.u.v. van cluster 3 waar vooral bloemdieren en borstelwormen het gros van de dichtheden vertegenwoordigen. De kreeftachtigen zijn vooral te vinden in cluster 1 (*Bathyporeia* sp.) en in cluster 3 (*Bathyporeia* sp. en *Gastrosaccus* sp.) (zie Figuur 8).



**Figuur 12. Relatieve gemiddelde dichtheden van de verschillende taxonomische klassen aanwezig in de monsters met onderscheid van de 4 clusters (op de x-as) van monsterlocaties na groepering op basis van de soortensamenstelling (dataset Voordelta 1984-1988).**



De gemiddelde dichtheid per monster laat een grote spreiding zien binnen elke cluster zonder duidelijke verschillen tussen de clusters (Figuur 13). De hoogste waarden van dichtheid worden, zoals bij het aantal taxa, waargenomen voor cluster 2.



**Figuur 13. Gemiddelde dichtheden ( $(N/m^2)^{0.25}$ ) in de bodemdierenmonsters met onderscheid van de 4 clusters (op de X-as) na groepering op basis van de soortensamenstelling (dataset: Voordelta 1984-1988).**

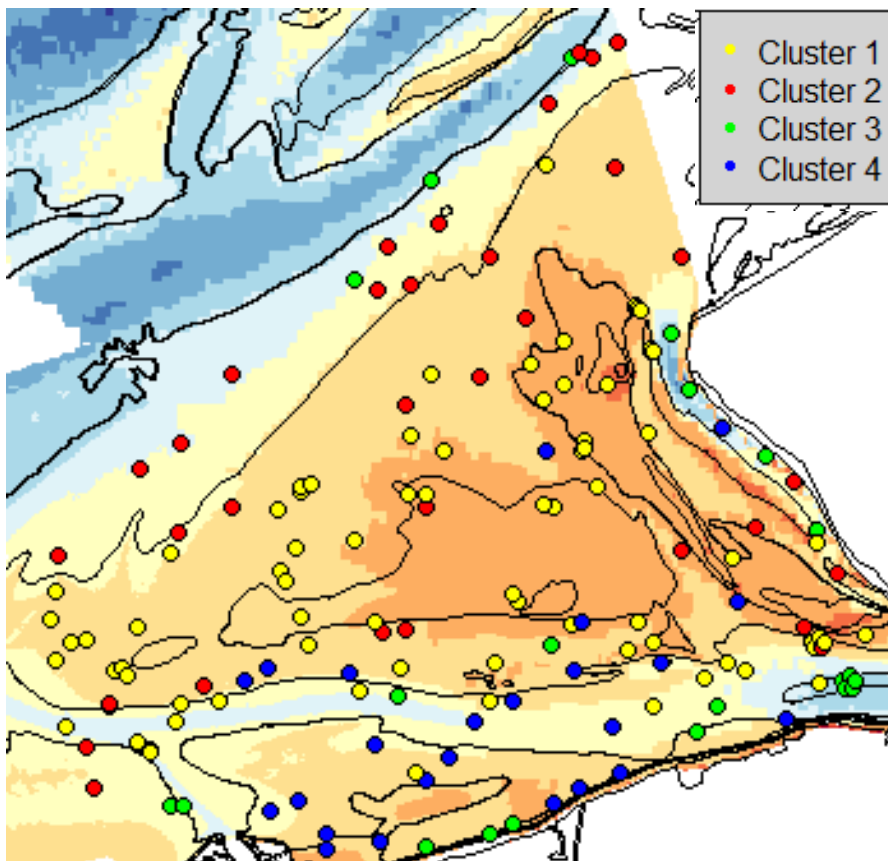
#### 4.1.3 Ruimtelijke verdeling van de clusters (boxcorer Voordelta 1983-1988)

De locaties binnen cluster 1, gekenmerkt door de aanwezigheid van de zandzager *Nephtys cirrosa* en het kniksprietkreeftje *Bathyporeia* sp., bevinden zich vooral in de ondiepe gebieden op de Vlakte van de Raan (Figuur 14). Volgens de EUNIS-classificatie voor mariene habitats is deze gemeenschap typisch voor zandige, hoogdynamische bodems.

Cluster 2 wordt vooral waargenomen aan de buitenkant van de Vlakte van de Raan (Figuur 14). Dit cluster is minder diep gelegen dan cluster 1, wordt waargenomen op zandige bodems en is zeer waarschijnlijk gekoppeld aan een lagere dynamiek door golven en een verhoogd slibgehalte (Figuur 9). Binnen het genus *Nephtys* gaat de transitie van cluster 1 naar cluster 2 gepaard met de afname van *N. cirrosa* en de sterke toename van *N. hombergii*. Deze transitie staat beschreven in de EUNIS classificatie als typerend voor het fijner en slibrijker worden van het sediment. Het relatief rustige karakter van deze locaties met slibrijke bodems is bovendien bevestigd door de aanwezigheid van de witte dunschaal (*Abra alba*) en van het goudkammetje (*Lagis koreni*; borstelworm).

Cluster 3 groepeerde locaties die zich zowel langs de kust als diep in de geulen bevinden (Figuur 14). Cluster 3 komt vooral voor op bodems met hoge slibgehalten (hogere waarden dan in clusters 1 en 2, zie Figuur 9) wat bevestigd wordt door de aanwezigheid van de borstelworm *Heteromastus filiformis*.

Cluster 4 bevat vooral locaties aan de zuidelijke flank van de Vlakte van de Raan met locaties aan beide kanten van de Wielingen (Figuur 14). Dit cluster wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van het nonnetje (*Limecola balthica*) en de zandzager *Nephtys hombergii*. Deze associatie is beschreven in de EUNIS classificatie als typerend voor relatief ondiepe en slibrijke bodems.



**Figuur 14. Cluster indeling van de locaties bemonsterd tussen 1983 en 1988 voor de Vlake van de Raan (Dieptekaart vaklodngen RWS als achtergrond).**

## 4.2 Analyse van bodemschaafgegevens (WOT, 1993-2019)

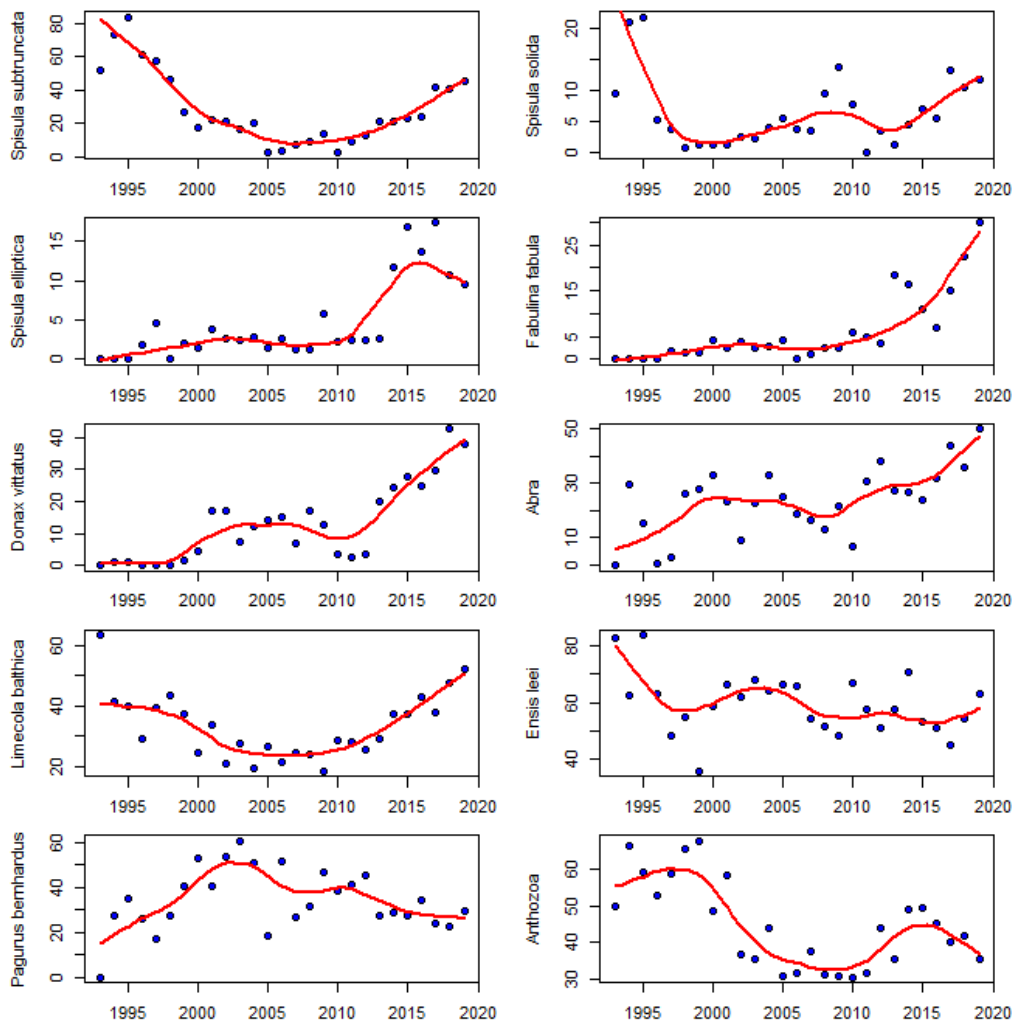
### 4.2.1 Temporele trends in bodemdieren door de jaren heen

De temporele trends in bodemdiersoorten in de WOT dataset (Figuur 15) worden geanalyseerd op basis van de waarnemingen uit de jaren 1993-2019 binnen het bereik van de monitoring zoals uitgevoerd tussen 2011 en 2019 (zie Figuur 7).

De jaarlijkse frequentie van voorkomen levert een robuuste weergave van de temporele veranderingen op (Figuur 15). Hieronder volgt een selectie van soorten met uitgesproken temporele trends (vooral schelpdieren):

- De aanwezigheid van de schelpdieren *Spisula subtruncata* en *Spisula solida* en *Limecola balthica* neemt af tussen 1993 en het begin van de jaren 2000. Na 2010 neemt die aanwezigheid weer toe.
- De frequenties van voorkomen van de ovale strandschelp *Spisula elliptica*, *Fabulina fabula*, het zaagje *Donax vittatus* en *Abra alba* zijn relatief laag bij aanvang van de monitoring (1993) en nemen door de jaren heen toe. Voor de Amerikaanse zwaardschede *Ensis leei*, *Anthozoa* en de gewone heremietkreeft *Pagurus bernhardus* neemt de frequentie van voorkomen af tegen het einde van de monitoringsperiode.

In het kader van de huidige studie, met als doel een ecologische typering van het zoekgebied voor de pilotsuppletie, is het wenselijk om tot een beschrijving te komen die representatief is voor de huidige situatie. Om voldoende gegevens te behouden voor de analyses maar ook het samenvoegen van perioden met tegenstrijdige trends in populatiedynamiek minimaal te houden, is er voor gekozen om gebruik te maken van de monsters verzameld in de periode 2011-2019.



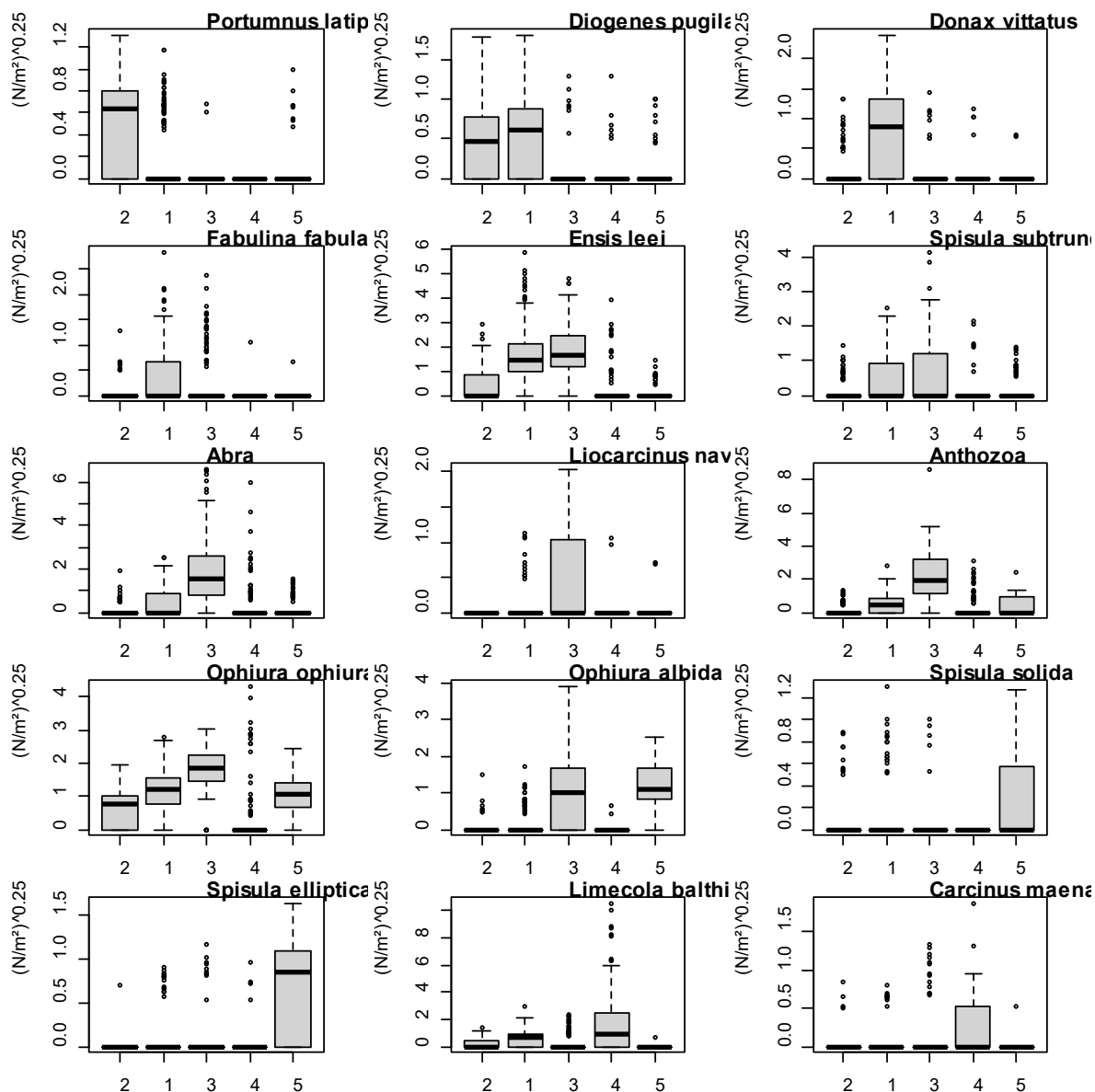
**Figuur 15. Frequentie van voorkomen (%) voor een selectie van bodemdiersoorten met uitgesproken temporele trends in de WOT 1993-2019 dataset. De locaties van deze WOT monsterpunten zijn gekozen binnen het bereik van de monitoring zoals uitgevoerd tussen 2011 en 2019.**

#### 4.2.2 Gemeenschapsanalyse WOT monitoring 2011-2019

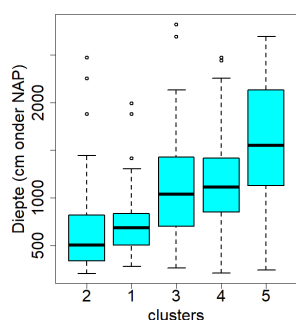
Bij de gemeenschapsanalyse van de WOT monitoring is gebruik gemaakt van een selectie in de dataset van de 818 monsters verzameld tussen 2011 en 2019. Voor deze geselecteerde monsterpunten is een gemeenschapsanalyse uitgevoerd op soorten die in meer dan 1% van de monsters voorkomen.

De cluster analyse uitgevoerd op basis van de soortendichtheden levert vijf clusters van monsterlocaties op (Figuur 16). Zoals bij de dataset Voordelta 1984-1988 tonen de verkregen clusters een relatie met de diepte (Figuur 17). Om misverstanden te voorkomen moet hier wel benadrukt worden dat de clusternummering verkregen op basis van de WOT 2011-2019 gegevens geen verband houdt met de nummering verkregen voor de Voordelta 1984-1988 gegevens.

De breedpootzwemkrab (*Portumnus latipes*), het kleine heremietkreeftje (*Diogenes pugilator*) en de brokkelster (*Ophiura ophiura*) bevinden zich vooral in de ondiepe cluster 2. In het wat diepere cluster 1, waar *D. pugilator* en *O. ophiura* ook te vinden zijn, nemen de dichtheden van de schelpdieren *Donax vittatus*, *Fabulina fabula*, *Ensis leei*, *Spisula subtruncata* en *Abra alba* toe t.o.v. cluster 2. Meerdere soorten bereiken hun hoogste dichtheden in cluster 3, zoals de schelpdieren *Ensis leei*, *Spisula subtruncata* en *Abra alba*, de brokkelsteren *Ophiura ophiura* en *O. albida* en de bloemdieren (*Anthozoa*). Cluster 4 wordt vooral gekenmerkt door de relatief hoge dichtheden van het nonnetje (*Limecola balthica*) en van de strandkrab *Carcinus maenas*. De strandschelpen *S. elliptica* en *S. solidula* zijn kenmerkend voor het diep gelegen cluster 5.



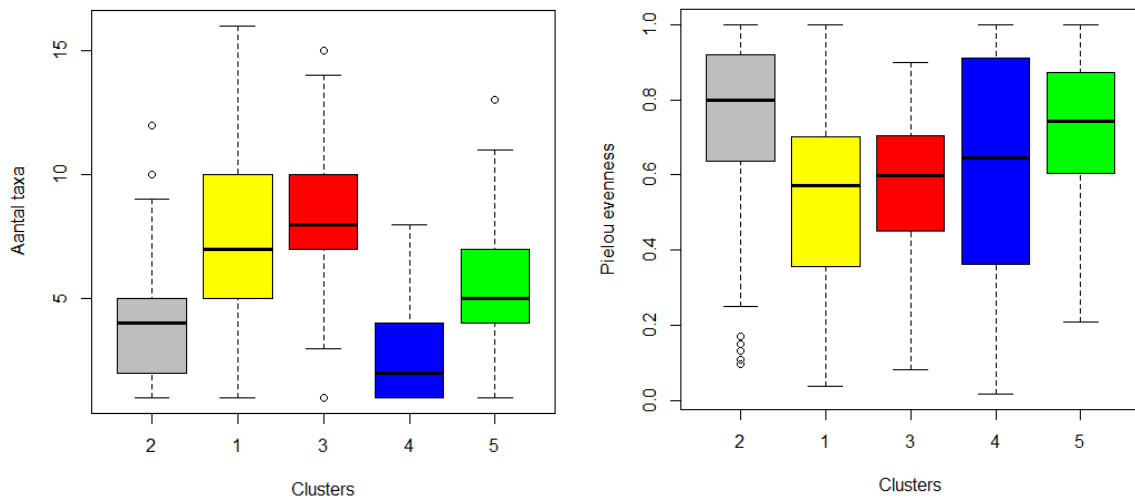
**Figuur 16.** Dichtheden ( $(N/m^2)^{0.25}$ ) van de dominante bodemdiersoorten in de 5 clusters (x-as) van monsterlocaties na groepering op basis van de soortensamenstelling (dataset: WOT 2011-2019). De clusters zijn gesorteerd (2-1-3-4-5) op volgorde van oplopende diepte (zie Figuur 17).



**Figuur 17.** Dieptes (cm onder NAP) van de monsters gegroepeerd per cluster op basis van de soortensamenstelling.

#### 4.2.3 Soortenrijkdom, taxonomische diversiteit en totale dichtheid

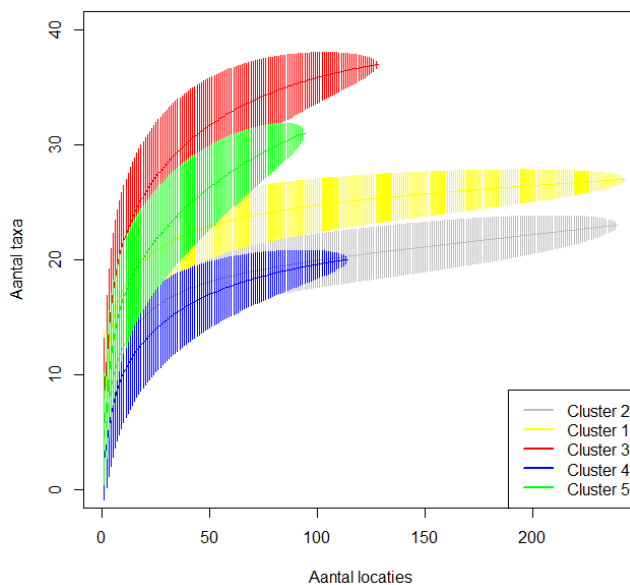
Het gemiddelde aantal taxa (Figuur 18) neemt met de diepte toe van cluster 2 ( $4,0 \pm 2,2$ ) naar clusters 1 ( $7,3 \pm 3,3$ ) en 3 ( $8,0 \pm 2,6$ ). Het laagste gemiddelde aantal taxa is gevonden in cluster 4 ( $2,5 \pm 1,7$ ) en het aantal taxa in cluster 5 ( $5,3 \pm 2,4$ ) valt in de middenmoot. Het verschil tussen de clusters in de Pielou index is een spiegelbeeld van die verkregen op basis van het gemiddelde aantal taxa per monster wat erop wijst dat hogere aantallen taxa gepaard gaan met een toename in soorten met een lage dichtheid.



**Figuur 18. Aantal taxa en Evenness (Pielou) in de monsters met onderscheid van de 5 clusters (op de x-as) van monsterlocaties na groepering op basis van de soortensamenstelling (dataset: WOT 2011-2019). De clusters zijn gesorteerd op volgorde van olopende diepte (volgorde: 2-1-3-4-5).**

Van de 39 taxa onderscheiden in de dataset zijn er 27, 23, 37, 20 en 31 gevonden in clusters 1 tot met 5 respectievelijk. Omdat het aantal monsterlocaties varieert tussen de clusters, respectievelijk 243, 239, 128, 114 en 94 in clusters 1 tot met 5, wordt het aantal soorten gevonden in elke cluster gecorrigeerd voor deze verschillen met behulp van de soorten-accumulatiecurven in Figuur 19 op basis van 94 locaties (Het minimaal aantal locaties in cluster 5).

Zoals voor het gemiddelde aantal taxa per monster is het totale aantal taxa te vinden in die 94 locaties (Figuur 19) het hoogste in cluster 3 (36). De laagste aantallen taxa zijn gevonden in clusters 2 (20) en cluster 4 (19). Cluster 1 en cluster 5 zitten in de middenmoot met 25 en 31 taxa respectievelijk.

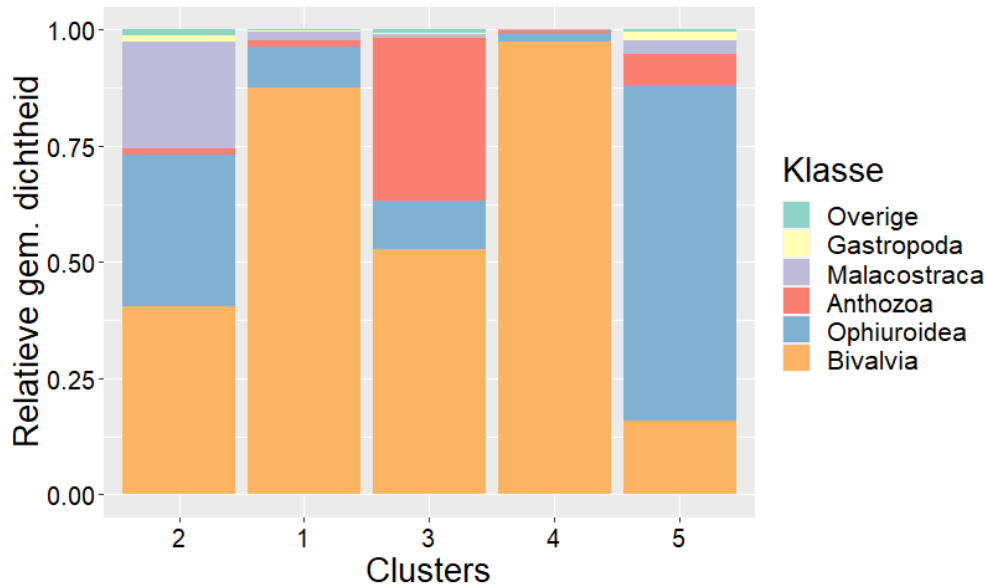


**Figuur 19. Aantal soorten (gemiddelde en standard deviatie) voor toenemende aantal locaties berekend op basis van 100 permutaties tussen de monsterlocaties binnen elke cluster.**

De meeste bodemdieren taxa gevonden in die 5 clusters behoren tot de volgende vier taxonomische klassen (Figuur 20): **Bivalvia** (schelpdieren) met *Abra alba*, *Spisula's*, *Limecola balthica*, *Ensis leei*, *Donax vittatus* en *Fabulina fabula*, **Ophiuroidea** (brokkelsterren) met de *Ophiura's*, **Anthozoa** (bloemdieren) en **Malacostraca** (kreeftachtigen) met *Portumnus* en *Diogenes*.

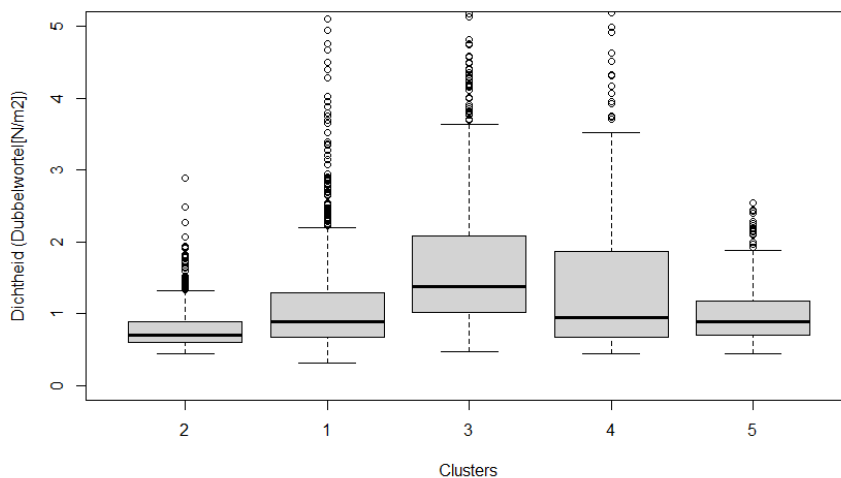
Twee kleppigen vertegenwoordigen minimaal de helft van de totale dichtheid in de eerste 4 clusters, terwijl de bodemdierengemeenschap in cluster 5 gedomineerd wordt door de brokkelsterren. De

gemeenschap in cluster 2 is gekenmerkt door een co-dominantie van tweekleppigen, brokkelsterren en kreeftachtigen. Deze gelijkmatige verdeling van de dichtheden tussen die groepen in cluster 2 wordt overigens benadrukt door de hoge waarde van de Pielou index (Figuur 18).



**Figuur 20. Relatieve gemiddelde dichtheden van de verschillende taxonomische klassen aanwezig in de monsters met onderscheid van de 5 clusters (op de x-as) van monsterlocaties na groepering op basis van de soortensamenstelling (dataset: WOT 2011-2019). De clusters zijn gesorteerd op volgorde van oplopende diepte (volgorde: 2-1-3-4-5).**

Ondanks de hoge spreiding in de dichtheden binnen elke cluster neemt de dichtheid, net zoals bij het aantal taxa, toe met de toename in diepte tussen cluster 2, 1 en 3 (Figuur 21).



**Figuur 21. Totale bodemdieren dichtheden  $((N/m^2)^{0.25})$  in de monsterlocaties met onderscheid van de 5 clusters (op de x-as) van monsterlocaties na groepering op basis van de soortensamenstelling (dataset: WOT 2011-2019). De clusters zijn gesorteerd op volgorde van oplopende diepte (volgorde: 2-1-3-4-5).**

### Ruimtelijke verdeling van de clusters

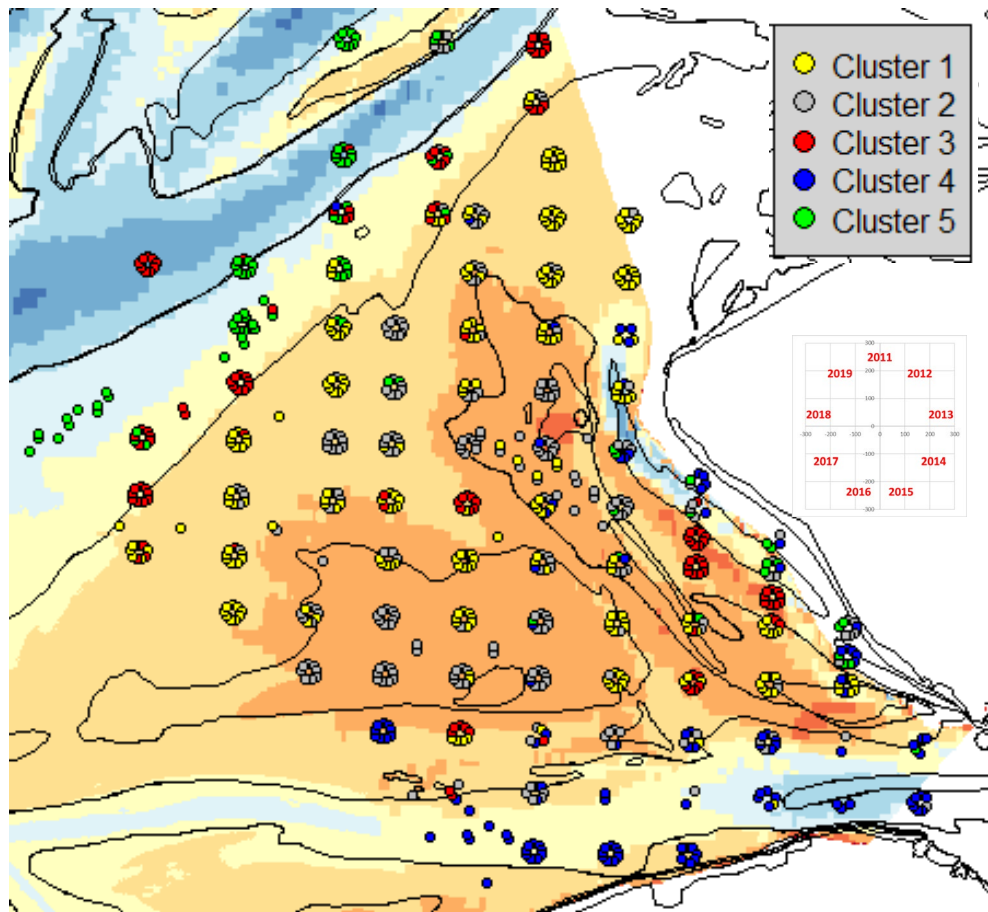
Het ondiepste cluster 2 wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van de breedpootzwemkrab (*Portumnus latipes*) en van het kleine heremietkreeftje (*Diogenes pugilator*). Deze cluster bevindt zich vooral op de Vlakte van de Raan wat overeenkomt met de voorkeur van de breedpootzwemkrab voor fijnzandige bodems met een hoge hydrodynamische stress (Figuur 22).

In cluster 1 zijn, in vergelijking met cluster 2, meer schelpdieren aanwezig, onder meer de rechtsgestreepte platschelp (*Fabulina fabula*), het zaagje (*Donax vitatus*) en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*). Dit cluster bevindt zich meer aan de zeezijde van de Vlakte van de Raan. In de Eunis-classificatie wordt de aanwezigheid van *Fabulina fabula* genoemd als een indicator voor afnemende hydrodynamische stress.

Het soortenrijke cluster 3, duidelijk dieper gelegen dan de eerst twee clusters, is te vinden rondom de Vlakte van de Raan. De aanwezigheid van de witte dunschaal *Abra alba* getuigt van het verhoogde slibgehalte op deze locaties.

Cluster 4 wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van het nonnetje (*Limecola balthica*) en de strandkrab *Carcinus maenas*. Dit cluster bevindt zich op locaties tussen de Wielingen en de kust. De aanwezigheid van *L. balthica* komt, zoals waargenomen binnen de Eunis-classificatie, overeen met het relatief ondiepe en slibrijke karakter van deze bodems.

Cluster 5 omvat de diepste locaties in deze dataset, en is vooral gesitueerd in het noorden van de Vlakte van de Raan, met als typerende soorten de stevige strandschelp (*Spisula solida*) en de ovale strandschelp (*Spisula elliptica*).



**Figuur 22. Clusterindeling van de locaties bemonsterd in het kader van het WOT-programma in de periode 2011-2019. Elke bemonstering is weergegeven als een symbool (in volgorde van monsterjaar zoals aangegeven) op een cirkel met de beoogde locatie als centrum en een radius van 250 meter.**

#### 4.2.4 PCA vs. cluster analyse WOT 2011-2019

In de cluster analyse wordt getracht om monsterlocaties samen te voegen op basis van de overeenkomsten in de soortensamenstelling. De "overvloeiing" van de individuele taxa over verschillende clusters zoals weergegeven in Figuur 16, wijst erop dat een deel van de informatie over die taxa ontsnapt aan die classificatie.

In een principale-componentenanalyse (PCA) wordt de dichtheid van de individuele taxa gebruikt voor de projectie van de monsterlocaties vanuit de multidimensionale ruimte (zoveel dimensies als soorten) op de assen van grootste variatie tussen de monsters (principale componenten). Daardoor levert de PCA directe informatie over de dominante gradiënten van individuele taxa tussen de monsterlocaties.

Als aanvulling op de clusteranalyse is ook een PCA uitgevoerd met betrekking tot de verdeling van individuele taxa tussen de monsterlocaties. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van dezelfde dataset als bij de clusteranalyse (WOT 2011-2019 voor soorten met frequentie van voorkomen groter dan 1%), en met vierdemachtswortel-transformatie van de dichtheden.

De drie eerste assen van de PCA verklaren 63% van de variantie in de soortensamenstelling tussen alle monsterlocaties (Tabel 4.1).

**Tabel 4.1. Resultaten van de principale-componentenanalyse (PCA) op basis van de WOT monitoring dataset in het studiegebied in de periode 2011-2019. Fractie (%) van de variantie verklaard door de vijfde eerste assen van de PCA (laatste regel is de cumulatieve verklaarde variantie in %).**

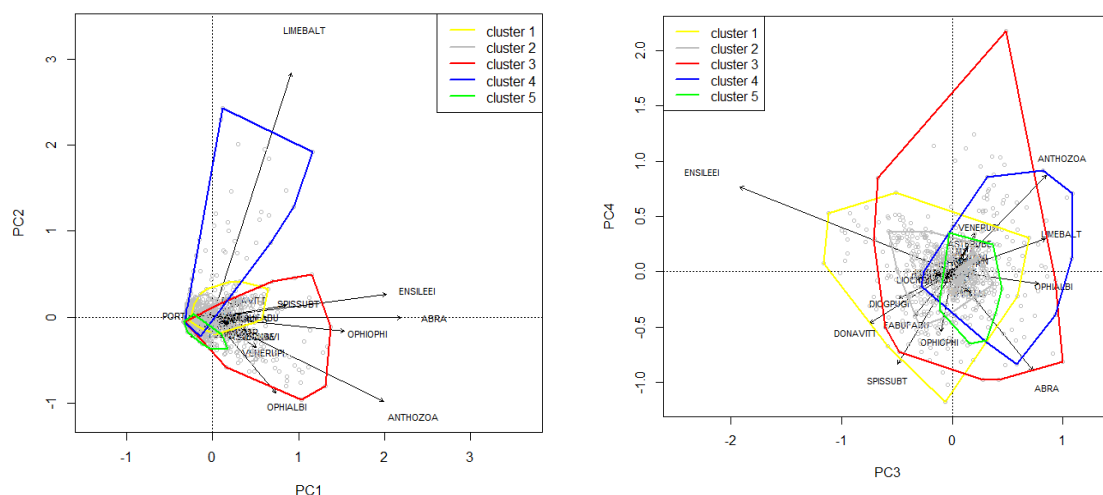
Hoofdcomponenten	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigenwaarde	2.516	1.388	1.035	0.533	0.397
Variantie verklaard (%)	32.2	17.77	13.25	6.83	5.08
Cumulatieve verklaarde variantie (%)	32.2	49.97	63.22	70.05	75.12

De projecties van de clusters van de monsterlocaties volgens de drie eerste assen van de PCA berekend op basis van de soortensamenstelling tonen grote overlap (Figuur 23).

Op de eerste projectie (PC2~PC1) blijken de witte dunschaal (ABRA: *Abra alba*, cluster 3) en de Amerikaanse zwaardschede (ENSILEEI: *Ensis leei*, clusters 1 en 3) positief gecorreleerd te zijn met de eerste as (PC1).

De tweede as (PC2) van deze projectie correleert met de hogere dichtheden van het nonnetje (LIMECOLA: *Limecola balthica*) binnen cluster 4. De overige clusters laten in deze projectie rondom de oorsprong van de assen een sterke overlap zien. Dit benadrukt de grote gelijkheid in soortensamenstelling tussen deze clusters.

Op de tweede projectie (PC4~PC3) komt vooral de sterke negatieve correlatie van *Ensis leei* met de derde as (PC3) naar voren. *Donax vittatus* (cluster 1) is ook (wel in mindere mate) negatief gecorreleerd met as PC3 terwijl *Limecola balthica* (cluster 4) positief correleert met die as. Ook cluster 2 (*Portumnus latipes*) en cluster 5 (*Spisula elliptica*) zijn licht verschoven t.o.v. elkaar aan de negatieve en positieve kant van PC3 respectievelijk.



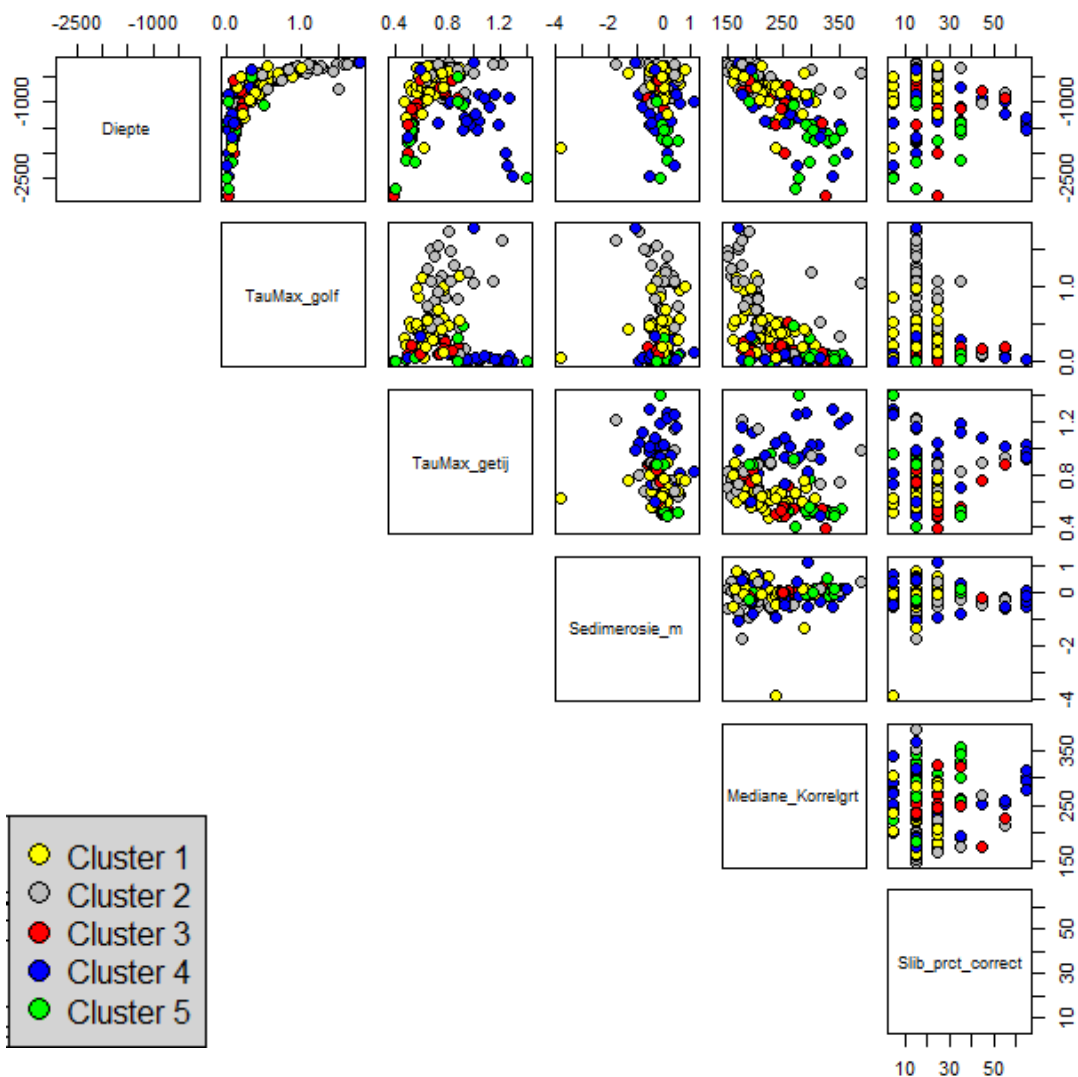
**Figuur 23. Projectie van de monsterlocaties (cirkels) en van de soorten (lettercodes) op de PCA vlaktes gevormd door de drie eerste assen van de analyse (PC1/PC2 en PC3/PC4) met weergaves van de enveloppen rondom de monsterlocaties voor elke cluster.**



## 4.3 Relatie tussen de bodemdiergemeenschappen en de omgevingsvariabelen (WOT 2011-2019)

### 4.3.1 Omgevingsvariabelen vs. clustering WOT 2011-2019

De grafische matrix weergegeven in Figuur 24 beschrijft de relaties tussen de omgevingsvariabelen en werpt een licht op de habitatverschillen tussen de verschillende clusters. De sterkste relatie wordt gevonden tussen de diepte en de golf-gedreven bodemschuifspanning ( $Tau_{max-golf}$ ) die sterk toeneemt bij een afnemende diepte, voornamelijk tussen 0–10 m diepte. De hoogste waarden van  $Tau_{max-golf}$  zijn vooral waar te nemen in de ondiepste cluster 2 op de top van de Vlakte van de Raan en in wat mindere mate voor cluster 1 aan de buitenkant van de Vlakte. De getij-gedreven bodemschuifspanning ( $Tau_{max-getij}$ ) toont de hoogste waarden in cluster 4 die zich in en rondom de Wielingen bevindt. De mediane korrelgrootte van het sediment neemt toe over de diepte met de fijnste zanden in de ondiepe gebieden op de Vlakte van de Raan. Het slibgehalte is praktisch niet gecorreleerd met de overige omgevingsvariabelen en/of de clusters.



**Figuur 24. Relaties tussen de metingen van de omgevingsvariabelen diepte (cm t.o.v. NAP; *Diepte*), bodemschuifspanning gedreven door golven ( $Tau_{Max\_golf}$ ) of door het getij ( $Tau_{Max\_getij}$ ), sedimentatie-erosie van de bodem (in m; *Sedimerosie\_m*), mediane korrelgrootte (in  $\mu\text{m}$ ; *Mediane\_Korrelgrt*) en slibgehalte (%; *Slib\_prct\_correct*) op de monsterlocaties (WOT 2011-2019) met weergave van de clusters op basis van de bodemdierdichtheden.**

#### 4.3.2 Omgevingsvariabelen vs. multivariate projecties WOT 2011-2019

Om de relaties tussen de vijf omgevingsvariabelen (zie Figuur 24) en de ecologische eigenschappen van de monsterlocaties te analyseren is gebruik gemaakt van een lineaire model. Dit model berekent de relatie tussen de waarden van omgevingsvariabelen (zie § 3.2) en de PCA-scores van de monsterlocaties (vanuit de multivariate ruimte van de soortensamenstelling) voor de vier meest verklarende assen.

De eerste as van de PCA correleert negatief met de hydrodynamica (golf- en getij-gedreven bodemschuifspanningen) en de korrelgrootte en positief met slibgehalte en diepte (Tabel 4.2). De "Abra-as" (as PC1 in Figuur 23) krijgt positieve waarden (door hogere dichtheden *Abra alba*) bij een toename in diepte, verlaging van de hydrodynamica en het fijner worden van het sediment.

De tweede as van de PCA correleert positief met de diepte, de getij-gedreven bodemschuifspanning en het slibgehalte (Tabel 4.2). Deze as is sterk gerelateerd aan de hoge dichtheden van *Limecola balthica* (Figuur 23). *Limecola balthica*-clusters zijn vooral te vinden op de geulwanden van de Wielingen (Figuur 22) wat de correlatie tussen de "Limecola-as" (as PC2 in Figuur 23) en omgevingsvariabelen als diepte en getijstromen verklaart.

De derde as van de PCA correleert negatief met de diepte en de mediane korrelgrootte van het sediment, en positief met de getij-gedreven bodemschuifspanning en het slibgehalte (Tabel 4.2).

Langs deze as wordt een lichte verschuiving tussen de clusters waargenomen (Figuur 23):

- Cluster 1 (*Donax vittatus*) en cluster 2 (*Portumnus latipes*) aan de negatieve kant van PC3 met correlerende lagere getij-regimes op en rondom de Vlakte van de Raan. De relatie met diepte is minder duidelijk.
- Cluster 4 (*Limecola balthica*) en in minder mate cluster 5 (*Spisula elliptica*) bevinden zich aan de positieve kant van PC3 wat overeenkomt met de hogere getij-regimes die heersen aan de buitenkant van de Vlakte van de Raan. Hier ook is de relatie met diepte wat minder duidelijk.

In beide gevallen is de negatieve relatie met de diepte minder duidelijk te verklaren t.o.v. de relatieve soortensamenstelling van de clusters.

De vierde as van de PCA verklaart slechts 6,8% van de variantie (Tabel 4.1), wat enige interpretatie van de projectie van de clusters op deze as zeer twijfelachtig maakt. Om die reden wordt hier verder niet ingegaan op de analyse van de relatie tussen die as en de omgevingsvariabelen.

**Tabel 4.2. Relatie (lineaire model) tussen de omgevingsvariabelen en de PCA-scores van de meetlocaties op de 4 eerste assen (bodemdierendichtheden in WOT 2011-2019, zie Figuur 23). Kleurcode: grijs (niet significant,  $p > 0.01$ ), groen (positief,  $p < 0.01$ ), rood (negatief,  $p < 0.01$ )**

Variabelen	PC1	PC2	PC3	PC4
<b>Diepte</b>	groen	groen	rood	grijs
<b>Tau<sub>max</sub> golf</b>	rood	grijs	grijs	rood
<b>Tau<sub>max</sub> getij</b>	rood	groen	groen	groen
<b>Sediment-erosie</b>	grijs	grijs	grijs	rood
<b>Mediane korrelgrootte</b>	rood	grijs	rood	grijs
<b>Slibgehalte</b>	groen	groen	groen	grijs

---

## 4.4 Interpretatie huidige clustering resultaten a.d.h.v. een "Biological Trait Analysis"

De soortenclustering gebaseerd op de gemeenschapsanalyse van de WOT monitoring (zie 4.2) wordt beschreven aan de hand van de *trait-modaliteiten* (Bolam, 2013; Bolam et al., 2017). Meerdere biologische eigenschappen zijn niet onderscheidend voor de soorten en clusters hier beschreven, zoals "ontwikkelingsfase van larven" en "morfologie". Alle soorten beschreven in Tabel 4.3 hebben een exoskelet en voor al deze soorten ontwikkelen (en voeden) de larven zich in de waterkolom ('planktotroof').

In cluster 1 (locatie: voornamelijk buitenkant van Vlakte van de Raan) onderscheidt de bodemdierengemeenschap zich door de aanwezigheid van soorten (*Fabulina fabula* en *Donax vitatus*) die klein tot middelmatig groot worden (11-100 mm), een wat langere levensverwachting hebben (3 – 10 jaar), diep ingraven zitten (tussen 6 en 10 cm diep), zich voornamelijk voeden met organisch materiaal uit de waterkolom, zich begraven en/of leven in een buis en waarbij de eieren zich in de waterkolom ontwikkelen (zie Tabel 4.3).

Bodemdiergemeenschappen ingedeeld in cluster 2 (locatie: voornamelijk op de Vlakte van de Raan) onderscheiden zich door soorten (voornamelijk *Portumnus latipes*) die klein tot middelmatig groot worden (11-100 mm), een wat langere levensverwachting hebben (3 – 10 jaar), zich op het oppervlakte bevinden, predatoren zijn, rondzwemmen en waarbij de eieren gebroed worden (zie Tabel 4.3). De kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*), die zowel in cluster 1 als 2 veel voorkomt, is zeer vergelijkbaar in zijn biologische eigenschappen met uitzondering van zijn grootte (101 – 200 mm).

Cluster 3, duidelijk dieper gelegen dan de eerst twee clusters, is te vinden rondom de Vlakte van de Raan. Er zijn veel soorten die in deze bodemdiergemeenschappen hun hoogste dichtheid bereiken (Figuur 16). Deze soorten verschillen sterk in hun biologische eigenschappen (zie Tabel 4.3) en variëren van klein (11-20 mm; o.a. *Abra alba*) tot groot (101-200mm; o.a. *Ensis leei* en *Ophiura* sp.), van kort (*Abra alba*) tot langlevend (*Ensis leei* en *Spisula subtruncata*), vrij levend aan het oppervlak (*Ophiura* sp. en *Liocacinus navigator*) tot ingegraven (overige soorten) en voedend over het hele voedselweb (gesuspenseerd materiaal, detritus en andere dieren).

Cluster 4 bevindt zich op locaties tussen de Wielingen en de kust en de bodemdiergemeenschap onderscheidt zich door twee soorten, *Limecola balthica* en *Carcinus maenas*. Deze soorten zijn vergelijkbaar in hun grootte (klein tot middelmatig) en levensverwachting (3 – 10 jaar). Echter verschillen zij ook in meerdere biologische eigenschappen, zoals leefomgeving en positie in/op sediment, mobiliteit, voeding modus en ei ontwikkeling (zie Tabel 4.3). Voor *Limecola balthica* is, volgens de huidige dataset, de voeding modus onbekend of niet onderscheidend (zie Tabel 4.3).

Cluster 5, vooral gesitueerd in het Noorden van de Vlakte van de Raan, bestaat voornamelijk uit *Spisula solida* en *Spisula elliptica* welke zich voornamelijk in het diepere gedeelte van de Scheldemonding bevinden (Figuur 22). Deze soorten hebben een middelmatige grootte (21-100 mm), leven relatief lang (> 10 jaar), begraven zich (6-10 cm diepte), voeden zich met materiaal uit de waterkolom en de eieren ontwikkelen zich in de waterkolom (zie Tabel 4.3).

**Tabel 4.3 Scores voor verschillende biologische eigenschappen van de meest voorkomende soorten en hun clusterindeling. Scores variëren van 0, soorten met weinig affiniteit met de modaliteit, tot en met 3, soorten met totale en exclusieve affiniteit met de modaliteit (Glorius et al, 2016). Biologische eigenschappen zijn grootte (in mm), morfologie van skelet, levensduur, en locatie van larven ontwikkeling.**

Soort	Cluster	Grootte (in mm)			Morfologie	Levensduur (jaren)			Larvale ontwikkeling
		11-20	21-100	101-200		Exoskelet	1-3	3-10	
Fabulina fabula	1	3	3	0	3	0	1	0	3
Donax vitatus	1	0	3	0	3	0	1	0	3
Diogenes pugilator	1-2	0	0	1	1	0	1	0	1
Portumnus latipes	2	3	3	0	3	0	3	0	3
Abra alba	3	3	0	0	3	3	3	0	3
Ensis leei	1-3	0	0	3	3	0	0	3	3
Spisula subtruncata	1-3	0	3	0	3	0	0	3	3
Ophiura albida	3-5	0	3	3	3	0	1	0	3
Ophiura ophiura	1-2-3-5	0	3	3	3	0	1	0	3
Anthozoa	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Liocarcinus navigator	3	3	3	0	3	0	3	0	3
Limecola balthica	4	1	0	0	1	0	1	0	1
Carcinus maenas	4	3	3	0	3	0	3	0	3
Spisula solida	5	0	3	0	3	0	0	3	3
Spisula elliptica	5	0	3	0	3	0	0	3	3

**Tabel 4.3 vervolg. Biologische eigenschappen: locatie van ei-ontwikkeling, leef omgeving en positie in/op sediment.**

Soort	Clust er	Ontwikkeling eieren		Leefomgeving			Positie in/op sediment		
		Werpt eieren pelagisch	Broed eieren	Tunnel/bui s graver	Vrij levend	Oppervlak	Ingegraven 0-5cm	Ingegraven 6-10cm	Ingegraven >10cm
Fabulina fabula	1	3	0	3	0	0	0	3	0
Donax vitatus	1	3	0	3	0	0	0	1	0
Diogenes pugilator	1-2	0	1	0	1	1	0	0	0
Portumnus latipes	2	0	3	0	3	3	0	0	0
Abra alba	3	3	0	3	0	0	3	0	0
Ensis leei	1-3	3	0	3	0	0	3	3	3
Spisula subtruncata	1-3	3	0	3	0	0	3	0	0
Ophiura albida	3-5	3	0	1	3	3	0	0	0
Ophiura ophiura	1-2-3-5	3	0	1	3	3	0	0	0
Anthozoa	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Liocarcinus navigator	3	0	3	0	3	3	0	0	0
Limecola balthica	4	1	0	1	0	0	0	1	0
Carcinus maenas	4	0	3	0	3	3	0	0	0
Spisula solida	5	3	0	3	0	0	3	0	0
Spisula elliptica	5	3	0	3	0	0	3	0	0

**Tabel 4.3 vervolg. Biologische eigenschappen: manier van voedsel tot zich nemen en bioturbatie.**

Soort	Clust r	Voeding modus					Bioturbatie	
		Gesusp deerd	Oppervlakte- detritus	Ondergronds e- detritus	Aaseter- opportunist	Roofdie r	Diffusieve menging	Oppervlakte depositie
Fabulina fabula	1	3	2	2	0	0	1	1
Donax vitatus	1	3	0	0	0	0	1	1
Diogenes pugilator	1-2	0	0	0	0	0	0	0
Portumnus latipes	2	0	0	0	1	3	0	1
Abra alba	3	1	3	3	0	0	0	1
Ensis leei	1-3	3	0	0	0	0	0	1
Spisula subtruncata	1-3	3	0	0	0	0	0	1
Ophiura albida	3-5	0	0	0	2	3	0	1
Ophiura ophiura	1-2-3-5	0	0	0	2	3	0	1
Anthozoa	3	-	-	-	-	-	-	-
Liocarcinus navigator	3	0	0	0	1	3	0	1
Limecola balthica	4	0	0	0	0	0	0	1
Carcinus maenas	4	0	0	0	1	3	0	1
Spisula solida	5	3	0	0	0	0	0	1
Spisula elliptica	5	3	0	0	0	0	0	1

**Tabel 4.3 vervolg. Biologische eigenschappen: mobiliteit ('mobility').**

Soort	Cluster	Mobiliteit			
		Sessiel	Zwemmend	Kruipend	Ingegraven
Fabulina fabula	1	3	0	0	0
Donax vitatus	1	3	0	0	0
Diogenes pugilator	1-2	0	0	1	0
Portumnus latipes	2	0	3	3	0
Abra alba	3	3	0	0	0
Ensis leei	1-3	3	0	0	0
Spisula subtruncata	1-3	3	0	0	0
Ophiura albida	3-5	0	2	3	1
Ophiura ophiura	1-2-3-5	0	2	3	1
Anthozoa	3	-	-	-	-
Liocarcinus navigator	3	0	3	3	0
Limecola balthica	4	0	0	1	0
Carcinus maenas	4	0	3	3	0
Spisula solida	5	3	0	0	0
Spisula elliptica	5	3	0	0	0

# 5 Discussie en conclusie

De resultaten laten toe om antwoord te geven op de kennisvragen gesteld bij aanvang de studie.

1. Er wordt een vergelijking gemaakt tussen de gemeenschaps-typeringen verkregen m.b.v. verschillende monstertuigen (boxcorer en bodemschaaf) wat leidt tot de beoordeling van de respectieve voordelen en/of de complementariteit van deze bemonsteringstechnieken.
2. Met een tijdsplan van een kwarteeuw geven de WOT gegevens zicht op de temporele veranderingen in de bodemdierengemeenschappen en hoe die veranderingen zich verhouden t.o.v. de ruimtelijke verdeling van deze gemeenschappen.
3. De relatie tussen de gemeenschaps-typeringen en de omgevingsfactoren zoals getoond in de huidige resultaten belicht de manier waarop een ingreep zoals een zandsuppletie direct en indirect van invloed kan zijn op de bodemdieren gemeenschap en hoe die effecten gevolgd kunnen worden door middel van typische kensoorten.
4. Het gebruik van de ecologische beschrijving van de bodemdierensoorten met betrekking tot hun affiniteit en gevoeligheid voor de omgeving vergroot het begrip van de causale verbanden ten grondslag aan de ruimtelijke verdeling van de gemeenschappen.

Deze punten worden hieronder verder belicht en bediscussieerd.

## 5.1 Boxcorer vs. bodemschaaf monitoring

### 5.1.1 Kensoorten en clustering

De clusteranalyse op basis van de Voordelta 1983-1988 dataset na selectie van de locaties op en rondom de Vlakte van de Raan laat een verschuiving zien tussen de kensoorten *Bathyporeia* sp., *Nephtys cirrosa/hombergii*, *Lagis* sp., *Abra alba* en *Limecola balthica* langs gradiënten van toenemende diepte en/of slibgehalten in overeenkomst met de resultaten in Craeymeersch et al. (1990a, 1990b) en Degraer et al. (2006).

Vergeleken met de dataset "Voordelta 1983-1988" worden de WOT-monsters gekenmerkt door de afwezigheid van de kensoorten *Bathyporeia* sp. en *Nephtys cirrosa* als gevolg van het gebruik van verschillende bemonsteringsapparaten (bodemschaaf vs. boxcorer). Deze soorten werden aangemerkt door Craeymeersch et al. (1990a) als typische soorten voor de ondiepe platen (*Bathyporeia* sp.) en de transitiegebieden van plaat naar geul (*Nephtys cirrosa*). Uit de analyse op basis van de WOT monsters komen soorten uit clusters 2 (*Portumnus latipes*) en 1 (*Fabulina fabula*) naar voren als kensoorten voor ondiepe platen en geul-plaat transitiegebieden respectievelijk. Deze soortenverschuiving is verder bevestigd door de EUNIS-classificatie waar de transitie tussen *Portumnus latipes* en *Fabulina fabula* kenmerkend is voor een afname in de golf-gedreven hydrodynamica. Dit toont aan dat ondanks een verschil in bemonsteringsapparaten er in beide gevallen "typische" soorten waargenomen worden kenmerkend voor bepaalde gebieden.

Ook *Spisula* soorten zijn aangemerkt in de EUNIS classificatie als kenmerkend voor verandering in hydrodynamica. Dit is in overeenkomst met de huidige resultaten waarbij een verschuiving van *Spisula subtruncata/Nephtys hombergii* naar *Spisula elliptica/Nephtys cirrosa* bij toenemende hydrodynamiek wordt waargenomen.

De overige kensoorten *Abra alba* en *Limecola balthica* zijn kenmerkend voor diepere en/of slibrijke gebieden en komen voor in de WOT monitoring (WOT 2011-2019) zoals eerder beschreven in Craeymeersch et al. (1990a), Degraer (2006) en De Mesel et al. (2011).

### 5.1.2 Monstertuigen vs. biodiversiteit

Er worden ca. 2 keer meer taxa gevonden in de boxcorer monsters (183 taxa) dan in de bodemschaaf monsters (91 taxa) terwijl het aantal monsters een orde van grootte minder is voor de boxcorer (9964 monsters) dan voor de bodemschaaf (981435 monsters).

Een vergelijkbaar verschil werd eerder beschreven in Wijsman et al. (2014) op basis van een gecombineerde boxcorer- en bodemschaaf-bemonstering (2009-2012) met 188 monsters genomen op de Zeeuwse banken (ten Noorden van de Vlakte van de Raan). De boxcorer bemonstering bevatte toen 149 taxa en de bodemschaaf 32 taxa, slechts 9 taxa werden in beide datasets (bemonsteringmethodes) gevonden.

Dergelijk verschil is een direct gevolg van het gebruikte monstertuig: voor de boxcorer ligt de focus op kleine, talrijke en dieper levende soorten waar de bodemschaaf vooral gericht is op de minder abundante in en op het bodemoppervlak levende soorten. Het gebruikte tuig heeft ook een directe invloed op de soortensamenstelling in de monsters: vaak gedomineerd door wormen en schaaldieren voor de boxcorer en met een sterkere dominantie door schelpdieren voor de bodemschaaf.

Boxcorer en bodemschaaf monitoring leveren consistente resultaten t.b.v. de typering van de bodemdiergemeenschappen op basis van verschillende kensoorten voor elk monstertuig. De consistentie van deze resultaten met eerdere studies wijst op robuuste ecologische structuren in relatie met hun omgeving.

## 5.2 Temporele variaties in bodemdiergemeenschappen

Vergeleken met de vroegere studie van Craeymeersch et al. (1999) is de mesheften-populatie fors toegenomen en die uitheemse soort behoort ondertussen tot de lokale fauna in het studiegebied (Houziaux et al., 2012). Hoe de ontwikkeling van deze soort plaats gevonden heeft t.o.v. de inheemse soorten is nog niet duidelijk (Tulp, 2010; Breine et al., 2018). Dit maakt de studie van de ruimtelijke verdeling van die soort t.o.v. 'historische' kensoorten zoals *Abra alba* bijzonder relevant. *Ensis leei* laat hoge dichtheden zien in cluster 3 (*Abra*) maar ook in cluster 1 (*Donax vittatus*). De PCA bevestigt dit beeld waar *Ensis* hoge scores haalt op PC1 (positief) samen met *Abra*. De positieve kant van PC1 wijst naar relatief diepe, laagdynamische locaties met fijn slibrijke sediment. De negatieve score van *Ensis* op de derde as (PC3), samen met *Donax vittatus* wijst naar de relatie met relatief diepe locaties maar wel met grovere sedimenten. Die laatste komt overeen met de sterke aanwezigheid van *Ensis* in cluster 1 (*Donax vittatus*).

In de laatste publicatie over het Belgische monitoring programma voor de bodemdieren (1994-2012) beschrijft Breine et al. (2018) de aanwezigheid van *Ensis* in sedimenten met dezelfde korrelgrootte als die waar *Abra* gevonden wordt maar -ook de affiniteit van *Ensis* voor lagere slibgehalten dan *Abra*. Dit komt overeen met de aanwezigheid van *Ensis* in clusters 3 en 1. Waar het optimum van *Ensis* in relatief diepe en 'rustige' locaties in het slibrijke zand ligt, benadrukt Breine et al. (2018) de numerieke dominantie van *Ensis* in de meeste ondiepe en hoog hydrodynamische gebieden. Dit is ook het geval in de huidige dataset waar *Ensis* dichtheden goed zijn voor 50% van de totale bodemdierdichtheden in het ondiepste cluster (2). Deze sterke aanwezigheid van *Ensis* in uiteenlopende biotopen werd ook bevestigd in de studie van Mesel et al. (2011) over de verspreiding van schelpdieren over de hele Nederlands kustzone.

De WOT monitoring blijkt, dankzij de jaarlijkse frequentie en het grote aantal locaties, in staat om de temporele veranderingen in schelpdieren en overige relatief grote soorten accuraat in beeld te brengen. Ondanks deze sterke veranderingen laten de gemeenschapsanalyses sterke overeenkomsten zien op basis van resultaten verzameld met een tijdsverschil van liefst 25 jaar. Opvallend in deze dataset is de numerieke dominantie en brede ruimtelijke verspreiding van *Ensis leei*, een opportunistische soort die nergens kenmerkend voor is en die blijkbaar bijna overal goed gedijt.

## 5.3 Bodemdiergemeenschappen en omgevingsfactoren

De robuustheid in de ruimtelijke gradiënten in bodemdiergemeenschappen door de jaren heen en de overeenkomst tussen de verdelingspatronen over de Vlakte van de Raan verkregen op basis van monitoring met boxcorer en bodemschaaf wijzen op een sterke abiotische controle voor die gemeenschappen. Sterke relaties tussen de gradiënten in bodemdiergemeenschappen en de omgevingsfactoren benadrukken deze controle, zoals de hoge waarden van golf-gedreven bodemschuifspanning in de ondiepe cluster 2 en (in mindere mate) in cluster 1 of de hoge waarden van getij-gedreven bodemschuifspanning in cluster 4. Ook tonen individuele soorten een sterke relatie met omgevingsfactoren zoals de positieve respons van de witte dunschaal (*Abra*) met diepte, lage hydrodynamica en het fijn sediment langs de eerste as van de PCA. De correlatie tussen de dichtheid van het nonnetje (*Limecola balthica*) en de tweede as van de PCA wijst op de positieve relatie tussen die soort en toenemende diepte en getijstromen.

Bodemdierengemeenschappen tonen sterke relaties met omgevingsfactoren zoals bodemschuifspanning en/of sedimentsamenstelling. De verwachting is dat de aanleg van een zandsuppletie dwars op dergelijke gradiënten van grote invloed zal zijn op de bodemdiergemeenschappen. Naast directe effecten van de ingreep op de bodemdieren, zoals het bedolven raken en/of het beschikbaar maken van een nieuw substraat, zal ook de impact van de suppletie op de abiotiek/morfologie een zeer waarschijnlijke rol spelen.

## 5.4 Statistische clustering vs. ecologische typering

De interpretatie van soortenclustering aan de hand van de *trait-modaliteiten* toont aan dat wanneer er sprake is van één of meerdere dominante abiotische factoren, die zorgen voor een sterk verstoorde omgeving zoals de hoge golf-gedreven bodemschuifspanning voor cluster 2, het mogelijk is om de biologische eigenschappen van de dominante soorten te onderscheiden. Dit is het geval bij cluster 2 en cluster 4, deze ondervindt sterke getij-gedreven bodemschuifspanning, waarbij de biologische eigenschappen van de dominante en/of onderscheidende soorten duiden op een specialisatie en/of aanpassing aan de verstoringen (zie Tabel 4.3). Voor de dominante/onderscheidende soorten van de overige drie clusters variëren deze *trait-modaliteiten* sterk, wat overeenkomt met de "rustige" omgeving (abiotiek) van de clusterlocaties. Door een relatief lage verstoring op deze locaties komt er ruimte voor biologische interacties en nichedifferentiatie, waardoor er meerdere "type" soorten in coëxistentie kunnen leven en er een "volledigere" gemeenschap ontstaat (met soorten die verschillen in biologische eigenschappen). Een analyse m.b.v. biologische eigenschappen lijkt dus van waarde wanneer er sprake is van een sterke abiotische verstoring van de omgeving die leidt tot specifieke niches.

Deze specifieke niches worden nog duidelijker wanneer er in meer detail naar de biologische eigenschappen van soorten in de verschillende clusters wordt gekeken. Zo zijn de biologische eigenschappen van de bodemdierengemeenschap in cluster 2 (*Portumnus latipes* en *Diogenes pugilator*; locatie: voornamelijk op de Vlakte van de Raan) sterk gelinkt aan de relatief hoge dynamica, voornamelijk veroorzaakt door golf-gedreven bodemschuifspanning (zie Tabel 4.3). Eigenschappen als kleine tot middelmatige grootte (11-100 mm), op het sedimentoppervlakte leven en het vrij mobiel zijn zorgen ervoor dat deze soorten niet begraven worden door sediment bij een hogere dynamiek. Ook bij cluster 4 ontstaat een specifieke niche door de sterke abiotische forcering, in dit geval relatief hoge getij-gedreven bodemschuifspanning. De soorten die deze bodemdiergemeenschap domineren (voornamelijk *Limecola balthica* en *Carcinus maenas*) passen zich op verschillende manieren aan aan deze specifieke niche, bijvoorbeeld door zich in te graven (*Limecola balthica*) of door zeer mobiel te zijn (*Carcinus maenas*).

Voor de overige clusters wordt het bemoeilijkt om dominante biologische eigenschappen te onderscheiden doordat (1) er geen sprake is van een sterke abiotische forcering en/of (2) doordat de modaliteiten die verwacht waren onderscheidend te zijn niet meegenomen worden in de analyse. Zo wordt voor cluster 1, 3 en 5 geen sterke abiotische forcering waargenomen. Wel worden in al deze clusters soorten waargenomen die zich voeden met gesuspendeerd materiaal. Voor gesuspendeerd materiaal is op dit moment geen data beschikbaar voor de Scheldemonding. Het zou daarom interessant



---

zijn om te onderzoeken hoe deze soorten, die voorkomen aan de randen van de Vlake van de Raan en aan de Zeeuwse vooroever (Figuur 22), "bevoorraad" worden met organisch rijk materiaal (o.a. fytoplankton). Ook voor *Limecola balthica* (cluster 4) is de verwachting dat deze soort zich voornamelijk voedt met organisch materiaal uit de waterkolom en bovenste sedimentlagen (Lin & Hines, 1994; van Gils et al., 2008; Compton et al., 2016). Het ontbreken van een modaliteiten in de *Biological Trait Analysis* heeft ook gevolgen voor de uitkomst van deze interpretatie. De verwachting is dat dominante soorten in cluster 5, *Spisula solida* en *Spisula elliptica*, onderscheidend zijn doordat zij een affiniteit hebben voor dieper gelegen gebieden. Modaliteiten over de diepte range van soorten is echter niet opgenomen in de *Biological Trait Analysis* en draagt daardoor niet bij aan een onderscheiding tussen soorten.

Wanneer er sprake is van één of meerdere dominante abiotische verstoringen is het mogelijk om de biologische eigenschappen van de dominante soorten te onderscheiden en sluiten deze eigenschappen aan bij de abiotische kenmerken van dat gebied. Voor een aantal bodemdiergemeenschappen wordt dit bemoeilijkt doordat (1) er geen sprake is van een sterke abiotische verstoring; en/of (2) de modaliteiten die verwacht waren onderscheidend te zijn ontbreken in de *Biological Trait Analysis*.

## 6 Aanbevelingen

Het feit dat de komst van een zandsuppletie van invloed zal zijn voor de bodemdiergemeenschappen staat buiten kijf zoals zeer aannemelijk gemaakt door de sterke relaties waargenomen tussen de bodemdiergemeenschappen en de omgevingsvariabelen.

Verschillen in sedimentsamenstelling blijken, zowel als directe drukfactor of als proxy voor overige omgevingsfactoren, bijzonder efficiënt te zijn in het verklaren van de veranderingen in bodemdiergemeenschappen (Degraer et al., 2008). Aan de andere kant brengt de suppletie ook nieuw sediment met zich mee met specifieke eigenschappen die van significante invloed kunnen zijn op de bodemdiergemeenschappen. **Het systematisch meten van de sedimentsamenstelling (korrelgrootte en slibgehalte) bij elke bodemdieren bemonstering is dus een vereiste voor de huidige studie.**

De manier waarop de omgevingsveranderingen als gevolg van de suppletie zich zullen voordoen en de invloed ervan op de bodemdieren, is afhankelijk van de huidige morfologie en stroming en de interactie ervan met de suppletie zelf. De omvang van deze invloed hangt sterk samen met de locatie van de suppletie. Voor een suppletie in een zeer dynamische zone, wat dan waarschijnlijk een dynamische zone blijft en bovendien waar zeer veel mobiele soorten zich bevinden, zijn minimale veranderingen te verwachten. Als de zandsuppletie in een zeer stabiele zone plaatsvindt en die daardoor verstoord raakt, zullen de effecten veel groter zijn. Om deze ruimtelijke vectoren van verandering te kunnen volgen, is het van belang om het onderwaterlandschap en de erbij heersende waterbewegingen nauwkeurig in kaart te brengen. **Actuele profielen (op basis van remote sensing technieken) en goed gekalibreerde hydrodynamische modellen dragen bij aan een beter inzicht met betrekking tot de causale verbanden tussen de ingreep en de fauna via de veranderingen in de omgeving.**

De analyses op basis van bodemschaaf- of boxcorer-monitoring tonen een hoge mate van overeenkomst in de ecologische typering van de monsterlocaties. Bovendien leveren beide monstertuigen samen aanvullende waarnemingen met betrekking tot de bodemdiergemeenschappen. **De complementariteit tussen die twee monstertuigen pleit voor het gebruik van een gecombineerde monitoring (boxcorer + bodemschaaf) op elke locatie wat ten gunste komt van een representatieve weergave van de biodiversiteit en een betere inschatting van de ligging van schelpdierbanken.**

De hoge heterogeniteit en temporele veranderingen van bodemdiergemeenschappen in bepaalde gebieden, o.a. aan de zuidelijke kant van de Vlakte van de Raan, pleit voor een ruime nulmeting. **Aanbevolen wordt om meerdere nulmetingen verdeeld over meerdere jaren uit te voeren. Na de nulmetingen kunnen een of meerdere referentiegebieden worden gekozen.**

De interpretatie van de resultaten aan de hand van de *Biological Trait Analysis* toont aan dat een dergelijke analyse gebruikt kan worden voor het in kaart brengen van effecten van de zandsuppletie op de ecologie. Doordat deze analyse alle eigenschappen van alle soorten op één monsterlocatie combineert wordt het ecosysteem van deze locatie beschreven als een set van functies en eigenschappen (modaliteiten). Dit maakt het mogelijk veranderingen en verschillen in ecosysteem functioneren te onderzoeken. **Het wordt aanbevolen om de *Biological Trait Analysis* mee te nemen bij toekomstige analyse voornamelijk bij het in kaart brengen van de effecten van een zandsuppletie op de ecologie. De analyse is een duidelijke aanvulling op de clusteranalyse en het wordt dan ook aangeraden om deze analyses complementair in te zetten.**

Zoals aangekaart d.m.v. de biologische eigenschappen verschillen de gemeenschappen in hun voedselvergaringsmodi. Het is mogelijk dat dit samenhangt met de aanvoer van organisch materiaal

---

en de "kwaliteit" van dit materiaal (voedingswaarde). **Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar de invloed van (de hoeveelheid en kwaliteit van) gesuspendeerd organisch materiaal (*Suspended particulate organic material; SPOM*) op de verschillende bodemdiergemeenschappen, bijvoorbeeld met behulp van een model.**

# 7 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.

Het chemisch laboratorium te IJmuiden beschikt over een EN-ISO/IEC 17025:2017 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2021 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het chemisch laboratorium heeft hierdoor aangetoond in staat te zijn op technisch bekwaame wijze valide resultaten te leveren en te werken volgens de ISO17025 norm. De scope (L097) met de geaccrediteerde analysemethoden is te vinden op de website van de Raad voor Accreditatie ([www.rva.nl](http://www.rva.nl)).

Op grond van deze accreditatie is het kwaliteitskenmerk Q toegekend aan de resultaten van die componenten die op de scope staan vermeld, mits aan alle kwaliteitseisen is voldaan. Het kwaliteitskenmerk Q staat vermeld in de tabellen met de onderzoeksresultaten. Indien het kwaliteitskenmerk Q niet staat vermeld is de reden hiervan vermeld.

De kwaliteit van de analysemethoden wordt op verschillende manieren gewaarborgd. De juistheid van de analysemethoden wordt regelmatig getoetst door deelname aan ringonderzoeken waaronder die georganiseerd door QUASIMEME. Indien geen ringonderzoek voorhanden is, wordt een tweede lijnscontrole uitgevoerd. Tevens wordt bij iedere meetserie een eerstelijnscontrole uitgevoerd. Naast de lijnscontroles wordende volgende algemene kwaliteitscontroles uitgevoerd:

- Blanco onderzoek.
- Terugvinding (recovery).
- Interne standaard voor borging opwerkmethode.
- Injectie standard.
- Gevoeligheid.

Bovenstaande controles staan beschreven in Wageningen Marine Research werkvoorschrift *ISW 2.10.2.105*.

Indien gewenst kunnen gegevens met betrekking tot de prestatiekenmerken van de analysemethoden bij het chemisch laboratorium worden opgevraagd.

Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

---

# Literatuur

Bolam, S. (2013). Relationships between macroinvertebrate biological traits and sea bed functioning in European waters. FP7 BENTHIS Task 1.

Bolam, S. G. en J. D. Eggleton (2014). Macrofaunal production and biological traits: Spatial relationships along the UK continental shelf. *Journal of Sea Research* 88: 47-58.

Bolam, S.G., Garcia, C., Eggleton, J.D., Kenny, A., Buhl-Mortensen, L., Gonzalez-Mirelis, G., van Kooten, T., Dinesen, G.E., Hansen, J.L.S., Hiddink, J.G., Sciberras, M., Smith, C., Papadopoulou, N., Gumus, A., van Hoey, S., Eigaard, O.R., Bastardie, F., Rijnsdorp, A.D. (2017). Differences in biological trait composition of benthic assemblages between unimpacted habitats. *Marine Environmental Research* 126, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.01.004>

Breine, N.T., de Backer, A., van Colen, C., Moens, T., Hostens, K. en van Hoey, G. (2018). Structural and functional diversity of soft-bottom macrobenthic communities in the Southern North Sea. *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 214, 173-184.

Compton, T.J., Bodnar, W., Koolhaas, A., Dekinga, A., Holthuijsen, S., ten Horn, J. McSweeney, N., van Gils, J.A. en Piersma, T. (2016). Burrowing behavior of a deposit feeding bivalve predicts change in intertidal ecosystem state. *Front. Ecol.Evol.*, 4 (19). doi: 10.3389/fevo.2016.00019

Craeymeersch, J.A., Hamerlynck, O., Hostens, K., Vanreusel, A. en Vincx, M. (1990a). De ekologise ontwikkeling van de Voordelta. Deelrapport 1. De huidige ekologise situatie van de Voordelta. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek - Rijksuniversiteit Gent, Sektie Mariene Biologie. 92 pp.

Craeymeersch, J.A., Hamerlynck, O., Hostens, K., Vanreusel, A. en Vincx, M. (1990b). De ekologise ontwikkeling van de Voordelta. Deelrapport 2. De autonome ekologise ontwikkeling. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek - Rijksuniversiteit Gent, Sektie Mariene Biologie. 76 pp.

Craeymeersch, J.A., Escaravage, V., Steenbergen, J., Wijsman, J., Wijnhoven, S. en Kater, B. (2006). De bodemfauna in het Nederlands deel van de Scheldemonding. *VLIZ Special Publication* 35: 85-105.

Degraer, S., Wittoeck, J., Appeltans, W., Cooreman, K., Deprez, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Mees, J., vanden Berghe, E. en Vincx, M. (2006). The Macrobenthos Atlas of the Belgian Part of the North Sea. Brussels, Belgium: Belgian Science Policy.

Degraer, S., Verfaillie, E., Willems, W., Adriaens, E., Vincx, M. en van Lancker, V. (2008). Habitat suitability modelling as a mapping tool for macrobenthic communities: An example from the Belgian part of the North Sea, *Continental Shelf Research* 28 (3).

De Mesel, I., Craeymeersch, J., Schellekens, T., van Zweeden, C., Wijsman, J., Leopold, M., Dijkman, E., Cronin, K., 2011. Kansencarten voor schelpdieren op basis van abiotiek en hun relatie tot het voorkomen van zwarte zee-eenden. IMARES Wageningen UR, Rapport C042/11. 82 pp.

Glorius, S., van Hal, R., Kaag, K., van der Weide, B., Chen, C. en van Kooten, T. (2016). Benthic development around a gas platform in the North Sea - a small scale closure for fisheries. A trait based approach. Wageningen, Wageningen Marine Research (University & Research centre), Wageningen Marine Research report C121/16. 422 pp.

Holzhauser, H. (2017) Meetlocaties benthos, bemonstering van de buitendelta van Ameland in september 2017 voorafgaand aan de proefsuppletie.

Houziaux, J.-S., Craeymeersch, J.A., Merckx, B., Kerckhof, F., Van Lancker, V., Courtens, W., Stienen, E., Perdon, J., Goudswaard, P.C., Van Hoey, G., Vigin, L., Hostens, K., Vincx, M., Degraer, S. (2012). 'EnSIS' - Ecosystem Sensitivity to Invasive Species. Final Report. Brussels : Belgian Science Policy Office 2012 – Research Programme Science for a Sustainable Development. 105 pp.

Lin, J., en Hines, A. H. (1994). Effects of suspended food availability on the feeding mode and burial depth of the Baltic clam, *Macoma balthica*. *Oikos*, 69 (1), 28. doi:10.2307/3545280

Moorsel, G., van Horssen, P., Poot, M. en Soldaat, L. (2020). Ruimtelijke analyse en trends benthos Voordelta.

Tulp, I., Craeymeersch, J.A., Leopold, M., van Damme, C., Fey, F. en Verdaat, H. (2010). The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 90, Issue 3, p. 116-128. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.07.008>.

van Hal, R., Volwater, J., Aarts, G., Brasseur, S. en Glorius, S. (*in press*). Ecologie van het Amelandse Zeegat. Synthese na de aanleg van de pilotsuppletie. WUR rapport.

van Gils, J.A., Kraan, C., Dekinga, A., Koolhaas, A., Drent, J., de Goeij, P. en Piersma, T. (2009). Reversed optimality and predictive ecology: burrowing depth forecasts population change in a bivalve. *Biology letters* 5: 5-8.

van Lancker, V. (2010). Morfologische en sedimentologische context van de Baai van Heist. Universiteit van Gent. "De Zandbank te Heist, een boeiend fenomeen", 19/10/2007.

Wijzman, J.W.M., Goudswaard, P.C., Escaravage, V. en Wijnhoven, S. (2014). De macrobenthosgemeenschap van de Zeeuwse Banken na zandwinning. Een overzicht van drie T0 jaren en een eerste jaar van rekolonisatie. Yerseke : IMARES (Report / IMARES Wageningen UR C164/13) – 95.

---

# Verantwoording

Rapport C050/21

Projectnummer: 4316100229


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

Akkoord: dr. Ingrid Tulp  
Onderzoeker

Handtekening: 

Datum : 26 mei 2021











Akkoord: drs. Jakob Asjes  
MT lid








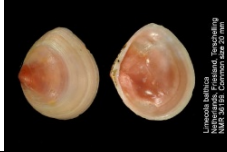



Handtekening: 


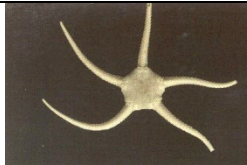
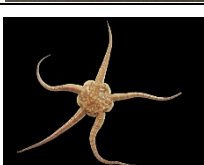







Datum: 26 mei 2021



# Bijlage 1 Soortenlijst met Latijnse en Nederlandse benamingen en foto

Latijnse naam	Nederlandse naam	Foto*
<i>Abra alba</i>	Witte dunschaal	
<i>Anthozoa</i>	Bloemdier	
<i>Bathyporeia</i>	Kniksprietkreeftje	
<i>Bathyporeia elegans</i>	Kniksprietkreeftje	
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	Kniksprietkreeftje	
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrab	
<i>Clitellata</i>	Regenwormachtig	
<i>Diogenes pugilator</i>	Klein heremietkreeftje	
<i>Donax vittatus</i>	Zaagje	
<i>Echinocardium cordatum</i>	Zeeklit	

Latijnse naam	Nederlandse naam	Foto*
<i>Ensis leei</i>	Amerikaanse zwaardschede	
<i>Fabulina fabula</i>	Rechtsgestrepte plaatschelp	
<i>Gastrosaccus</i>	Aasgarnaal	
<i>Glycera lapidum</i>	Borstelworm	
<i>Heteromastus filiformis</i>	Rode draadworm	
<i>Kurtiella bidentata</i>	Tweetandschelpje	
<i>Lagis</i>	Goudkammetje	
<i>Limecola balthica</i>	Nonnetje	
<i>Liocarcinus navigator</i>	Gewimperde zwemkrab	
<i>Nephtys cirrosa</i>	Zandzagers	
<i>Nephtys hombergii</i>	Zandzagers	

Latijnse naam	Nederlandse naam	Foto*
<i>Ophelia limacina</i>	Borstelworm	
<i>Ophiura albida</i>	Kleine slangster	
<i>Ophiura ophiura</i>	Gewone slangster	
<i>Pagurus bernhardus</i>	Gewone heremietkreeft	
<i>Portumnus latipes</i>	Breedpootkrab	
<i>Spiophanes bombyx</i>	Noordelijke zandkokerworm	
<i>Spisula elliptica</i>	Ovale strandschelp	
<i>Spisula solida</i>	Stevige strandschelp	
<i>Spisula subtruncata</i>	Halfgeknotte strandschelp	
<i>Urothoe poseidonis</i>	Vlokreeftje	

\*De foto's in deze tabel zijn geïmporteerd uit WoRMS ([marinespecies.org](http://marinespecies.org))

## Bijlage 2 Soortenlijst ("gelumpste" taxa) met voorkomen-frequentie in datasets (Voordelta, WOT)

Project	Lump Naam	Klasse	Lump Code	N%
VRDLTA	Nephtys hombergii	Polychaeta	NEPHHOMB	64.52
VRDLTA	Magelona papillicornis	Polychaeta	MAGEPAPI	51.61
VRDLTA	Nephtys cirrosa	Polychaeta	NEPHCIRR	50.32
VRDLTA	Scoloplos armiger	Polychaeta	SCOLARMI	49.03
VRDLTA	Spiophanes	Polychaeta	SPIOPHAN	45.81
VRDLTA	Spio	Polychaeta	SPIO	39.35
VRDLTA	Spisula subtruncata	Bivalvia	SPISSUBT	34.84
VRDLTA	Bathyporeia	Malacostraca	BATHYPOR	33.55
VRDLTA	Phyllodoce mucosa	Polychaeta	PHYLMUCO	33.55
VRDLTA	Capitella	Polychaeta	CAPITELL	30.97
VRDLTA	Lagis	Polychaeta	LAGIS	30.32
VRDLTA	Urothoe poseidonis	Malacostraca	UROTOPOSE	30.32
VRDLTA	Abra	Bivalvia	ABRA	28.39
VRDLTA	Ophiura ophiura	Ophiuroidea	OPHIOPHI	28.39
VRDLTA	Kurtiella bidentata	Bivalvia	KURTBIDE	27.10
VRDLTA	Lanice conchilega	Polychaeta	LANICONC	25.16
VRDLTA	Nemertea	Nemertea	NEMERTEA	23.87
VRDLTA	Heteromastus filiformis	Polychaeta	HETEFILI	23.23
VRDLTA	Anthozoa	Anthozoa	ANTHOZOA	22.58
VRDLTA	Echinocardium cordatum	Echinoidea	ECHICORD	21.94
VRDLTA	Crangon crangon	Malacostraca	CRANCRAN	21.29
VRDLTA	Limecola balthica	Bivalvia	LIMEBALT	20.65
VRDLTA	Nototropis falcatus	Malacostraca	NOTOFALC	20.65
VRDLTA	Gastrosaccus	Malacostraca	GASTROSA	18.71
VRDLTA	Fabulina fabula	Bivalvia	FABUFABU	18.06
VRDLTA	Eunereis longissima	Polychaeta	EUNELONG	16.77
VRDLTA	Diastylidae	Malacostraca	DIASYLI	15.48
VRDLTA	Scolecipis bonnieri	Polychaeta	SCOLBONN	12.90
VRDLTA	Tellimya ferruginosa	Bivalvia	TELLFERR	12.26
VRDLTA	Eumida	Polychaeta	EUMIDA	11.61
VRDLTA	Nototropis swammerdamei	Malacostraca	NOTOSWAM	10.97
VRDLTA	Pholoe	Polychaeta	PHOLOE	10.97
VRDLTA	Schistomysis kervillei	Malacostraca	SCHIKERV	10.97
VRDLTA	Caprellidae	Malacostraca	CAPRELLI	7.74
VRDLTA	Eteone longa	Polychaeta	ETEOLONG	7.74
VRDLTA	Liocarcinus holsatus	Malacostraca	LIOCHOLS	7.74
VRDLTA	Malmgrenia lunulata	Polychaeta	MALMLLUNU	7.10
VRDLTA	Petricolaria pholadiformis	Bivalvia	PETRPHOL	7.10
VRDLTA	Phyllodoce rosea	Polychaeta	PHYLROSE	7.10
VRDLTA	Phyllodoce groenlandica	Polychaeta	PHYLGROE	6.45
VRDLTA	Nephtys caeca	Polychaeta	NEPHCAEC	5.81
VRDLTA	Chaetozone	Polychaeta	CHAETOZO	5.16
VRDLTA	Macra stultorum	Bivalvia	MACTSTUL	5.16
VRDLTA	Nephtys longosetosa	Polychaeta	NEPHLONG	5.16
VRDLTA	Pseudopolydora pulchra	Polychaeta	PSEUPULC	5.16
VRDLTA	Gammaridae	Malacostraca	GAMMARID	4.52
VRDLTA	Myrianida	Polychaeta	MYRIANID	4.52
VRDLTA	Owenia fusiformis	Polychaeta	OWENFUSI	4.52
VRDLTA	Polydora cornuta	Polychaeta	POLYCORN	4.52
VRDLTA	Alitta succinea	Polychaeta	ALITSUCC	3.87
VRDLTA	Macomangulus tenuis	Bivalvia	MACOTENU	3.87
VRDLTA	Harmothoe	Polychaeta	HARMOTHO	3.23

Project	Lump Naam	Klasse	Lump Code	N%
VRDLTA	Oligochaeta	Clitellata	OLIGOCHA	3.23
VRDLTA	Asterias rubens	Asteroidea	ASTERUBE	2.58
VRDLTA	Cerastoderma edule	Bivalvia	CERAEDUL	2.58
VRDLTA	Pygospio elegans	Polychaeta	PYGOELEG	2.58
VRDLTA	Travisia forbesii	Polychaeta	TRAVFORB	2.58
VRDLTA	Urothoe brevicornis	Malacostraca	UROTBREV	2.58
VRDLTA	Alitta virens	Polychaeta	ALITVIRE	1.94
VRDLTA	Anoplodactylus petiolatus	Pycnogonida	ANOPPETI	1.94
VRDLTA	Carcinus maenas	Malacostraca	CARCMAEN	1.94
VRDLTA	Corophiidae	Malacostraca	COROPHII	1.94
VRDLTA	Euspira nitida	Gastropoda	EUSPNITI	1.94
VRDLTA	Jassa falcata	Malacostraca	JASSFALC	1.94
VRDLTA	Liocarcinus navigator	Malacostraca	LIOCNAVI	1.94
VRDLTA	Microphthalmus	Polychaeta	MICROPHT	1.94
VRDLTA	Opheliidae	Polychaeta	OPHELIID	1.94
VRDLTA	Paraonis fulgens	Polychaeta	PARAFULG	1.94
VRDLTA	Scolecipis foliosa	Polychaeta	SCOLFOLI	1.94
VRDLTA	Scolecipis squamata	Polychaeta	SCOLSQUA	1.94
VRDLTA	Sthenelais boa	Polychaeta	STHEBOA	1.94
VRDLTA	Venerupis	Bivalvia	VENERUPI	1.94
VRDLTA	Ampharete	Polychaeta	AMPHARET	1.29
VRDLTA	Aphelochaeta marioni	Polychaeta	APHEMARI	1.29
VRDLTA	Arenicola	Polychaeta	ARENICOL	1.29
VRDLTA	Bodotriidae	Malacostraca	BODOTRII	1.29
VRDLTA	Donax vittatus	Bivalvia	DONAVITT	1.29
VRDLTA	Ensis leeii	Bivalvia	ENSILEEI	1.29
VRDLTA	Hippolyte varians	Malacostraca	HIPPVARI	1.29
VRDLTA	Mya	Bivalvia	MYA	1.29
VRDLTA	Mytilus edulis	Bivalvia	MYTIEDUL	1.29
VRDLTA	Pontocrates arenarius	Malacostraca	PONTAREN	1.29
VRDLTA	Sessilia	Hexanauplia	SESSILIA	1.29
VRDLTA	Abludomelita obtusata	Malacostraca	ABLUOBTU	0.65
VRDLTA	Abra nitida	Bivalvia	ABRANITI	0.65
VRDLTA	Cancer pagurus	Malacostraca	CANCPAGU	0.65
VRDLTA	Chamelea gallina	Bivalvia	CHAMGALL	0.65
VRDLTA	Eulalia	Polychaeta	EULALIA	0.65
VRDLTA	Hediste diversicolor	Polychaeta	HEDIDIVE	0.65
VRDLTA	Hypereteone	Polychaeta	HYPERETE	0.65
VRDLTA	Jassa pusilla	Malacostraca	JASSPUSI	0.65
VRDLTA	Megaluropus agilis	Malacostraca	MEGAAGIL	0.65
VRDLTA	Mesopodopsis slabberi	Malacostraca	MESOSLAB	0.65
VRDLTA	Mysta picta	Polychaeta	MYSTPICT	0.65
VRDLTA	Nucula nitidosa	Bivalvia	NUCUNITI	0.65
VRDLTA	Ophiura albida	Ophiuroidea	OPHIALBI	0.65
VRDLTA	Poecilochaetus serpens	Polychaeta	POECSERP	0.65
VRDLTA	Polydora ciliata	Polychaeta	POLYCILI	0.65
VRDLTA	Pontocrates altamarinus	Malacostraca	PONTALTA	0.65
VRDLTA	Portunus latipes	Malacostraca	PORTLATI	0.65
VRDLTA	Pseudocumatidae	Malacostraca	PSEUDOCU	0.65

Project	Lump Naam	Klasse	Lump Code	N%
WOT	Ensis leei	Bivalvia	ENSILEEI	57.50
WOT	Anthozoa	Anthozoa	ANTHOZOA	48.46
WOT	Liocarcinus holsatus	Malacostraca	LIOCHOLS	44.76
WOT	Spisula subtruncata	Bivalvia	SPISSUBT	34.36
WOT	Limecola balthica	Bivalvia	LIMEBALT	33.86
WOT	Pagurus bernhardus	Malacostraca	PAGUBERN	33.64
WOT	Ophiura ophiura	Ophiuroidea	OPHIOPHI	32.93
WOT	Abra	Bivalvia	ABRA	23.74
WOT	Ophiura	Ophiuroidea	OPHIURA	23.60
WOT	Asterias rubens	Asteroidea	ASTERUBE	23.03
WOT	Portumnus latipes	Malacostraca	PORTLATI	19.98
WOT	Diogenes pugilator	Malacostraca	DIOGPUGI	17.18
WOT	Crangon	Malacostraca	CRANGON	11.87
WOT	Ophiura albida	Ophiuroidea	OPHIALBI	11.15
WOT	Donax vittatus	Bivalvia	DONAVITT	11.08
WOT	Tritia	Gastropoda	TRITIA	9.90
WOT	Carcinus maenas	Malacostraca	CARCMAEN	9.40
WOT	Spisula solida	Bivalvia	SPISSOLI	7.14
WOT	Liocarcinus navigator	Malacostraca	LIOCNAVI	5.92
WOT	Fabulina fabula	Bivalvia	FABUFABU	5.49
WOT	Corystes cassivelaunus	Malacostraca	CORYCASS	4.77
WOT	Spisula elliptica	Bivalvia	SPISELLI	4.66
WOT	Naticidae	Gastropoda	NATICIDA	4.41
WOT	Echinocardium cordatum	Echinoidea	ECHICORD	3.08
WOT	Venerupis	Bivalvia	VENERUPI	2.98
WOT	Mactra stultorum	Bivalvia	MACTSTUL	2.55
WOT	Euspira nitida	Gastropoda	EUSPNITI	2.19
WOT	Tellininae	Bivalvia	TELLININ	1.83
WOT	Thia scutellata	Malacostraca	THIASCUT	1.83
WOT	Lutraria lutraria	Bivalvia	LUTRLUTR	1.61
WOT	Mytilus edulis	Bivalvia	MYTIEDUL	1.18
WOT	Mya	Bivalvia	MYA	0.90

Project	Lump Naam	Klasse	Lump Code	N%
WOT	Ammodytes	Actinopterygii	AMMODYTE	0.86
WOT	Psammechinus miliaris	Echinoidea	PSAMMILI	0.82
WOT	Petricolaria pholadiformis	Bivalvia	PETRPHOL	0.68
WOT	Petricolinae	Bivalvia	PETRICOL	0.68
WOT	Crepidula fornicata	Gastropoda	CREPFORN	0.57
WOT	Liocarcinus depurator	Malacostraca	LIOCDEPU	0.50
WOT	Macomangulus tenuis	Bivalvia	MACOTENU	0.43
WOT	Macropodia rostrata	Malacostraca	MACRROST	0.43
WOT	Pectinariidae	Polychaeta	PECTINAR	0.43
WOT	Echinidae	Echinoidea	ECHINIDA	0.39
WOT	Epitonium	Gastropoda	EPITONIU	0.39
WOT	Epitonium clathrus	Gastropoda	EPITCLAT	0.36
WOT	Lanice conchilega	Polychaeta	LANICONC	0.36
WOT	Nassariinae	Gastropoda	NASSARII	0.29
WOT	Chamelea striatula	Bivalvia	CHAMSTRI	0.25
WOT	Hydrozoa	Hydrozoa	HYDROZOA	0.22
WOT	Amphiura filiformis	Ophiuroidea	AMPHFILI	0.14
WOT	Barnea candida	Bivalvia	BARNCAND	0.14
WOT	Aphrodita aculeata	Polychaeta	APHRACUL	0.11
WOT	Callianassidae	Malacostraca	CALLIANA	0.11
WOT	Pinnotheres pisum	Malacostraca	PINNPISU	0.11
WOT	Cerastoderma edule	Bivalvia	CERAEDUL	0.07
WOT	Epitoniidae	Gastropoda	EPITONII	0.07
WOT	Majidae	Malacostraca	MAJIDAE	0.07
WOT	Animalia		ANIMALIA	0.04
WOT	Bivalvia	Bivalvia	BIVALVIA	0.04
WOT	Mulinia lateralis	Bivalvia	MULILATE	0.04
WOT	Necora puber	Malacostraca	NECOPUBE	0.04
WOT	Ophiothrix fragilis	Ophiuroidea	OPHIFRAG	0.04
WOT	Palaemonidae	Malacostraca	PALAEMON	0.04
WOT	Sepiola	Cephalopoda	SEPIOLA	0.04

---

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

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korryngaweg 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'

---

