

**Data rapport:
Het effect van
vooroeververdediging op
bodemorganismen in de
Oosterschelde: 2012**

Anneke van den Brink, Eva Hartog en Mario de Kluijver

Rapport nummer C101/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Klant:

RWS Dienst Zeeland / RWS Waterdienst
Poelendaelesingel 18
4335 JA Middelburg

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van
Rijkswaterstaat

Publicatie datum:

April 2013

IMARES is:

- an independent, objective and authoritative institute that provides knowledge necessary for an integrated sustainable protection, exploitation and spatial use of the sea and coastal zones;
- an institute that provides knowledge necessary for an integrated sustainable protection, exploitation and spatial use of the sea and coastal zones;
- a key, proactive player in national and international marine networks (including ICES and EFARO).

P.O. Box 68
1970 AB IJmuiden
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 77
4400 AB Yerseke
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 59
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 57
1780 AB Den Helder
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)223 63 06 87
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 167
1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES, institute of Stichting DLO
is registered in the Dutch trade
record nr. 09098104,
BTW nr. NL 806511618

The Management of IMARES is not responsible for resulting damage, as well as for damage resulting from the application of results or research obtained by IMARES, its clients or any claims related to the application of information found within its research. This report has been made on the request of the client and is wholly the client's property. This report may not be reproduced and/or published partially or in its entirety without the express written consent of the client.

A_4_3_2-V12.3

Inhoud

Inhoud	3
Samenvatting	4
1. Introductie.....	6
2. Methode	7
2.1 Bemonstering.....	7
2.2 Data analysis	11
2.2.1.1 Soortenrijkdom	11
2.2.1.2 Aantal individuen	11
2.2.1.3 Diversiteit.....	11
2.2.1.4 Zachtsubstraat gemeenschappen	12
3. Resultaten	12
3.1 Soortenrijkdom	13
3.2 Aantal individuen	18
3.3 Diversiteit.....	22
3.4 Evenness.....	27
4. Zachtsubstraat gemeenschappen	31
5. Discussie	43
5.1 Conclusies	44
6. Kwaliteitsborging	44
Referenties	45
Bijlage A. Aantal individuen per monster en per m ² in elke locatie en afgeronde diepte voor 2012.	47

Samenvatting

De stromingen in de Ooster- en Westerschelde zorgen lokaal voor erosie van oevers en geulwanden. Om dat proces tegen te gaan worden, op die locaties waar deze erosie de stabiliteit van de waterkering in gevaar brengt of de reeds bestaande oeverwerken ondermijnt, oevers beschermd door “bestortingen” uit te voeren. De realisatie van de vooroeververdedigingen wordt in fasen uitgevoerd, in zogenaamde clusters. Cluster 1 is uitgevoerd in 2009-2010.

Rijkswaterstaat maakt voor oeververdedigingen in de Oosterschelde en Westerschelde gebruik van breuksteen en staalslakken. Door de vooroeververdediging zal de aanwezige lokale flora en fauna in ieder geval tijdelijk verdwijnen. Daarnaast komen er door het gebruik van staalslakken en breukstenen mogelijk zware metalen in het water terecht die effect zou kunnen hebben op biota. Middels monitoring worden effecten van de vooroeververdediging in kaart gebracht. Hiervoor is er voorafgaand aan de werkzaamheden op de locaties een zogenaamd T0-onderzoek uitgevoerd in 2009, waarin zowel de soortendiversiteit van flora en fauna als de gehalten aan zware metalen in een aantal organismen op de te verdedigen vooroevers zijn bepaald. In 2010 en 2011 heeft monitoring plaatsgevonden na afronding van de vooroeververdedigingswerkzaamheden, de zogenaamde T1 en T2.

Rijkswaterstaat heeft aan IMARES opdracht gegeven om in 2012 de T3 monitoring voor Cluster 1 in de Oosterschelde uit te voeren. In 2012 is geen volledige monitoring van alle locaties gepland, maar is besloten om op één locatie een vinger aan de pols te houden om de ontwikkeling van planten, dieren en metalen te kunnen blijven volgen. Het gaat hierbij om de locatie Zuidhoek-De Val/Zeelandbrug. Het doel van deze monitoring is het bepalen van de samenstelling en biodiversiteit van de aanwezige levensgemeenschappen op harde en zachte substraten, en de bepaling van de gehalten aan zware metalen in mosselen en oesters. De monitoring is uitgevoerd door IMARES in samenwerking met Stichting Zeeschelp en TNO. In dit rapport zijn de resultaten beschreven van de T3 monitoring van Cluster 1 in de Oosterschelde voor wat betreft de infauna.

De kennisvraag voor de T3 van Cluster 1 betreft:

1. Hebben op de Cluster 1 locatie Zuidhoek-De Val/Zeelandbrug infauna soorten zich kunnen vestigen in nieuw gevormde zandplekken (sediment) op het nieuwe harde substraat tweeëneenhalf tot drie jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging en hoe zijn de aangetroffen soorten te vergelijken met de T0, T1, T2 en referentielocaties?

Op de nieuwgevormde zandplekken op het nieuwe harde substraat van de vooroeververdediging hebben zich infauna soorten kunnen vestigen. Het gaat hierbij met name om wormachtigen (annelida), gevolgd door weekdieren (mollusca) en kreeftachtigen (arthropoda).

Tweeëneenhalf tot drie jaar na de vooroeververdediging lijken op gemeenschapsniveau vergelijkbare gemeenschappen te zijn teruggekeerd op de locatie Zuidhoek-De Val/Zeelandbrug. Dit wil niet zeggen dat per definitie alle soorten die in 2009 zijn aangetroffen in de bodem al weer in de nieuwe bodem aanwezig zijn.

Vergelijking met de T1 en T2 laat de ontwikkeling in de tijd zien. In 2010 (T1) was er nog vrijwel geen zandlaag gevormd op de nieuwe ondergrond van deze locatie, waardoor maar één bodemonmonster genomen kon worden met een van de T0 afwijkende gemeenschap. In 2011 (T2) konden meer bodemonsters genomen worden, waarin gemeenschappen zijn aangetroffen die al meer leken op de gemeenschappen van de T0. Op de referentie locatie in 2012 bij de locatie Zuidbout zijn tevens vergelijkbare gemeenschappen aangetroffen. Op de referentie locatie Westbout zijn de gemeenschappen

meer overeenkomstig voor de gemeenschappen die tijdens de T0 meer westelijk in de Oosterschelde zijn aangetroffen.

Twee factoren lijken sturend bij de vorming van de bodemgemeenschappen: de ontwikkeling in de tijd en het organische stof gehalte in de sedimenten. Er zijn duidelijk verschillen in bodemsamenstelling zichtbaar bij de locatie Zuidhoek-De Val/Zeelandbrug. Op de ongestoorde oude zandbodem blijken de fijne gesedimenteerde fracties direct te worden afgevoerd, waardoor het sediment hier een relatief laag gehalte aan organisch stof bevat. Op het staalslakbed blijft het sediment alleen op beschutte plaatsen liggen en is het sediment rijker aan organische stof. Op minder grote diepte, waar de staalslakken gedeeltelijk zijn afgedekt met breuksteen, vindt een ophoping van gesedimenteerde materiaal plaats. Met een hoog organisch stof gehalte. Ondanks deze verschillen in bodemsamenstelling komt op de locatie Zuidhoek-De Val/Zeelandbrug op gemeenschapsniveau op alle diepten hoofdzakelijk één soortenrijke gemeenschap voor.

1. Introductie

In 2009 hebben dijkversterkingswerkzaamheden op verschillende locaties in de Oosterschelde plaatsgevonden. Om de veranderingen in de benthische gemeenschappen te onderzoeken zijn in de periode 2009 (T0) en 2010-2011 (T1-T2) bodemgemeenschappen in de Oosterschelde onderzocht. Hiervoor zijn bodemonsters op vijf locaties in de Oosterschelde en drie verschillende dieptes verzameld, geanalyseerd en vergeleken. De data van 2009 voorafgaand aan de dijkversterkingen en 2010-2011 na de dijkversterkingen zijn vergeleken met elkaar.

Rijkswaterstaat heeft aan IMARES opdracht gegeven om in 2012 de T3 monitoring voor Cluster 1 in de Oosterschelde uit te voeren. In 2012 is geen volledige monitoring van alle locaties gepland, maar is besloten om op één locatie een vinger aan de pols te houden om de ontwikkeling van planten, dieren en metalen te kunnen blijven volgen. Het gaat hierbij om de locatie Zuidhoek-De Val/Zeelandbrug. Het doel van deze monitoring is het bepalen van de samenstelling en biodiversiteit van de aanwezige levensgemeenschappen op harde en zachte substraten, en de bepaling van de gehalten aan zware metalen in mosselen en oesters. De monitoring is uitgevoerd door IMARES in samenwerking met Stichting Zeeschelp en TNO. In dit rapport zijn de resultaten beschreven van de T3 monitoring van Cluster 1 in de Oosterschelde voor wat betreft de infauna.

De kennisvraag voor de T3 van Cluster 1 betreft:

1. Hebben op de Cluster 1 locatie Zuidhoek-De Val/Zeelandbrug infauna soorten zich kunnen vestigen in nieuw gevormde zandplekken (sediment) op het nieuwe hard substraat tweeëneenhalf tot drie jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging en hoe zijn de aangetroffen soorten te vergelijken met de T0, T1, T2 en referentielocaties?

2. Methode

2.1 Bemonstering

In de periode 2009-2012 is op 15 locaties in de Oosterschelde het macrofauna onderzocht (Figuur 1).



Figuur 1. De onderzochte locaties in de periode 2009-2012. 1-Westbout, 2-Burghsluis-west, 3-Schelphoek-westII, 4-Schelphoek-west, 5-Schelphoek-midden, 6-Schelphoek-oost, 7-Lokkersnol, 8-Zierikzee, 9-Zeelandbrug-west, 10-Zeelandbrug-midden, 11-Zeelandbrug-oost, 12-Zuidbout, 13-Katshoek, 14-Zandhoek, 15-Sophiahaven. Locaties die in 2012 bemonsterd zijn, zijn onderstreept.

In 2009 is op zes locaties (de Schelphoek, Lokkersnol en Zeelandbrug) en op 3 diepten een T0-inventarisatie uitgevoerd van het aanwezige macrofauna in de waterbodem. In het najaar van 2009 is van deze locaties de vooroever versterkt.

In 2010 is op twee locaties (Burghsluis-west en Schelphoek-westII) een T0-inventarisatie uitgevoerd. De T1-situatie kon alleen op de locaties Schelphoek-oost en Zeelandbrug-oost onderzocht worden, omdat op deze plekken voldoende (nieuw) sediment aanwezig was om waterbodemmonsters te kunnen nemen.

In 2011 is de T2-situatie op acht locaties onderzocht, en is tevens op zes referentielocaties de samenstelling van het macrofauna als referentie onderzocht. Bovendien is op zeven locaties het macrobenthos rond verschillende structuren van de ecoriffen onderzocht.

In 2012 is de T3-situatie op de locatie Zeelandbrug onderzocht, en is op twee referentielocaties de samenstelling van het macrofauna als referentie onderzocht.

Bemonstering is uitgevoerd door Stichting Zeeschelp in twee transecten en op drie dieptes per locatie. Omdat er verschillende dieptes waren hebben we in dit rapport de dieptes afgerond tot 3m, 7m en 15m zodat vergelijking makkelijker is (zie tabel 1).

Bij de Zeelandbrug -west, -midden en -oost zijn er ook monsters genomen op sediment dicht bij de dijkversterking, maar die niet overstort zijn. Deze monsters zijn –oud genoemd, hiermee aanduidend dat een oude bodem bemonsterd is.

Bij de twee referentielocaties (Westbout en Zuidbout) hebben geen dijkversterkingsactiviteiten plaatsgevonden. Op deze locaties zijn ook drie dieptes bemonsterd (zie figuur 1).

Alle locaties voor de T3 zijn tussen 20 juli en 16 september 2012 bemonsterd. Bij elke locatie is één monster genomen met zes steekbuisen (65mm diameter). Voor verdere details omtrent de methodiek zie De Kluijver & Dubbeldam (2009, 2010).

Tabel 1. Echte dieptes (m) van bemonstering van T0 (2009), T1 (2010), T2 (2011) en T3 (2012) en de afronding die gebruikt is in de rest van het rapport.

Oosterschelde	T	Diepte zoals weergegeven in het rapport		
Locatie		3 m	7 m	15 m
		Daadwerkelijke diepte (m)		
Ref-Westbout 2011		3	7.5	15
Ref-Westbout 2012		4	8.1	14.9
Zeelandbrug-west	0	3	7	15
Zeelandbrug-west	2	6	9	12
Zeelandbrug-west	3	4.7	9.6	10.4
Zeelandbrug-west-oud	2			14
Zeelandbrug-west -oud	3			14.2
Zeelandbrug-midden	2	3	7	12 en 15.5
Zeelandbrug-midden	3	0	8 en 6.1	13.1
Zeelandbrug-midden-oud	2			15.5
Zeelandbrug-midden-oud	3			16.4
Zeelandbrug-oost	0	3	7	15
Zeelandbrug-oost	1			12.5
Zeelandbrug-oost	2	3.5	7	14.5 en 17
Zeelandbrug-oost-oud	2			17
Ref-Zuidbout 2011		3	7.5	15
Ref-Zuidbout 2012		4.4	7.8	16

De monsters zijn uitgezocht, geïdentificeerd en geteld in het laboratorium van IMARES. Het identificeren gaat tot op soort niveau maar helaas is dit niet altijd mogelijk.

Door de monsternamen en zeven kan het voorkomen dat er alleen fragmenten van een organisme aanwezig zijn. Daarnaast wordt er in een periode gemonsterd waar veel organismen in juveniele stadia aanwezig kunnen zijn. Hierdoor is het soms niet mogelijk om de organisme tot soort niveau op naam te brengen waardoor er een hoger taxonomische niveau gehanteerd wordt.

- Aoridae: kan het geslacht *Aora* of *Microdeutopus* zijn.
- *Arenicola*: de soortnaam kan niet geïdentificeerd worden als het hoofd, of een stukje van het hoofd, ontbreekt, waarschijnlijk *Arenicola marina*.
- *Actinaria*: orde verdeling voor alle anemonen.
- *Asteroidae*: klasse verdeling voor alle stekelhuidige. In juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Decapoda*: orde verdeling voor krabben, kreeften en garnalen. In juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Ensis* spec: deze soort kon niet geïdentificeerd worden doordat er of juveniele waren of alleen de topjes van de schelp aanwezig waren, hoogst waarschijnlijk *Ensis directus*.
- *Gammaridae*: sub-orde voor alle *amphipoda* soorten.
- *Gastropoda*: klasse verdeling voor alle slakachtige. In juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Idotea*: in juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Jassa* (spec.): in juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden, waarschijnlijk *Jassa falcata*
- *Hesionidae*: familie verdeling. In juveniele en volwassen stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Lepidonotus* (spec.): deze soort kon niet geïdentificeerd worden, waarschijnlijk *Lepidonotus squamatus*.
- *Lumbrineridae*: familie verdeling. In juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Melita* (spec.): deze soort kon niet geïdentificeerd worden, waarschijnlijk *Melita obtusata*.
- *Microdeutopus* spec : de identificatie sleutel geeft alleen kenmerken van mannelijke exemplaren. Als er een vrouwtje aangetroffen wordt kan deze niet geïdentificeerd worden, waarschijnlijk *Microdeutopus anomalus*.
- *Magelona* spec: deze soort kon niet geïdentificeerd worden, waarschijnlijk *Magelona johnstoni*.
- *Neoamphitrite* (spec.): deze soort kon niet geïdentificeerd worden, waarschijnlijk *Neoamphitrite figulus*.
- *Nudibranchia*: klasse verdeling voor alle naaktslakken.
- *Photis* (spec.): in juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Polycirrus* (spec.): in juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Polynoidae*: familie verdeling voor alle schaalwormen. In juveniele en volwassen stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Venerupis* spec: deze soort kon niet geïdentificeerd worden, hoogst waarschijnlijk *Venerupis corrugate*.
- *Sabella* (spec.): in juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.
- *Stenothoidae*: familie verdeling voor alle vlokkreeftjes. in juveniele stadia zeer lastig te onderscheiden.

Een andere reden waarom sommige organismen niet op soort niveau gebracht kunnen worden is dat er soms te weinig kenmerken ontwikkeld of aanwezig zijn waardoor er wel gezien wordt dat ze tot dezelfde familie behoren maar niet onderscheiden kunnen worden op soort niveau:

- *Bivalva* (spec): kan behoren tot alle gevonden tweekleppige.
- *Corophium* spec: kan de soort *Corophium sextone* of *Corophium insidiosum* zijn.
- *Crangon* (spec.) kan de soort *Crangon crangon* of *Crangon allmanni* zijn.
- *Eumida* (spec.) kan de soort *Eumida sanguinea* of *Eumida bahusiensis* zijn.
- *Eteone* spec.: kan de soort *Eteone longa* of *Eteone flava* zijn.

- *Eteoninae*: kan de familie *Eteone*, *Hesionura*, *Eulalia* of *Eumida* zijn.
- *Gammaridae*: kunnen alle soorten binnen de *Gammarus* familie zijn.
- *Nassarius* (spec.): kan de soort *Nassarius reticulatus* of *Nassarius nitidus* zijn.
- *Nereis* (spec.): kan de soort *Nereis virens*, *Nereis diversicolor* of *Nereis longissima* zijn.
- *Nephtys spec*: kan de soort *Nephtys ceaca*, *Nephtys ciroosa* of *Nephtys hombergii* zijn.
- *Ophiura* (spec.): kan de soort *Ophiura albida* of *Ophiura ophiura* zijn.
- *Ophiuroidea*: kan de klasse verdeling van *Ophiura* of *Ophiotrix* zijn.
- *Pholoe* (spec): kan de soort *Pholoe inornata* of *Pholoe baltica* zijn.
- *Phyllodoce* (spec): kan de soort *Phyllodoce mucosa* of *Phyllodoce groenlandica* zijn.
- *Polydora* (spec.): kan de soort *Polydora cornuta*, *Polydora ciliata*, *Polydora ligni* of *Polydora pulchra* zijn.
- *Polychaeta*: kan behoren tot alle *Polychaeta* soorten.
- *Spionidae*: kan de klasse verdeling van *Polydora*, *Spiophanes bombyx*, *Pygospio elegans*, *Spio* of *Marenzelleria* zijn.

Oligochaeta en *Caprellidae* worden niet op soort niveau gebracht. *Oligochaeta* wordt geclassificeerd in een onderklasse *Oligochaeta* en *Caprellidae* zijn geclassificeerd in familie *Caprellidae*. *Nemertinae* is een groep die vaak tijdens het zeven door de mazen van de zeef heen gaan. Hierdoor is het moeilijk deze goed in kaart te brengen. De gevonden aantallen in de tabellen zijn daarom een onderschatting van de aanwezigheid van deze groep.

Verschillende organismen hebben recentelijk een nieuwe benaming gekregen. Om de correcte benaming te hanteren controleren we deze te allen tijden in WoRMS. In dit rapport wordt alleen de meest recentelijke correcte benaming gehanteerd.

Table 1. Soortenbenamingen welke recent een nieuwe benaming hebben gekregen

Oude benaming:	Geaccepteerde benaming:
<i>Autolytus</i> (spec.)	<i>Myrianida</i> (spec.)
<i>Autolytus edwardsi</i>	<i>Myrianida edwardsi</i>
<i>Corophium sextonae</i>	<i>Monocorophium sextonae</i>
<i>Melita obtusata</i>	<i>Abludomelita obtusata</i>
<i>Nereis diversicolor</i>	<i>Hediste diversicolor</i>
<i>Nereis longissima</i>	<i>Eunereis longissima</i>
<i>Nereis virens</i>	<i>Alitta virens</i>
<i>Ruditapes spec.</i>	<i>Venerupis (Ruditapes)</i>
<i>Scolecopsis fuliginosa</i>	<i>Malacoceros fuliginosus</i>
<i>Scoloplos armiger</i>	<i>Scoloplos (Scoloplos) armiger</i>
<i>Terebellidae</i>	<i>Seraphsidae</i>

In de maand september, de bemonsteringsperiode, zijn er veel jonge organismen in het sediment aanwezig (Beukema, 1974). Van de soorten *Eteone*, *Nephtys*, *Phyllodoce* en *Ensis* zijn veel juveniele aangetroffen. Van de soorten *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis*, *Glycera*, *Polycirrus* en *Notomastus latericeus* zijn voornamelijk juveniele en half volwassen exemplaren aangetroffen.

In sommige gevallen worden er ondefinieerbare fragmenten van een organisme aangetroffen. Deze worden genoteerd als onbekend. Ook zijn er kolonievormende zakpijpen aangetroffen, maar omdat deze soort op hardsubstraat leeft worden deze niet meegenomen omdat deze niet behoort tot de infauna.

Om de leesbaarheid in de rest van het verslag makkelijker te maken, worden alle laagste taxonomische niveaus waarin individuen geïdentificeerd waren geworden zijn als 'soort' aangeduid.

2.2 Data analysis

Data per monster zijn omgerekend naar per m² via de formule:

$$X = n / (6 \times 0.003318)$$

Hierbij is X de hoeveelheid per m², n is het aantal per monster en 0.003318 is het oppervlakte per m² van één steekbuis. Hierbij is 6 het aantal steekbuizen.

2.2.1.1 Soortenrijkdom

De soortenrijkdom is het aantal soorten gevonden per m² op een locatie.

2.2.1.2 Aantal individuen

Aantal individuen is het aantal individuen van alle soorten per m² op een locatie.

2.2.1.3 Diversiteit

Shannon-Wiener Index

De Shannon-Wiener index is één van meerdere diversiteitsindices die gebruikt worden voor een mate van diversiteit. Het houdt rekening met de hoeveelheid verschillende soorten en heeft als uitgangspunt dat alle soorten in de gemeenschap zijn bemonsterd en dat de bemonstering random is uitgevoerd. De score wordt verhoogd door meer unieke soorten, of een hogere soort evenness.

De Shannon-Wiener Diversity Index wordt berekend via de volgende formule:

$$H = - \sum p_i \ln (p_i)$$

Hierbij is p_i de relatieve hoeveelheid van elke soort. Met deze index kan de soortensamenstelling van een monster door toevoeging van de relatieve hoeveelheid van elke soort worden bepaald. Een hogere score betekent een hogere diversiteit.

Evenness

Evenness is de maat voor hoe vergelijkbaar de aantallen van de verschillende soorten zijn. Wanneer de verhoudingen van alle soorten in het monster gelijk zijn, is evenness hoog, terwijl wanneer de verhoudingen zeer ongelijkmatig zijn (door bijvoorbeeld zeldzame en enkele gemeenschappelijke soorten) de waarde afneemt. Evenness werd berekend met behulp van de Pielou Index volgens de volgende formule:

$$E = H / \log(S)$$

Hierbij is S de soortenrijkdom (aantal soorten). Deze formule is gebaseerd op de Shannon-Wiener diversiteit index, maar houdt alleen rekening met de relatieve abundantie van elke soort in het monster.

Voorzichtigheid is geboden bij het interpreteren van de resultaten van deze analyses, omdat de gepresenteerde gegevens gebaseerd zijn op verschillende taxonomische niveaus. In deze analyses heeft een individu geïdentificeerd soortniveau hetzelfde gewicht als een familie die niet verder kon worden geïdentificeerd. De mate van identificatie is echter consistent gehouden over de verschillende monitoringsjaren, zodat deze analyses nog steeds relevant zijn.

2.2.1.4 Zachtsubstraat gemeenschappen

Om te beoordelen of er veranderingen op gemeenschapsniveau binnen de gemeenschappen in de zachte substraten zijn opgetreden, is een clusteranalyse met de data van de T0-, T1-, T2- en T3-inventarisatie uitgevoerd (134 stations uit de Ooster- en Westerschelde met 169 soorten). De analyses zijn uitgevoerd met de programma's MVSP (Kovach, 1999), Primer (Clarke & Gorley, 2006) en Permanova (Anderson et al., 2008). De clusteranalyse is uitgevoerd met logaritmisch getransformeerde data, met de 'Bray-Curtis' coëfficiënt in combinatie met de 'Average-linkage' methode.

Ten opzichte van de analyse van de T2-inventarisatie in 2011 (Van den Brink et al., 2012) is de dataset veranderd. De soorten *Claparedepelogenia inclusa* en *Sthenelais boa*; *Ensis spec.* en *Ensis directus*, en *Eteone flava* en *Eteone longa* zijn samengenomen, en fragmenten van een individu zijn als een aanwezige soort beschouwd.

Vervolgens is een inverse analyse uitgevoerd zoals beschreven in Kaandorp (1986). De inverse analyse maakt een onderscheid mogelijk tussen dominante soorten ($n > 100 \text{ m}^2$), karakteristieke soorten voor een cluster en soorten beperkt tot een cluster.

Tijdens de bemonstering is ook de samenstelling van de bodemsedimenten bepaald en is de saliniteit gemeten.

De sedimentkarakteristieken van de bovenste centimeter van de sedimentlaag zijn bepaald door monsters te zeven over 7 gekalibreerde zeven (2.8-0.053 mm). De karakteristieken zijn uitgedrukt als de procentuele bijdrage van de drooggewichten van de verschillende fracties. Omdat de verdeling van de fracties niet normaal bleek te zijn, is op basis van de dominante fracties een typologie voor de bodemsedimenten opgesteld (Tabel 2). Wanneer, door een recente verstoring, de sedimenten een tweetoppige verdeling vertonen, wordt dit sediment aangeduid als een verstoord (dis) grover type.

Tabel 2. Typologie voor de bodemsedimenten

Type sediment:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
dominante fractie in mm	>2.8	2.8-1.4	1.4-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15-0.09	0.09-0.05	<0.05
Benaming	schelprest		zeer	grof zand	fijn zand	zeer	ultra	slib
			grof zand			fijn zand	fijn zand	

In 2009 en 2010 zijn de sedimenten op de nabij gelegen stations voor de hardsubstraat bemonstering gebruikt, in 2011 en 2012 zijn monsters op de exacte locatie genomen.

Naast de sedimentkarakteristieken zijn in 2011 en 2012 ook percentages organische en droge stof bepaald. Deze percentages zijn bepaald van de bovenste zes cm van het bodemsediment, door de monsters te drogen bij 70°C en vijf uur te verassen bij 525°C.

3. Resultaten

De abundanties en het type van de soorten varieerde tussen locaties en dieptes. Voor de soortensamenstelling zie bijlage A voor de ruwe gegevens van 2012; Van den Brink & Brummelhuis (2009) voor ruwe data uit 2009; Van den Brink en Hartog (2011) voor de gegevens van 2010; Van den Brink e.a. (2012) voor data uit 2011.

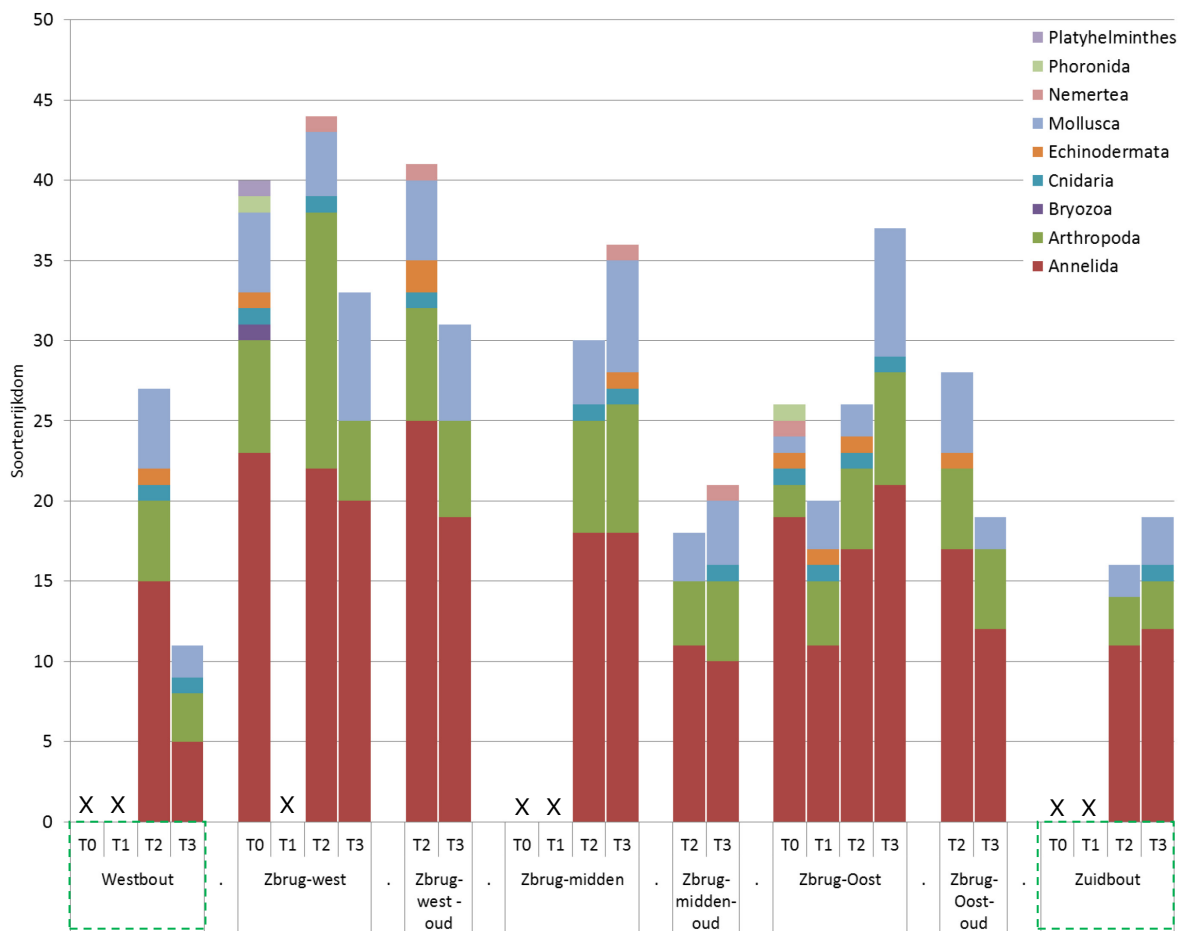
3.1 Soortenrijkdom

In alle locaties vormen annelide soorten (wormachtigen) de meerderheid van het soortenrijkdom gevolgd door mollusca (weekdieren) en arthropoda (kreeftachtigen). Cnidaria zijn ook vaak aanwezig, maar in aantal soorten veel minder gevarieerd. Er zijn weinig echinodermaten soorten en nemertea soorten aanwezig in de onderzochte bodemonsters (Figuur 2).

Bij de Zeelandbrug-west is de soortenrijkdom tijdens de T3 (33 soorten) lager dan tijdens de T0 (40 soorten) en de T2 (44 soorten). Daarentegen is een hogere soortenrijkdom tijdens de T3 aangetroffen dan bij Zeelandbrug-midden en Zeelandbrug-oost in vergelijking tot eerdere jaren. Bij de Zeelandbrug oost was de soortenrijkdom tijdens de T3 (36 soorten) hoger dan tijdens de T0 (30 soorten). Soortenrijkdom bij de Zeelandbrug-oost nam af van T0 (26 soorten) tot T1 (20 soorten), en nam daarna toe van T2 (26 soorten) naar T3 (37 soorten).

Soortenrijkdom in 'oud' sediment blijkt lager te zijn bij alle drie de Zeelandbrug locaties tijdens de T3 dan bij de locaties met nieuw sediment. Dit komt doordat monsters alleen bij de diepte van 15m genomen zijn, en er dus in totaal minder monsters zijn genomen.

Soortenrijkdom bij de referentielocatie Westbout was veel lager in 2012 (11 soorten) dan in 2011 (27 soorten). Bij de referentielocatie Zuidbout was de soortenrijkdom vergelijkbaar in 2011 en 2012 (respectievelijk 16 en 19 soorten). In beide referentielocaties was er weinig verschil in de samenstelling van de aanwezige phyla.

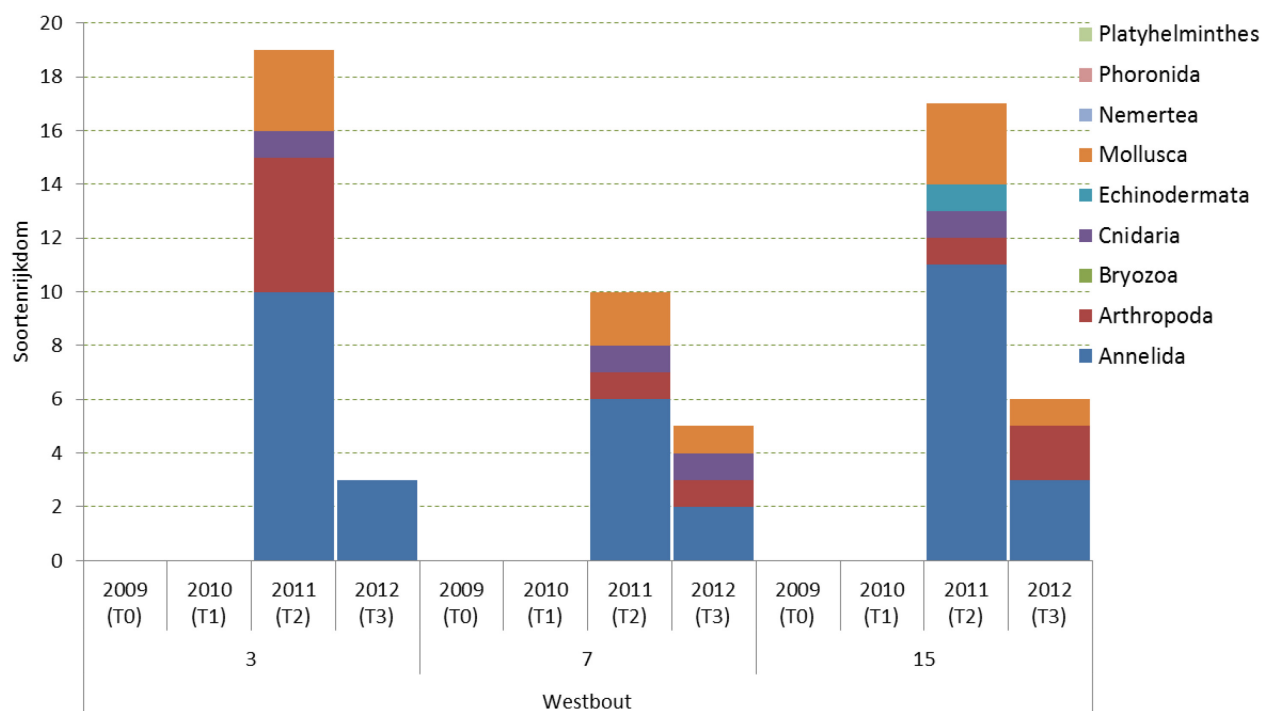


Figuur 2. Soortenrijkdom per phylum bij de bemonsterde locaties in de Oosterschelde voor T0 (2009), T1 (2010), T2 (2011) en T3 (2012), en voor twee referentie locaties, Westbout en Zuidbout (aangegeven met een groene gebroken vierkant). Monsters in '-oud' locaties waren maar op één diepte genomen, dus met minder monsters, en soortenrijkdom blijkt daarom lager te zijn. X geeft aan wanneer er geen bemonstering plaats heeft gevonden.

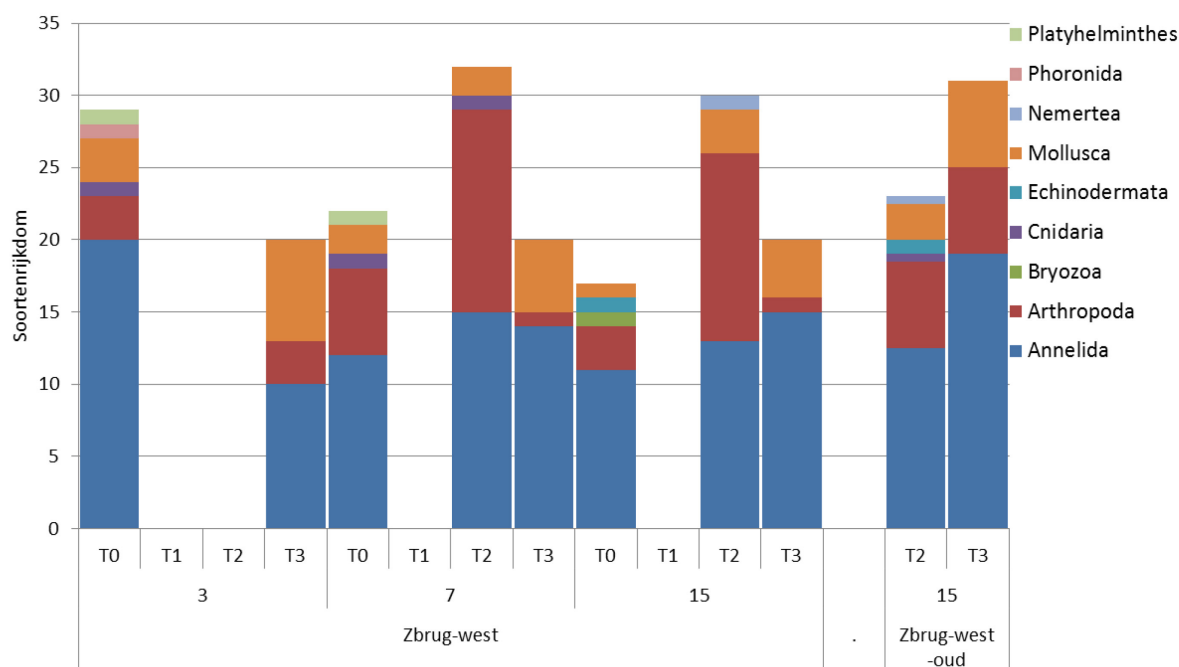
Als de data beschikbaar zijn, is soortenrijkdom gescheiden per diepte en zijn T3 data vergeleken met data van eerdere bemonsteringen (T0, T1 en T2).

Bij de referentie locatie Westbout is de soortenrijkdom in alle drie dieptes hoger in 2011 (T2) dan in 2012 (T3) (Figuur 3). Dezelfde phyla (Annelida, Arthropoda, Cnidaria en Mollusca) zijn tijdens alle tijdstippen en alle dieptes gevonden, behalve in 2012 (T3) - 3m waar Annelida als enige phyla aanwezig is en in 2011 (T2) - 15m waar er één echinoderm gevonden is. In 2011 (T2) is soortenrijkdom het hoogst bij 3m (22 soorten), in 2012 (T3) is soortenrijkdom het laagst bij 3m (drie soorten).

Soortenrijkdom bij Zeelandbrug-west is hoger tijdens de T2 dan tijdens de T3 op alle dieptes behalve bij 3m, waar er bij T2 een leeg monster was (Figuur 4). In de T0 zijn er bij alle dieptes meer phyla aanwezig dan tijdens de T2 en T3. In de T2 en T3 zijn er annelida, arthropoda, cindaria, mollusca en één nemertea (T2, 15m), maar in T0 zijn er ook phoronidae (3m), platyhelminthes (3m en 7m), bryozoa (15m) en echinodermata (15m). Ook bij het oud sediment zijn er meer soorten tijdens T3 (31 soorten van drie phyla) dan bij T2 (23 soorten van zes phyla).



Figuur 3. Soortenrijkdom per phylum en afgeronde diepte bij de referentielocatie Westbout voor 2011 (T2) en 2012 (T3) (data voor 2009 en 2010 zijn niet beschikbaar).

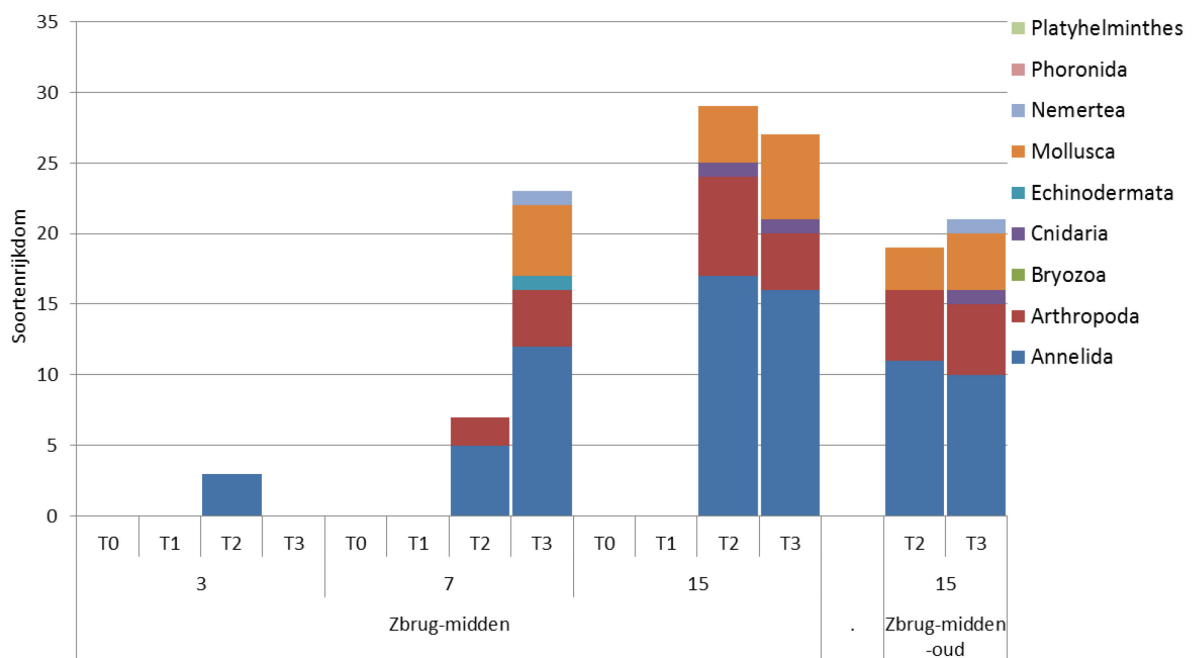


Figuur 4. Soortenrijkdom per phylum en afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-west en Zeelandbrug-west-oud voor T0, T2 en T3 (data voor T1 zijn niet beschikbaar).

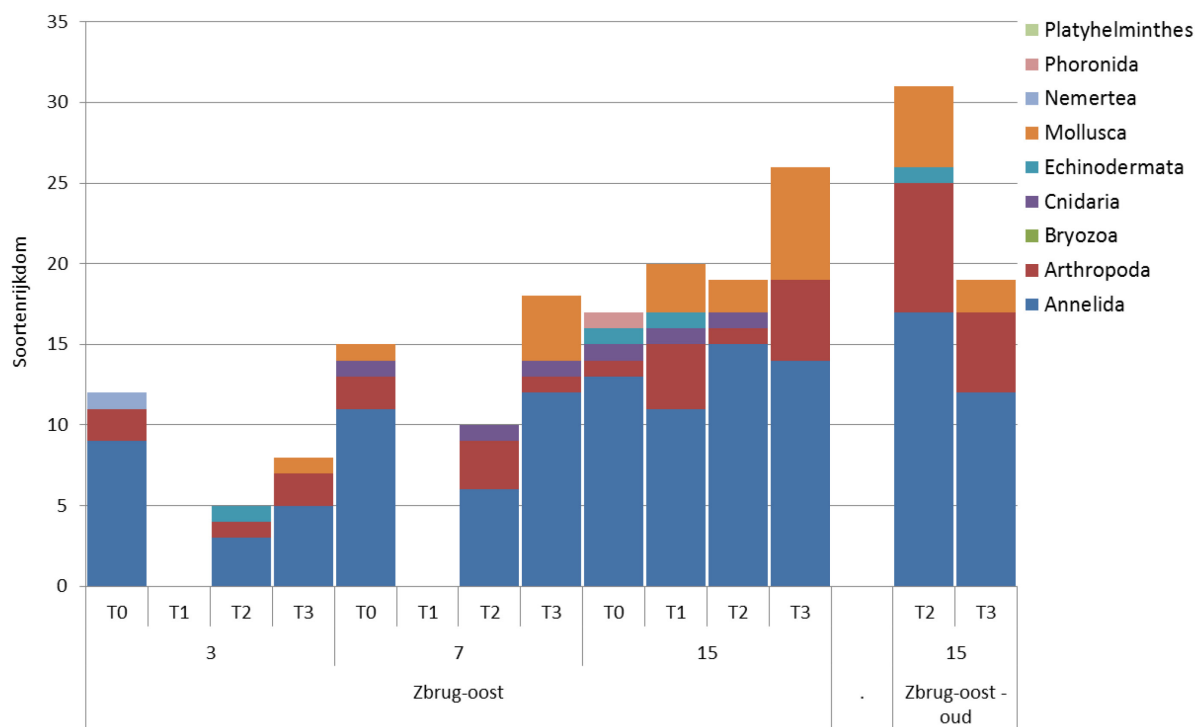
Soortenrijkdom bij de Zeelandbrug-midden is hoger tijdens de T2 dan tijdens de T3 bij 3m en 15m diepte, maar hoger tijdens de T3 dan tijdens de T2 bij 7m diepte (Figuur 5). Soortenrijkdom is het hoogst bij 15m met 29 soorten tijdens T2 en 27 soorten tijdens T3. Bij 7m zijn er zeven soorten tijdens T2 en 23 soorten tijdens T3. Anneliden zijn de dominante soorten op alle dieptes, en arthropoda en mollusca zijn ook vaak aanwezig. Cindaria zijn alleen bij 15m aangetroffen en één echinodermata en één nemertea zijn tijdens de T3 op 7m gevonden. In het oud sediment is soortenrijkdom lager dan in het nieuwe sediment. Verder zijn er in het oude sediment tijdens de T3 meer soorten aanwezig en is er meer variatie (21 soorten van 5 phyla) dan tijdens de T2 (19 soorten van drie phyla).

Bij de Zeelandbrug-oost is soortenrijkdom het hoogst in T3 op 7m en 15m (Figuur 36). Op 3m is soortenrijkdom het hoogst tijdens de T0. Soortenrijkdom is altijd hoger op 15m dan op 3m of 7m. Hoewel de soortenrijkdom bij 15m hoger is tijdens T3 vergeleken met eerdere jaren, is de variatie in phyla lager. Tijdens de T0 zijn er 17 soorten van vijf phyla, en tijdens de T3 zijn er 26 soorten van drie phyla. Annelida zijn het dominante phylum op alle dieptes en tijdstippen. Daarnaast zijn er ook arthropoda, cnidaria en mollusc algemeen aanwezig. In het oude sediment is soortenrijkdom hoger tijdens de T2 (31 soorten) dan tijdens de T3 (19 soorten). De aanwezige phyla zijn hetzelfde tijdens T2 en T3, met uitzondering van de aanwezigheid van één echinodermata tijdens de T2.

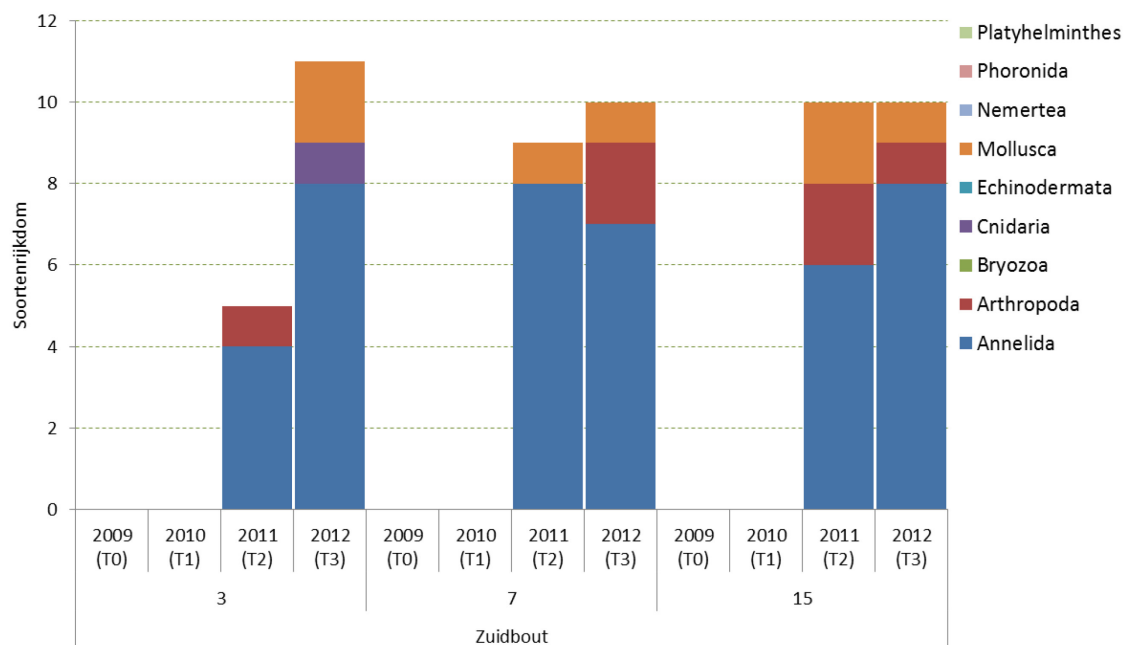
Op de referentielocatie Zuidbout is de soortenrijkdom bij 7m en 15m diepte vergelijkbaar tijdens 2012 (T1) en 2011 (T2) (Figuur 7). Bij 7m zijn er negen soorten van twee phyla tijdens de T2, en 10 soorten van drie phyla tijdens de T3. Bij 15m zijn er 10 soorten van drie phyla tijdens zowel T2 als T3. Bij 3m is de soortenrijkdom hoger in 2012 (T3) (11 soorten) dan in 2011 (T2) (vijf soorten). Dezelfde phyla (Annelida, Arthropoda en Mollusca) zijn tijdens alle tijdstippen en op alle dieptes gevonden behalve in 2011 (T2), 3m en 7m, waar er geen mollusca zijn gevonden, en in 2012 (T3), 3m, waar er geen arthropoda zijn gevonden, maar wel één cnidaria (Figuur 37).



Figuur 5. Soortenrijkdom per phylum en afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-midden en Zeelandbrug-midden-oud voor T2 en T3 (data voor T0 en T1 zijn niet beschikbaar).



Figuur 6. Soortenrijkdom per phylum en afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-oost en Zeelandbrug-oost-oud voor T0, T2 en T3 (data voor 3m en 7m bij T1 zijn niet beschikbaar).



Figuur 7. Soortenrijkdom per phylum en afgeronde diepte bij de referentielocatie Zuidbout voor 2011 (T2) en 2012 (T3) (data voor 2009 en 2010 zijn niet beschikbaar).

3.2 Aantal individuen

Op alle locaties vormen annelide soorten (wormachtigen) de meerderheid van het aantal individuen gevolgd door mollusca en arthropoda. Cnidaria zijn ook vaak aanwezig, maar binnen het phylum veel minder gevarieerd dan mollusca en arthropoda. Er zijn weinig echinodermate soorten en nemertea soorten (Figuur 8).

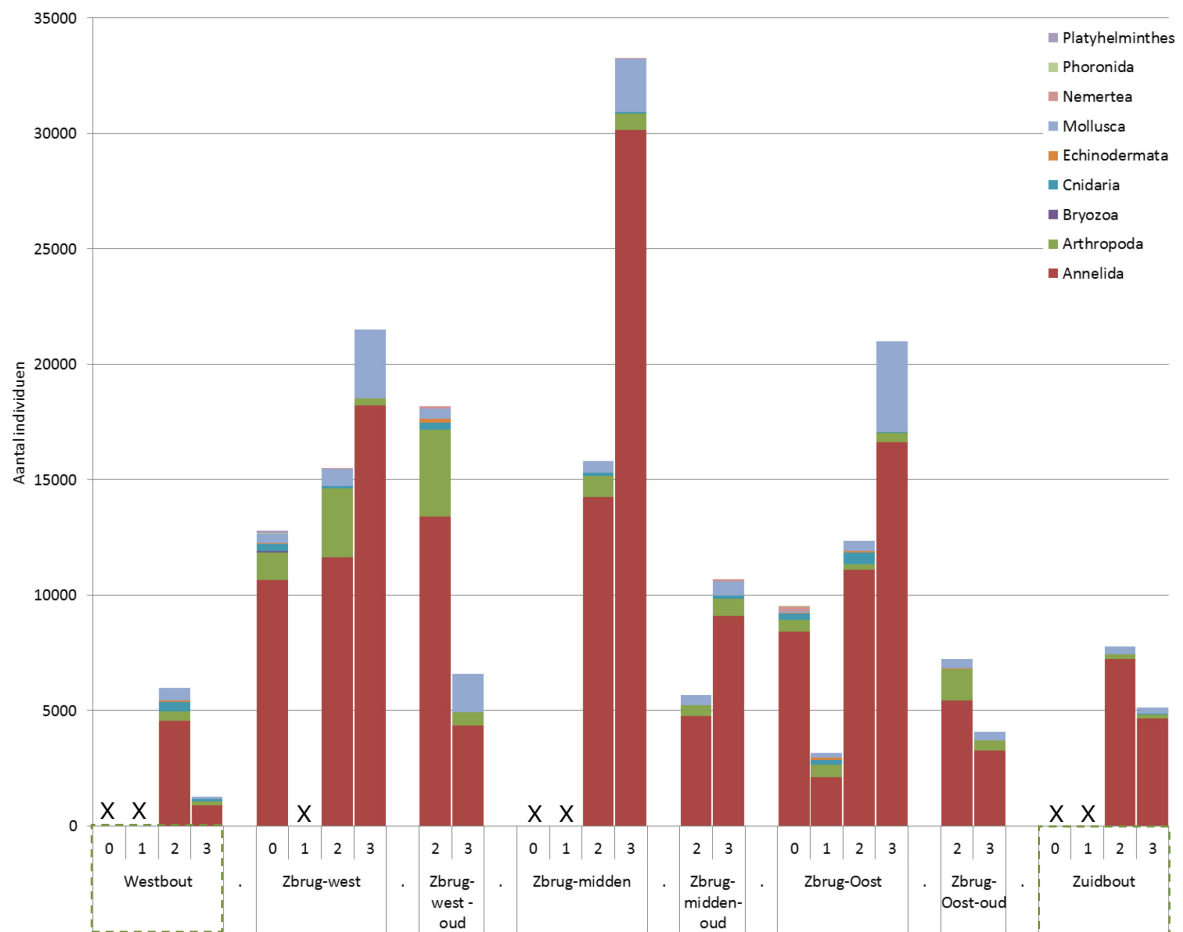
Bij de Zeelandbrug-west tijdens de T0 zijn er 12808 individuen. Na ontbrekende gegevens tijdens de T1 (geen waterbodem aanwezig) is het aantal individuen toegenomen tijdens de T2 (15520) en T3 (33250). Verder zijn er meer arthropoda aangetroffen tijdens de T2 (904 indiv, 18%) dan tijdens de T3 (703 indiv, 1.4%), en meer mollusca tijdens de T3 (2963 indiv., 14%) dan tijdens de T2 (728 indiv., 4%).

Bij de Zeelandbrug-midden is er een toename waargenomen van aantal individuen van de T2 (15821) naar de T3 (33250). Het merendeel van de individuen bestaat uit annelida (30161, 91%).

Bij de Zeelandbrug-oost is na een eerste afname van het aantal individuen van T0 (9543 indiv.) naar T1 (3164 indiv.) een toename geconstateerd in het aantal individuen tijdens de T2 (12355 indiv.) en verder tijdens de T3 (20994 indiv.), met een toename in de proportie mollusca (3917 indiv, 19%).

In de oud sedimenten van de Zeelandbrug-west en Zeelandbrug-oost is er een afname in aantal individuen tussen T2 en T3 aangetroffen. Bij de Zeelandbrug-west is het aantal individuen 18182 tijdens de T2 en 6580 individuen tijdens de T3. Bij de Zeelandbrug-oost is het aantal individuen 7233 tijdens de T2 en 4068 individuen tijdens de T3. Bij de Zeeland brug-midden is er een toename in aantal individuen van 5676 individuen tijdens de T2 naar 10698 individuen tijdens de T3.

Bij beide referentielocaties is er een afname in aantal individuen van 2011 naar 2012. Bij de Westbout zijn er 5977 individuen aangetroffen in 2011 en 1256 individuen in 2012. Bij de Zuidbout zijn er 7785 individuen aangetroffen in 2011 en 5123 individuen in 2012.



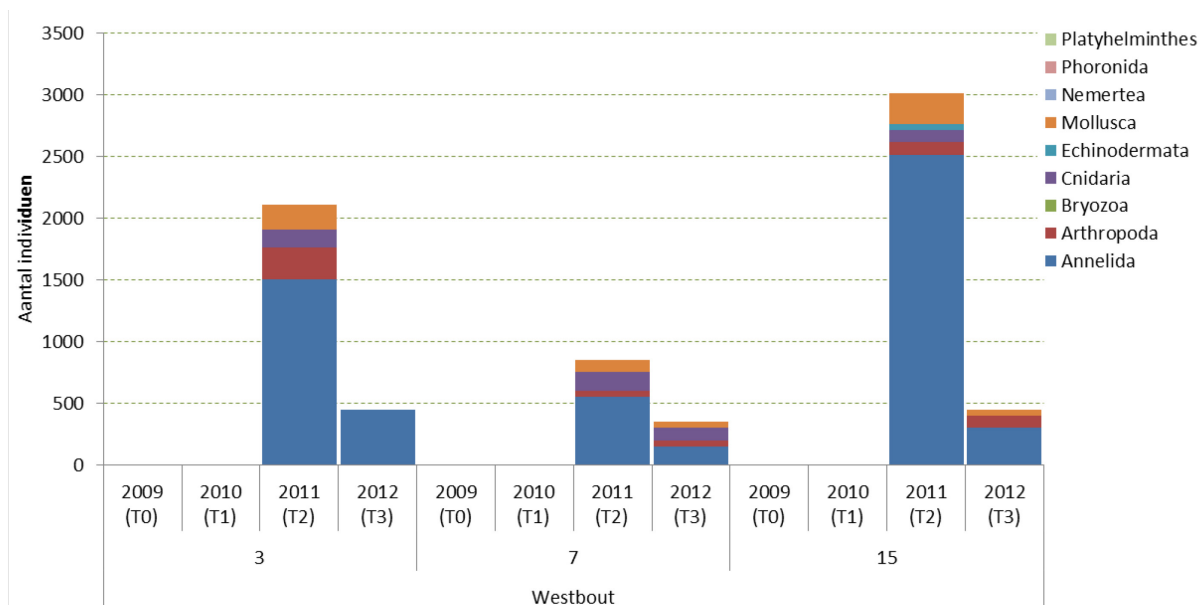
Figuur 8. Aantal individuen per phylum op de bemonsterde locaties in de Oosterschelde voor T0 (2009), T1 (2010), T2 (2011) en T3 (2012), en voor twee referentielocaties, Westbout en Zuidbout (aangegeven met een groene gebroken vierkant). Monsters aangegeven als '-oud' (oude bodem) zijn maar op één diepte genomen, en bevatten dus minder monsters; soortenrijkdom blijkt daarom lager te zijn. X geeft aan wanneer er geen bemonstering plaats heeft gevonden.

Wanneer data beschikbaar zijn, is het aantal individuen gescheiden per diepte en zijn T3 data vergeleken met data van eerdere bemonsteringen (T0, T1 en T2).

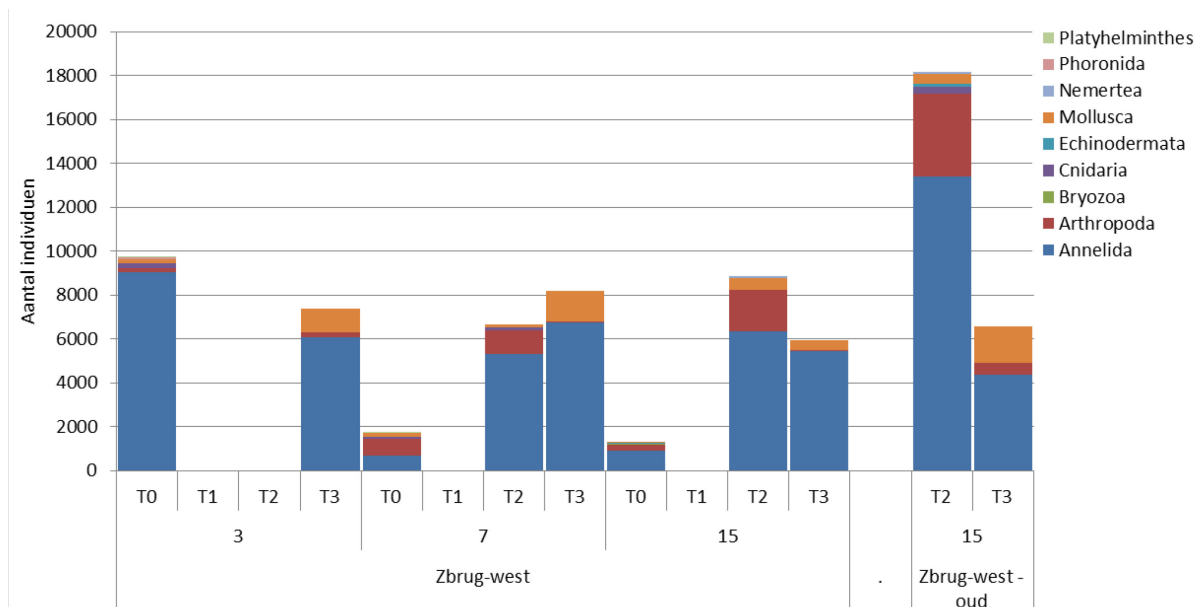
Bij de referentielocatie Westbout is op alle drie dieptes een afname te zien in aantal individuen van 2011 (T2) naar 2012 (T3) (Figuur 9). Bij 3m zijn er 2110 individuen aangetroffen in 2011 (T2) en 452 in 2012 (T3). Verder zijn er vier phyla in 2011 (T2) aanwezig (Annelida, Arthropoda, Cnidaria en Mollusca) waar er in 2012 (T3) alleen annelida aanwezig zijn. Bij 7m zijn er 854 individuen in 2011 en 352 individuen in 2012 (T3) aangetroffen, maar dezelfde phyla (Annelida, Arthropoda, Cnidaria en Mollusca) zijn hier op beide tijdstippen aanwezig. Bij 15m zijn er 3014 individuen in 2011 (T2) en 452 in 2012 (T3) aangetroffen. Dezelfde phyla (Annelida, Arthropoda, Cnidaria en Mollusca) zijn op beide tijdstippen aanwezig, maar in 2011 (T2) zijn er ook echinodermata aanwezig.

Bij de Zeelandbrug-west (Figuur 10), 3m, zijn er meer individuen tijdens de T0 (9744 indiv.) dan tijdens de T3 (7383 indiv.) aanwezig. Bij 7m en 15m is er een toename te zien tussen T0 en T2 en een afname in aantal individuen van T2 naar T3. Bij 7m zijn er 1758 individuen tijdens T0, geen data voor T1, 6680 individuen tijdens T2 en 8187 individuen tijdens T3. Bij 15m zijn er 1306 individuen tijdens T0 aangetroffen, geen data voor T1, 8840 individuen tijdens T2 en 5927 individuen tijdens T3.

Annelida zijn dominant op alle dieptes en tijdstippen. Arthropoda zijn meer aanwezig tijdens de T2 op alle dieptes (inclusief het oude sediment) dan tijdens de T3, en mollusca zijn tijdens de T3 meer aanwezig dan tijdens de T2 (inclusief het oude sediment).



Figuur 9. Aantal individuen per phylum en afgeronde diepte bij de referentielocatie Westbout voor 2011 (T2) en 2012 (T3) (data voor 2009 en 2010 zijn niet beschikbaar).

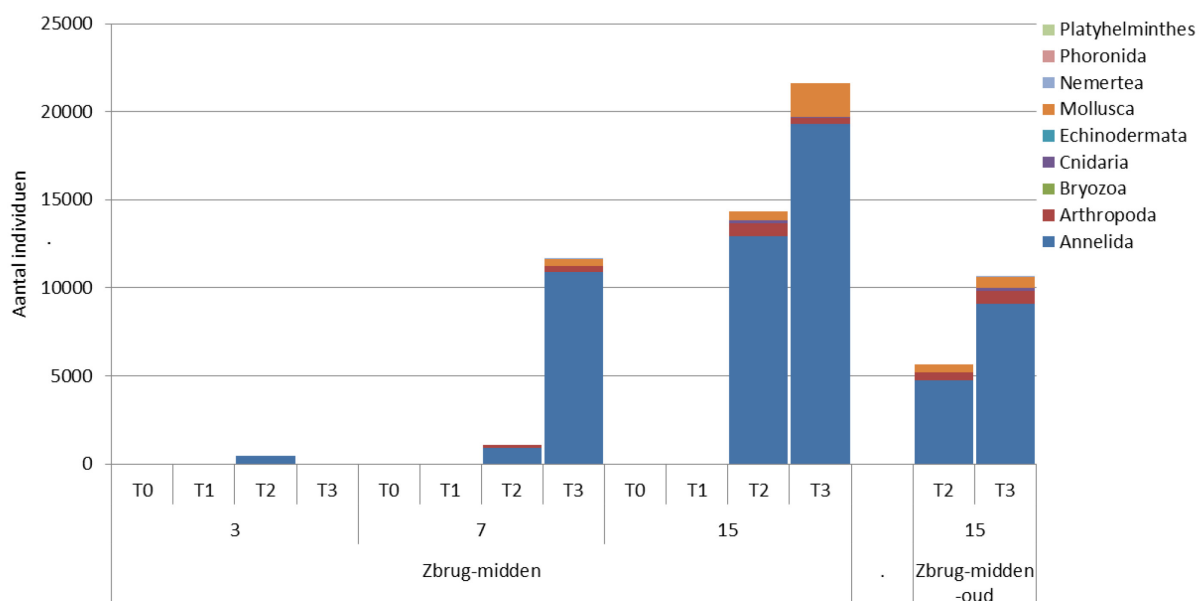


Figuur 10. Aantal individuen per phylum en afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-west en Zeelandbrug-west-oud voor T0, T2 en T3 (data voor T1 zijn niet beschikbaar).

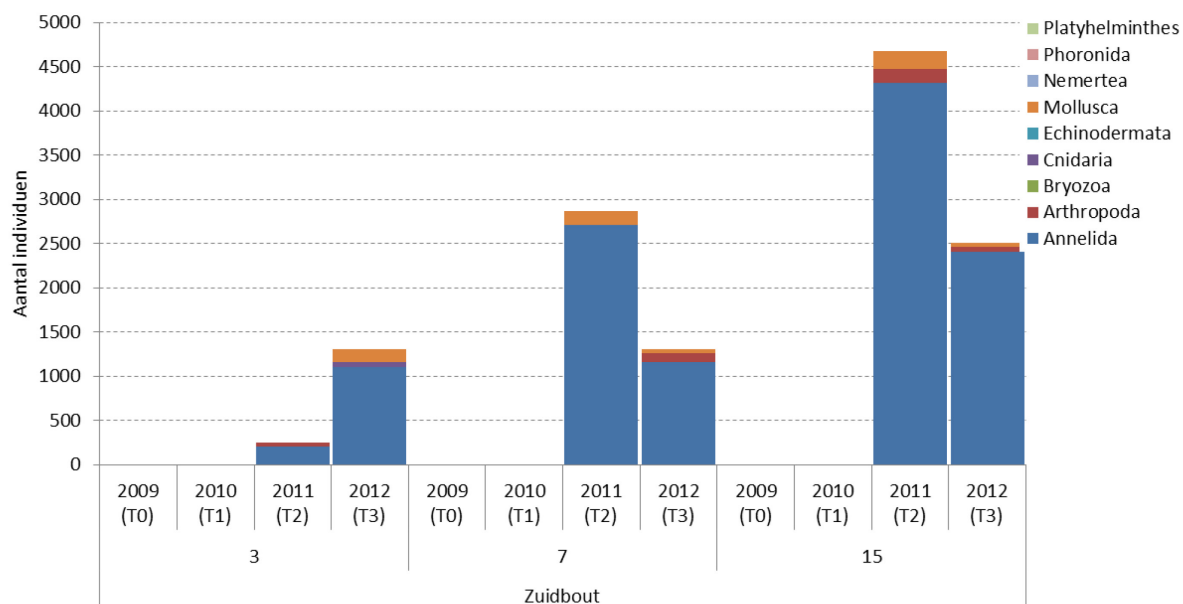
Bij de Zeelandbrug-midden (Figuur 11) zijn er alleen data voor T2 beschikbaar voor 3m. Hier zijn weinig individuen (452 indiv.) aangetroffen die allemaal annelida zijn. Ook bij 7m zijn er minder individuen (1055 indiv.; annelids: 904, 86%, arthropods: 151, 14%) aanwezig tijdens T2 in vergelijking tot T3, 7m (11653 indiv.) en bij 15m T2 (14314 indiv.) en T3 (21597 indiv.). Er is ook een toename in aantal individuen te zien tussen T2 (5676 indiv.) en T3 (10698 indiv.) in het oude sediment. Annelida zijn altijd het dominant phylum maar arthropoda en mollusca zijn ook bijna altijd aanwezig.

Bij de Zeelandbrug-oost is er een toename in aantal individuen te zien tussen T2 en T3 (Figuur 12). Bij 3m zijn er 5676 individuen tijdens de T0, geen data voor T1, een afname tot 251 individuen tijdens de T2 en een toename tot 703 individuen tijdens de T3. Bij 7m zijn er 2059 individuen tijdens de T0, geen data voor T1, een kleine afname tot 1858 individuen tijdens de T2 en een toename tot 6027 individuen tijdens de T3. Bij 15m zijn er 1808 individuen tijdens de T0, en een toename tot 3164 individuen tijdens de T1, 10246 individuen tijdens de T2 en 14264 individuen tijdens T3. Annelida zijn het dominante phylum op alle dieptes en tijdstippen. Mollusca komen meer voor tijdens de T3 en dan bij 7m en 15m.

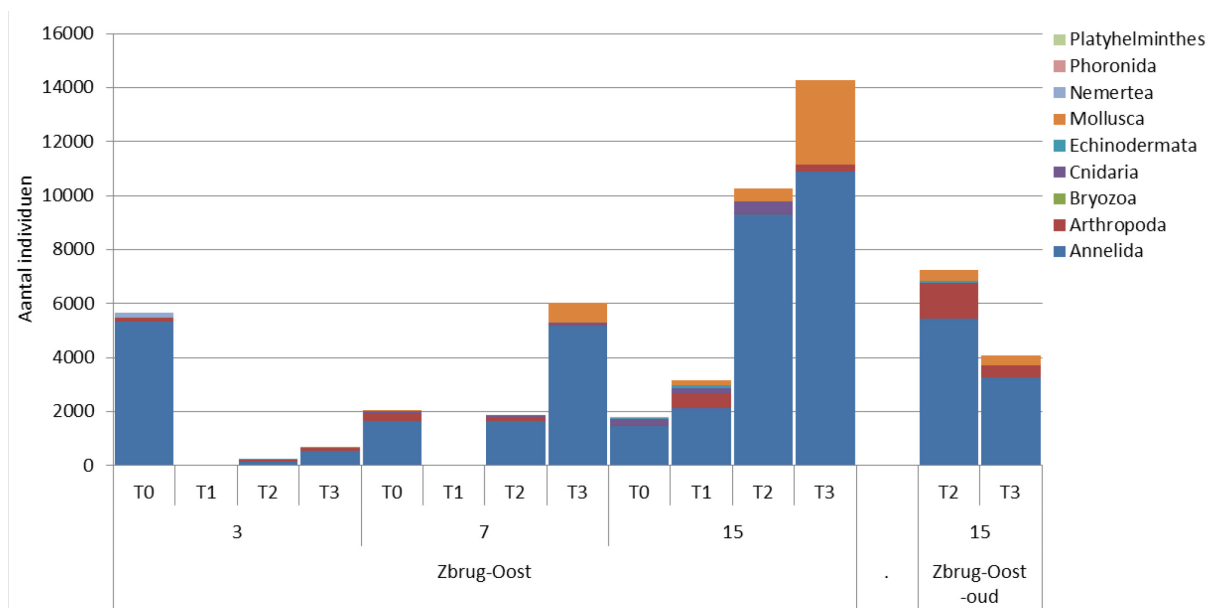
Bij de refentielocatie Zuidbout is bij 3m een toename aangetroffen in aantal individuen van 2011 (T2) (251 indiv.) naar 2012 (T3) (1306 indiv.). Bij 7m en 15m is een afname aangetroffen in aantal individuen van 2011 (T2) (7m: 2863 indiv., 15m: 4671 indiv.) naar 2012 (T3) (7m: 1306 indiv., 15m: 2511 indiv.) (Figuur 13). Annelida is het dominante phylum met alleen maar mollusca en arthropoda elders aanwezig behalve bij 3m, 2012 (T3) waar er één cnidaria gevonden is (omgerekend naar 50 individuen per m²).



Figuur 11. Aantal individuen per phylum en afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-midden en Zeelandbrug-midden-oud voor T2 en T3 (data voor T0 en T1 zijn niet beschikbaar).



Figuur 12. Aantal individuen per phylum en afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-oost en Zeelandbrug-oost-oud voor T0, T2 en T3 (data voor 3m en 7m bij T1 zijn niet beschikbaar).



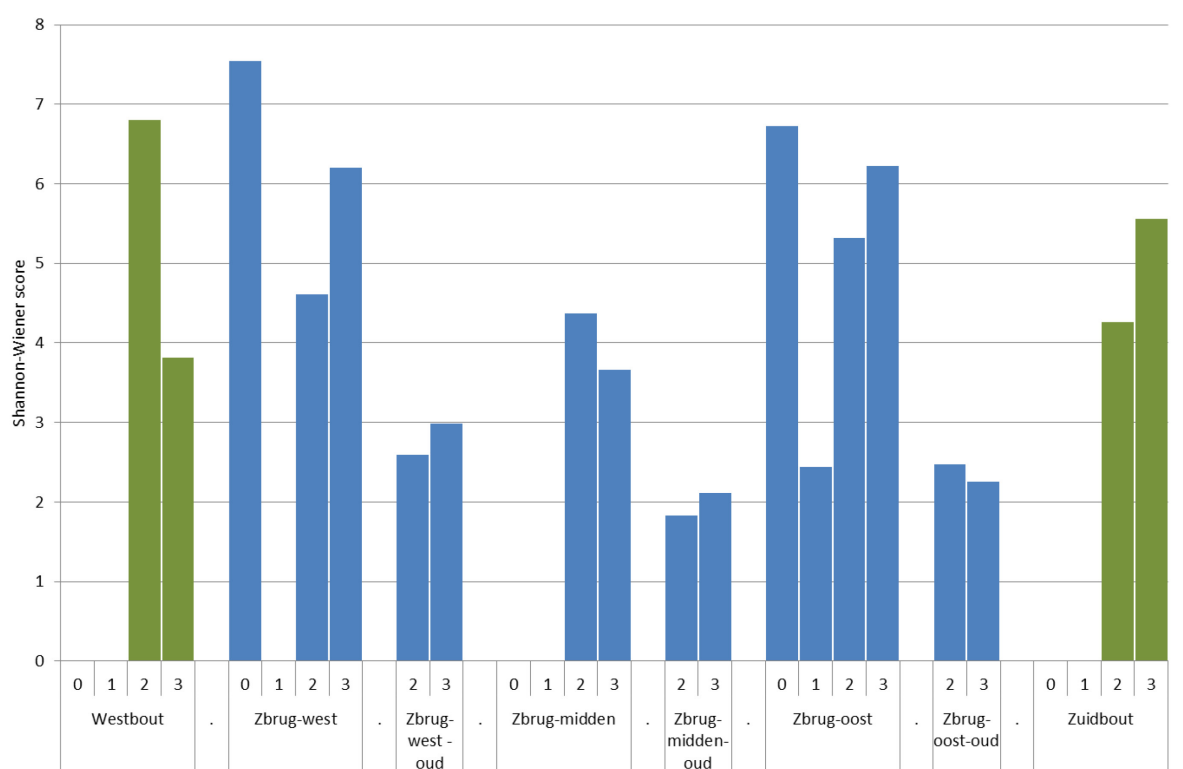
Figuur 13. Aantal individuen per phylum en afgeronde diepte bij de referentie locatie Zuidbout voor 2011 (T2) en 2012 (T3) (data voor 2009 en 2010 zijn niet beschikbaar).

3.3 Diversiteit

Volgens de Shannon-Wiener diversiteit index, varieert de diversiteit in de bemonsterde locaties in de Oosterschelde per locatie en bemonsteringstijdstip (T) (Figuur 14). Bij de referentie locatie Westbout was er een afname in diversiteit van 6.8 in 2011 (T2) tot 3.8 in 2012 (T3). Op de andere referentie locatie Zuidbout was er echter een toename in diversiteit te zien van 4.3 in 2011 (T2) tot 5.6 in 2012 (T3).

De diversiteit bij de Zeelandbrug-west en Zeelandbrug-oost toont een trend van hoge diversiteit tijdens de T0 (Zeelandbrug-west: 7.5, Zeelandbrug-oost: 6.7), een afname tijdens de T1 (Zeelandbrug-west: geen data, Zeelandbrug-oost: 2.4), een toename tijdens de T2 (Zeelandbrug-west: 4.6, Zeelandbrug-oost: 5.3) en weer een toename tijdens de T3 (6.2 voor beide locaties). Bij Zeelandbrug-west-oud was er een toename in diversiteit van 2.6 tijdens de T2 naar 3.0 tijdens de T3. Bij Zeelandbrug-oost-oud was er een afname in diversiteit van 2.5 tijdens de T2 naar 2.3 tijdens de T3.

Bij Zeelandbrug-midden was er een afname in diversiteit van 4.4 tijdens de T2 naar 3.7 tijdens de T3. Bij Zeelandbrug-midden-oud was er een toename in diversiteit van 1.8 tijdens de T2 naar 2.1 tijdens de T3.

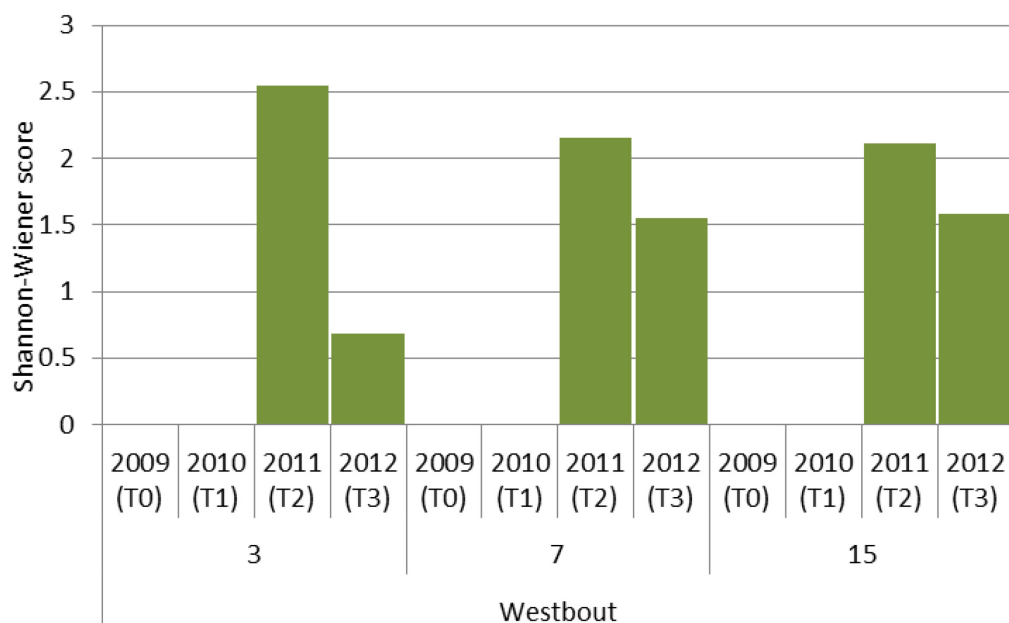


Figuur 14. Diversiteit score van de Shannon-Wiener diversiteit index voor bemonsterde locaties in de Oosterschelde voor T0, T1, T2 en T3, waar gegevens beschikbaar zijn.

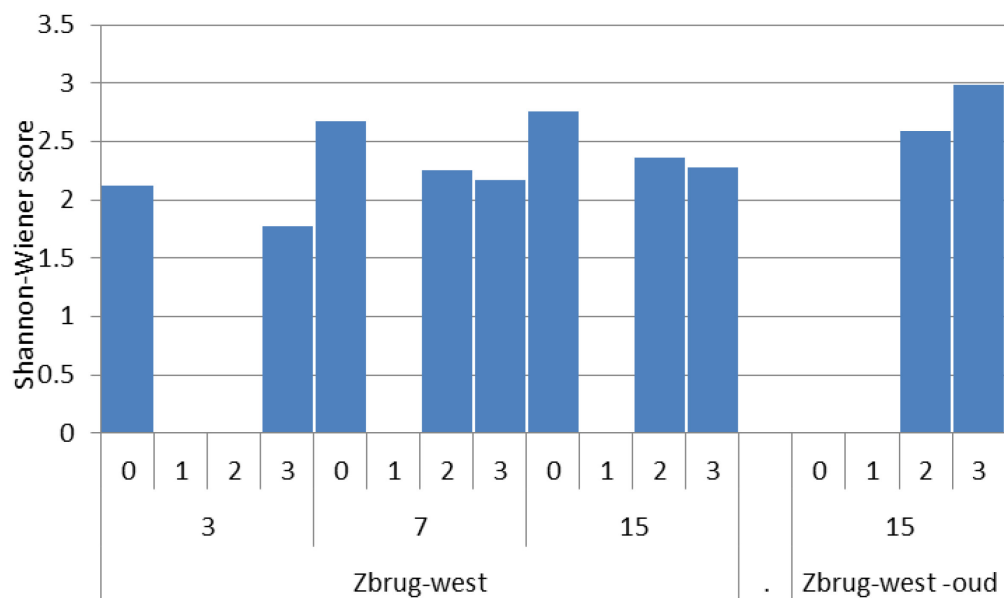
Wanneer data beschikbaar waren, is de diversiteit gescheiden in diepte en zijn de T3 data vergeleken met data van eerdere bemonsteringen (T0, T1 en T2).

Bij de referentie locatie Westbout was er op alle dieptes een afname in diversiteit te zien van 2011 (T2) naar 2012 (T3) (Figuur 15). In 2011 (T2) was de diversiteit het hoogst bij 3m, en in 2012 (T3) was de diversiteit het hoogst in 2012 (T3). Bij 3m was de diversiteit 2.5 in 2011 (T2) en 0.7 in 2012 (T3). Bij 7m was diversiteit 2.2 in 2011 (T2) en 1.5 in 2012 (T3). Bij 15m was diversiteit 2.1 in 2011 (T2) en 1.6 in 2012 (T3).

Bij Zeelandbrug-west was er een afname in diversiteit over tijd op alle dieptes (Figuur 16). Bij 3m was de diversiteit 2.1 in T0 en 1.8 in T3. Bij 7m was de diversiteit 2.7 in T0, 2.3 in T2 en 2.2 in T3. Bij 15m was de diversiteit 2.8 in T0, 2.4 in T2 en 2.3 in T3. Bij Zeelandbrug-west-oud was er een toename in diversiteit van 2.6 tijdens de T2 tot 3.0 tijdens de T3.



Figuur 15. Shannon-Wiener diversiteit score per afgeronde diepte bij de referentie locatie Westbout voor 2011 (T2) en 2012 (T3) (data voor 2009 en 2010 zijn niet beschikbaar).

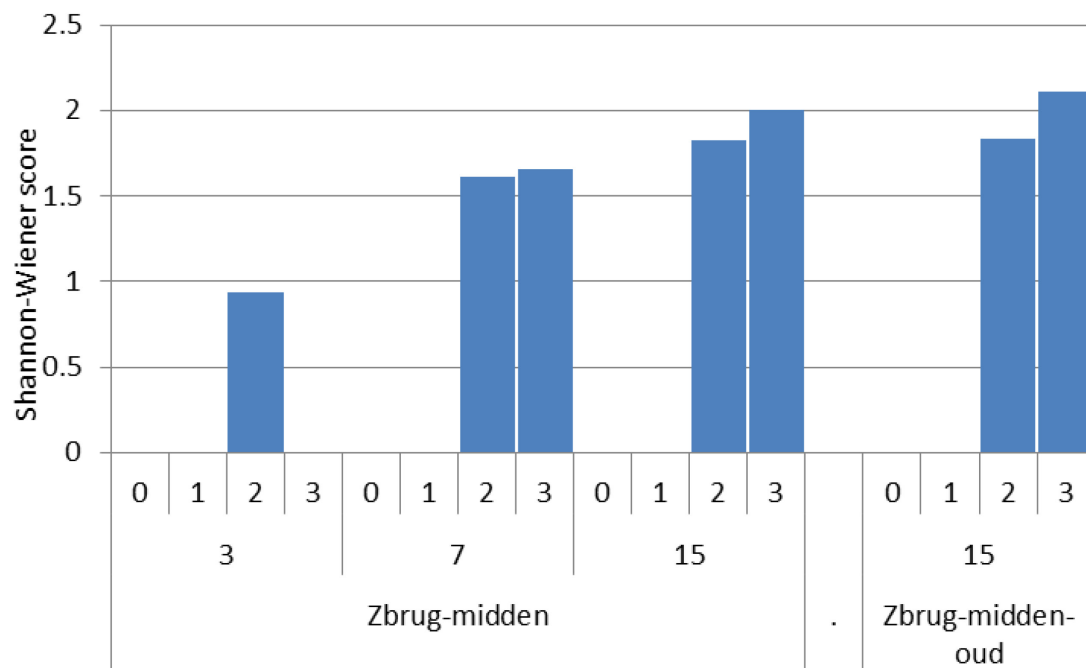


Figuur 16. Shannon-Wiener diversiteit score per afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-west en Zeelandbrug-west-oud voor T0, T2 en T3 (data voor T1 zijn niet beschikbaar).

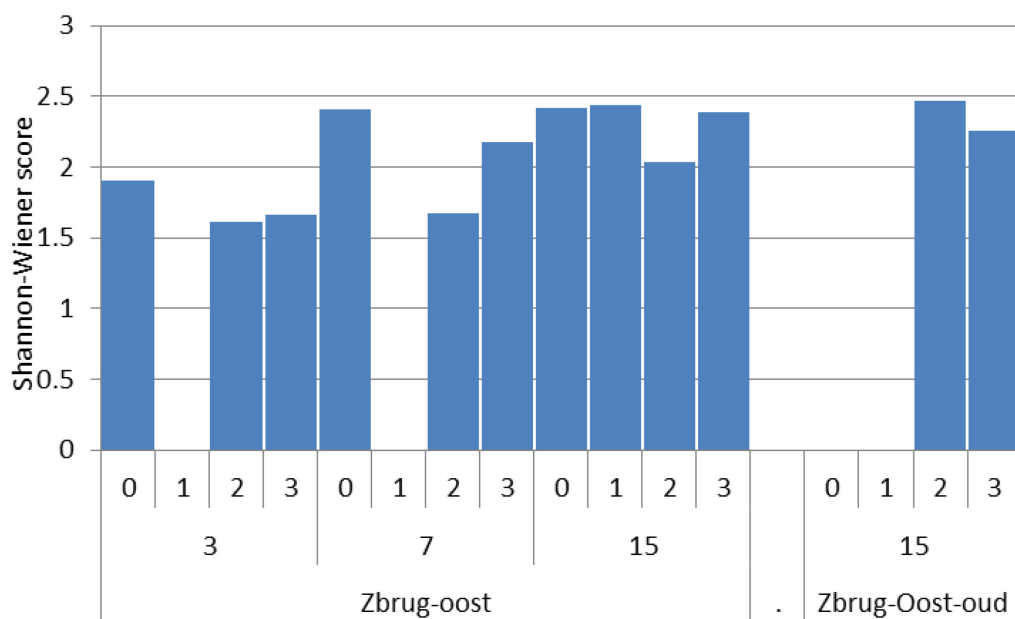
Bij Zeelandbrug-midden was er een toename van diversiteit op alle dieptes behalve 3m waar alleen maar data voor T2 beschikbaar is (Figuur 187). Bij 3m was de diversiteit 0.9 in T2. Bij 7m was de diversiteit 1.6 in T2 en 1.7 in T3. Bij 15m was diversiteit 1.8 in T2 en 2.0 in T3. Bij Zeelandbrugmidden-oud was er een toename in diversiteit van 1.8 in T2 tot 2.1 in T3.

Bij Zeelandbrug-oost waren er verschillende trends in diversiteit in verschillende dieptes (Figuur 178). Bij 3m was diversiteit 1.9 in T0, 1.6 in T2 en 1.7 in T3. Bij 7m was diversiteit 2.4 in T0, 1.7 in T2 en 2.2 in T3. Bij 15m was de diversiteit 2.41 in T0, 2.44 in T1, 2.0 in T2 en 2.4 in T3. Bij Zeelandbrug-west-oud was er een afname in diversiteit van 2.5 in T2 tot 2.3 in T3.

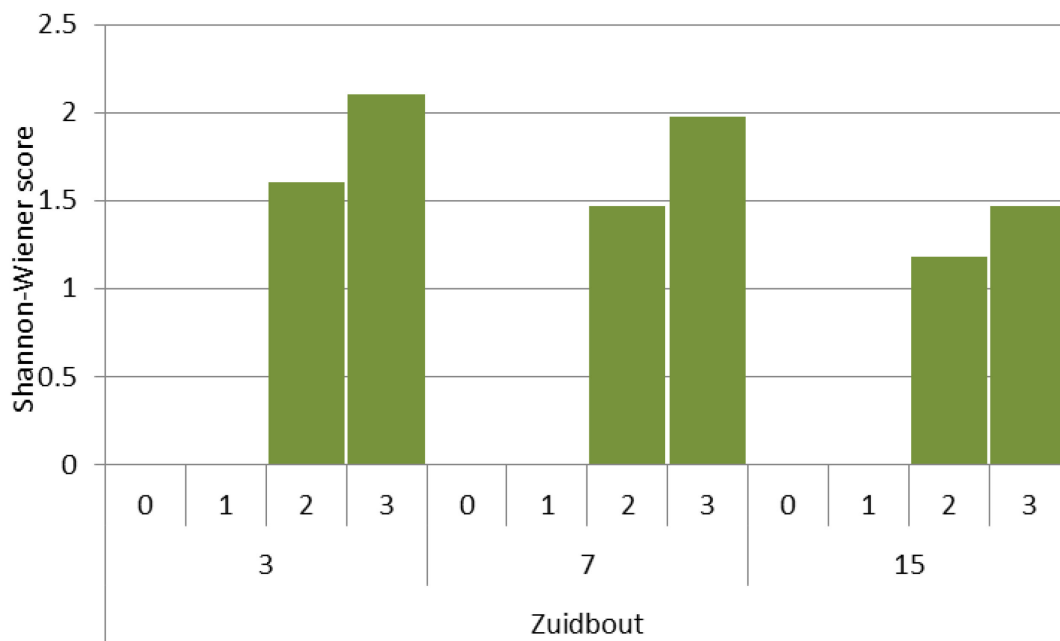
Bij de referentie locatie Zuidbout was er op alle dieptes een toename in diversiteit van 2011 (T2) tot 2012 (T3) (Figuur 19). Bij 3m was de diversiteit 1.6 in 2011 (T2) en 2.1 in 2012 (T3). Bij 7m was de diversiteit 1.5 in 2011 (T2) en 2.0 in 2012 (T3). Bij 15m was de diversiteit 1.2 in 2011 (T2) en 1.5 in 2012 (T3).



Figuur 17. Shannon-Wiener diversiteit score per afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-midden en Zeelandbrug-midden-oud voor T2 en T3 (data voor T0 en T1 zijn niet beschikbaar).



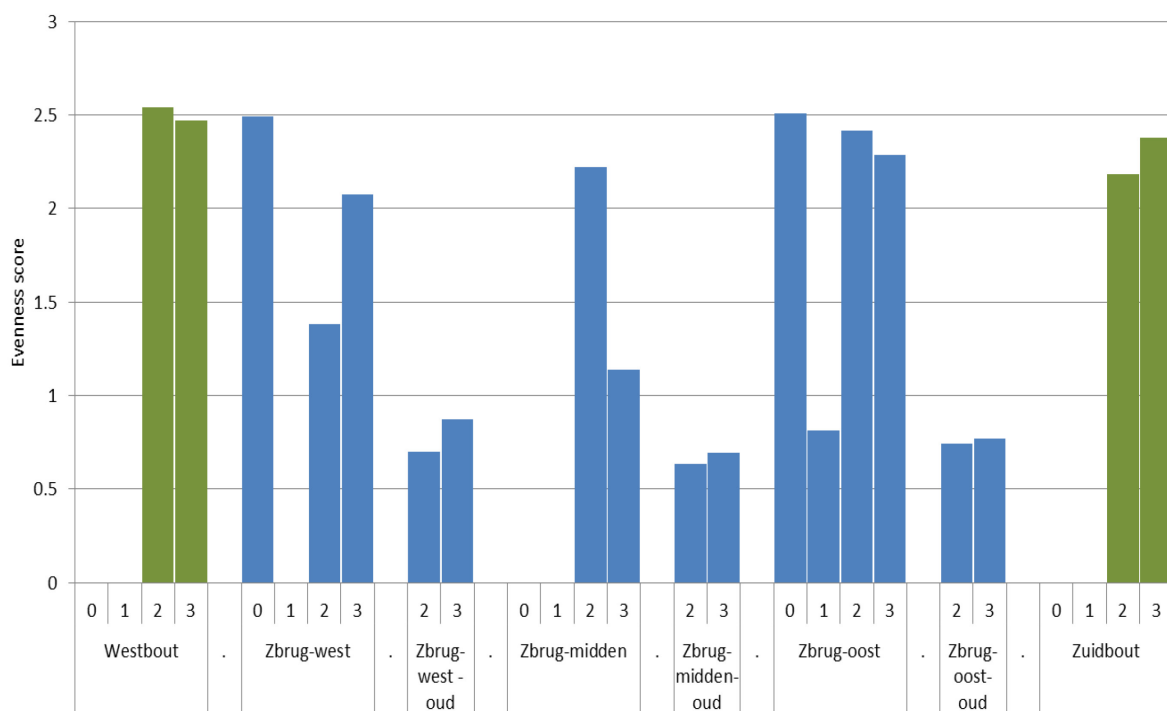
Figuur 18. Shannon-Wiener diversiteit score per afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-oost en Zeelandbrug-oost-oud voor T0, T2 en T3 (data voor 3m en 7m bij T1 zijn niet beschikbaar).



Figuur 19. Shannon-Wiener diversiteit score per afgeronde diepte bij de referentie locatie Zuidbout voor 2011 (T2) en 2012 (T3) (data voor 2009 en 2010 zijn niet beschikbaar).

3.4 Evenness

Net als de diversiteit varieerde evenness scores tussen locaties en tijdstip (Figuur 20). Evenness in de referentie locatie Westbout was vergelijkbaar met een score van 2.54 in 2011 (T2) en 2.50 in 2012 (T3). In de referentie locatie Zuidbout nam evenness toe van 2.2 in 2011 (T2) naar 2.4 in 2012 (T3). In Zeelandbrug-west was evenness 2.5 in T0, geen data in T1, 1.4 in T2 en 2.1 in T3. Bij Zeelandbrug-west-oud nam evenness toe met 0.7 in T2 naar 0.9 in T3. Bij Zeelandbrug-midden nam evenness af van 2.2 in T2 tot 1.1 in T3. Bij Zeelandbrug-midden-oud was evenness 0.6 in T2 en 0.7 in T3. Bij Zeelandbrug-oost was evenness 2.5 in T0, vervolgens nam het af tot 0.8 in T1, toen nam het weer toe tot 2.4 in T2 en 0.8 in T3. Evenness bij Zeelandbrug-oost-oud was vergelijkbaar met 0.7 in T2 en 0.8 in T3.

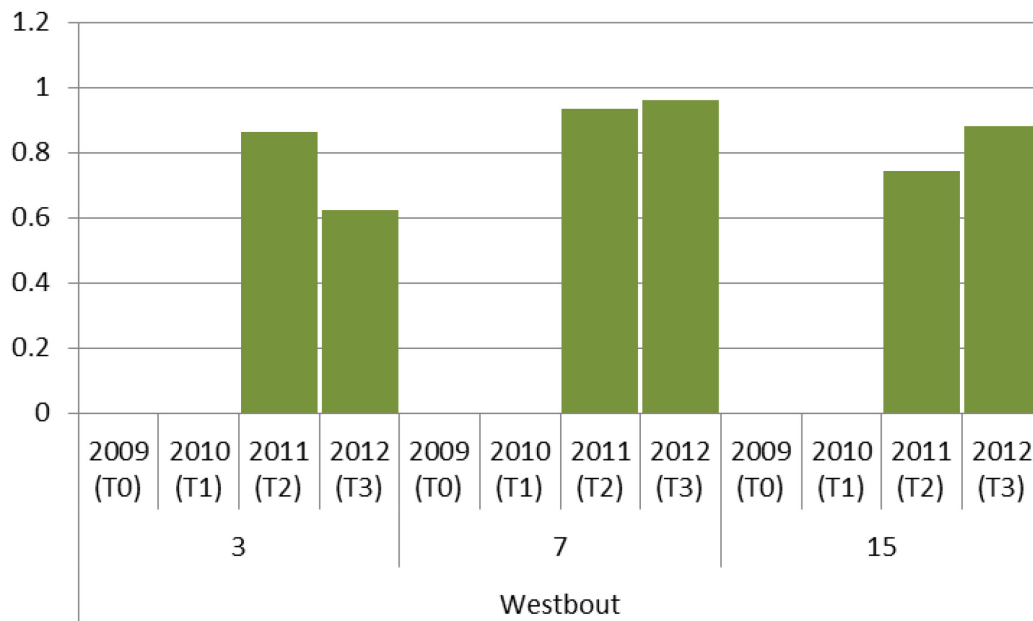


Figuur 20. Evenness score voor bemonsterde locaties in de Oosterschelde voor T0, T1, T2 en T3, waar gegevens beschikbaar zijn.

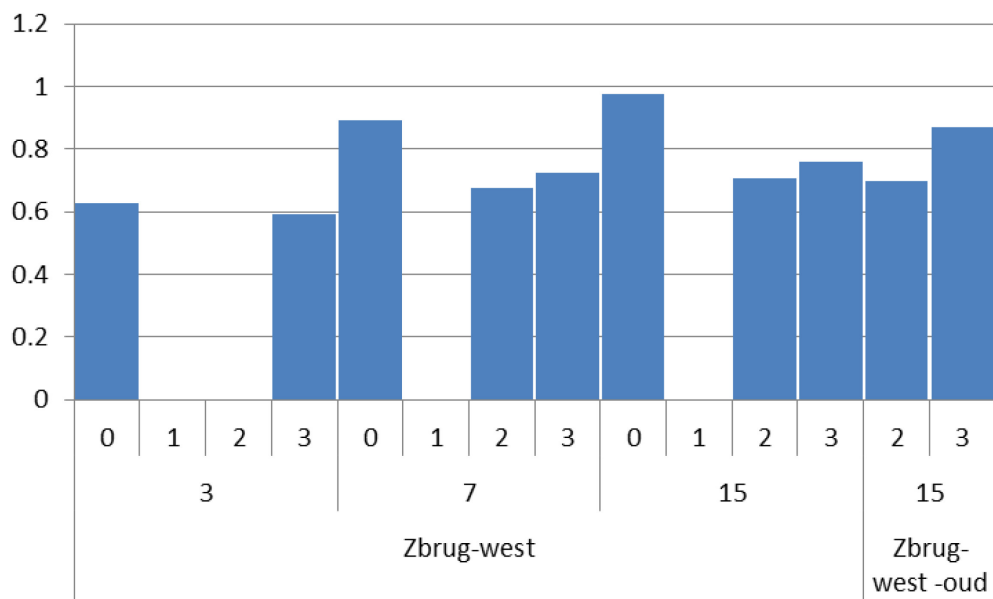
Wanneer data beschikbaar waren, is de diversiteit gescheiden per diepte en T3 data vergeleken met data van eerdere bemonsteringen (T0, T1 en T2).

Bij de referentie locatie Westbout was er op alle dieptes een verschil in trend in evenness van 2011 (T2) tot 2012 (T3) (Figuur 21). Bij 3m was evenness 0.9 in 2011 (T2) en 0.6 in 2012 (T3). Bij 7m was evenness 0.9 in 2011 (T2) en 1.0 in 2012 (T3). Bij 15m was diversiteit 0.7 in 2011 (T2) en 0.9 in 2012 (T3).

Bij Zeelandbrug-west (Figuur 22) was evenness bij 3m 0.63 in T0 en 0.59 in T3. Bij 7m was evenness 0.9 in T0, 0.67 in T2 en 0.72 in T3. Bij 15m was evenness 1.0 in T0, 0.7 in T2 en 0.8 in T3. Bij Zeelandbrug-west-oud was er een toename in evenness van 0.7 in T2 tot 0.9 in T3.



Figuur 21. Evenness score per afgeronde diepte bij de referentie locatie Westbout voor 2011 (T2) en 2012 (T3) (data voor 2009 en 2010 zijn niet beschikbaar).

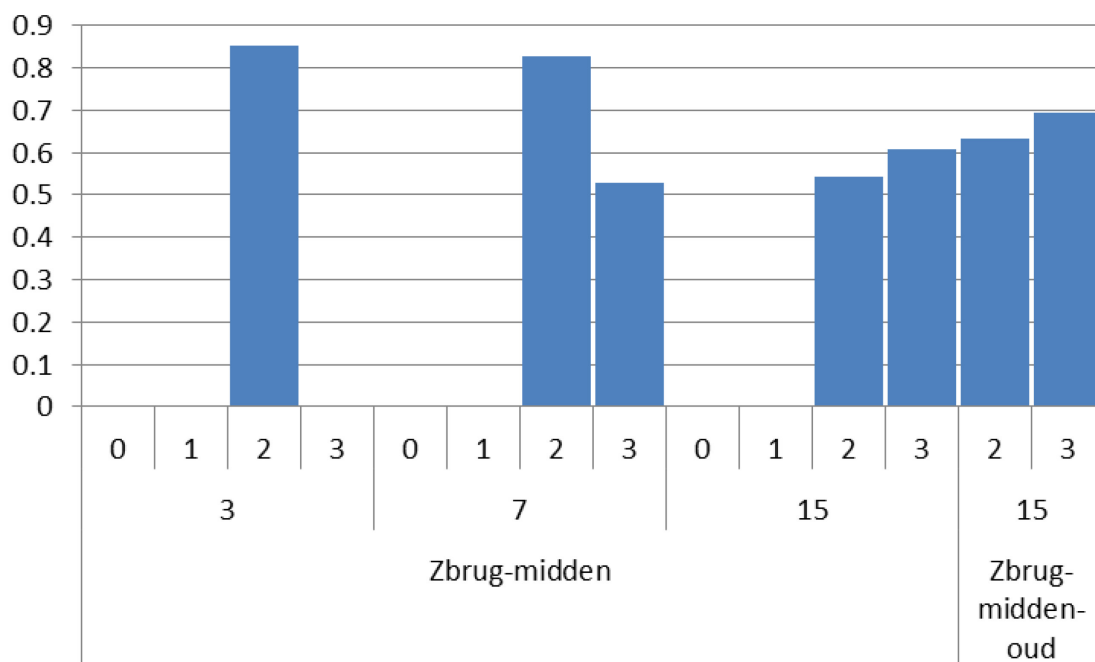


Figuur 22. Evenness score per afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-west en Zeelandbrug-west-oud voor T0, T2 en T3 (data voor T1 zijn niet beschikbaar).

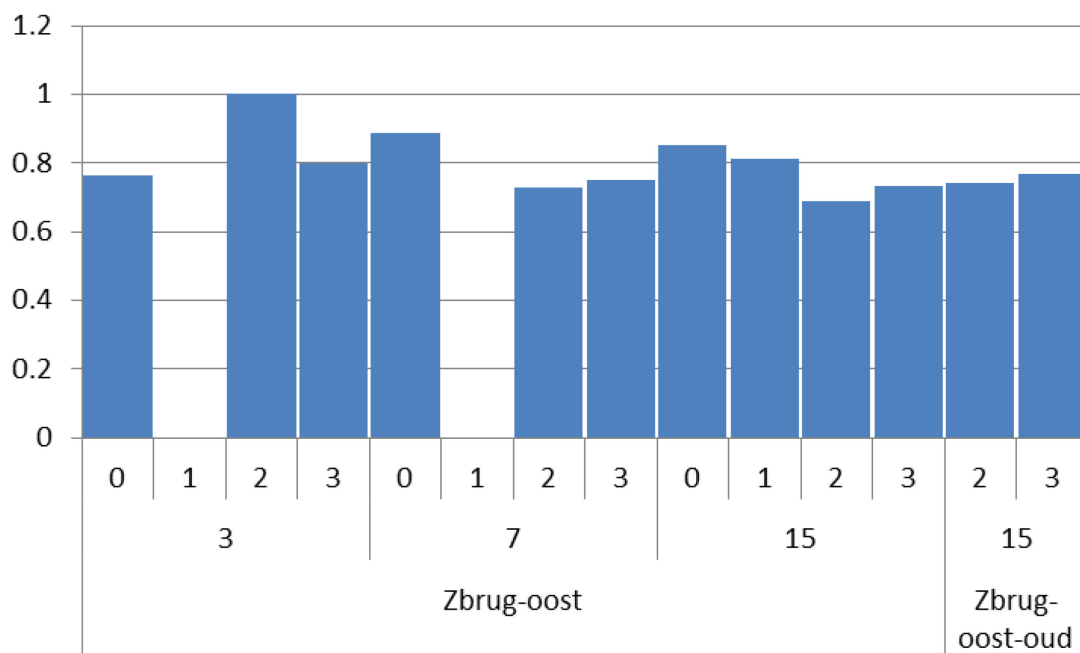
Bij Zeelandbrug-midden was er bij 3m alleen data voor T2 (evenness van 0.9) (Figuur 23). Bij 7m was evenness 0.8 in T2 en 0.5 in T3. Bij 15m was evenness 0.5 in T2 en 0.6 in T3. Bij Zeelandbrug-midden-oud was evenness vergelijkbaar met 0.6 in T2 en 0.7 in T3.

Bij Zeelandbrug-oost waren er verschillende trends in evenness in verschillende dieptes (Figuur 24). Bij 3m was evenness 0.8 in T0, 1.0 in T2 en 0.8 in T3. Bij 7m was evenness 0.9 in T0, 0.7 in T2 en 0.8 in T3. Bij 15m was evenness 0.9 in T0, 0.8 in T1, 0.69 in T2 en 0.74 in T3. Bij Zeelandbrug-west-oud was evenness 0.7 in T2 en 0.8 in T3.

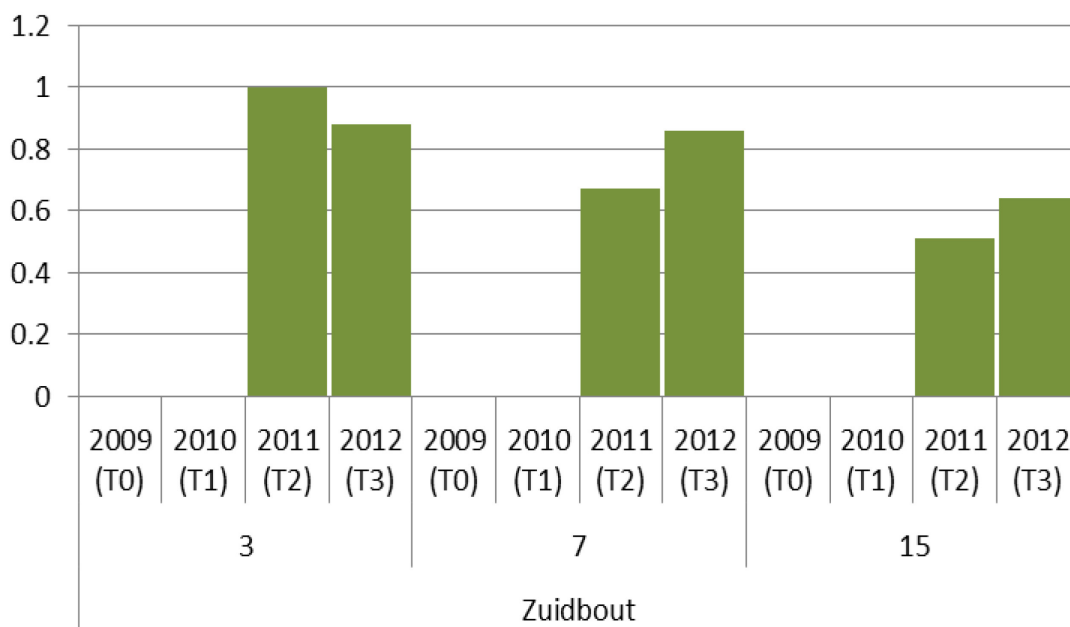
Bij de referentie locatie Zuidbout was evenness 1.0 in 2011 (T2) en 0.9 in 2012 (T3). Bij 7m was evenness 0.7 in 2011 (T2) en 0.9 in 2012 (T3). Bij 15m was diversiteit 0.5 in 2011 (T2) en 0.6 in 2012 (T3) (Figuur 25).



Figuur 23. Evenness score per afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-midden en Zeelandbrug-midden-oud voor T2 en T3 (data voor T0 en T1 zijn niet beschikbaar).



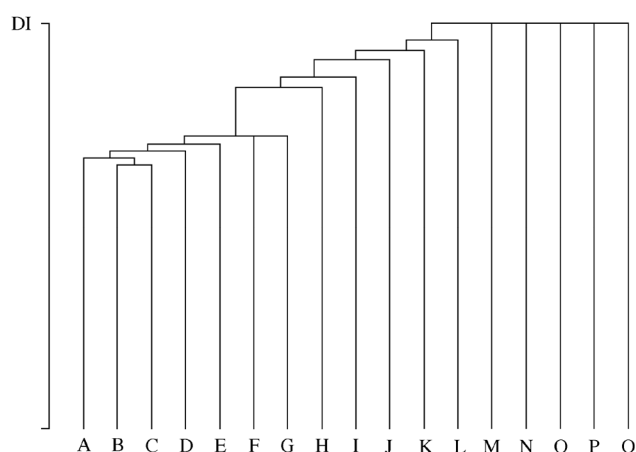
Figuur 24. Evenness score per afgeronde diepte bij de Zeelandbrug-oost en Zeelandbrug-oost-oud voor T0, T2 en T3 (data voor 3m en 7m bij T1 zijn niet beschikbaar).



Figuur 25. Evenness score per afgeronde diepte bij de referentie locatie Zuidbout voor 2011 (T2) en 2012 (T3) (data voor 2009 en 2010 zijn niet beschikbaar).

4. Zachtsubstraat gemeenschappen

In totaal zijn er 17 clusters gevonden, waarvan er 14 in de Oosterschelde voorkwamen (Figuur 26). De verdeling van de clusters is weergegeven in Figuur 27. De geordende tabel is gegeven in Tabel 3, de aantallen soorten en procentuele bijdrage aan de dichtheden in Tabel 4.



Figuur 26. Vereenvoudigd dendrogram van de clustering van de zachtsubstraat data van de Ooster- en Westerschelde uit de periode 2009-2012.

OS-2009				Sch-w		Sch-o	Lok-a	Lok-b		Zeel-w		Zeel-m	Zeel-o	
0-5				A		A	A	A		B			C	
5.1-10				B		B	D	C		B			C	
>10.1				C		B	B	B		B			B	
OS-2010		Burgh-w	Sch-wII			Sch-o							Zeel-o	
0-5		A	A			N								
5.1-10		F	C			P								
>10.1		A	C			L							E	
OS-2011	Wb			Sch-w	Sch-m	Sch-o	Lok		Zie	Zeel-w		Zeel-m	Zeel-o	Zb
0-5	C			J	C	C	C		J			A	F	G
5.1-10	C			C		C	C	C	O	C	C	C	C	C
>10.1	C			C	C	C	C	C	J	B		C	B	C
								B		B		B	B	
									B			B		
									B	B	B		B	
												B		
		Sophia		Zandh									Katsh	
0-5		C		F									C	
5.1-10		C		K									C	
>10.1		C		C									C	
OS-2012	Wb									Zeel-w		Zeel-m	Zeel-o	Zb
0-5	A									B			J	C
5.1-10	I									B	C	B	B	C
>10.1	A									B		B	B	C
										B		B	B	

Figuur 27. Schematische verdeling van de clusters over de locaties in de Oosterschelde.

32 van 52

Rapport nummer C101/13

Tabel 4. Aantal soorten en procentuele bijdrage aan de dichtheid per taxa binnen de gemeenschappen.

Gemeenschap:	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L	N	O	P
Aantal soorten:														
Polychaeten	11	68	44	6	11	5	3	1	6	2	1	0	0	0
Mollusken	2	18	16	0	3	1	0	1	2	0	0	1	0	1
Crustacea	3	36	22	1	4	1	1	1	2	0	1	0	1	0
Echinodermata	2	6	3	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Phoroniden	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oligochaeten	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Anthozoa	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Nemertea	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bryozoa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Platyhelminthes	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pycnogonidae	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tunicata	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Totaal aantal soorten	22	137	90	8	20	10	5	5	10	2	5	1	1	1
% van totale dichtheid:														
Polychaeten	22,9	62,2	46,5	25,7	66,7	5,7	60,0	28,6	84,0	100,0	9,1	0,0	0,0	0,0
Mollusken	0,4	7,5	18,4	0,0	6,3	5,7	0,0	14,3	8,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Crustacea	0,5	13,3	4,2	2,9	17,5	1,1	20,0	14,3	8,0	0,0	9,1	0,0	100,0	0,0
Echinodermata	0,9	0,3	0,1	0,0	3,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0
Phoroniden	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oligochaeten	73,3	14,5	28,7	71,4	0,0	82,8	20,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anthozoa	1,3	1,0	1,5	0,0	6,3	1,1	0,0	28,6	0,0	0,0	63,6	0,0	0,0	0,0
Nemertea	0,5	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bryozoa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Platyhelminthes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pycnogonidae	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tunicata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0
Dichtheid n/m2:	2742	9228	5328	1758	3164	1457	251	352	314	100	552	50	50	50

De samenstelling van de bodemsedimenten is in Figuur 28 weergegeven.

Figuur 28. De samenstelling van de bodemsedimenten en de percentages droge en organische stof. De verschillende typen zijn in kleuren weergegeven (V-blauw, VI-groen, V(dis)-bruin en VIII-rood), en het percentage $\leq 90 \mu\text{m}$. De saliniteit is weergegeven in Figuur 29.

OS-2009				Sch-w		Sch-o	Lok-a	Lok-b		Zeel-w		Zeel-m	Zeel-o	
0-5				32,6		32,3	32,2			32,1			32,1	
5.1-10				32,5		32,4	32,2			-			32,1	
>10.1				32,5		32,3	32,2			-			32,1	
OS-2010		Burgh-w	Sch-wII			Sch-o							Zeel-o	
0-5		30,5	30,0			30,1								
5.1-10		30,5	30,1			30,2								
>10.1		30,5	30,0			30,1							29,8	
OS-2011	Wb			Sch-w	Sch-m	Sch-o	Lok		Zie	Zeel-w		Zeel-m	Zeel-o	Zb
0-5	31,7			30,8	30,7	31,0	30,5		30,6			30,6	30,6	30,3
5.1-10	31,7			30,8		31,0	30,5	30,5	30,6	30,4	30,4	30,6	30,6	30,3
>10.1	31,5			30,7	30,8	31,0	30,7	30,7	30,7	30,4		30,5	30,6	30,4
								30,7		30,4		30,5	30,4	
									30,3			30,4		
									30,4	30,3	30,3		30,3	
												30,4		
											ecoriffen			
		Sophia		Zandh									Katsh	
0-5		31,3		30,7									30,7	
5.1-10		31,5		30,8									30,8	
>10.1		31,5		30,8									30,8	
OS-2012	Wb									Zeel-w		Zeel-m	Zeel-o	Zb
0-5	33,2									31,3			31,3	32,1
5.1-10	33,2									31,3	31,7	31,6	31,3	32,2
>10.1	33,3									31,3		31,6	31,3	32,2
										31,3		31,6	31,3	

Figuur 29. De gemeten saliniteit.

De saliniteiten laten zien dat het onderzochte gebied een constant, hoog zoutgehalte heeft.

In de ongestoorde situatie in 2009 zijn er vier clusters in de Oosterschelde gevonden (A-D).

Gemeenschap B was het meest algemeen en werd vooral op de helling en in de diepere delen van de stroomgeulen gevonden. De polychaeten *Scoloplos armiger*, *Aphelocheata marioni*, *Heteromastus filiformis* en *Lanice conchilega* en oligochaeten waren het meest dominant binnen de gemeenschap. Spookkreeftjes (Caprellidae) en de polychaet *Polycirrus* spec. waren karakteristiek voor de gemeenschap, terwijl 54 soorten ertoe beperkt waren. Gemiddeld kwamen er 25.5 soorten per station voor en met een totaal van 137 soorten was deze gemeenschap relatief soortenrijk. Het hoge aantal soorten en de hoge dichtheid zijn vooral door polychaeten veroorzaakt.

Gemeenschap C kwam in dezelfde habitat voor als gemeenschap B, maar was minder algemeen. De gemeenschap werd gedomineerd door oligochaeten, de witte dunschaal *Abra alba* en de polychaeten *Aphelocheata marioni*, *Scoloplos armiger*, *Heteromastus filiformis*, *Capitella capitata*, *Streblospio shrubsoli* en *Cossura longocirrata*. Er waren geen soorten karakteristiek voor de gemeenschap, maar 10 soorten waren ertoe beperkt. Gemiddeld kwamen er 13.6 soorten per station voor en met een totaal van 90 soorten was deze gemeenschap minder soortenrijk dan gemeenschap B. Ook in gemeenschap C waren polychaeten de meest dominante taxonomische groep.

Gemeenschap D werd slechts eenmaal gevonden. Omdat op dezelfde diepte op de aangrenzende raai gemeenschap C werd gevonden, moet gemeenschap D als een soortenarme variant van gemeenschap C beschouwd worden. De gemeenschap werd gedomineerd door oligochaeten en de polychaeten *Cossura longocirrata* en *Owenia fusiformis*. Er waren geen soorten karakteristiek voor de gemeenschap, en slechts één soort (*Pygospio elegans*) was ertoe beperkt. Er kwamen 8 soorten binnen het station voor. Polychaeten waren minder dominant dan in de gemeenschappen B en C, en oligochaeten waren het meest talrijk.

Gemeenschap A werd gevonden in de ondiepe delen op de westelijke locaties. De gemeenschap werd gedomineerd door oligochaeten en de polychaeten *Aphelocheata marioni* en *Heteromastus filiformis*. Er waren geen soorten karakteristiek voor de gemeenschap, maar de zeeklit *Echinocardium cordatum* en de

aan deze soort geassocieerde ovale zeeklitschelp *Tellimya ferruginosa* waren ertoe beperkt. Gemiddeld kwamen er 6.1 soorten per station voor en met een totaal van 22 soorten was deze gemeenschap minder soortenrijk dan de gemeenschappen B en C. Evenals in gemeenschap D waren oligochaeten het meest talrijk.

Eind 2009 zijn deze locaties met een pakket staalslakken bestort. Het eulittoraal en de bovenste meters van het sublittoraal zijn afgedekt met grof breuksteen. Ten westen van de Zeelandbrug en op de locatie Lokkersnol zijn ecoriffen aangelegd, om de diversiteit in habitats te bevorderen.

In de T1-situatie in 2010 was er alleen op de locaties Schelphoek-oost en op 15 m NAP diepte op de locatie Zeelandbrug-oost voldoende sediment aanwezig om het macrofauna te bemonsteren. Op alle stations werden afwijkende gemeenschappen gevonden. Op de locatie Schelphoek-oost werden de gemeenschappen N, P en L gevonden.

Op 3 meter diepte NAP werd gemeenschap N gevonden. Op deze diepte is slechts één mossel (*Mytilus edulis*) gevonden.

Op 7.5 meter diepte NAP werd gemeenschap P gevonden. Op deze diepte is slechts één niet gedetermineerde naaktslak gevonden.

Op 15 meter diepte NAP werd gemeenschap L gevonden. Anemonen waren dominant op deze diepte, en in totaal zijn er vijf soorten gevonden.

Op de locatie Zeelandbrug-oost werd op 15 meter diepte NAP gemeenschap E gevonden. In tegenstelling tot de soortenarme gemeenschappen in de nieuwe sedimenten op de locatie Schelphoek-oost, kwamen er in het station van deze gemeenschap 20 soorten voor. Vooral polychaeten, waaronder *Scoloplos armiger*, *Lanice conchilega* en *Heteromastus filiformis*, waren dominant binnen de gemeenschap. De cumacea *Bodotria pulchella* en de polychaet *Syllis gracilis* waren tot de gemeenschap beperkt. Waarschijnlijk is hier de oude bodem onder een recente sliblaag bemonsterd of hebben horizontale zandtransporten de kolonisatie versneld. De meest dominante groep werd gevormd door polychaeten.

In 2010 is ook de infauna op twee ongestoorde locaties in het westelijke deel van de Oosterschelde bemonsterd.

Op de locatie Burghsluis-west werd op 3 en 15 meter NAP opnieuw gemeenschap A gevonden.

Op 7.5 meter NAP werd gemeenschap F gevonden. Binnen deze gemeenschap kwamen 10 soorten voor en alleen oligochaeten waren dominant. De polychaet *Nephtys caeca* was tot de gemeenschap beperkt.

Op de locatie Schelphoek-west werd op 3 meter NAP gemeenschap A gevonden, en op 7.5 en 15 meter NAP gemeenschap C.

Om een onderscheid te kunnen maken naar nieuw sediment en de oude bodem zijn in de T2-situatie in 2010 en de T3-situatie in 2011, naast de korrelgrootte verdeling, ook de percentages organische en droge stof van de sedimenten bepaald.

In de T2-situatie in 2011 was er voldoende sediment op de nieuw gestorte locaties aanwezig om de infauna te bemonsteren.

Op de stations op de locatie Schelphoek werd gemeenschap C gevonden. Alleen op de locatie Schelphoek-west werd op 3 meter NAP gemeenschap J gevonden. De gemeenschap werd alleen gedomineerd door de polychaet *Capitella capitata* en in totaal kwamen er 10 soorten binnen de gemeenschap voor.

Op de locatie Lokkersnol kwam in het nieuwe sediment op de staalslakken gemeenschap C voor. Op het referentie station in de niet bestorte, dieper gelegen, oude bodem werd de soortenrijke gemeenschap B gevonden. Ten opzichte van gemeenschap C was de dichtheid van de soorten en het aantal in gemeenschap B hoger (Figuur 30).

Op de locatie Zuidbout, ten oosten van de Zeelandbrug, werd op 3 meter NAP gemeenschap G gevonden, en op grotere diepten gemeenschap C.

Er waren geen dominante soorten in gemeenschap G, en in totaal zijn er vijf soorten op het station gevonden. Polychaeten hadden de hoogste dichtheid. Het station is bemonsterd op een horizontaal zandig plateau, en mogelijk is een continue verstoring door de golfbeweging de oorzaak van de lage dichtheid en het kleine aantal soorten.

Op de locatie Zandhoek, aan de zuidzijde van de Oosterschelde, werd op 3 meter NAP gemeenschap F gevonden, op 7.5 meter NAP gemeenschap K en op 15 meter NAP gemeenschap C.

Er waren geen dominante soorten in gemeenschap K, en er werden alleen twee soorten polychaeten op het station gevonden.

Op de locatie Zierikzee, tussen de Lokkersnol en Zeelandbrug, werd op 3 en 15 meter NAP de soortenarme gemeenschap J gevonden, en op 7.5 meter NAP gemeenschap O.

Er waren geen dominante soorten in gemeenschap O, en in totaal is er slechts één soort (een niet gedetermineerde *Brachyura*) op het station gevonden.

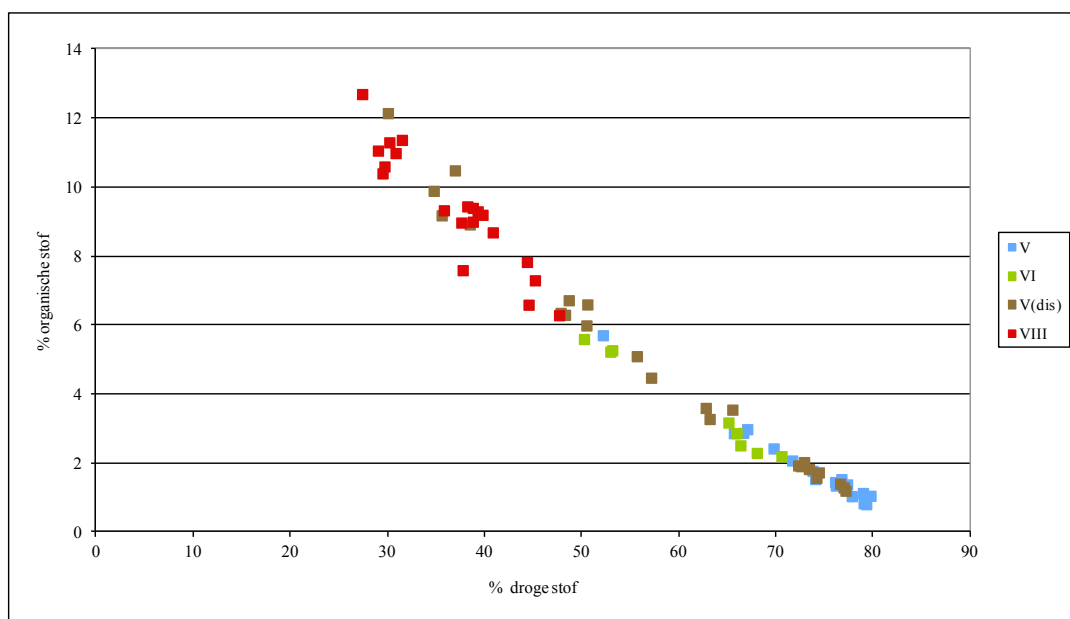
Voor de T3-situatie in 2012 is alleen de locatie Zeelandbrug onderzocht. Ondiep werden op de locaties -midden en -oost de gemeenschappen C en J gevonden, en op de overige diepten en op de oude zandbodem de soortenrijke gemeenschap B.

Op de referentie locatie Westbout werd op 3 en 15 meter NAP gemeenschap A gevonden, en op 7.5 meter NAP gemeenschap I.

Binnen gemeenschap I waren anemonen en de polychaet *Heteromastus filiformis* dominant, en in totaal zijn er vijf soorten binnen het station gevonden.

Op de referentie locatie Zuidbout werd op alle diepten gemeenschap C gevonden. Het ondiepe station is in 2012 op de rand van de stroomgeul bemonsterd.

Om de kolonisatie van de nieuwe sedimenten te onderzoeken, is het eerst nodig om naar de samenstelling van deze sedimenten te kijken. Hiervoor zijn de sedimenten uit de Oosterschelde uit 2011 en 2012 gebruikt. Van deze sedimenten zijn de korrelgrootte en percentages droge stof en organische stof bepaald (Figuur 31).

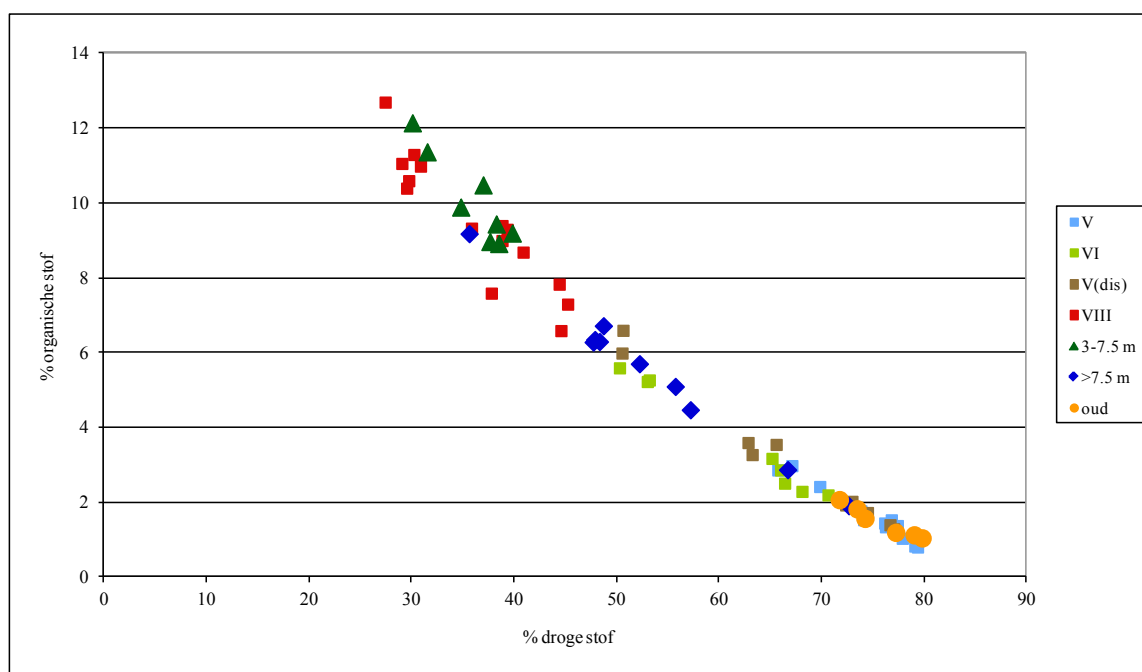


Figuur 31. Relatie tussen het percentage droge stof en het percentage organische stof in de verschillende sedimenttypen (V-VIII) in de Oosterschelde in 2011 en 2012.

Hoewel de typering van de sedimenten is gebaseerd op de verdeling van de korrelgrootte kan deze voor de gedefinieerde typen V, VI en VIII ook op grond van het percentage droge stof en organische stof gegeven worden.

Voor het recent verstoorte tweetoppige type V(dis) is dit niet mogelijk, omdat dit type binnen alle drie anderen voorkomt.

Op deze relatie zijn de sedimenten op de locatie Zeelandbrug uit de periode 2011 en 2012 geprojecteerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de nieuwe sedimenten tussen 3 en 7.5 meter NAP, nieuwe sedimenten dieper dan 7.5 meter NAP en sedimenten van de ongestoorde bodem op grotere diepten (Figuur 32).



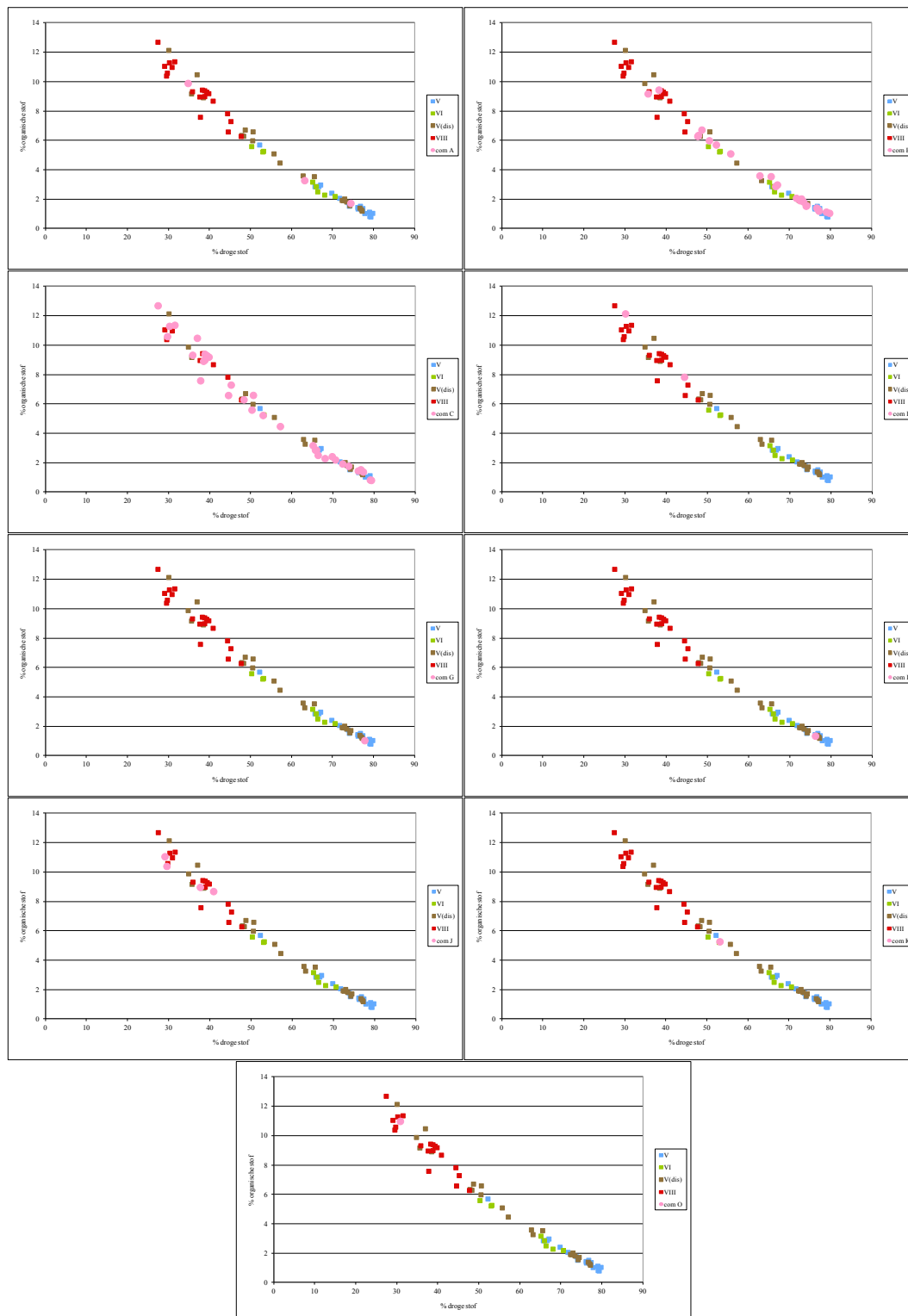
Figuur 32. Samenstelling van de nieuwe sedimenten en ongestoorde bodem op de locatie Zeelandbrug.

Uit de figuur (fig.32) blijkt dat er een duidelijke gradiënt in de verdeling van de sedimenten bestaat. Ondiep, tot 7.5 meter NAP hebben de nieuwe sedimenten een hoog gehalte organische stof en een laag percentage droge stof en vallen binnen het slibrijke type VIII. Op de staalslakken dieper dan 7.5 meter NAP hebben de nieuwe sedimenten een lager gehalte aan organische stof en een hoger percentage droge stof en vallen binnen het zeer fijn zandige type VI. De ongestoorde bodem heeft een laag gehalte aan organische stof en een hoog percentage aan droge stof en valt binnen het fijn zandige type V. Uit metingen met sedimentvallen in 2011 (De Kluijver et al., 2012) bleek dat de potentiële sedimentbelasting tussen 11.4 en 14.0 meter NAP op verschillende oriëntaties ten opzichte van de ecoriffen varieerde tussen de 400 en 500 g.m⁻².dag⁻¹, en dat het gesedimenteerde materiaal voor ruim 80% uit fracties <0.90 mm bestond met 8-10% aan organische stof.

De sedimentatie van fijne fracties gedurende de kentering lijkt dus redelijk uniform. Op de ongestoorde oude zandbodem blijken de fijne gesedimenteerde fracties direct te worden afgevoerd. Op het staalslakbed blijft het sediment alleen op beschutte plaatsen liggen en is het sediment rijker aan organische stof en op minder grote diepte, waar de staalslakken gedeeltelijk zijn afgedekt met breuksteen, vindt een accumulatie van gesedimenteerde materiaal plaats. Er hebben zich dus duidelijk verschillende habitats gevormd op het nieuwe talud bij de Zeelandbrug.

In 2011 en 2012 zijn in totaal negen gemeenschappen aangetroffen en van alle stations zijn de korrelgrootte en percentages droge stof en organische stof bepaald.

In Figuur 33 is per gemeenschap de verspreiding van de stations in relatie tot de percentages droge en organische stof gegeven.



Figuur 33. De verspreiding van de verschillende gemeenschappen in relatie tot de percentages droge en organische stof.

De gemeenschappen kunnen in drie verschillende habitats gegroepeerd worden:

-Gemeenschappen die beperkt zijn tot zandige bodems met een laag gehalte aan organisch stof: gemeenschappen G, I en K. Alle drie gemeenschappen werden slechts op één station gevonden en hadden weinig soorten ($n \leq 5$) die in lage dichtheden voorkwamen (totale dichtheid $n \leq 352/m^2$). Het sediment op de locaties Zuidbout en Westbout (G en I) behoorde tot type V, dat op de Zandhoek (K) tot type VI.

Deze soortenarme gemeenschappen lijken het gevolg van verstoringen onder geëxponeerde omstandigheden.

-Gemeenschappen die beperkt zijn tot slibbige bodems met een hoog gehalte aan organisch stof: gemeenschappen F, J en O. In de periode 2011-12 werden de gemeenschappen in totaal zeven maal gevonden. Het gemiddeld aantal soorten per station was in alle gemeenschappen laag ($n \leq 5$) en de gemiddelde dichtheid was laag ($n \leq 1457/m^2$). In gemeenschap F kwamen oligochaeten dominant voor en in gemeenschap J de polychaet *Capitella capitata*. Het sediment bestond uit type VIII en V(dis). Deze soortenarme gemeenschappen lijken het gevolg van verstoringen door een recente sterke sedimentatie.

-Gemeenschappen die in een brede range voorkomen van zandige bodems met een laag gehalte aan organisch stof tot aan slibbige bodems met een hoog gehalte aan organisch stof: gemeenschappen A, B en C. Omdat de gemeenschappen algemeen voorkomen, soortenrijk zijn (gemiddeld > 6 soorten per station) en de gemiddelde dichtheid van de soorten hoog was ($N > 2500/m^2$), moeten deze gemeenschappen als echte gemeenschappen beschouwd worden. Gemeenschap A werd door oligochaeten gedomineerd en de gemeenschappen B en C door polychaeten. Gemeenschap B was soortenrijker dan gemeenschap C.

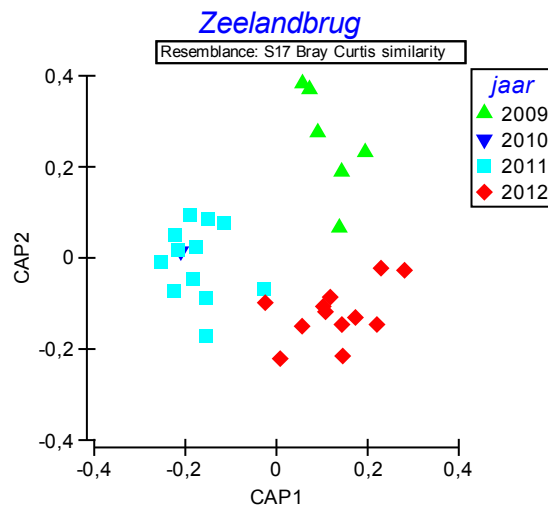
Wanneer de samenstelling van de bodemsedimenten verder bekeken worden, blijkt de soortenrijke gemeenschap B vooral voor te komen in fijnzandige bodems waarop organische stof neerkomt, gemeenschap A op plaatsen met een continue aanvoer van sediment met organische stof, maar waar het sediment niet accumuleert en gemeenschap C op plaatsen waar gesedimenteerd materiaal accumuleert (Tabel 5).

Tabel 5. Samenstelling van de bodemsedimenten binnen de gemeenschappen A, B en C in 2011-12.

	V	VI	V(dis)	VIII	% $\leq 90 \mu m$	% droge stof	% org stof
gem. B	30,4	-	60,9	8,7	21,0	63,8	3,7
gem. A	-	-	100,0	-	29,9	57,5	5,0
gem. C	24,2	21,2	18,2	36,4	40,3	53,9	5,7

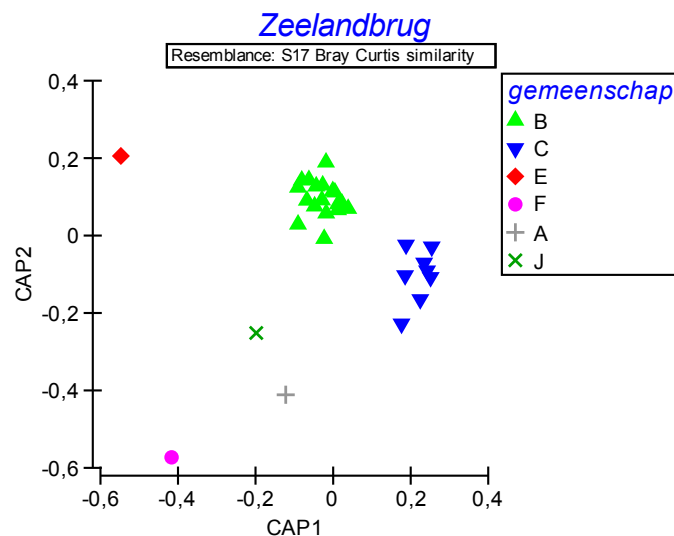
Om de ontwikkelingen van de infauna binnen gemeenschapsniveau te onderzoeken is een conical analysis of principal coordinates (GAP) uitgevoerd. De analyse is alleen uitgevoerd met de stations op het talud en in de oude bodem van de locatie Zeelandbrug.

Bij de analyse voor de factor 'jaar van bemonstering' werd na een cross validation 90% van de stations in het juiste jaar geclassificeerd (Figuur 34).



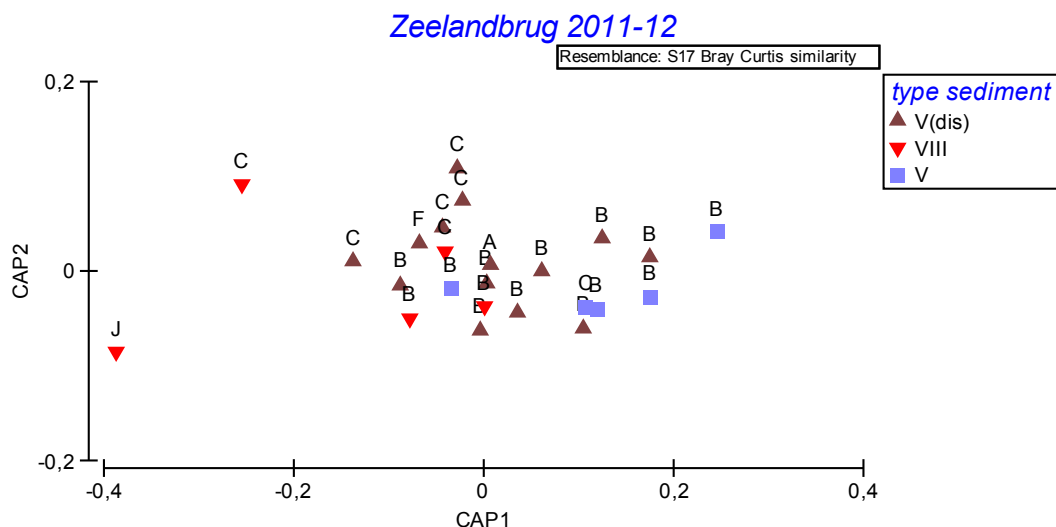
Figuur 34. Canonical ordinatie voor de discriminant analyse voor de factor 'jaar van bemonstering'.

Bij de analyse voor de factor 'gemeenschap' werd na de een cross validation 6.5% fout geclassificeerd (Figuur 35). Stations die fout geclassificeerd werden zijn gemeenschap E die aan B werd toegewezen, en gemeenschap F die bij A werd geclassificeerd. De verdeling van de gemeenschappen over de assen laat duidelijk zien dat de soortenrijke gemeenschappen B, C en E vooral op de eerste as uiteen vallen, terwijl de soortenarme gemeenschappen F, A, en J op de tweede as verschillen.



Figuur 35. Canonical ordinatie voor de discriminant analyse voor de factor 'gemeenschap'.

Voor de analyses met de factoren 'sedimenttype' en 'percentage organische stof' zijn alleen de stations van 2011 en 2012 gebruikt, omdat in eerdere jaren het percentage organische stof niet is bepaald. Voor de factor 'sedimenttype' werd slechts 41% goed geclassificeerd (Figuur 36). Dit werd veroorzaakt doordat het verstoorde type V zowel binnen type V als VIII kan voorkomen (zie ook Figuur 31).



Figuur 36. Canonical ordinatie voor de discriminant analyse voor de factor 'sedimenttype'.

Een betere score werd bereikt voor de factor 'percentage organische stof'. Bij een grens van minder of meer dan 6% organische stof werd 90% van de stations goed geassocieerd.

Uit deze analyse komen twee factoren als sturend naar boven: de ontwikkeling in de tijd, waarbij de eerste as de jaren 2009 en 2012 verdeelt van de jaren 2010 en 2011, en het percentage organische stof binnen de bodemsedimenten.

5. Discussie

In het algemeen is er veel variatie tussen de locaties en tijdstippen, en vanwege de dataset is het niet mogelijk om een eenduidige conclusie te trekken. De referentie locaties, Westbout en Zuidbout, laten zien dat ook zonder dijkversterking er variatie is in soortenrijkdom, aantal individuen, diversiteit en evenness. Dit komt doordat er constant veranderingen plaatsvinden in condities van de Oosterschelde m.b.t. bijvoorbeeld stroming, temperatuur en tijd. Variatie is ook zichtbaar in de test locaties, vooral bij Zeelandbrug-oost, de enige locatie waar een complete dataset over de tijd beschikbaar is. Hier blijkt er een afname te zien in alle parameters van T0 naar T1 en vervolgens een toename naar T3. Hier zijn soorten en gemeenschappen afgenomen direct na dijkversterking en de ontwikkeling van een verse sedimentlaag op deze nieuwe ondergrond. Na verloop van tijd hebben de gemeenschappen zich hersteld in aantallen, maar momenteel met minder verschillende phyla.

Net als in de andere jaren zijn tijdens de T3 de wormen (anneliden) de grootste groep op alle locaties, vooral bij de Zeelandbrug-midden. Arthropoda, mollusca en cnidaria komen ook vaak voor. De hoge aantallen mollusca tijdens T3 in vergelijking tot de T2 komen waarschijnlijk door een broedval net voordat de bemonstering plaatsvond.

In het algemeen was er in ondiep tot 7.5 m een verandering na de dijk versterking in sediment type van zandig naar slibrijk sediment. Er was ook een verandering van minder tot meer organische stof in het sediment. Dieper dan 7.5 m was het sediment vergelijkbaar met de ongestoorde referentie locaties met laag organische stof en fijn zandig sediment. Hoewel er een verandering in gemeenschappen is aangetroffen direct na de dijk versterking, waren de gemeenschappen in T3 vergelijkbaar met die van T0.

5.1 Conclusies

Op basis van de huidige beschikbare gegevens is het duidelijk dat er veel variatie in soort gemeenschappen tussen locaties en over de tijd is. Hoewel de kleine dataset voorkomt dat een duidelijke conclusie getrokken kan worden over de effecten van vooroeerverdedigingsactiviteiten, lijkt het dat, tenminste in Zeelandbrug-oost, de activiteiten in eerste instantie de benthische infauna gemeenschappen direct beïnvloeden, aangezien direct na vooroeerverdediging de diversiteit en aantallen individuen op deze locatie aanzienlijk zijn verminderd. Echter, na verloop van tijd lijken de gemeenschappen zich weer te herstellen (in diversiteit en aantallen), terwijl de soortensamenstelling niet per se herstelt naar de situatie voorafgaand aan de oeververdedigingsactiviteiten. Het lijkt erop dat sommige soorten, de eerste kolonisten, kunnen profiteren van de nieuwe lege nissen, terwijl andere soorten worden tegengehouden door de eerste kolonisten om de nieuwe habitatten te bewonen.

Vervolg van de monitoring (T4, T5, enz.) op de locaties waar vooroeerverdediging heeft plaatsgevonden, samen met monitoring van referentielocaties zal een completer beeld geven van hoe de benthische infauna gemeenschap reageert op deze vorm van verstoring.

6. Kwaliteitsborging

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

Referenties

- Beukema, JJ (1974). Seasonal changes in the biomass of the macro-benthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 8 (1): 94-107.
- Brink, A. van den. & E. Brummelhuis (2009). Data report: T0 monitoring of benthic species of soft bottoms in the Oosterschelde. IMARES report C135/09.
- Brink, A. van den & Hartog, E. (2010a). Data report: The effect of dyke reinforcement on benthic species in the Oosterschelde: T0 Cluster 2 and T1 Cluster 1. IMARES report C033/11.
- Brink, A. van den. & Hartog, E. (2010b). Data report: The effect of dyke reinforcement on benthic species in the Westerschelde: T0 Cluster 2 and T1 Cluster 1. IMARES report C034/11.
- Brink, A. van den, Hartog, E. & M. de Kluijver, M. (2012) Data report: The effect of dyke reinforcement on benthic species in the Oosterschelde and Westerschelde: 2011. IMARES rapport C080.12

Justification

Rapportnummer: C101/13
Project Number: 430.310.1403 - 2012 Vooroevers OS

The scientific quality of this report has been peer reviewed by the a colleague scientist and the head of the department of IMARES.

Approved: dr. Tim Schellekens
Onderzoeker

Signature:



Date: 25 juni 2013

Approved: Dr. B.D. Dauwe
Hoofd afdeling Delta

Signature:



Date: 25 juni 2013

Bijlage A. Aantal individuen per monster en per m² in elke locatie en afgeronde diepte voor 2012.

Locatie	T	Phylum	Soorten naam	Diepte afgerond					
				3m		7m		15m	
				per mon.	per m ²	per mon.	per m ²	per mon.	per m ²
Westbout		Annelida	<i>Aphelocheata marioni</i>	1	50.2			1	50.2
			<i>Capitella capitata</i>	1	50.2				
			<i>Heteromastus filiformis</i>			2	100.5	4	200.9
			<i>Nephtys</i> (spec.)					1	50.2
		Arthropoda	Oligochaeta	7	351.6	1	50.2		
			Caprellidae					1	50.2
			<i>Corophium</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Crangon crangon</i>			1	50.2		
		Cnidaria	Actiniaria			2	100.5		
		Mollusca	<i>Abra alba</i>					1	50.2
			<i>Tornus subcarinatus</i>			1	50.2		
Zeelandbrug-west	3	Annelida	<i>Aphelocheata marioni</i>	72	3616.3	10	502.3	8	401.8
			<i>Capitella capitata</i>	7	351.6				
			<i>Cossura longocirrata</i>	3	150.7	1	50.2	2	100.5
			<i>Exogone naidina</i>	1	50.2				
			<i>Glycera</i> (spec.)	1	50.2	1	50.2	1	50.2
			<i>Heteromastus filiformis</i>	4	200.9	21	1054.8	14	703.2
			<i>Microphthalmus aberrans</i>					1	50.2
			<i>Nephtys</i> (spec.)	1	50.2			1	50.2
			<i>Nephtys cirrosa</i>			2	100.5		
			<i>Nephtys hombergii</i>					5	251.1
			<i>Notomastus latericeus</i>			14	703.2	13	652.9
			Oligochaeta	30	1506.8	12	602.7	17	853.8
			<i>Phyllodoce</i> (spec.)			1	50.2		
			<i>Phyllodoce mucosa</i>			1	50.2	2	100.5
			<i>Polycirrus</i> (spec.)			1	50.2	1	50.2
			<i>Pseudopolydora pulchra</i>			3	150.7	2	100.5
			<i>Scoloplos armiger</i>	1	50.2	60	3013.6	38	1908.6
			<i>Sthenelais boa</i>			3	150.7	1	50.2
			<i>Streblospio</i> (spec.)	1	50.2				
			<i>Streblospio shrubsoli</i>			4	200.9	2	100.5
			<i>Ampelisca brevicornis</i>			1	50.2		
		Arthropoda	Atylidae	1	50.2				
			<i>Bodotria scorpioides</i>					1	50.2
			Caprellidae	2	100.5				

Locatie	T	Phylum	Soorten naam	Diepte afgerond					
				3m		7m		15m	
				per mon.	per m ²	per mon.	per m ²	per mon.	per m ²
		Mollusca	<i>Crangon</i> (spec.)	1	50.2				
			<i>Abra alba</i>	11	703.2	19	954.3	2	100.5
			<i>Abra nitida</i>	1	50.2	1	100.5	1	150.7
			<i>Crepidula fornicata</i>	1	50.2	1	100.5	1	150.7
			<i>Ensis</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Macoma balthica</i>	1	50.2	1	50.2		
			<i>Ruditapes</i> spec.	1	50.2				
			<i>Venerupis</i> (spec.)	1	100.5	3	200.9		
			<i>Venerupis corrugata</i>	1	100.5				
Zeelandbrug -west -oud	3	Annelida	<i>Ampharete acutifrons</i>					7	351.6
			<i>Aphelochaeta marioni</i>					2	100.5
			<i>Eteone</i> (spec.)					3	150.7
			<i>Glycera</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Heteromastus filiformis</i>					11	552.5
			<i>Lanice conchilega</i>					4	200.9
			<i>Malmgreniella</i>						
			<i>(Harmothoe) lunulata</i>					1	50.2
			<i>Neoamphitrite figulus</i>					1	50.2
			<i>Nephtys hombergii</i>					1	50.2
			<i>Nereis</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Notomastus latericeus</i>					14	703.2
			<i>Oligochaeta</i>					6	301.4
			<i>Pholoe inornata</i>					3	150.7
			<i>Phyllodoce mucosa</i>					2	100.5
			<i>Pseudopolydora pulchra</i>					1	50.2
			<i>Scoloplos armiger</i>					20	1004.5
			<i>Spiophanes bombyx</i>					2	100.5
			<i>Sthenelais boa</i>					6	301.4
			<i>Syllidia armata</i>					1	50.2
		Arthropoda	<i>Ampelisca brevicornis</i>					3	150.7
			Aoridae					1	50.2
			Caprellidae					1	50.2
			<i>Idotea</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Microdeutopus</i> (spec.)					4	200.9
			<i>Perioculodes longimanus</i>					1	50.2
		Mollusca	<i>Abra alba</i>					6	301.4
			<i>Crepidula fornicata</i>					8	552.5
			<i>Ensis</i> (spec.)					3	150.7
			<i>Ruditapes</i>					1	50.2

Locatie	T	Phylum	Soorten naam	Diepte afgerond					
				3m		7m		15m	
				per mon.	per m ²	per mon.	per m ²	per mon.	per m ²
			<i>philippinarum</i>						
			<i>Venerupis</i> (spec.)					7	452.0
			<i>Venerupis corrugata</i>					3	150.7
Zeelandbrug-midden	3	Annelida	<i>Ampharete acutifrons</i>					1	50.2
			<i>Aphelochaeta marioni</i>			98.5	4947.3	84	4219.0
			<i>Capitella capitata</i>			14.5	728.3	1	50.2
			<i>Cossura longocirrata</i>			13	653	2	100.5
			<i>Eteone</i> (spec.)			0.5	25.1	5	251.1
			<i>Glycera</i> (spec.)			0.5	25.1	5	251.1
			<i>Harmothoe</i> (spec.)			0.5	25.1		
			<i>Heteromastus filiformis</i>			1.5	75.4	37	1858.4
			<i>Nereis longissima</i>					1	50.2
			<i>Notomastus latericeus</i>					11	552.5
			<i>Oligochaeta</i>			77	3867.5	84	4219.0
			<i>Phyllodoce mucosa</i>					10	502.3
			<i>Polycirrus</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Pseudopolydora pulchra</i>			3	150.7		
			<i>Scoloplos armiger</i>			3.5	175.8	139	6981.5
			<i>Spiophanes bombyx</i>					1	50.2
			<i>Sthenelais boa</i>			0.5	25.1	1	50.2
			<i>Streblospio shrubsoli</i>			3.5	175.8	1	50.2
			<i>Ampelisca brevicornis</i>					3	150.7
			<i>Aora typica</i>			2.5	125.6		
			<i>Aoridae</i>			1.5	75.4		
			<i>Bodotria scorpoides</i>					1	50.2
			<i>Caprellidae</i>			1	50.3		
			<i>Cheirocratus sundevallii</i>					2	100.5
			<i>Corophium</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Corophium sextonae</i>			2	100.5		
		Cnidaria	<i>Actiniaria</i>					1	50.2
		Echinodermata	<i>Echinocadium cordatum</i>			0.5	25.1		
		Mollusca	<i>Abra alba</i>			1	125.6	28	1557.0
			<i>Abra nitida</i>			0.5	50.3	1	50.2
			<i>Crepidula fornicata</i>			0.5	25.1		
			<i>Ensis</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Nassarius</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Ruditapes philippinarum</i>			0.5	25.1	1	100.5
			<i>Venerupis</i> (spec.)			1.5	150.7	1	100.5

Locatie	T	Phylum	Soorten naam	Diepte afgerond					
				3m		7m		15m	
				per mon.	per m ²	per mon.	per m ²	per mon.	per m ²
		Nemertea	Nemertea			0.5	25.1		
Zeelandbrug -midden- oud	3	Annelida	<i>Aphelochaeta marioni</i>					43	2159.7
			<i>Capitella capitata</i>					4	200.9
			<i>Glycera</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Heteromastus filiformis</i>					20	1004.5
			<i>Notomastus latericeus</i>					6	301.4
			Oligochaeta					61	3063.8
			<i>Pholoe inornata</i>					1	50.2
			<i>Phyllodoce mucosa</i>					1	50.2
			<i>Scoloplos armiger</i>					43	2159.7
			<i>Spiophanes bombyx</i>					1	50.2
		Arthropoda	<i>Amphilochus neapolitanus</i>					1	50.2
			Aoridae					1	50.2
			Caprellidae					1	50.2
			<i>Cheirocratus sundevallii</i>					7	351.6
			<i>Idotea</i> (spec.)					5	251.1
		Cnidaria	Actiniaria					3	150.7
		Mollusca	<i>Abra alba</i>					3	301.4
			<i>Crepidula fornicata</i>					1	100.5
			<i>Ensis</i> (spec.)					1	150.7
			<i>Venerupis</i> (spec.)					1	50.2
			Nemertea					2	100.5
Zeelandbrug -oost	3	Annelida	<i>Ampharete acutifrons</i>					1	50.2
			<i>Aphelochaeta marioni</i>	7	351.6	8	401.8	21	1054.8
			<i>Capitella capitata</i>	1	50.2	2	100.5		
			<i>Cossura longocirrata</i>			1	50.2		
			<i>Eteone</i> (spec.)					1	50.2
			<i>Glycera</i> (spec.)			1	50.2	6	301.4
			<i>Heteromastus filiformis</i>			21	1054.8	28	1406.3
			<i>Nephtys</i> (spec.)			1	50.2	1	50.2
			<i>Nereis diversicolor</i>	1	50.2				
			<i>Nereis longissima</i>					3	150.7
			<i>Nereis virens</i>			1	50.2		
			<i>Notomastus latericeus</i>			5	251.1	20	1004.5
			Oligochaeta			13	652.9	25	1255.7
			<i>Owenia fusiformis</i>					1	50.2
			<i>Pholoe inornata</i>	1	50.2				
			<i>Phyllodoce</i> (spec.)			2	100.5		

Locatie	T	Phylum	Soorten naam	Diepte afgerond					
				3m		7m		15m	
				per mon.	per m ²	per mon.	per m ²	per mon.	per m ²
		Arthropoda	<i>Phyllodoce mucosa</i>	1	50.2	9	452.0	13	652.9
			<i>Polycirrus</i> (spec.)					3	150.7
			<i>Scoloplos armiger</i>			39	1958.8	91	4570.6
			<i>Streblospio</i> (spec.)						
			<i>Streblospio shrubsoli</i>	1	50.2			3	150.7
			<i>Ampelisca brevicornis</i>			1	50.2	1	50.2
			Aoridae						
			<i>Bodotria scorpioides</i>					1	50.2
			Caprellidae	1	50.2			1	50.2
			<i>Cheirocratus sundevallii</i>					1	50.2
		Cnidaria Mollusca	Corophiidae						
			<i>Microdeutopus anomalus</i>					1	50.2
			Actiniaria	1	50.2	1	50.2		
			<i>Abra alba</i>			6	502.3	23	1305.9
			Bivalve (spec.)					1	50.2
			<i>Crepidula fornicata</i>					8	401.8
			<i>Kurtiella bidentata</i>					1	50.2
			<i>Ruditapes philippinarum</i>					1	50.2
			Terebellidae			1	50.2		
			<i>Venerupis</i> (spec.)			1	150.7	11	552.5
			<i>Venerupis corrugata</i>			1	50.2	11	703.2
Zeelandbrug -oost-oud	3	Annelida	<i>Aphelochaeta marioni</i>					5	251.1
			<i>Gattyana cirrosa</i>					1	50.2
			<i>Glycera</i> (spec.)					5	251.1
			<i>Heteromastus filiformis</i>					2	100.5
			<i>Notomastus latericeus</i>					3	150.7
			<i>Oligochaeta</i>					15	753.4
			<i>Phyllodoce mucosa</i>					2	100.5
			<i>Pseudopolydora pulchra</i>					1	50.2
			SABELLIDA					1	50.2
			<i>Scoloplos armiger</i>					28	1406.3
			<i>Spiophanes bombyx</i>					1	50.2
			<i>Streblospio shrubsoli</i>					1	50.2
		Arthropoda	<i>Ampelisca brevicornis</i>					2	100.5
			<i>Bodotria scorpioides</i>					1	50.2
			<i>Cheirocratus sundevallii</i>					3	150.7
			GAMMARIDEA					1	50.2
			<i>Perioculodes</i>					2	100.5

Locatie	T	Phylum	Soorten naam	Diepte afgerond					
				3m		7m		15m	
				per mon.	per m ²	per mon.	per m ²	per mon.	per m ²
		Mollusca	<i>longimanus</i>						
			<i>Abra alba</i>					3	301.4
			<i>Ensis</i> (spec.)					1	50.2
Zuidbout		Annelida	<i>Aphelochaeta marioni</i>			4	200.9	1	50.2
			<i>Capitella capitata</i>					1	50.2
			<i>Exogone naidina</i>	1	50.2				
			<i>Heteromastus filiformis</i>					1	50.2
			<i>Nephtys</i> (spec.)	3	150.7	1	50.2	1	50.2
			<i>Nephtys hombergii</i>	2	100.5	1	50.2	1	50.2
			<i>Notomastus latericeus</i>	2	100.5				
			Oligochaeta	9	452.0	7	351.6	23	1155.2
			<i>Owenia fusiformis</i>			1	50.2		
			<i>Phyllodoce</i> (spec.)	1	50.2				
			<i>Scoloplos armiger</i>	2	100.5	3	150.7	4	200.9
			<i>Streblospio shrubsoli</i>	2	100.5	6	301.4	16	803.6
		Arthropoda	<i>Aora typica</i>			1	50.2		
			Caprellidae					1	50.2
			<i>Perioculodes</i>						
			<i>longimanus</i>			1	50.2		
		Cnidaria	Actiniaria	1	50.2				
		Mollusca	<i>Abra alba</i>	1	100.5				
			<i>Abra nitida</i>			1	50.2	1	50.2
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	1	50.2				