



Vlaanderen
is landbouw & visserij

ILVO Mededeling 219

september 2016

ECOLOGISCHE MONITORING STRAND- EN VOOROEVER IN FUNCTIE VAN SUPPLETIE ACTIVITEITEN

Eindrapport

ILVO

Instituut voor landbouw-
en visserijonderzoek



www.ilvo.vlaanderen.be

Ecologische monitoring strand- en vooroever in functie van suppletie activiteiten

Eindrapport

ILVO MEDEDELING 219

2016

ISSN 1784-3197

Wettelijk Depot: D/2016/10.970/219

Opdrachtgever:

Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust

Liesbet Colson ¹

Ellen Pecceu ¹

Maartje Steenkamer

Jan Wittoeck

Carl van Colen

Kris Hostens

Gert Van Hoey

¹: gedeeltelijk eerste auteur

Ecologische monitoring strand- en vooroever in functie van suppletie activiteiten

- Eindrapport-

Liesbet Colson¹, Ellen Pecceu¹, Maartje Steenkamer, Jan Wittoeck, Carl Van
Colen, Kris Hostens, Gert Van Hoey

Document Controle

Ingediend bij	Miran Vanwonderghem
Datum van indienen	05/08/2016
Projectmanager	Gert Van Hoey
Rapport samengesteld door	Ellen Pecceu, Liesbet Colson, Gert Van Hoey, Carl Van Colen
Kwaliteitscontrole door	Jan van Dalfsen, Harriëtte Meijer - Holzhauer
Goedgekeurd door & datum	Gert Van Hoey –22/09/2016
Versie	V2

Versie Controle Geschiedenis			
Auteur	Datum	Commentaar	Versie
Ellen Pecceu, Liesbet Colson, Gert Van Hoey, Carl Van Coolen	05/08/2016		V1
Gert Van Hoey	20/09/2016	Verwerking feedback opdrachtgever, externen kwaliteitscontrole en auteurs op v1.	V2

Inhoud

1	INLEIDING.....	5
1.1	Doelstelling.....	6
2	MATERIAAL EN METHODE	7
2.1	Staalname gebied	7
2.2	Staalname design	7
2.3	Staalname overzicht	8
2.4	Staalname methodologie	9
2.4.1	<i>Bemonsteringsmethodiek van macrobenthos</i>	9
2.4.2	<i>Bemonsteringsmethodiek van epibenthos en demersale vis</i>	10
2.4.3	<i>Bemonsteringsmethodiek van hyperbenthos</i>	10
2.4.4	<i>Data</i>	11
2.4.5	<i>Databewerkingen</i>	12
2.5	Analyses.....	13
2.5.1	<i>Univariate en multivariate analyses</i>	13
2.5.2	<i>Biologische waarde</i>	14
2.5.3	<i>Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI)</i>	15
3	RESULTATEN	19
3.1	Overzicht suppletie activiteiten	19
3.2	Fysico-chemie	22
3.2.1	<i>Strandprofiel intertidaal</i>	22
3.2.2	<i>Fysico-chemie in het intertidaal</i>	22
3.2.3	<i>Fysico-chemie in het subtidaal</i>	25
3.3	Macrobenthos	30
3.3.1	<i>Intertidaal</i>	30
3.3.2	<i>Subtidaal</i>	35
3.3.3	<i>BEQI indicator macrobenthos</i>	41
3.4	Epibenthos.....	43
3.4.1	<i>Intertidaal</i>	43
3.4.2	<i>Subtidaal</i>	47
3.4.3	<i>BEQI-indicator epibenthos</i>	51
3.5	Demersale vis	53
3.5.1	<i>Intertidaal</i>	53
3.5.2	<i>Subtidaal</i>	58
3.5.3	<i>BEQI indicator demersale vis</i>	63
3.6	Hyperbenthos	65
3.6.1	<i>Intertidaal</i>	65
3.6.2	<i>Subtidaal</i>	69
3.6.3	<i>BEQI-indicator hyperbenthos</i>	74
3.7	Verschuivingen in populatie structuur van garnaal, krabben en <i>Macoma balthica</i>	76
3.7.1	<i>Macoma balthica</i>	76
3.7.2	<i>Krabben</i>	78
3.7.3	<i>Garnaal (Crangon crangon)</i>	80
4	DISCUSSIE	83
4.1	Fysico-chemie	83
4.2	Macrobenthos	84
4.3	Epibenthos.....	87
4.4	Demersale vis	88

4.5	Hyperbenthos.....	89
4.6	Wat betekent dit nu?	90
5	CONCLUSIES.....	92
6	REFERENTIES.....	94
7	ANNEX 1.....	98

1 Inleiding

Het Masterplan Kustveiligheid is sinds 10 juni 2011 van kracht en heeft als doel om de kustveiligheid te vergroten. Uit dit plan dat opgesteld is door Afdeling Kust van het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust blijkt het uitvoeren van zgn. ‘zachte’ maatregelen de beste oplossing voor een structureel duurzame zeewering. Hierbij worden op de kritische plaatsen van aanzienlijke zanderosie langs de Belgische kust extra zandbuffers (cf. zandsuppleties) aangelegd. In de toekomst wenst afdeling Kust het onderhoud van deze zandsuppleties te optimaliseren, zowel qua uitvoeringstechniek als qua kostprijs en onderhoud frequentie. Eén van de opties hierin is het uitvoeren van een onderwatersuppletie (vooroeversuppletie), waarvoor een proefproject is opgestart. Een deel van dit proefproject is het onderzoeken van de invloed van deze suppletie op de ecologie in het mariene kust-ecosysteem.

Ecologische studies rond de effecten van zandsuppletie op stranden hebben aangetoond dat er voornamelijk effecten zijn op korte termijn (Speybroeck et al., 2004; Speybroeck, 2007; Speybroeck et al., 2008, Vanden Eede & Vincx, 2010, Vanden Eede & Vincx, 2011, Vanden Eede, 2013). De ecologische effecten van vooroeversuppleties zijn in België nog niet onderzocht. In Nederland, waar al jaren vooroeversuppleties worden uitgevoerd, worden met regelmaat studies uitgevoerd om de ecologische impact te evalueren op het benthos van de suppletiegebieden (Van Dalfsen 1998, 2006, 2007, 2009; Van Dalfsen & Essink, 1997, 1999, 2000, 2001, Van der Wal & Dalfsen 2008; Van Dalfsen et al. 2000; Holzhauer et al., 2014). Recent zijn enkele grote en langjarige studies gestart waarin de gevolgen van suppleties integraal worden geëvalueerd (Holzhauer et al., 2014) of waar de mogelijkheden van “Bouwen met de Natuur” worden onderzocht (Van Dalfsen & Aarninkhof, 2009; Van Dalfsen et al. 2007).

Een mogelijk herstel van de bodemfauna na een suppletie treedt volgens bovenstaande studies op binnen een periode van 1 tot 3 jaar, afhankelijk van de omvang, type sediment, aangelegd profiel, plaats van suppletie, suppletie techniek bij aanleg en het tijdstip van de suppletie. De strandsuppletie activiteiten hebben de wetenschap geleerd dat het herstel van een benthisch habitat sneller verloopt wanneer de suppletie voor de recruteringsperiode gebeurt (einde winter) (Van den Eede, 2013). Hierbij wordt de jaarlijkse rekrutering van de benthische organismen, welke plaatsvindt in het voorjaar en/of de zomer, niet verstoord. Daarnaast dient voor een minimale verstoring de omvang beperkt te zijn, het strandprofiel behouden en sediment met gelijkaardige karakteristieken als het strand gebruikt te worden, zodat de oorspronkelijke habitat karakteristieken niet grondig gewijzigd worden.

Het strand en de vooroever zijn zeer belangrijke leef- en foerageergebieden voor jonge levensstadia van tal van demersale vissoorten en kreeftachtigen (waaronder tong, schol, tarbot, griet, garnaal) (Beyst, 2001; Holzhauer et al., 2014). Vandaar dat er in dit project ook wordt toegespitst op de ecosystemefunctie van het strand en vooroeversysteem, waarbij er een koppeling dient te gebeuren tussen het voedselaanbod (macrobenthos) en epi- en hyperbenthische soorten, en met een focus op juveniele vissoorten. De meest directe gevolgen/effecten van een zandsuppletie zijn voornamelijk zichtbaar bij het relatief immobiel macrobenthos. Maar ook de andere lokale trofische niveaus (epibenthos, demersale vis en vogels), dewelke macrobenthos als voedingsbron hebben, kunnen indirect beïnvloed worden. Een mogelijke impact zal wel kleiner zijn bij de meer mobiele soorten (vb. garnaal, vis), aangezien ze sneller in staat zijn te migreren tussen gebieden. Om deze interacties tussen de verschillende diergroepen te kunnen bestuderen, dienen alle staalnames zoveel mogelijk op elkaar afgestemd te zijn (Beyst et al., 2001a, 2001b, 2002a, 2002b).

Over een periode van 3 jaar (2013-2016) zijn binnen dit project de ecologische veranderingen op temporele & ruimtelijke schaal op het strand en de ondiepe kustzone (vooroever) ter hoogte van Mariakerke (impact gebied) en Bredene-Oost (controle gebied) opgemeten en gecompileerd. Dit in eerste instantie in relatie tot de vooroeversuppletie die aangelegd werd in Mariakerke. Aangezien tijdens de staalname periodes ook een aantal strandsuppleties uitgevoerd werden zowel in het controle gebied

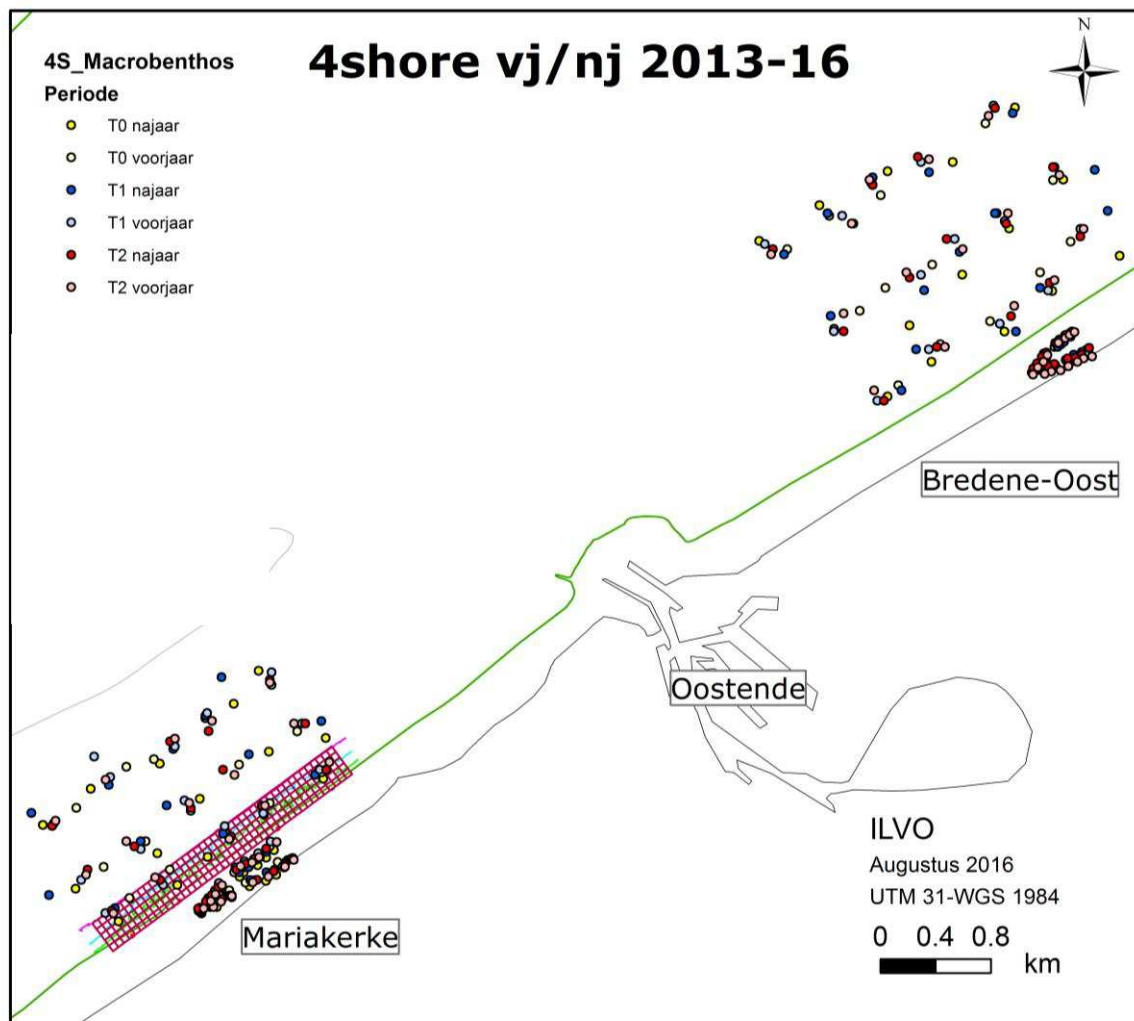
Bredene als in het impact gebied Mariakerke, wordt de invloed hiervan ook meegenomen. Dit compliceert natuurlijk het specifiek evalueren van de effecten van de vooroeversuppletie op het mariene kustecosysteem.

1.1 Doelstelling

Het doel van dit monitoringsproject is om een beeld te schetsen van het ecologische belang/waarde van de vooroever en de herstelcapaciteit van de ecosysteem gemeenschappen levend in en nabij de bodem (macrobenthos, epibenthos, hyperbenthos en demersale vis) na de uitvoering van suppletie activiteiten, waaronder een vooroeversuppletie. De waargenomen ecologische veranderingen worden gekaderd in relatie tot veranderingen in de fysicochemische eigenschappen van het bodemsediment. Uit de geobserveerde resultaten zullen ecologische adviezen voor kustverdedingsprojecten en hun milieueffecten gesuggereerd worden.

2 Materiaal en methode

2.1 Staalname gebied



Figuur 1. Kaart met de staalname locaties (macrobenthos) op het strand- en de vooroever in Mariakerke en Bredene-Oost. Ook het gebied waar de vooroeverssuppletie is aangelegd is aangegeven (roze raster) (details zie 3.1.)

De monitoring wordt uitgevoerd op het strand en de vooroever van Mariakerke (impact gebied) en Bredene-Oost (controle gebied) over een periode van 3 jaar (najaar 2013-voorjaar 2016) (Figuur 1). Mariakerke is het impact gebied, waar er een strand- en vooroeverssuppletie werd aangelegd in 2014. Bredene-Oost is het controle strand, aangezien dit het dichtst bijzijnde gebied is dat gelijkaardige kenmerken (strandprofiel, sediment) vertoont met Mariakerke (Van den Eede, 2013). In het subtidaal zijn er 3 strata bemonsterd, welke op een gelijkaardige diepte niveau liggen in beide locaties (zie verder).

2.2 Staalname design

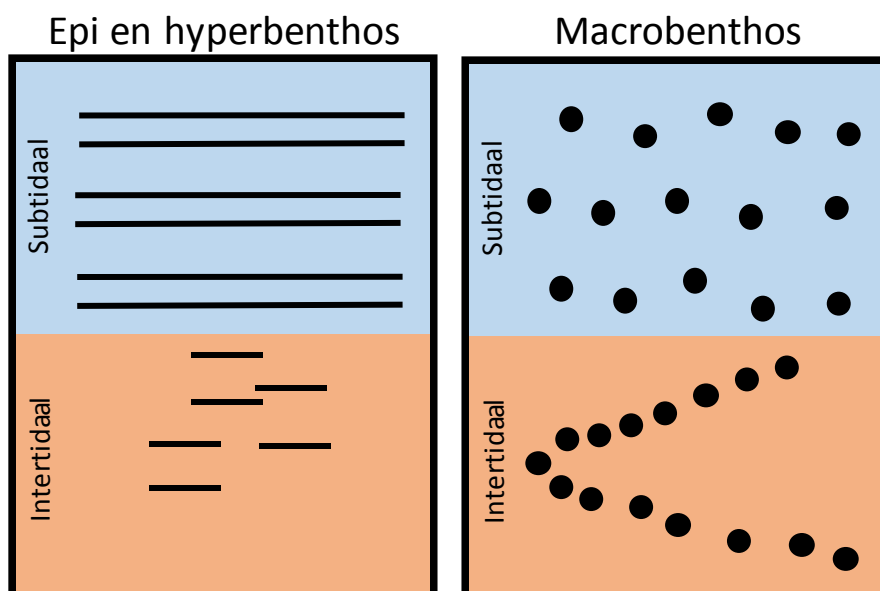
Om de vraagstellingen te kunnen evalueren, dienen we de ecologische data op een geïntegreerde en gerichte manier te verzamelen, hierbij onder andere rekening houdend met de historische aanpak (vergelijkbaarheid van de data), de geldende normen en de karakteristieken van de fauna. Daarom gebeurt de monitoring, zijnde het verzamelen van de nodige gegevens voor het beantwoorden van de project doelstelling, volgens een BACI-design (Before After Control Impact design).

De ecologie zal opgevolgd worden in het impactgebied (Mariakerke) en in een controlegebied (zelfde habitattype, buiten de invloedssfeer van de proefsuppletie; Bredene-Oost) (control-impact). Er wordt

bemonsterd vóór de suppletie (T_0 -situatie), alsook in de twee daaropvolgende jaren (T_1 & T_2 situatie) (before-after). In deze BACI-monitoring wordt ook het seizoenale aspect in rekening gebracht, door het uitvoeren van een monitoring zowel in het voorjaar (maart) als het najaar (september).

In deze studie worden er twee habitats beschouwd: (1) het subtidaal welke de ondiepe kustzone is vanaf de laagwaterlijn tot rond de 6m dieptelijn en (2) het intertidaal of het strand welke het gebied tussen de laag- en hoogwaterlijn is. In het subtidaal worden er 3 diepte strata vastgelegd volgens de diepte gradiënt om zo de invloed van de suppletie langsheen de zeewaartse gradiënt beter op te meten. Stratum a is de zone waar de vooroeversuppletie werd aangelegd en ligt tussen de 0 en -2m. Stratum b en c bestrijken respectievelijk de diepte zone -3 tot -4 en -5 tot -6m. Een eventuele invloed van de suppletie naar het strand toe wordt bemonsterd aan de hand van de intertidale stalen.

Beide habitats worden afzonderlijk en volgens een specifiek design bemonsterd voor de verschillende ecosysteemcomponenten (Figuur 2). De opdrachtgever bepaalde dat er in elke locatie 30 punten voor macrobenthos en 12 voor hyperbenthos en epi- en demersale vis fauna diende genomen te worden, welke we via een random stratified strategie in een design goten. Er werden daarom 15 punten in het intertidaal genomen (over de hele gradiënt van hoog naar laag strand) en 15 in het subtidaal, waarbij 5 punten at random verspreid voor elk van de drie diepte strata. In het subtidaal worden er per stratum 2 slepen genomen voor het bemonsteren van het epibenthos en demersale vis en hyperbenthos. In het intertidaal wordt er 2u voor laagwater gestart met slepen tot 3u na laagwater om zo de epi- en demersale visfauna die migreert van en naar het strand te bemonsteren.



Figuur 2. Schematische weergave van de staalname designs in het intertidaal en subtidaal voor epibenthos, hyperbenthos en macrobenthos. Lijnen= slepen; punten = Van Veen of strandframe

2.3 Staalname overzicht

Gedetailleerde info over het verloop van de 6 staalnames zijn weergegeven in de respectivelijke staalname rapportages (Van Hoey et al., 2013c, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b en 2016) en samengevat in Tabel 1. Tijdens de staalnameperiode zijn ook een aantal strandsuppleties uitgevoerd zowel in het controle gebied Bredene als in het impact gebied Mariakeke, welke ook gesitueerd zijn in het staalname schema (Tabel 1).

In het impactgebied werd in januari/februari 2014 een strandsuppletie uitgevoerd. Hierdoor is T_0 voorjaar 2014 in het intertidaal beïnvloed en eigenlijk een T_1 situatie. Daardoor is het moeilijker na te gaan

of de verschillen in het impactgebied in voorjaar 2014 het gevolg zijn van seizoenale verschillen of als gevolg van deze strandsuppletie.

In het controlegebied werd in maart-april 2014 (na de voorjaarscampagne) een kleinere noodsuppletie uitgevoerd. In de zone Bredene-west tot Oostende werd in 2014 ook een grotere strandsuppletie aangelegd, welke een mogelijk uitstralend effect kan hebben op ons controlegebied. Hierdoor is T1 najaar 2014 in het intertidaal ook mogelijk beïnvloed door de strandsuppletiewerken. Door al deze activiteiten in de nabijheid van het controlegebied is het moeilijker om de potentiële effecten van de suppleties in Mariakerke te evalueren, gezien we met een antropogeen beïnvloed controlegebied zitten.

In beide gebieden werd er in de periode van de T1 en T2 staalnames, geen extra suppleties meer uitgevoerd.

Tabel 1. Overzicht van staalnames en suppletie activiteiten te Mariakerke en Bredene. (IT: intertidaal en SU: subtidaal)

Locatie		Sept. 2015	Jan-Feb 2014	Mrt. 2014	April 2014	April-Mei 2014	Sept. 2014	Mrt. 2015	Sept. 2015	Mrt. 2016
Mariakerke (impact)	IT	T ₀	Grote strand suppletie	T ₀			T ₁	T ₁	T ₂	T ₂
	SU	T ₀		T ₀		Voor-oever suppletie	T ₁	T ₁	T ₂	T ₂
Bredene (controle)	IT	T ₀		T ₀	Nood suppletie		T ₁	T ₁	T ₂	T ₂
	SU	T ₀		T ₀			T ₁	T ₁	T ₂	T ₂

2.4 Staalname methodologie

De gedetailleerde beschrijving van de methodiek en de staalnames is respectievelijk te vinden in Van Hoey et al., 2013a en de staalname verslagen (Van Hoey et al., 2013c, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b en 2016). Hieronder wordt heel beknopt beschreven wat de staalname methodologie was voor beide habitats en voor de verschillende componenten (Tabel 2).

Tabel 2. Overzicht staalname technieken voor de verschillende ecosysteem componenten

	Intertidaal	Subtidaal
Macrobenthos	Metalen kader (0,1026 m ²)	Van veen (0,1 m ²)
Epibenthos	2 m strandkor, 10 mm maaswijdte, 400 m (15 à 20 min) sleep	3 m boomkor, 22 mm maaswijdte, 15 min sleep
Hyperbenthos	Hyperbentische slede, maaswijdte 1 × 1 mm, 400 m (20-30 min) sleep	Hyperbentische slede verzwaard, maaswijdte 1 × 1 mm, 15 min sleep + flowmeter
Sediment	Core naast het frame	Core uit de Van Veen

2.4.1 Bemonsteringsmethodiek van macrobenthos

Macrobenthos organismen worden in deze studie beschouwd als die soorten die (1) in het sediment leven; (2) efficiënt met een Van Veen grijper kunnen worden bemonsterd in het subtidaal; (3) efficiënt met een metalen kader kunnen worden bemonsterd in het intertidaal; en (4) bij het opspoelen van de stalen achter blijven op een zeef met een maaswijdte van 1 mm.

In het **intertidaal** werd het klassiek standaarddesign gebruikt, waarbij de 15 stalen worden bemonsterd van hoog naar laag water in een V-vorm lopend over het stand (Speybroeck, 2007; Vanden Eede, 2013). Er wordt gebruik gemaakt van een metalen kader met oppervlakte van 0,1026 m². Dit kader wordt boven de swashzone in het zand geduwd tot op een diepte van 15 cm. De stalen worden met een spade uitgegraven en ter plaatse overgebracht in een zeef met een maaswijdte van 1 mm. Het zeven gebeurt in zee en het gezeefd materiaal wordt in plasticen potten overgebracht voor latere analyse in het lab. De stalen worden gefixeerd in een pH-neutrale oplossing van 8% formaldehyde en zeewater en gekleurd met bengaals roze.

In het **subtidaal** werd er een random stratified design gevolgd waarbij 5 stalen at random bemonsterd werden per stratum. De macrobenthosstalen in het subtidaal worden genomen met een Van Veen grijper (0,1 m²). De stalen worden aan boord levend gezeefd op een 1 mm zeef en daarna gefixeerd met een formaldehyde-zeewater oplossing (8-10%). Het uitgezeefde materiaal wordt gekleurd met eosine.

2.4.2 Bemonsteringsmethodiek van epibenthos en demersale vis

Het epibenthos en demersale vis zijn de biota die op de sedimentbodem leven en welke in deze studie bemonsterd werden met een boomkor.

In het **intertidaal** werd er gebruik gemaakt van een strandkor (2 m, 10 mm maaswijdte), welke over een afstand van 400 m (15 à 20 min) gesleept wordt door 2 personen tussen 2 strandhoofden. Het net wordt een aantal keer heen en weer gesleept over een afstand van 100 m om de beoogde afstand te bekomen. We starten 2u voor LW met een epi staalname. 1u voor LW nemen we een hyperbenthosstaal en zo alterneren we verder tot 3u na LW. Dit schema wordt herhaald op een andere dag om zo aan 6 slepen per staalname moment te komen. De slepen worden tijdens de staalname onmiddellijk verwerkt.

Voor het **subtidaal** werd er bemonsterd met een 3 m boomkor met gestrekte maaswijdte van 22 mm en een lichte ketting onderaan in het net. Het net wordt gedurende 15 minuten over de bodem gesleept aan een constante snelheid t.o.v. de stroming waarbij een afstand van ongeveer 1000-1500 m afgelegd wordt. De exact gesleepte afstand wordt per sleep telkens bepaald door de afstand tussen de begin- en eindcoördinaat van de sleep te bepalen. De slepen worden tijdens de staalname direct verwerkt of indien niet mogelijk geheel of gedeeltelijk meegenomen door ze in ijs te leggen aan boord en in het lab in te vriezen.

2.4.3 Bemonsteringsmethodiek van hyperbenthos

Het hyperbenthos bevatten de biota die in de 1^{ste} meter van de waterkolom leven, dus in nauw contact met de bodem en worden bemonsterd met een hyperbenthische slede. Het bestaat voornamelijk uit kleine aasgarnalen en larvale en juveniele stadia van garnalen en vis.

In het **intertidaal** werd het hyperbenthos bemonsterd met een hyperbenthische slede bestaande uit een metalen frame van 100*40 cm, voorzien van twee boven elkaar liggende netten. Deze slede wordt voortgetrokken door 2 personen in de surfzone van het strand, parallel met de kustlijn en op een watterdiepte van 1 m diep. Eén trek duurt ongeveer 20-30 minuten waarbij een afstand van 400 m wordt afgelegd. We starten 2u voor LW met een epi staalname. 1u voor LW nemen we een hyperbenthosstaal en zo alterneren we verder tot 3u na LW. Dit schema wordt herhaald op een andere dag om zo aan 6 slepen per staalname moment te komen. De vangsten worden bewaard in een 8% formaldehyde oplossing.

De bemonstering van het hyperbenthos in het **subtidaal** gebeurt eveneens met de hyperbenthische slede (verzwaard). Deze wordt gedurende 15 min. over de bodem gesleept aan een constante snelheid

t.o.v. de stroming waarbij een afstand van ongeveer 1000-1500m wordt afgelegd. De exact gesleepte afstand wordt bepaald door de afstand tussen de begin- en eindcoördinaat van de sleep te bepalen.

De 2 opvangpotten (boven en onder) aan het net werden telkens apart geledigd in 2L potten en gefixeerd met 8% formaldehyde.

2.4.4 Data

Biota

Alle biota werden tot op soortniveau gedetermineerd en geteld volgens een 'taxonomic discrimination protocol' (TDP). Dit protocol bepaalt tot welk niveau er minimaal gedetermineerd dient te worden voor alle type biota. Daarnaast wordt hierin ook bepaald of er een onderscheid dient gemaakt te worden in bepaalde levensstadia (larven, juvenielen).

Alle **macrobenthos** staalnames (inter- en subtidaal) worden genomen volgens de richtlijnen beschreven in ISO 16665:2005(E) ("Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna"). De analyse van alle macrobenthos monsters (identificatie, aantal & biomassa bepaling) uit de subtidale strata worden conform NBN EN ISO/IEC 17025 standaard uitgevoerd (cfr. BELAC nr. 315-TEST: uitgiftedatum 28/04/2016, geldig tot 05/03/2020). De kwaliteitscontrole resultaten van de uitwerking van de macrobenthos monsters per batch (set van 15 stalen) is weergegeven in Tabel 3, waaruit blijkt dat de foutenmarge op de bekomen soorten—densiteit data zeer laag is (de norm gaat uit van < 10% is OK). De macrobenthos analyses uit het intertidale stratum volgen dezelfde procedures doch niet onder geaccrediteerde voorwaarden.

Tabel 3. Betrouwbaarheidsscores voor de 5 geëvalueerde criteria bij het verzamelen van soorten-densiteits data voor de subtidale macrobenthos analyses, conform BELAC.

KC Batch	% Mis- gesorteerd Taxa	% Mis- gesorteerd Specimens	%Mis-id Taxa	%Mis-id Specimens	% Mistelling Specimens
4shore 1	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00
4shore 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93
4shore 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4shore 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4shore 5	0,00	0,23	0,00	0,00	1,37
4shore 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4shore 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
4shore 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4shore 10	0,00	0,36	0,00	0,00	0,36
4shore 11	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25
4shore 13	0,00	1,34	0,00	0,00	0,70
4shore 14	4,17	0,33	0,00	0,00	0,00
mean	0,347	0,238	0,000	0,000	0,402
Sd	1,203	0,401	0,000	0,000	0,525
Sd/√n	0,347	0,116	0,000	0,000	0,152
(Sd / √ n) ²	0,121	0,013	0,000	0,000	0,023
Sum of uncertainty components			$\sum \{(Sd / \sqrt{n})^2\} =$		0,157
Combined Standard Uncertainty			$\sqrt{[\sum \{(Sd / \sqrt{n})^2\}]} =$		0,396
Expanded Uncertainty (where K=2)			$2x \sqrt{[\sum \{(Sd / \sqrt{n})^2\}]} =$		0,792

Voor de analyse van de **epibenthos** slepen wordt het protocol afgeleid van de 'ICES Guidelines for the study of the epibenthos of subtidal environments', No. 42, Febr 2009. Indien mogelijk wordt de vangst ter plaatse geïdentificeerd, gemeten en gewogen. Bij twijfelgevallen in identificatie worden individuen bewaard op ethanol en meegenomen naar het lab voor nader onderzoek.

Het **hyperbenthos** wordt verwerkt in het lab volgens het protocol gevolgd in Beyst et al. (2001a). Bij zeer hoge aantallen aan bepaalde soorten (vb. Mysids) werd er met sub-sampling procedure gewerkt.

Sediment: korrelgrootteverdeling, TOM, TOC

Bij elke macrobenthos staalname wordt een steekbuisstaal genomen (core van 3.6 cm diameter) voor fysicochemische analyse. Het sediment wordt gedroogd bij 60 °C. Vervolgens wordt de korrelgrootte (µm) bepaald via laserdiffractie (Malvern Mastersizer 2000). Volgende sedimentfracties worden onderscheiden: silt (< 63µm), zeer fijn zand (< 125 µm), fijn zand (< 250 µm), medium zand (< 500 µm) en grof zand (< 1600 µm). De waarden voor TOC (Total Carbon) worden bepaald via een geautomatiseerde elementanalyser 1500 Carlo Erba. De TOM-waarden worden bekomen via gewichtsverlies door veras-sing.

Strandprofielen

Tijdens de staalname wordt het strandprofiel aan de hand van een hoogtemeter opgemeten. De meting gebeurt ten opzichte van een vast referentiepunt. De afstand tussen de opeenvolgende meetpunten wordt gemeten langs een meetlint dat uitgerold wordt langs het hele transect. Er wordt gestart op het hoogstrand en om de tien meter wordt een hoogtemeting uitgevoerd. Nadien wordt het strandprofiel gecorrigeerd ten opzichte van GLLWS (M2 reductiemodel, VLIZ). Een dergelijke techniek werd reeds met succes toegepast tijdens voorgaande staalname van Vlaamse stranden (o.a. Elliott et al., 1997; Degraer et al., 1999a, Vanden Eede et al. 2008, Vanden Eede & Vincx, 2010, 2011 en VandenEede et al., 2013). Aangezien voor de verschillende metingen soms gestart werd op een andere hoogte, werd ook hiervoor een correctie doorgevoerd.

2.4.5 Databewerkingen

Alle ruwe data van de bemonsterde ecosysteemcomponenten werden voor de statische analyse gestandaardiseerd. Derhalve werden alle niet kwantitatief bemonsterde taxa of taxa dewelke op een te hoog taxonomisch niveau werden geïdentificeerd, uit de dataset verwijderd. Voor deze eindanalyse hebben we geopteerd om elk taxon toe te wijzen aan één specifieke ecosysteemcomponent.

In de **macrobenthos** fractie, bemonsterd met frame of Van veen werd er in totaal 145 valide taxa gevonden, waarvan 99 effectief tot de macrobenthos fractie werden gerekend. Hiervoor werden 46 taxa geweerd uit de analyses om diverse redenen: (1) niet relevante benthos taxa (Nematoda, Copepoda, Chaetognatha, vis, ...), (2) efficiënter bemonsterd met andere techniek (epibenthos [*Asterias rubens*, *Crangon crangon*, *O. ophiura*, alle *Brachyura* spp.], hyperbenthos [*Schistomysis* spp., *Mesopodopsis slabberi*, *Pycnogonidae* spp.]), (3) hard substraat fauna (*Mytilus edulis*), (4) individuen die niet tot het laagst taxonomisch niveau gedetermineerd konden worden (orde, family niveau) en (5) niet kwantitatief bemonsterde soorten (Nemertea).

In de **epibenthos** fractie, bemonsterd met sleepnet werden er in totaal 59 valide taxa gevonden, waarvan 31 effectief tot de epibenthosfractie werden gerekend. Hiervoor werden 28 taxa geweerd uit de epibenthos analyses om diverse redenen: (1) niet relevante epibenthos taxa (Cnidaria), (2) infauna taxa (Bivalvia en Polychaeta spp.), (3) individuen die niet tot het laagst taxonomisch niveau gedetermineerd konden worden (orde, family, genus niveau). In dit eindverslag werden bivalven niet meegenomen onder het epibenthos voor de evaluatie van het suppletie effect, wat wel gedaan was voor de gedetailleerde T0 beschrijving (Pecceu & Colson et al., 2014). Maar gezien deze soorten infauna zijn, werden ze enkel in rekening gebracht in de macrobenthosfractie.

In de **demersale vis** fractie, bemonsterd met sleepnet werd er in totaal 38 valide taxa gevonden, waarvan 32 effectief tot de demersale vis fractie werden gerekend. Hiervoor werden 6 taxa geweerd uit de demersale vis analyses om diverse redenen: (1) pelagische vissoorten (sprot (*Sprattus sprattus*), haring

(*Clupea harengus*) en (2) individuen die niet tot het laagst taxonomisch niveau gedetermineerd konden worden (Clupeidae, Gadidae). Pelagische vissen worden niet meegenomen in deze analyses omdat deze soorten niet kwantitatief bemonsterd worden met een 3m of 2m boomkor en sterk schoolvormend zijn.

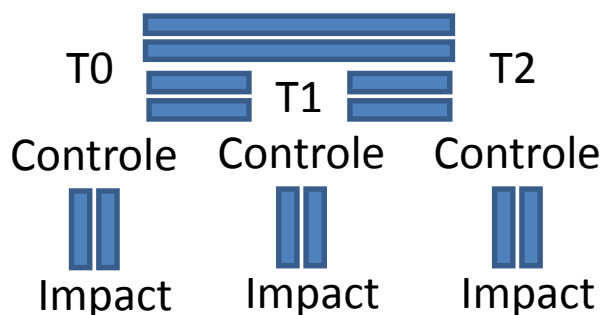
In de **hyperbenthos** fractie, bemonsterd met hyperbenthische slede werd er in totaal 135 valide taxa gevonden, waarvan 97 taxa effectief tot de hyperbenthos fractie werden gerekend. Hiervoor werden 38 taxa geweerd uit de hyperbenthos analyses om diverse redenen: (1) niet relevante hyperbenthos taxa (Copepoda, Nematoda, Nemertea), (2) Cnidaria (kwallen) zijn moeilijk gestandaardiseerd mee te nemen (zie hiervoor Pecceu & Colson et al., 2014), (3) infauna taxa (Bivalvia en Polychaeta spp.), (4) en individuen die niet tot het laagst taxonomisch niveau gedetermineerd konden worden (Gadidae). Voor de vissoorten gevonden in de hyperbenthische slede is er ook geen biomassa waarde bepaald. De gegevens van het onderste en bovenste net van de hyperbenthische slede werden gepoold.

2.5 Analyses

In dit rapport willen we per ecosysteemcomponent nagaan of het BACI-design en de nulhypothese kloppen. Als nulhypothese verwachten we geen veranderingen in densiteit, aantal soorten, diversiteit en biomassa, geldend voor alle bemonsterde ecosysteemcomponenten zowel in ruimte als in tijd (Figuur 3).

- Hiervoor wordt binnen T_0 , T_1 , T_2 (voorjaar en najaar) het controlegebied (Bredene) vergeleken met het impactgebied (Mariakerke).

- Verder willen we de potentiële effecten van de suppletie in kaart brengen. Hiervoor vergelijken we per seizoen de T_0 ten opzichte van de T_1 en T_2 met als factoren jaar en gebied (controle/impact). Voor het macrobenthos en fysico-chemie komt er nog factor stratum (diepte) bij.



Figuur 3. BACI-design met de nulhypothese.

2.5.1 Univariate en multivariate analyses

Voor de univariate, multivariate en statistische analyses is gebruik gemaakt van het softwareprogramma PRIMERE pakket met PERMANOVA add-on, versie 6.1.6 en het open source software programma R (<http://cran.r-project.org>).

Elke gemeenschap is beschreven aan de hand van de biologische parameters aantal taxa per staalname, soortenrijkdom, densiteit, biomassa (niet voor demersale vis) en de diversiteitsindices Shannon-Wiener (H , $\log_2$) & Pielou's evenness (J'). Shannon Wiener is een maat voor diversiteit aan soorten en Pielou's Evenness geeft een beeld over de dominantie van bepaalde soorten. Voor het berekenen van de gemiddelde waarden van J' , zijn lege stalen en stalen met 1 soort verwijderd, aangezien daar geen J' voor kan berekend worden. Het aantal verwijderde stalen wordt in de tabel weergegeven tussen

haakjes. Alle vis uit de diverse bemonsterde ecosysteemcomponenten, met uitzondering van de grondels werd enkel opgemeten, niet gewogen. Om een vergelijking mogelijk te maken tussen de verschillende metingen, is het aantal individuen per bodemonmonster en per soort omgezet naar aantal individuen per m². De exacte trek lengte verschilt per trek en er is ook een verschil in het bemonsterd oppervlak voor macrobenthos. Voor het epibenthos en demersale vis is het aantal individuen per trek en per taxon omgezet naar aantal individuen per 1000 m². Voor het hyperbenthos zijn de densiteiten en biomassa uitgedrukt per 100 m², voor macrobenthos naar 1 m². Resultaten zijn uitgedrukt als gemiddelde $\pm$ standaardfout.

Alle data zijn getest op normaliteit en homogeniteit van de varianties in R met respectievelijk een Shapiro test en een Levene's test. Indien aan de voorwaarden voldaan is, is een 2 of 3-way ANOVA gebruikt om de significantiewaarden te berekenen. Indien slechts 1 p-waarde <0.05 , maar de Levene's test >0.05 , werd toch geopteerd voor een ANOVA test, aangezien de homogeniteit van de varianties de belangrijkste factor is en een ANOVA een sterkere test is. Indien niet aan de voorwaarden voldaan werd, is overgeschakeld naar een niet-parametrische test in Permanova. Deze testen zijn eventueel gevolgd door paarsgewijze testen (respectievelijk Tukeytest (als normaal verdeeld) en pairwise test in Permanova). In sommige gevallen is het aantal unieke permutaties te laag (<100) en is de Monte Carlo permutatie toegepast (Anderson and Robinson, 2003). De p-waarden bekomen via een 2 of 3-way ANOVA (normale verdeling en homogene varianties) worden in de resultaten aangegeven met een * in de tabel. De p-waarden worden als significant beschouwd als de waarde kleiner is dan 0.05. De fysische omgevingsvariabelen (totaal organisch materiaal (TOM), totaal organisch koolstof (TOC) en korrelgrootte) zijn op dezelfde manier in rekening gebracht.

Voor de multivariate analyse is de data getransformeerd (vierkantswortel) om minder gewicht te geven aan de dominante soorten (Field et al. 1982). Een Permanova toont of de verschillende gemeenschappen significant verschillen voor de factoren en hun interactie. Indien de interactie significant is, zijn er nog paarsgewijze testen uitgevoerd. Om de gemeenschapsstructuur te visualiseren wordt een Principal coordinates analysis (PCO) opgesteld, gebaseerd op een Bray Curtis resemblance matrix. Vector (soorten) overlay is gebaseerd op multiple correlatie en de correlatiewaarde is vermeld. Daarna is een SIMPER test, indien relevant, op de dataset uitgevoerd om de dissimilariteit te tonen tussen het controle en impact gebied of tussen de periodes (als we het effect van de suppletie willen nagaan). De soorten die het meest bijdragen tot de dissimilariteit tussen beide gebieden worden met hun percentages weergegeven.

2.5.2 Biologische waarde

De kustwateren zijn sensitieve habitats met hoge biodiversiteit en die voorzien in essentiële ecosysteem goederen en diensten. Deze zones zijn van groot belang zowel op sociaal, economisch als ecologisch vlak. Ze worden echter bedreigd door antropogene invloeden en klimaatverandering. Een geïntegreerd management ter bescherming van deze zones is dus een absolute noodzaak.

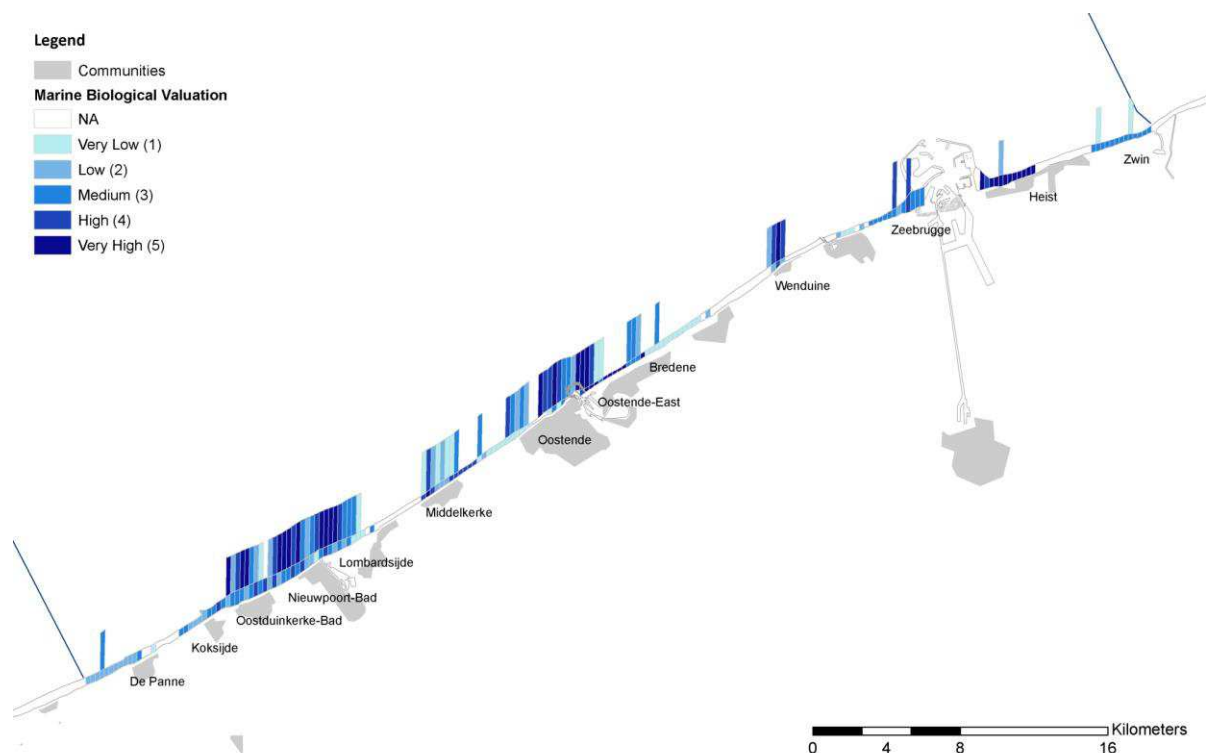
De laatste jaren won Mariene Ruimtelijke Planning aan belang. Deze streeft niet alleen naar een consensus in management tussen de verschillende sectoren, maar ook naar het behoud van de integriteit en diensten van het ecosysteem, door de conservatie van de mariene biodiversiteit.

Ecosystemen krijgen vaak een bepaalde 'waarde' op sociaal en economisch vlak toegewezen, wat de antropogene toepassing van de ecosystemen reflecteert. Een ecosysteem gebaseerde management heeft echter ook nood aan het toekennen van een 'waarde' op vlak van biodiversiteit.

Hiervoor werd de mariene biologische waardering tool ontwikkeld (Derosus et al., 2006). Via een hiërarchisch ecologisch kader worden alle niveaus van biodiversiteit geïncorporeerd. Alle subzones van een bepaald gebied krijgen een bepaalde waarde (relatief tov elkaar), na de evaluatie van alle biolo-

gische en ecologische aspecten van de zone. Aan de hand daarvan worden dan Biologische Waarderingskaarten gemaakt. Op deze manier wordt duidelijk gemaakt aan welke zones met een hoge ecologische waarde meer aandacht moet besteed worden. Zo vormen ze een betrouwbare bron om ruimtelijke planning en marien management op te baseren. Deze tool wordt op dit moment al op verschillende Europese mariene wateren toegepast, alsook in het Belgische deel van de Noordzee.

Meer details inzake Mariene Ruimtelijke Planning en Biologische Waardering kunnen terug gevonden worden in Vanden Eede et al. 2013. In deze studie wordt de Belgische kustlijn onderworpen aan deze biologische waardering en alle relevante data van benthos (macro-, hyper- en epibenthos) en vogels van de intertidale en ondiepe subtidale zone uit de periode 1995-2011 werden geïncorporeerd. Het protocol van de tool wordt in detail weergegeven en er werd een finale Biologische Waarderingskaart gecreëerd voor de Belgische Kust (Figuur 4). Meer detail over de biologische waarde van het strand en de vooroever ter hoogte van Mariakerke en Bredene zijn weergegeven in Figuur 5 en annex 1.



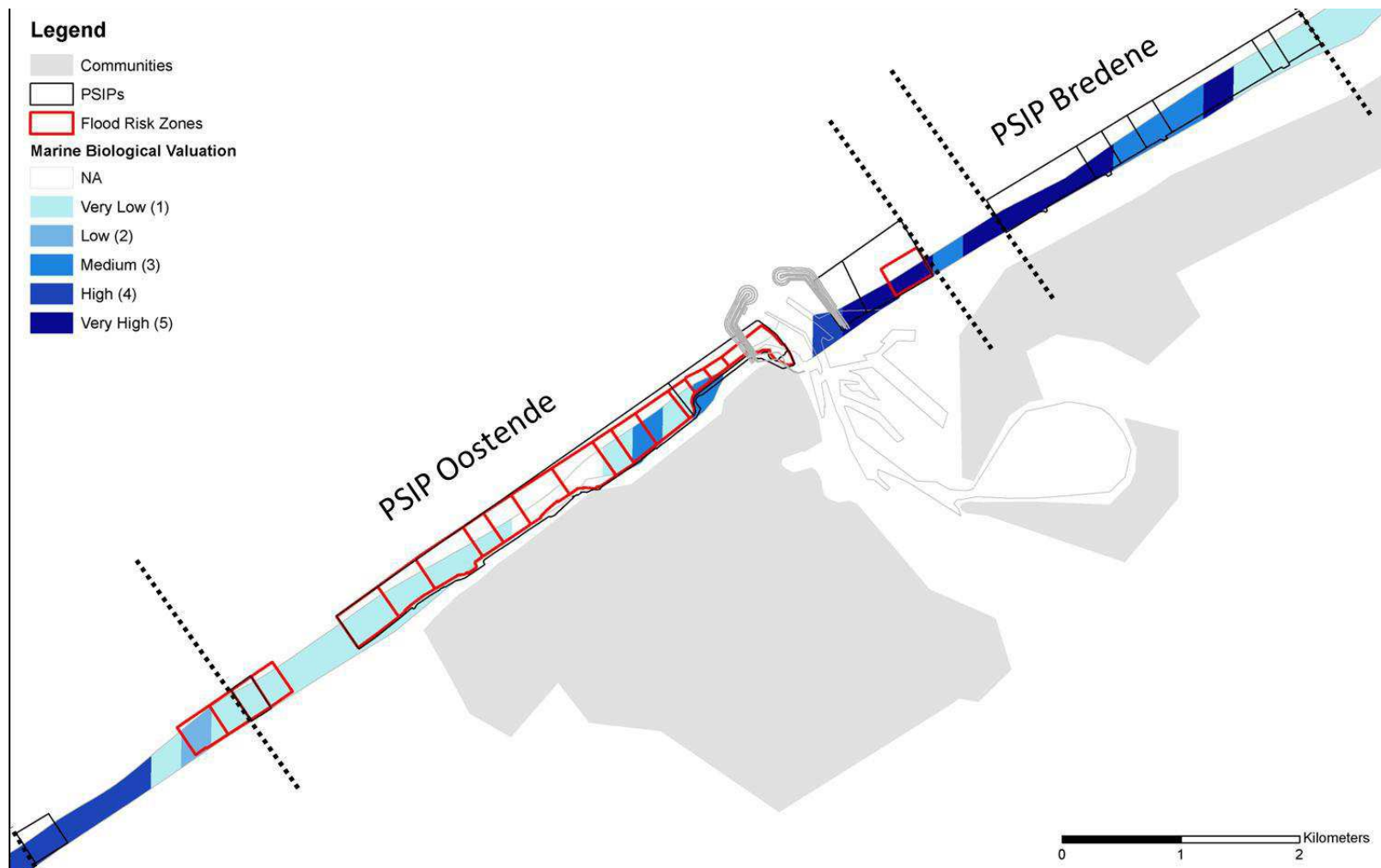
Figuur 4. Finale Biologische Waarderingskaart van de Belgische Kust..

Aangezien de biologische waarde van een bepaalde zone berekend wordt relatief ten opzichte van de andere zone, was het voor deze studie weinig interessant om de waarden voor Mariakerke en Bredene te berekenen aan de hand van data van enkel deze twee stranden. We zouden ze met andere woorden gewoon relatief ten opzichte van elkaar vergelijken. Dit zou bijgevolg gelijkaardige informatie opleveren dan de BEQI-indicator voor deze twee stranden, die weergeeft in welke mate de twee stranden van elkaar verschillen.

2.5.3 Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI)

De indicator BEQI (www.beqi.eu) laat toe om het verschil in biologische parameters (aantal soorten, soortensamenstelling [Bray-Curtis similariteit], densiteit en biomassa) tussen twee groepen van stalen (impact versus controle) te scoren (Van Hoey et al., 2007; Van Hoey et al., 2013). Het gebruikt de parameterwaarden waargenomen in het controlegebied om een score (schaal tussen 0 en 1) te bepalen die aangeeft wat de karakteristieken in het impactgebied minimaal dienen te zijn om een bepaalde overeenkomst te bekomen. Indien de overeenkomst zeer goed of goed (>0.6) is, betekent dit dat de verschillen tussen beiden aanvaardbaar zijn. Indien de overeenkomst lager is dan 0.6 (matig, slecht of zeer slecht) dan zijn de verschillen te groot en wijst dit op een duidelijk verschil tussen de systemen. De procedure voor het bepalen van de BEQI scores per parameter is schematisch weergegeven in Figuur 6. Via de website (www.beqi.eu) is het mogelijk om de procedure automatisch toe te passen.

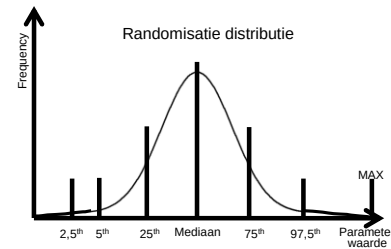
Voor het evalueren van doelstelling 1 (vergelijking controle - impact gebied) is als controle de dataset van Bredene gebruikt en als impact de dataset van Mariakerke. Voor het evalueren van doelstelling 2 (potentieel effect van suppletie) is als controle dataset de T_0 -dataset van elk gebied en is als impact dataset, respectievelijk de T1- en T2 dataset van elk gebied gebruikt.



Figuur 5. Detailed map with Marine Biological Valuation scores of intertidal subzones inside the PSIPs of Middelkerke, Oostende and Bredene. Red indicates areas under coastal flood risk. The dashed lines mark the boundaries of each PSIP (in Vanden Eede et al. 2013).

Procedure BEQI berekening

Stap 1) Randomisatie (boots-trapping) van parameter waarden (vb. aantal soorten, densiteit) uit controle dataset voor bepaalde staalname inspanning (vb 1m²) voor het bekomen van de parameter distributie, waaruit de grenswaarden per klasse (zeer slecht tot zeer goed) wordt bepaald.



Stap 2) Aan een vaste meetlat (geschaald tussen 0-1; 0,2 verschil per klasse) worden bepaalde waarden (vb mediaan, max, percentiel) uit de randomisatie distributie gekoppeld voor iedere klasse grens.

		EQR: 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1				
Meetlat		Ze er sle cht	Sle cht	Gema tigd	Goed	Ze er goed
Aantal soorten	0	1/3	2/3	5 th	Mediaan	Max
Soorten samenstelling	0	1/4	1/2	3/4	5 th	Max
Densiteit/ Biomassa	0	1/3	2/3	2,5 th	25 th	Mediaan
	0	5/3	4/3	97,5 th	75 th	

Stap 3) Deze meetlat genereert dan parameter grenswaarden per klasse voor iedere parameter op basis van wat er waargenomen wordt in de controle dataset.

		EQR: 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1				
Meetlat		Ze er sle cht	Sle cht	Gema tigd	Goed	Ze er goed
Aantal soorten	0	4	8	12	15	17
Soorten samenstelling	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Densiteit (ind/m ²)	0	45,1	90,1	135,2	249,7	322,3
	1950,4	975,7	780,5	585,4	402,9	
Biomassa (gWW/m ²)	0	1	1,9	2,9	4,9	6,2
	34,4	17,2	13,7	10,3	7,5	

Stap 4) Aftoetsing van de parameter waarde in de impact dataset op deze meetlat om de EQR waarde te bepalen.

		EQR: 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1				
		Ze er sle cht	Sle cht	Gema tigd	Goed	Ze er goed
Aantal soorten	0	4	8	12	14	17
					EQR: 0,733	
Densiteit (ind/m ²)	0	45,1	90,1	135,2	249,7	322,3
	1950,4	975,7	780,5	585,4	402,9	
					EQR: 0,8	
					250,2	

Figuur 6. Schematische weergave van de procedure voor het bepalen van de BEQI-scores per parameter.

3 Resultaten

3.1 Overzicht suppletie activiteiten

Om te evalueren of de suppletie activiteiten een rol hebben gespeeld bij de geobserveerde veranderingen in het mariene strand- en vooroeversysteem in Mariakerke en Bredene, wordt er in dit stuk een beschrijving gegeven van de suppletie activiteiten in deze zones. De gegevens zijn afkomstig van Afdeling Kust en Tabel 4 en Tabel 5 schetsen een duidelijk beeld in tijd en ruimte betreffende het type van suppletie alsook de wijze waarop ze zijn uitgevoerd. Mogelijke correlaties tussen deze impacts en lokale ecologische veranderingen kunnen hierbij gemakkelijker worden vastgesteld.

Suppletie activiteit in het intertidaal.

Tabel 4. Overzicht van de suppletie activiteiten in de zone Mariakerke (sectie 103-108) en nabijgelegen zone Oostende (sectie 109-117) (Bron Afdeling Kust)

Jaar	Type	Volume (m ³)	Opmerking
Mariakerke			
2008	grote strandsuppletie	130000	opspuiting
2008	kleine strandsuppletie	24800	vrachtwagens
2009	kleine strandsuppletie	26000	vrachtwagens
2010	kleine strandsuppletie	14200	vrachtwagens
2011	kleine strandsuppletie	12925	vrachtwagens / januari 2011
2012	kleine strandsuppletie	32018	vrachtwagens
2014	grote strandsuppletie	681243	opspuiting / januari-februari 2014
Oostende			
2008	grote strandsuppletie	70000	opspuiting (sectie 112-117)
2008	badstrandophoging	5600	zand van klein strand verplaatst naar noodstrand (sectie 113-116)
2009	badstrandophoging	12800	zand van klein strand verplaatst naar noodstrand (sectie 113-116)
2010	grote strandsuppletie	71850	opspuiting (sectie 113-117)
2011	grote strandsuppletie	229840	opspuiting (sectie 113-117)
2013	grote strandsuppletie	822164	opspuiting (sectie 109-115)

Tabel 5. Overzicht van de suppletie activiteiten in de controlezone Bredene (sectie 131-133) (bron Afdeling Kust).

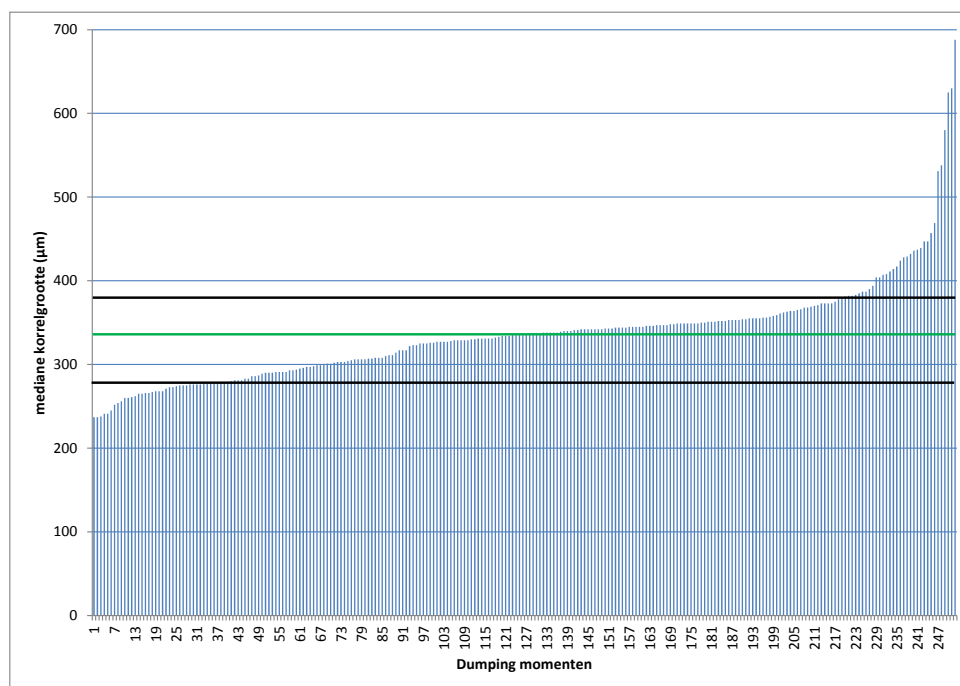
Jaar	Type	Volume (m ³)	Opmerking
2008	badstrandophoging	31400	210m westelijk van strandhoofd 8 tem 75m oostelijk strandhoofd 3
2009	badstrandophoging	35000	210m westelijk van strandhoofd 8 tem 75m oostelijk strandhoofd 3
2011	badstrandophoging	32090	vanaf ten westen van strandhoofd 8 tot ten oosten van strandhoofd 3/ maart-april 2011
2012	badstrandophoging	29782	vanaf strandhoofd 7 tot aan strandhoofd 5
2013	badstrandophoging	31353	tussen strandhoofd 4 en strandhoofd 5 + naaktstrand
2014	noodstrandsuppletie	402350	Sectie 124-143; eind maart/april 2014

Zowel ter hoogte van het impactstrand (Mariakerke) als het controlestrand (Bredene) zijn tijdens de periode 2008-2014 verschillende suppletie activiteiten uitgevoerd (Tabel 4, Tabel 5).

In Bredene beperkt zich dit tot jaarlijks een aantal badstrandophogingen. Deze zullen de vorm van het hoogstrand licht aanpassen maar zouden in principe slechts een beperkte invloed mogen hebben op het laagstrand, zeker omdat de hoeveelheden laag zijn. Enkel in het voorjaar 2014 (eind maart/april 2014) zijn er noodstrandsuppleties uitgevoerd ten gevolge van een storm (de zgn. Sinterklaasstorm in december 2013) in Bredene ter hoogte van strandsecties 131-133 (staalnamezone). Er is een zeer groot volume zand (402350m^3) gestort op het strand in de omgeving Oostende - Bredene, waarbinnen onze controle zone valt. Ter hoogte van onze staalname locatie, gaat het echter maar om een beperkt aantal suppletie momenten (± 4). Het opgespoten zand in sectie 131-133 had een gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK) van $446 \pm 104 \mu\text{m}$; wat zeer grof is ten opzichte van het 'natuurlijke' type. In het ganse gebied van de suppletie Oostende – Bredene betrof het gesuppleerde zand met een GMK van gemiddeld $407 \pm 99 \mu\text{m}$.

In Mariakerke, welke gelegen is in de zone Raversijde-Oostende zijn er zeer grote suppleties uitgevoerd in de afgelopen jaren. En dit vooral in zone Oostende, ten oosten van onze monitoringlocatie. In Mariakerke zelf (zone 103-108) is er een grote suppletie gerapporteerd in januari-februari 2014, welke tussen de T_0 najaar 2013 (oktober 2013) en T_0 voorjaar 2014 (begin maart 2014) was in de monitoring-cyclus van dit project. Hierdoor is de T_0 voorjaar op het impact strand niet echt een T_0 situatie en zijn de veranderingen in het benthos mogelijk het gevolg van deze suppletie activiteit. Voor de strandsectie zone 104-105 waar de stalen worden genomen, zijn er 38 suppletie momenten geregistreerd en is het strand opgespoten met zand van een GMK van $307 \pm 78 \mu\text{m}$.

Het is duidelijk dat geen enkel strand gevrijwaard is van enige suppletie activiteit. Deze activiteit is beperkt in ons controle gebied (Bredene) en substantieel in onze impact gebied (Mariakerke). De exacte volumes zand aangebracht op onze intertidale staalname locaties zijn met de huidige gegevens niet te bepalen, maar bepalen wel zeer sterk wat het mogelijke effect op de fauna is. Hoe groter de laagdikte per oppervlakte-eenheid hoe groter het te verwachten effect. Op basis van de beschikbare volume gegevens en de strandprofielen kunnen we wel indirect afleiden dat de laagdikte in Mariakerke groter is dan in Bredene en dat het in Mariakerke over het volledige strand was, terwijl in Bredene vooral op het hoog strand.

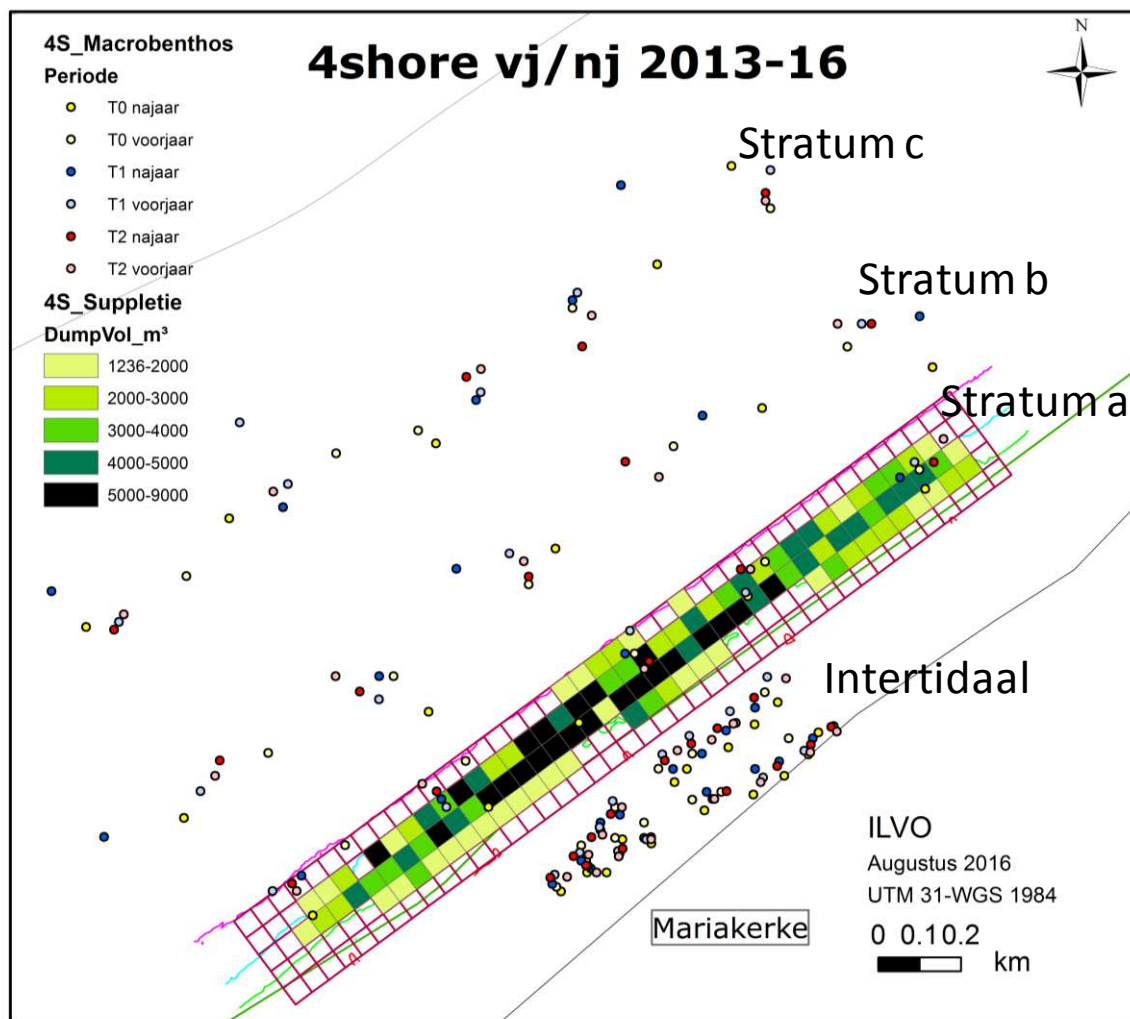


Figuur 7. Overzicht van de distributie van het gestorte sediment in de vooroever.

Suppletie activiteit in de vooroever

In de periode van 15 april 2014 tot 14 mei 2014 is er ter hoogte van Mariakerke een vooroeversuppletie uitgevoerd met een volume van ongeveer 303837 m³. Het sediment komt van 'beneficial use' bij het uitbaggeren van de nieuwe vaargeul in Oostende. Het gestorte sediment heeft een gemiddelde mediane korrelgrootte van $336 \pm 61 \mu\text{m}$. Als er gekeken wordt naar de distributie van het type sediment dat gestort is in deze zone, is het duidelijk dat de meeste stortevents (71%) gebeurden met een mediane korrelgrootte tussen 280-380 μm (Figuur 7).

In Figuur 8 worden de gestorte volumes per stortvak weergegeven en is te zien dat de grootste volumes (5000-9000 m³) gestort zijn in het centrale deel. Het monitoring design past nagenoeg perfect op de aangelegde suppletie, met één zone van punten waar de suppletie werd uitgevoerd (behalve voor enkele punten in de tijd ten zuidwesten van stratum a) en een strand- en zeewaartse zone om de mogelijke neveneffecten van deze suppletie op te volgen.



Figuur 8. Kaart met de suppletie in de vooroever en aanduiding van de staalname punten voor macrobenthos in het subtidaal en intertidaal op de 6 staalname momenten. De roze lijnen geven het raster weer waarbinnen de vooroeversuppletie plaats vond. Het gedumpte volume per gridcel is weergegeven.

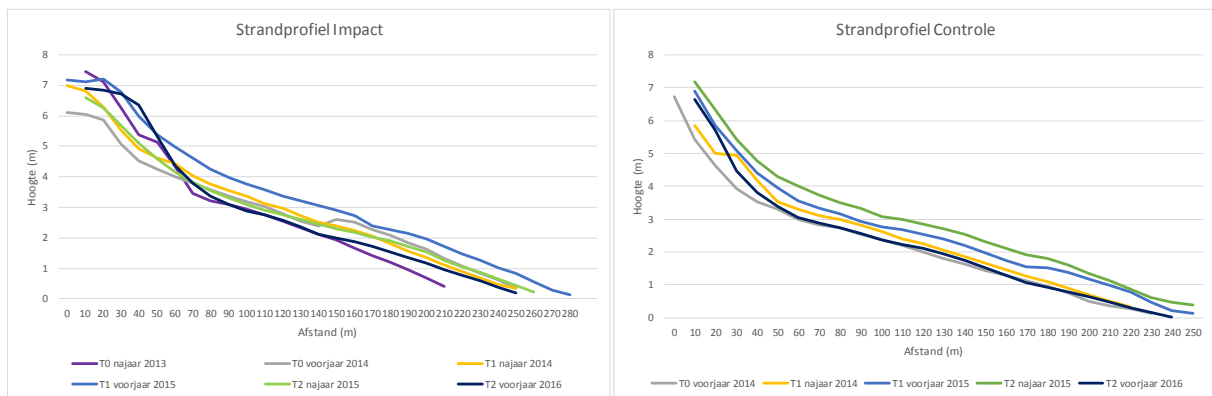
3.2 Fysico-chemie

3.2.1 Strandprofiel intertidaal

Onmiddellijk is duidelijk dat het profiel van het impact strand een iets grilliger verloop kent over de staalname periodes heen, dan het controle strand (Figuur 9). Qua algemene hellingsgraad zijn het wel twee goed vergelijkbare stranden.

Het algemene profiel van het impact strand in de T0 fase toont een geul in het midden van het strand, met daarna een (lichte) verhoging op het laag strand. De grote strandsuppletie die plaats vond op het midden en laag strand binnen de T0 fase tussen najaar en voorjaar, zorgt voor een duidelijke verhoging aldaar. We merken op dat na de vooroeversuppletie het strand een meer gelijkmatig verloop kent, om dan in het voorjaar van 2016 weer meer het oorspronkelijke profiel van de T0 fase aan te nemen.

Het controle strand toont een duidelijke ophoping in het najaar 2014 door de suppletie op het hoogstrand in het voorjaar van 2014 na de Sinterklaasstorm (dec 2013). Vanaf voorjaar 2015 toont het profiel een zachte helling met lichte erosie zichtbaar na de winter van 2016.



Figuur 9. Hoogte van het impact strand (links) en controle strand (rechts) ten opzichte van de laagwaterlijn voor de verschillende periodes. Voor het controle strand werd de opmeting van najaar 2013 verwijderd wegens een wellicht foute meting.

3.2.2 Fysico-chemie in het intertidaal

Dit hoofdstuk beschrijft de observatie in gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK), de sedimentfractie verdeling, totaal organisch koolstof (TOC) en totaal organisch materiaal (TOM) voor de verschillende periodes (jaren en seizoenen) in het intertidaal.

Najaar

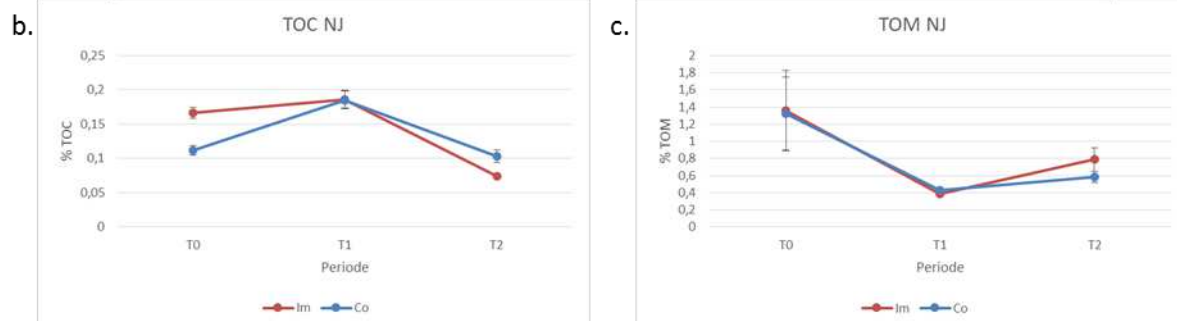
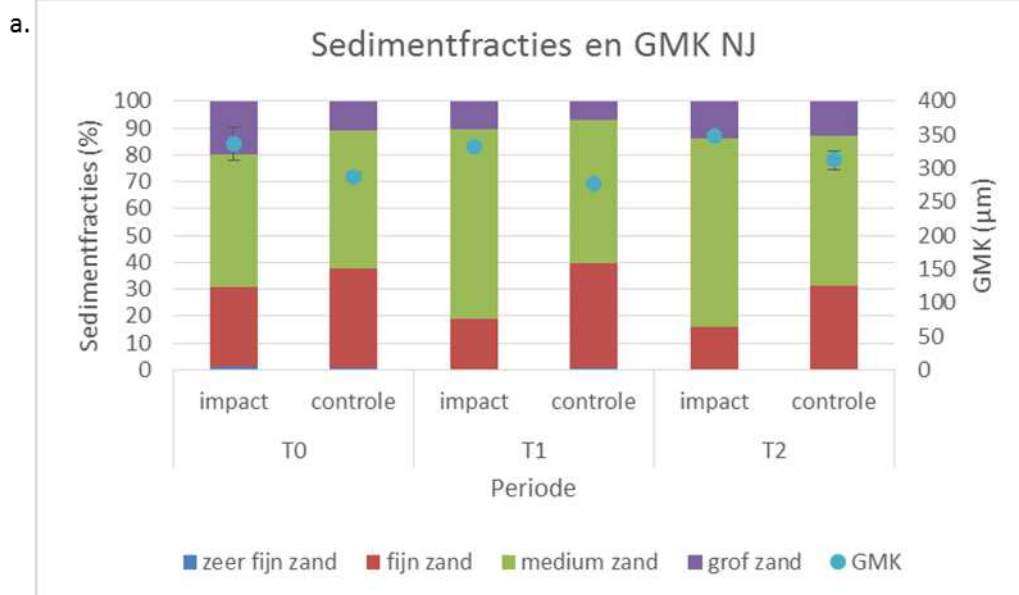
Er wordt geen significant interactie effect “periode x gebied” gevonden voor de mediane korrelgrootte, het gehalte organisch koolstof en het gehalte organisch materiaal (Tabel 6). Het impact strand heeft gemiddeld een hogere mediane korrelgrootte en dit tijdens elke periode (Tabel 7). Verder vinden we een lichte toename in de mediane korrelgrootte op het impactstrand tijdens de studieperiode die voornamelijk te wijten is aan de toename in de medium zand fractie tussen T0 en T1 (Figuur 10.a). Het gehalte organisch koolstof en het gehalte organisch materiaal verschillen significant tussen de drie periodes, en dat voor beide gebieden. TOC vertoont een piek op T1 in beide gebieden, terwijl het gehalte TOM in beide gebieden het laagst is tijdens deze periode (Figuur 10.b,c). Het gehalte organische koolstof in het sediment op het impactstrand is significant lager op T2 dan op T0 (Figuur 10, c).

Tabel 6. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in mediane korrelgrootte (GMK), het gehalte aan organische koolstof (TOC) en organische materiaal (TOM) in functie van de factoren periode en gebied tijdens het najaar ($p < 0.05$ is significant).

variabele	periode x gebied	periode	gebied
GMK	0,917	0,147	0,078
TOC	0,163	0,001	0,353
TOM	0,874	0,002	0,737

Tabel 7. Gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK, μm), gemiddeld gehalte organisch koolstof (TOC, %) en het gehalte organisch materiaal (TOM, %) in het sediment $\pm$ standaardfout in impact en controlegebied in het najaar.

GMK	T0 najaar 2013	T1 najaar 2014	T2 najaar 2015
Impact	337 $\pm$ 25,025	332 $\pm$ 3,632	349 $\pm$ 7,457
Controle	288 $\pm$ 5,602	277 $\pm$ 3,670	312 $\pm$ 13,718
TOC			
Impact	0,116 $\pm$ 0,008	0,186 $\pm$ 0,013	0,074 $\pm$ 0,004
Controle	0,111 $\pm$ 0,007	0,185 $\pm$ 0,013	0,103 $\pm$ 0,009
TOM			
Impact	1,360 $\pm$ 0,463	0,387 $\pm$ 0,020	0,787 $\pm$ 0,135
Controle	1,321 $\pm$ 0,429	0,430 $\pm$ 0,015	0,582 $\pm$ 0,066



Figuur 10. Abiotische sedimenteigenschappen op het impact (im) en controle (co) strand tijdens het najaar (NJ) gedurende de studieperiode; (a) gemiddelde korrelgrootte (GMK) en sedimentsamenstelling (%); (b) het gehalte organisch materiaal, en (c) het gehalte organische koolstof.

Voorjaar

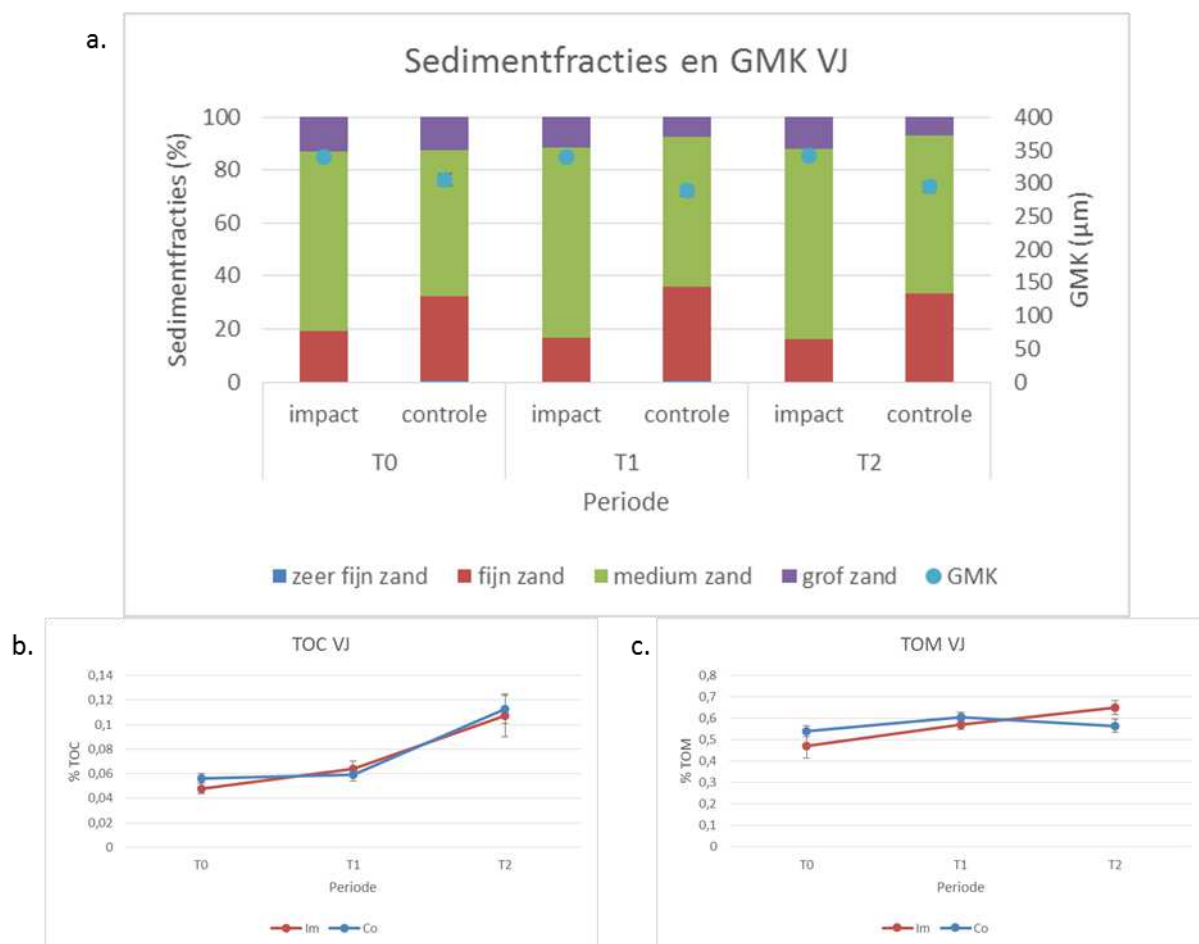
Tabel 8. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in mediane korrelgrootte (GMK), het gehalte aan organische koolstof (TOC) en organische materiaal (TOM) in functie van de factoren periode en gebied tijdens het voorjaar ($p < 0.05$ is significant).

variabele	periode x gebied	periode	gebied
GMK	0,956	0,878	0,001
TOC	0,809	0,001	0,815
TOM	0,072	0,008	0,821

Er wordt geen significant interactie effect “periode x gebied” gevonden voor de mediane korrelgrootte, het gehalte organisch koolstof en het gehalte organisch materiaal (Tabel 8). De sedimentsamenstelling op het impact strand bevat een hogere fractie medium zand en heeft een significant hogere mediane korrelgrootte tijdens elke periode (Tabel 9, Figuur 11,a). Het gehalte organisch koolstof en het gehalte organisch materiaal verschillen significant tussen de drie periodes, en dat voor beide gebieden (Tabel 8). We zien een duidelijke toename in TOC van T1 tot T2 voor beide gebieden waardoor de TOC waarden significant hoger zijn in T2 dan in T0 (beide gebieden: $p=0,001$) (Figuur 11, b). Dezelfde trend wordt gevonden voor TOM ($p=0,013$) in het impact gebied (Figuur 11, c).

Tabel 9. Gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK, μm), gemiddeld gehalte organisch koolstof (TOC, %) en het gehalte organisch materiaal (TOM, %) in het sediment $\pm$ standaardfout in impact en controlegebied in het voorjaar.

GMK	T0 voorjaar 2014	T1 voorjaar 2015	T2 voorjaar 2016
Impact	339 $\pm$ 6,168	340 $\pm$ 3,278	342 $\pm$ 4,283
Controle	306 $\pm$ 8,851	289 $\pm$ 7,788	295 $\pm$ 8,195
TOC			
Impact	0,048 $\pm$ 0,004	0,064 $\pm$ 0,006	0,107 $\pm$ 0,017
Controle	0,056 $\pm$ 0,004	0,059 $\pm$ 0,005	0,113 $\pm$ 0,012
TOM			
Impact	0,470 $\pm$ 0,057	0,569 $\pm$ 0,022	0,650 $\pm$ 0,033
Controle	0,539 $\pm$ 0,026	0,604 $\pm$ 0,024	0,564 $\pm$ 0,031



Figuur 11. Abiotische sedimenteigenschappen op het impact (im) en controle (co) strand tijdens het voorjaar (VJ) gedurende de studieperiode; (a) gemiddelde korrelgrootte (GMK) en sedimentsamenstelling (%); (b) het gehalte organische materiaal, en (c) het gehalte organische koolstof.

3.2.3 Fysico-chemie in het subtidaal

Tabel 10. GMK (μm), %TOM, %TOC met standaardfout voor het subtidaal voor de 3 strata samen.

		Najaar			Voorjaar		
		T0 2013	T1 2014	T2 2015	T0 2014	T1 2015	T2 2016
GMK	Mariakerke (I)	149,91 $\pm$ 11,76	189,06 $\pm$ 17,74	193,86 $\pm$ 16,37	131,57 $\pm$ 19,39	168,68 $\pm$ 19,20	185,87 $\pm$ 11,32
	Bredene (C)	167,58 $\pm$ 23,11	209,10 $\pm$ 19,83	253,65 $\pm$ 12,35	193,21 $\pm$ 18,92	213,93 $\pm$ 16,85	206,63 $\pm$ 14,25
%TOC	Mariakerke (I)	0,59 $\pm$ 0,12	0,30 $\pm$ 0,10	0,24 $\pm$ 0,05	0,61 $\pm$ 0,12	0,49 $\pm$ 0,09	0,41 $\pm$ 0,08
	Bredene (C)	0,57 $\pm$ 0,18	0,43 $\pm$ 0,11	0,12 $\pm$ 0,04	0,37 $\pm$ 0,13	0,33 $\pm$ 0,12	0,29 $\pm$ 0,07
%TOM	Mariakerke (I)	2,09 $\pm$ 0,35	3,86 $\pm$ 0,88	1,95 $\pm$ 0,27	2,13 $\pm$ 0,39	2,63 $\pm$ 0,40	1,53 $\pm$ 0,26
	Bredene (C)	2,18 $\pm$ 0,68	2,63 $\pm$ 0,73	1,35 $\pm$ 0,76	1,50 $\pm$ 0,50	1,03 $\pm$ 0,25	1,95 $\pm$ 0,32

Dit hoofdstuk beschrijft de observatie in gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK), de sedimentfractie verdeling, totaal organisch koolstof (TOC) en totaal organisch materiaal (TOM) voor de verschillende periodes (jaren en seizoenen) in de drie diepte strata van het subtidaal. In het algemeen, neemt de GMK toe in beide seizoenen in de loop van de tijd zowel in het controlegebied als in het impactgebied, be-

halve in het voorjaar in het controle gebied (T1 een iets hogere GMK dan T2) (Tabel 10). Qua sedimentfracties, blijkt dat zowel het controlegebied als het impactgebied vooral bestaat uit fijn en medium zand, met in bepaalde zones of op bepaalde tijdstippen een verhoogde slib concentratie. Qua TOM en TOC observeren we geen uitgesproken verschillen tussen de staalname tijdstippen zowel in Mariakerke als in Bredene.

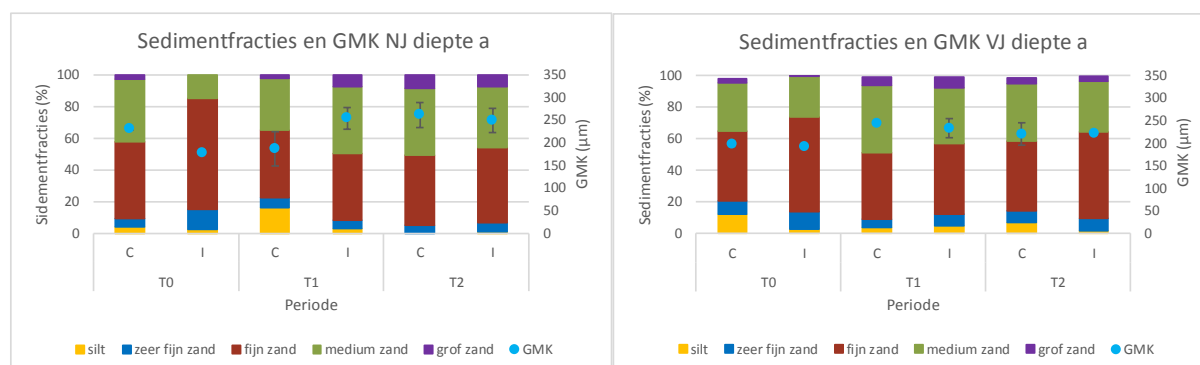
Diepte stratum a

Tabel 11. Gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK)(μm), %TOM en %TOC met standaardfout in diepte stratum a

		Najaar			Voorjaar		
		T0	T1	T2	T0	T1	T2
GMK	C	230,9 $\pm$ 2,82	186,3 $\pm$ 38,6	261,6 $\pm$ 27,67	198,4 $\pm$ 6,18	244,0 $\pm$ 21,8	220,3 $\pm$ 85,47
	I	177,7 $\pm$ 0,89	253,7 $\pm$ 23,40	248,2 $\pm$ 26,57	192,8 $\pm$ 5,28	233,3 $\pm$ 24,38	221,7 $\pm$ 20,05
%TOM	C	0,75 $\pm$ 0,1	3,43 $\pm$ 1,36	1,12 $\pm$ 0,16	1,22 $\pm$ 0,25	1,23 $\pm$ 0,42	1,69 $\pm$ 0,36
	I	0,74 $\pm$ 0,18	1,83 $\pm$ 0,59	1,63 $\pm$ 0,57	0,67 $\pm$ 0,04	1,615 $\pm$ 0,67	1,22 $\pm$ 0,27
%TOC	C	0,17 $\pm$ 0,03	0,13 $\pm$ 0,05	0,08 $\pm$ 0,01	0,29 $\pm$ 0,06	0,21 $\pm$ 0,11	0,26 $\pm$ 0,06
	I	0,17 $\pm$ 0,06	0,40 $\pm$ 0,15	0,09 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,03	0,21 $\pm$ 0,02

Qua sedimentologie wordt diepte stratum a in T0 najaar (Figuur 12) voor het controle gebied gekenmerkt door fijn en medium zand. In T0 voorjaar werd er echter een hogere slibconcentraties gemeten, wat een lagere GMK geeft ten opzichte van T0 najaar. Deze slib fractie is nog groter in T1 najaar. Hierna (T1 en T2 voorjaar en T2 najaar) is de GMK en sedimentfractie verdeling in deze zone gelijkaardig, met lage slibconcentratie, maar wel hoger aandeel grof zand.

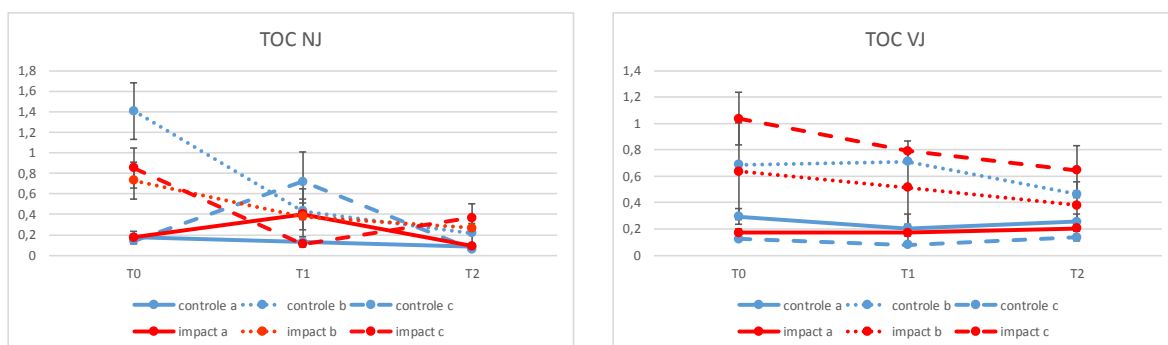
In het impact gebied is T0 najaar en voorjaar gekenmerkt qua sedimentsamenstelling door hoge fractie fijn zand (rond 70%), wat voor een GMK tussen de 177 en 193 μm zorgt. In beide seizoenen van T1 is er een sterke verhoging van de GMK (tot 253 μm) vastgesteld, door een toename van het aandeel medium en grof zand in deze zone. Deze sedimentologische situatie is ook te zien in de T2 periode. Over de hele periode, is de GMK gestegen tussen T0 en T1 en blijft dan relatief constant (licht dalend) tussen T1 en T2 in beide seizoenen.



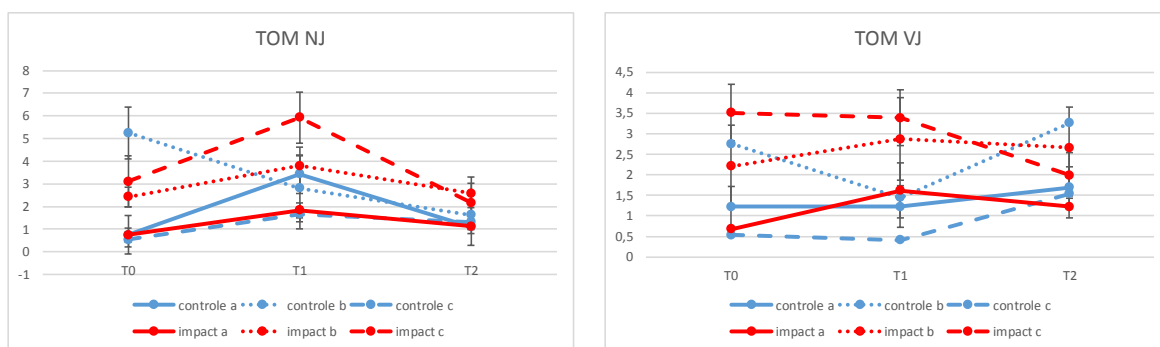
Figuur 12. Sedimentfracties (%) en GMK (μm) in diepte a in het najaar (links) en het voorjaar (rechts)

In het voorjaar blijken de TOM-waarden in het controle bij diepte a min of meer stabiel te blijven over de periode, terwijl in het impact ze zijn toegenomen ten opzichte van de T0 meting. De TOC-waarden zijn zeer gelijkaardig over de periodes heen en dit zowel bij impact als bij controle. In het najaar, zijn de TOM-waarden duidelijk hoger in de T1 periode zowel bij controle als impact, maar met grootte

standaardfout, wat wijst op een hoge variabiliteit. In de T0 meting waren de TOM-waarden het laagst. Voor TOC zien we een daling in de waarden over de studieperiode, behalve in het impact gebied in de T1 meting. De TOM en TOC waarden zijn over het algemeen sterk gelijkaardig tussen controle en impact gebied voor stratum a.



Figuur 13. Abiotische variabele TOC in periode T0, T1 en T2 in het najaar (links) en het voorjaar (rechts) voor dieptestratum a, b en c



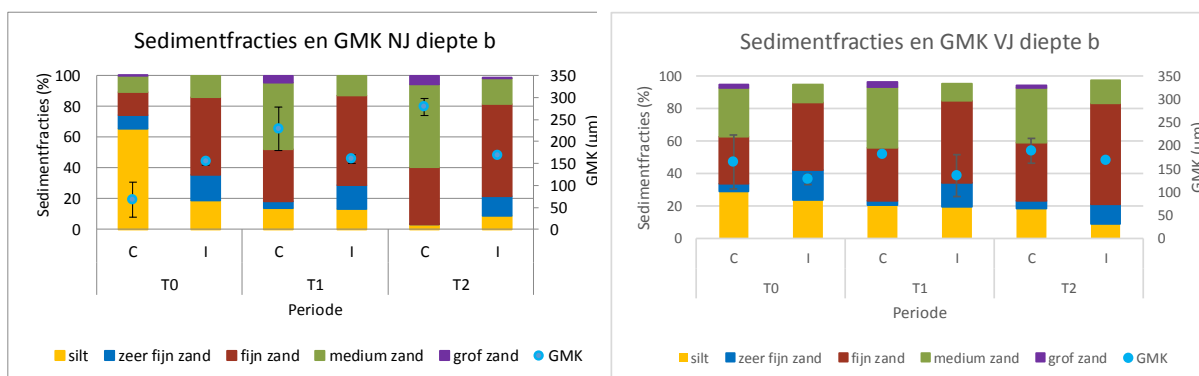
Figuur 14. Abiotische variabele TOM in periode T0, T1 en T2 in het najaar (links) en het voorjaar (rechts) voor dieptestratum a, b en c

Diepte stratum b

Tabel 12. Gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK)(μm), %TOM en %TOC met standaardfout in diepte stratum b

		Najaar			Voorjaar		
		T0	T1	T2	T0	T1	T2
GMK	C	67,13 $\pm$ 39,47	228,83 $\pm$ 49	279,15 $\pm$ 19,21	164,35 $\pm$ 57,91	181,49 $\pm$ 44,88	189,15 $\pm$ 43,93
	I	153,48 $\pm$ 6,99	160,30 $\pm$ 9,09	167,75 $\pm$ 3,17	127,87 $\pm$ 11,04	136,05 $\pm$ 26,46	169,37 $\pm$ 5,37
%TOM	C	5,25 $\pm$ 1,14	2,81 $\pm$ 1,80	1,31 $\pm$ 0,13	2,76 $\pm$ 1,37	1,45 $\pm$ 0,60	3,26 $\pm$ 1,52
	I	2,42 $\pm$ 0,3	3,80 $\pm$ 0,63	1,12 $\pm$ 0,55	2,21 $\pm$ 0,32	2,87 $\pm$ 0,59	2,66 $\pm$ 0,66
%TOC	C	1,41 $\pm$ 0,28	0,43 $\pm$ 0,08	0,22 $\pm$ 0,12	0,69 $\pm$ 0,37	0,71 $\pm$ 0,28	0,47 $\pm$ 0,18
	I	0,73 $\pm$ 0,18	0,38 $\pm$ 0,27	0,27 $\pm$ 0,04	0,64 $\pm$ 0,11	0,51 $\pm$ 0,18	0,38 $\pm$ 0,07

De slibfractie in diepte stratum b (Figuur 15, Tabel 12) is zowel in het controle als impact gebied duidelijk hoger dan in diepte stratum a. Het aandeel grof zand is over de hele periode zeer laag, vooral in het impact gebied. In het controle gebied daalt de slibfractie duidelijk (vooral in de waarnemingen van het najaar) en neemt de fracties fijn zand, medium zand en grof zand in aandeel toe over de tijd. In het impact gebied neemt de GMK licht toe over de ganse studieperiode (van 153 naar 169 μm), vooral door een toename van de fijne zand fractie. Over het algemeen blijken de sedimentologische kenmerken in het impact gebied voor diepte stratum b zeer gelijkaardig.



Figuur 15. Sedimentfracties (%) en GMK(µm) in diepte b in het najaar (links) en het voorjaar (rechts).

In stratum b volgt de variabele TOC (Figuur 13) in het voorjaar in de loop van de tijd hetzelfde patroon in het controle en het impactgebied. Bij de variabele TOM (Figuur 14) is er in het controlegebied in het voorjaar een daling van de waarde tussen T0 en T1 en vervolgens opnieuw een sterke stijging tussen T1 en T2. In het impactgebied blijft TOM in de loop van de tijd min of meer stabiel.

Diepte stratum c

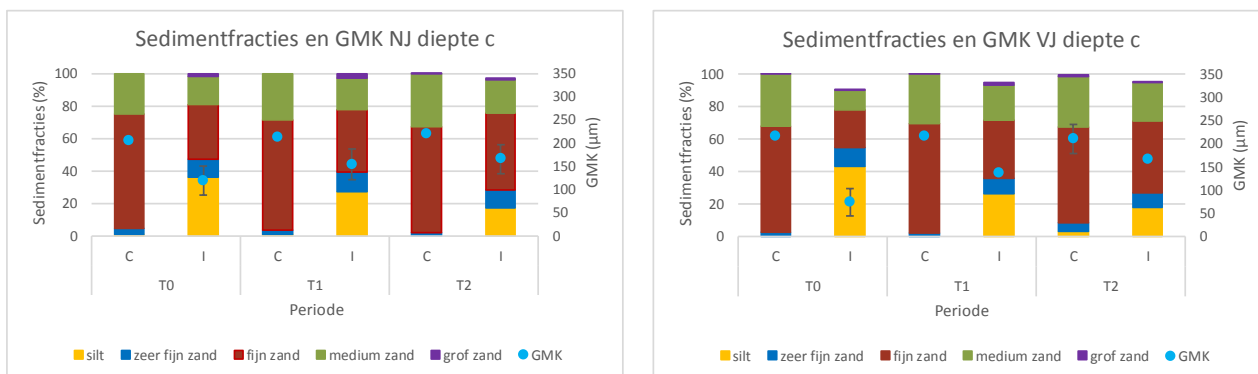
In het diepste stratum (diepte c) zijn de sedimentologische kenmerken in controle en impact het minst variabel in de tijd. Het controlegebied wordt voornamelijk gekenmerkt door fijn en medium zand fractie, zowel in het najaar als het voorjaar, dat relatief stabiel over de tijd blijft. Het aandeel slib en grof zand blijft over de hele periode zo goed als nihil.

In het impact gebied, is diepte stratum c gekenmerkt door relatief hoge slibfractie en lage GMK. De slibfractie is het hoogst in de T0 periode (zowel najaar als voorjaar). In de T1 en T2 periode is dit aandeel verminderd en neemt het aandeel fijn zand licht toe. Hierdoor neemt de GMK licht toe over de hele studieperiode (van respectievelijk 118 en 74 in T0 naar rond de 165 in T2 na- en voorjaar).

In het voorjaar is er zowel voor TOM (Figuur 14) als TOC (Figuur 13) een groot verschil tussen het controle en impactgebied. Het controlegebied vertoont lage TOM/TOC waarden terwijl de waarden voor het impactgebied veel hoger liggen. TOC blijft in de loop van de tijd min of meer stabiel; TOM blijft stabiel tussen T0 en T1 maar stijgt sterk in het controlegebied en daalt sterk in het impactgebied in T2.

Tabel 13. Gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK,µm), %TOM en %TOC met standaardfout in diepte stratum c

		Najaar			Voorjaar		
		T0	T1	T2	T0	T1	T2
GMK	C	204,72 ± 3,94	212,21 ± 2,20	220,23 ± 3,24	216,94 ± 3,27	216,32 ± 2,15	210,46 ± 1,47
	I	118,63 ± 31,02	153,20 ± 33,20	165,57 ± 31,42	74,01 ± 30,03	136,72 ± 31,79	166,52 ± 20,8
%TOM	C	0,54 ± 0,03	1,66 ± 0,25	2,58 ± 0,41	0,51 ± 0,07	0,40 ± 0,02	1,54 ± 0,41
	I	3,11 ± 0,65	5,93 ± 2,31	2,16 ± 0,17	3,51 ± 0,69	3,39 ± 0,68	1,98 ± 0,55
%TOC	C	0,14 ± 0,02	0,72 ± 0,29	0,06 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,14 ± 0,02
	I	0,85 ± 0,19	0,11 ± 0,01	0,37 ± 0,14	1,04 ± 0,20	0,79 ± 0,08	0,65 ± 0,19



Figuur 16. Sedimentfracties (%) en GMK(µm) in diepte c in het najaar (links) en het voorjaar (rechts)

Statistische test

Als we deze observaties statistisch testen dan vinden we voor beide seizoenen dat GMK, TOM en TOC een significant verschil vertonen voor de factoren periode en diepte (

Tabel 14). Enkel in het najaar vinden we ook significante verschillen in de interactietermen.

Voor GMK najaar vinden we een significant verschil tussen de interactie gebied (controle/impact) en dieptestratum (a,b,c). Uit de pairwise testen blijkt dat er binnen diepte c over de periodes heen een verschil is tussen controle en impact ($p=0.0013$). Voor de diepte a en b is er geen significant verschil waarneembaar. Voor de gemiddelde mediane korrelgrootte zijn er geen significante verschillen voor de interactiefactoren periode x diepte en periode x gebied.

Voor TOM najaar is er een significant verschil tussen de interactie gebied en dieptestratum. Uit de pairwise testen kunnen we zien dat er enkel bij diepte c ($p=0.0002$) een significant verschil is tussen controle en impact over de periodes heen. Voor de interactiefactor periode x diepte is er ook een significant verschil. Wanneer we dit in detail bekijken (pairwise test), zien we tussen alle dieptes (a&b: $p=0.0001$; a&c: $p=0.001$; b&c: $p=0.0023$) significante verschillen in T0; in T2 is er een significant verschil tussen dieptestratum a en b ($p=0.0266$) en a & c ($p=0.0269$). In T1 zijn er geen significante verschillen.

Voor de variabele TOC vinden we geen significant verschil tussen gebied x diepte maar wel voor de andere interactiefactoren. Voor de interactiefactor diepte x periode is er binnen T0 tussen alle dieptestrata een significant verschil waarneembaar (a&b: $p=0.0001$; a&c: $p=0.0019$; b&c: $p=0.0019$). In T1 zijn er geen significante verschillen; in T2 is er een significant verschil tussen diepte a & b ($p=0.0184$) en een licht significant verschil tussen diepte a & c ($p=0.0446$). Ook voor de interactiefactor periode x gebied werden significante verschillen waargenomen. In het controlegebied is er een significant verschil tussen T0 en T2 ($p=0.0001$) en tussen T1 en T2 ($p=0.0003$). Voor het impactgebied is er geen significant verschil tussen T1 en T2 maar wel tussen de periode T0 en T1 ($p=0.0122$) en T0 en T2 ($p=0.0003$).

Tabel 14. Overzicht van de significantie waarden voor de factoren (periode, diepte en gebied) in het najaar ($p<0.05$ is significant).

	variabele	periode	gebied	diepte	periode x gebied	periode x diepte	gebied x diepte	periode x gebied x diepte
Najaar	GMK	0,0009	0,0628	0,0021	0,2711	0,0661	0,0291	0,0009
	TOM	0,002	0,0268	0,0003	0,5615	0,0402	0,0006	0,0181
	TOC	0,0001	0,5026	0,0001	0,0365	0,0018	0,05	0,0002
Voorjaar	GMK	0,0051	0,0702	0,004	0,1802	0,7635	0,0705	0,2518
	TOM	0,0058	0,0775	0,0024	0,1869	0,7592	0,0691	0,2538
	TOC	0,0056	0,0769	0,0044	0,174	0,762	0,066	0,2547

3.3 Macrobenthos

3.3.1 Intertidaal

In de T0 situatie worden er in het intertidaal in het totaal 20 taxa gevonden (impact: 15; controle: 15). In de T1 situatie zijn 17 taxa aanwezig (impact: 16; controle: 14) en op T2 18 taxa (impact: 10; controle: 18).

Najaar

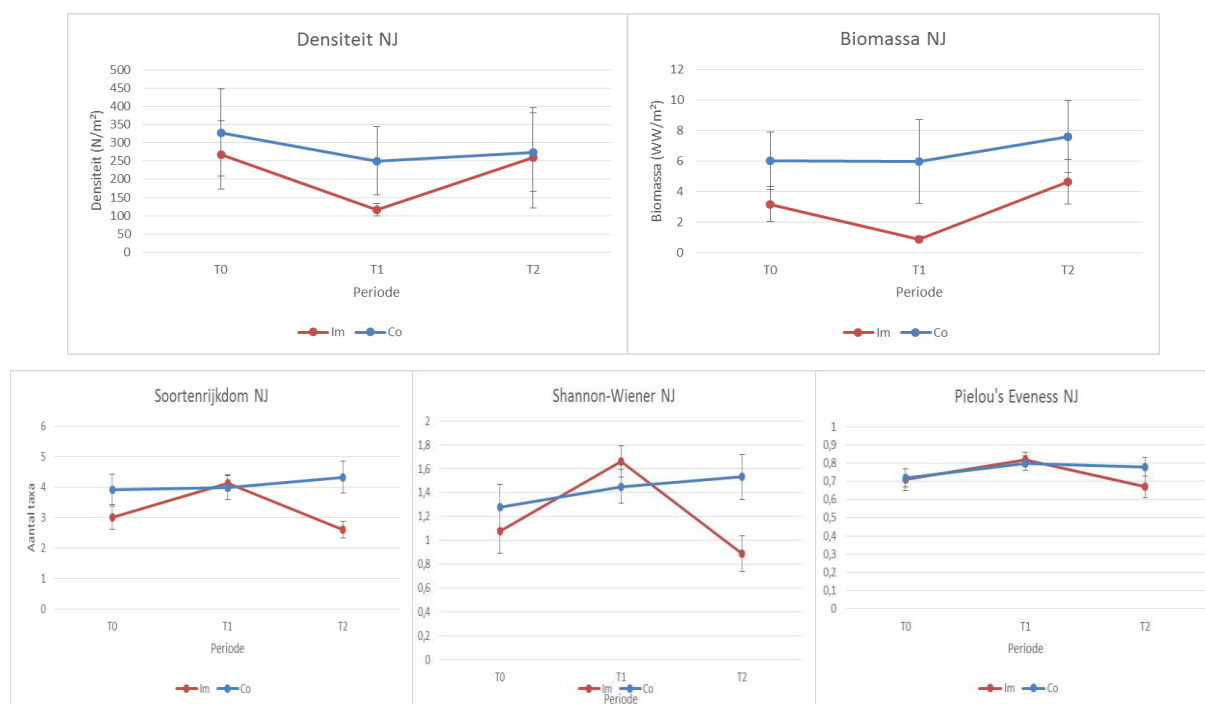
Tabel 15. Totaal aantal taxa, gemiddelde diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa $\pm$ standaardfout per gebied per periode voor het intertidale macrobenthos in het najaar (= gemiddeldes van de stalen met > 1 soort; ()=aantal stalen met 1 soort die verwijderd werden: zie materiaal en methode).

NAJAAR	Ge-bied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/m ²)	Biomassa (WW/m ²)	H	J'
2013 T0	I	13	3,0 $\pm$ 0,39	267,06 $\pm$ 93,76	3,18 $\pm$ 1,13	1,08 $\pm$ 0,19	0,71 $\pm$ 0,06° (2)
	C	15	3,93 $\pm$ 0,51	328,13 $\pm$ 120,02	6,01 $\pm$ 1,89	1,28 $\pm$ 0,19	0,72 $\pm$ 0,05° (2)
2014 T1	I	14	4,13 $\pm$ 0,25	116,31 $\pm$ 17,42	0,89 $\pm$ 0,21	1,66 $\pm$ 0,13	0,82 $\pm$ 0,04
	C	14	4 $\pm$ 0,41	250,16 $\pm$ 93,71	5,99 $\pm$ 2,75	1,45 $\pm$ 0,14	0,80 $\pm$ 0,04° (1)
2015 T2	I	9	2,60 $\pm$ 0,27	258,61 $\pm$ 137,98	4,64 $\pm$ 1,45	0,89 $\pm$ 0,15	0,67 $\pm$ 0,06° (1)
	C	17	4,33 $\pm$ 0,53	274,20 $\pm$ 107,21	7,60 $\pm$ 2,36	1,53 $\pm$ 0,19	0,78 $\pm$ 0,05° (1)

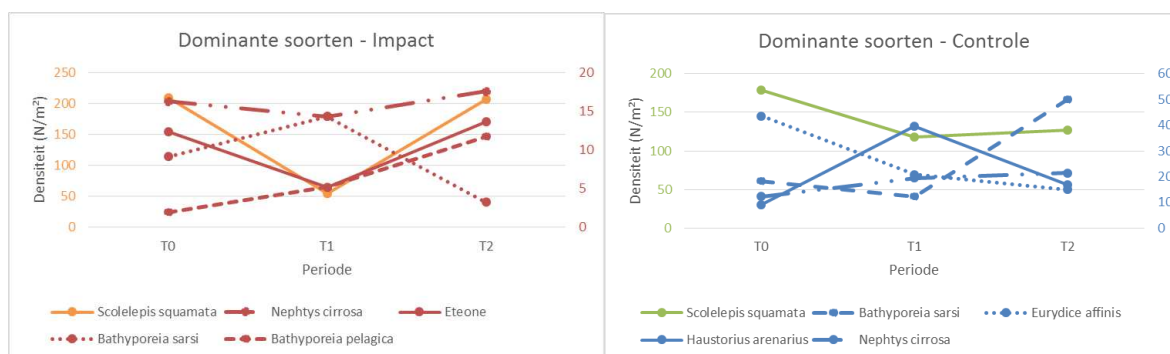
Over het algemeen loopt het patroon voor de parameters in controle en impact gebied gelijkaardig, maar met lagere waarden in het impact gebied (behalve diversiteit in T1) (Figuur 18). Een significant periode x gebied interactie effect wordt gevonden voor de Shannon-Wiener diversiteitsindex (Tabel 16), welke neemt toe in het impactgebied tussen T0 en T1 en daalt vervolgens significant tussen T1 en T2 ($p=0,021$). Dit in tegenstelling tot het controlegebied waar geen significante temporele veranderingen worden gevonden (Figuur 17). Verder is de soortenrijkdom en biomassa telkens significant hoger in het controlegebied, behalve voor T1 wanneer er geen significant verschil in soortenrijkdom is tussen beide gebieden. De hogere biomassa in het controle gebied wordt voornamelijk bepaald door de hoge aanwezigheid van *Macoma balthica* (gemiddelde densiteit over de drie periodes: 4,98 ind/m²) terwijl deze soort slechts een gemiddelde densiteit van 0,65 ind/m² over de drie periodes kent in het impactgebied. Voor evenness en densiteit worden geen significante effecten van gebied en periode gevonden (Tabel 16). Opmerkelijk is evenwel de lage densiteit aan *Scolecopsis squamata* op T1 in het impactgebied ten opzichte van de aanwezige densiteit op T0 en T2. *Eteonea longa* vertoont een zelfde temporeel patroon terwijl een lichte stijging tussen T0 en T1 gevonden wordt voor *Bathyporeia sarsi* en *Bathyporeia pelagica* (Figuur 18). Ook in het controle gebied is de densiteit aan *S. squamata* lager op T1 dan op T0 maar deze daling is minder uitgesproken dan voor het impactgebied. Ten slotte vinden we opvallend meer taxa (+8) op T2 in het controle gebied in vergelijking met het impact gebied (Tabel 15).

Tabel 16. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in intertidale macrobenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, shannon-wiener diversiteit en Pielou's evenness in functie van de factoren periode en gebied tijdens het najaar ($p<0,05$ is significant).

INTERTIDAAL Najaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Soortenrijkdom S	0,076	0,240	0,013
Densiteit N*	0,887	0,838	0,644
Biomassa	0,768	0,366	0,015
H*	0,049	0,048	0,135
J'	0,489	0,200	0,514



Figuur 17. Gemiddelde macrobenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het intertidaal in het najaar in het impact (im) en controle (co) gebied.



Figuur 18. Gemiddelde densiteit van de vijf meest voorkomende macrobenthos soorten in het intertidaal in het impact (links) en controle (rechts) gebied in het najaar

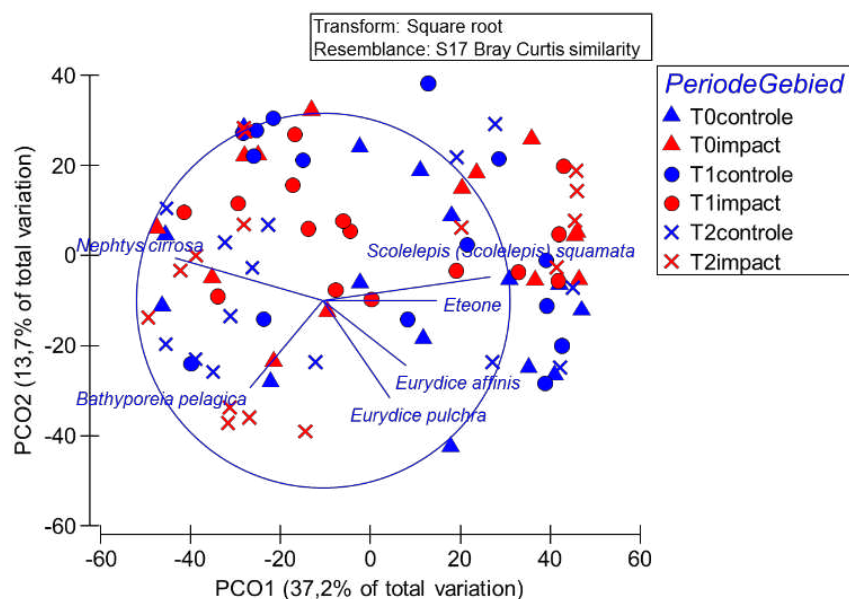
Multivariate analyses

Tabel 17. Densiteit van de dominante macrobenthos soorten (aantal/m²) in het intertidaal tijdens het najaar in impact en controle gebied op de verschillende tijdstippen.

Densiteit dominante soorten (aantal/m²)	T0		T1		T2	
	impact	controle	impact	controle	impact	controle
<i>Scolelepis squamata</i>	209,23	178,69	53,93	118,26	205,98	127,36
<i>Nephtys cirrosa</i>	16,24	12,35	14,29	19,49	17,54	21,44
<i>Eteone</i>	12,35	1,30	5,20	1,30	13,65	3,25
<i>Bathyporeia sarsi</i>	9,10	18,19	14,29	12,35	3,25	50,03
<i>Bathyporeia pelagica</i>	1,95	2,60	5,20	2,60	11,70	7,15
<i>Eurydice affinis</i>	0,00	43,53	0,65	20,79	0,65	14,94
<i>Haustorius arenarius</i>	0,65	9,10	0,65	39,64	1,95	16,89

De gemeenschappen aanwezig in het impact en controle gebied verschillen significant van elkaar en ook wordt een significant periode effect in beide gebieden gevonden (Tabel 18). In beide gebieden is *S. squamata* de meest dominante soort maar het aandeel van de andere aanwezige soorten verschilt sterk tussen beide gebieden. Terwijl in het controle gebied *Eurydice affinis* (T0), *Haustorius arenarius*

(T1) of *B. sarsi* (T2) de tweede meest dominante soort zijn is dit *Nephtys cirrosa* in het impactgebied in alle perioden (Tabel 17). In de PCO plot (Figuur 19) is de gradatie in voorkomen van de dominante soorten van hoog naar laag strand zichtbaar in elke periode.



Figuur 19. PCO plot van de intertidal macrobenthos gemeenschap in het najaar. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlaties en enkel de soorten met correlatie > 0,5 worden weergegeven.

Tabel 18. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in gemeenschappen in de intertidale macrobenthos gemeenschap in het najaar ($p < 0.05$ is significant).

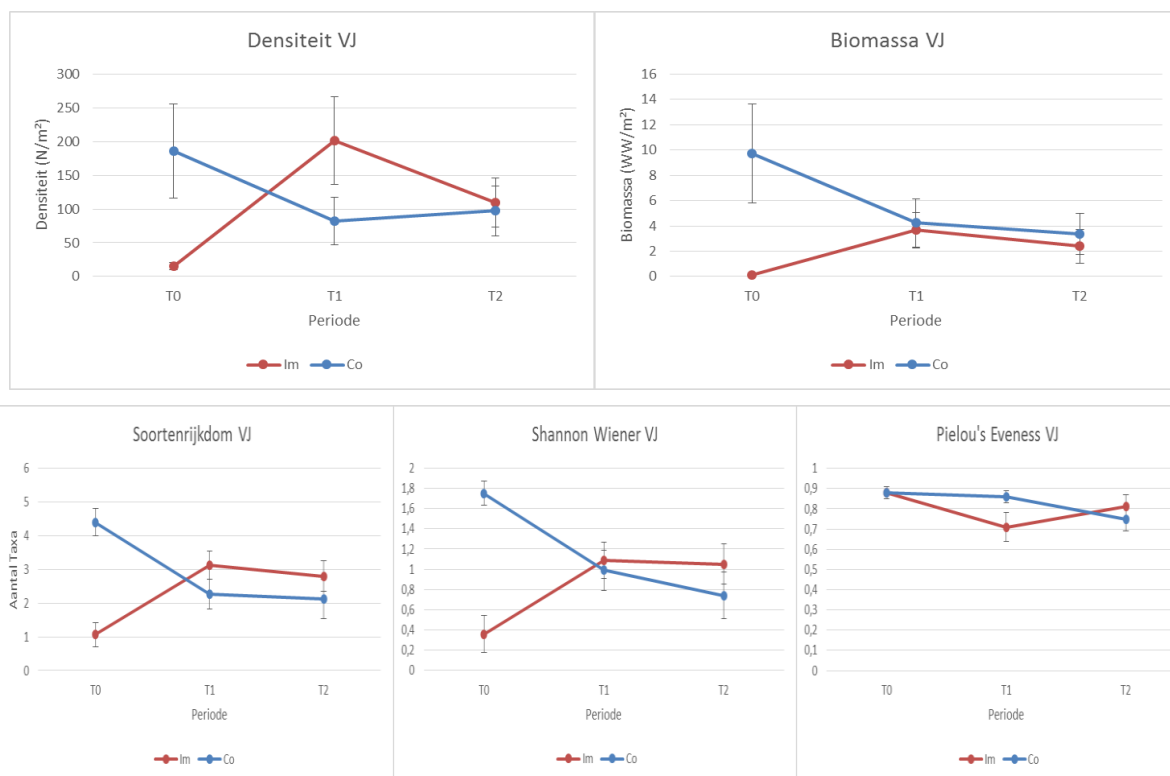
INTERTIDAAAL Najaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Gemeenschappen	0,398	0,029	0,014

Voorjaar

Een significant periode x gebied interactie effect is aanwezig voor soortenrijkdom, densiteit en Shannon Wiener diversiteit (Tabel 20). Op T0 is elk van deze variabelen significant hoger in het controle dan in het impact gebied (Figuur 20). Deze verschillen verdwijnen in T1 en T2. Voor de biomassa wordt eenzelfde trend gevonden (periode x gebied: $p = 0.05$). De evenness verschilt niet tussen de gebieden en de verschillende periodes. Opmerkelijk is dat alle dominant soorten in hogere aantallen voorkomen op T1 dan op T0 in het impactgebied terwijl de tegenovergestelde trend gevonden wordt voor het controle gebied (Figuur 21).

Tabel 19. Totaal aantal taxa, gemiddelde diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa $\pm$ standaardfout per gebied per periode voor het intertidale macrobenthos in het voorjaar ($^{\circ}$ = gemiddeldes van de stalen met > 1 soort; $()$ =aantal stalen met 1 soort die verwijderd werden: zie materiaal en methode).

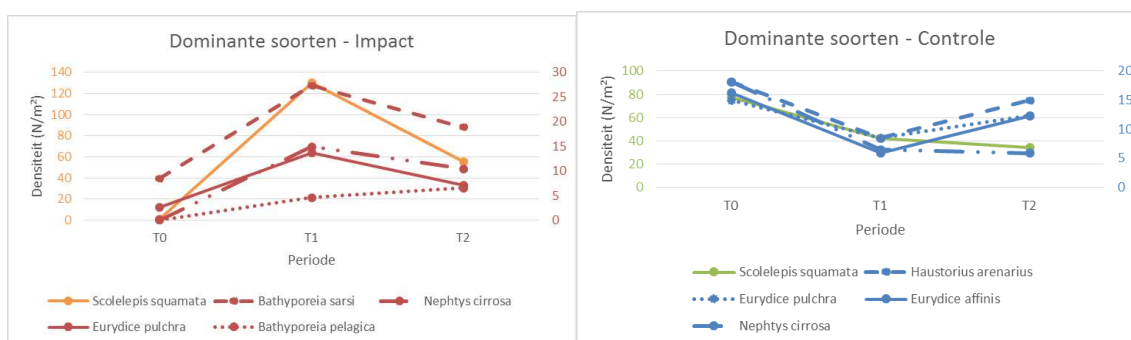
VOORJAAR	Ge-bied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/m ²)	Biomassa (WW/m ²)	H	J'
2014 T0	I	6	1,07 $\pm$ 0,36	15,59 $\pm$ 5,19	0,10 $\pm$ 0,05	0,36 $\pm$ 0,18	0,88 $\pm$ 0,03 [°] (11)
	C	11	4,4 $\pm$ 0,41	185,83 $\pm$ 69,91	9,73 $\pm$ 3,91	1,75 $\pm$ 0,12	0,88 $\pm$ 0,03
2015 T1	I	11	3,13 $\pm$ 0,41	201,43 $\pm$ 64,59	3,66 $\pm$ 1,42	1,09 $\pm$ 0,18	0,71 $\pm$ 0,07 [°] (2)
	C	10	2,27 $\pm$ 0,45	81,87 $\pm$ 35,23	4,24 $\pm$ 1,91	0,99 $\pm$ 0,20	0,86 $\pm$ 0,03 [°] (5)
2016 T2	I	10	2,8 $\pm$ 0,46	109,81 $\pm$ 36,70	2,38 $\pm$ 1,36	1,05 $\pm$ 0,20	0,81 $\pm$ 0,06 [°] (4)
	C	11	2,13 $\pm$ 0,58	97,46 $\pm$ 36,84	3,34 $\pm$ 1,62	0,74 $\pm$ 0,23	0,75 $\pm$ 0,06 [°] (7)



Figuur 20. Gemiddelde macrobenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het intertidaal in het voorjaar in het impact (im) en controle (co) gebied.

Tabel 20. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in intertidale macrobenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon Wiener diversiteit en Pielou's evenness in functie van de factoren periode en gebied tijdens het voorjaar ($p < 0.05$ is significant).

INTERTIDAAAL Voorjaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Soortenrijkdom S	0,001	0,818	0,112
Densiteit N	0,007	0,618	0,737
Biomassa	0,050	0,632	0,021
H	0,001	0,612	0,035
J'	0,223	0,319	0,584



Figuur 21. Gemiddelde densiteit van de vijf meest voorkomende macrobenthos soorten in het intertidaal in het impact (links) en controle (rechts) gebied in het voorjaar.

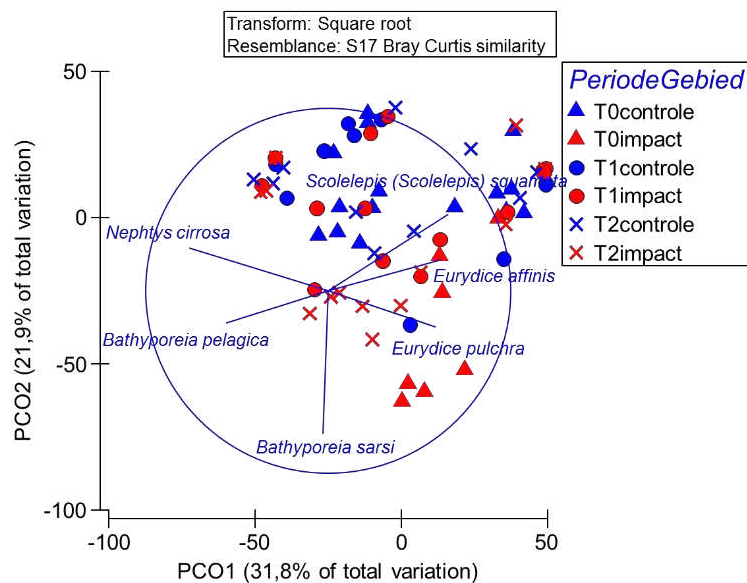
Multivariate analyses

De gemeenschappen aanwezig in het impact en controlegebied vertonen een significant gebied x periode interactie (Tabel 22). De gemeenschap van het impact gebied is soortenarm op T0 en de aanwezige soorten komen slechts voor in lage aantallen in vergelijking met de controle gemeenschap. Nadien wordt de gemeenschap in het impactgebied soortenrijker en worden hogere aantallen individuen van de verschillende soorten gevonden. Bijgevolg is er een significante verandering tussen T0 en T1 ($p=0,001$) en T0 en T2 ($p=0,001$). We vinden geen significante verschillen in tijd voor het controle gebied. Daarnaast, verschilt de gemeenschap van het impact gebied significant van die van het controle gebied in de T0 situatie ($p=0,001$), maar niet in T1 en T2.

In beide gebieden is *S. squamata* de meest dominante soort maar het aandeel van de andere aanwezige soorten verschilt sterk tussen beide gebieden. *Bathyporeia sarsi* is telkens de tweede meest dominante soort in de gemeenschap van het impactgebied terwijl in het controle gebied *E. pulchra* (T1) en/of *H. arenarius* (T1, T2)) is (Tabel 21). De gradient in het voorkomen van de dominante soorten van hoog naar laag strand is weerspiegeld in de PCO, maar minder duidelijk dan bij de najaar stalen.

Tabel 21. Densiteit van de dominante macrobenthos soorten (aantal/m²) in het intertidaal tijdens het voorjaar in impact en controle gebied op de verschillend tijdstippen.

Densiteit dominante soorten (aantal/m ²)	T0		T1		T2	
	impact	controle	impact	controle	impact	controle
<i>Scolecipis squamata</i>	1,30	77,32	129,95	42,24	55,23	34,44
<i>Bathyporeia sarsi</i>	8,45	12,35	27,29	1,30	18,84	1,95
<i>Nephtys cirrosa</i>	0,00	18,19	14,94	6,50	10,40	5,85
<i>Eurydice pulchra</i>	2,60	14,94	13,65	8,45	7,15	12,35
<i>Bathyporeia pelagica</i>	0,00	11,05	4,55	1,95	6,50	9,75
<i>Haustorius arenarius</i>	0,65	18,19	0,00	8,45	1,30	14,94
<i>Eurydice affinis</i>	0,00	16,24	3,25	5,85	0,65	12,35



Figuur 22. PCO plot van de intertidale macrobenthos gemeenschap in het voorjaar. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlaties en enkel de soorten met correlatie > 0,5 worden weergegeven.

Tabel 22. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in gemeenschappen in de intertidale macrobenthos gemeenschap in het voorjaar ($p<0,05$ is significant).

INTERTIDAAL Voorjaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Gemeenschappen	0,043	0,018	0,001

3.3.2 Subtidaal

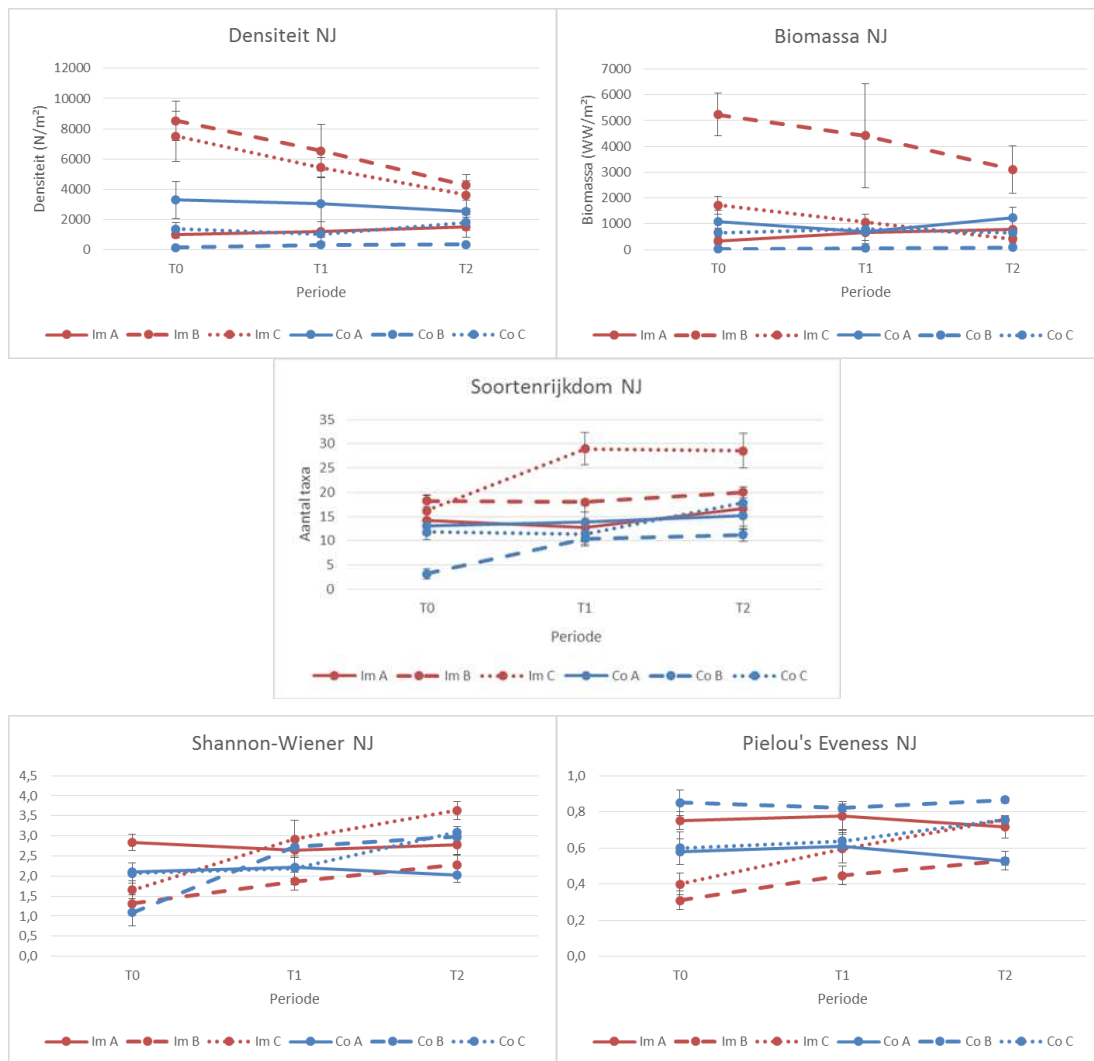
In de T0 situatie worden er in het subtidaal in het totaal 52 macrobenthos taxa aangetroffen (impact: 49; controle: 41). In de T1 situatie zijn er 66 taxa aanwezig (impact: 61; controle: 53) en op T2 72 taxa (impact: 66; controle: 53).

Najaar

Een significant gebied x periode x diepte interactie effect wordt gevonden voor soortenrijkdom en Shannon Wiener diversiteit (Tabel 24). Voor beide parameters wordt een significante stijging gevonden tussen T0 en T1 in diepte stratum C van het impactgebied. In dit stratum is op T2 ook zowel de soortenrijkdom als Shannon Wiener diversiteit significant hoger op T2 dan op T0 ($p=0,047$ en $p = 0,004$, respectievelijk). In de andere diepte strata van beide gebieden worden geen significante veranderingen over de tijd gevonden.

Tabel 23. Totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa met standaardfout per gebied per periode en per diepte (A=dicht, B=midden, C=ver) voor macrobenthos in het subtidaal in het najaar.

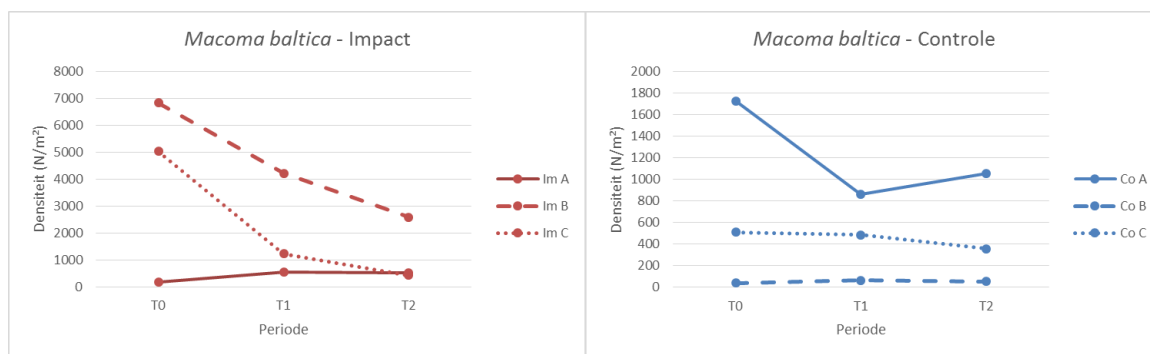
NAJAAR	Ge- bied	Stratum	Totaal aantal taxa	Soortenrijk dom	Densiteit (N/m ²)	Biomassa (WW/m ²)	H	J'
2013 T0	I	A	30	14,2 ± 1,50	1006 ± 223,40	321,4 ± 117,22	2,84 ± 0,20	0,75 ± 0,05
		B	31	18,20 ± 1,20	8524 ± 1300,85	5233,96 ± 833,32	1,31 ± 0,22	0,31 ± 0,05
		C	33	16,2 ± 3,24	7506 ± 1657,49	1723,43 ± 342,84	1,65 ± 0,40	0,40 ± 0,06
	C	A	27	13 ± 1,30	3282 ± 1245,80	1090,32 ± 439,34	2,11 ± 0,22	0,58 ± 0,07
		B	8	3,2 ± 1,07	154 ± 86,23	24,49 ± 19,43	1,09 ± 0,34	0,85 ± 0,07
		C	24	11,8 ± 1,53	1382 ± 427,13	663,47 ± 174,16	2,07 ± 0,25	0,60 ± 0,09
2014 T1	I	A	34	12,8 ± 3,09	1190 ± 653,98	655,33 ± 411,63	2,64 ± 0,15	0,78 ± 0,08
		B	32	18 ± 0,55	6546 ± 1738,37	4415,15 ± 2004,22	1,86 ± 0,22	0,45 ± 0,05
		C	48	29 ± 3,27	5432 ± 652,41	1062,87 ± 303,16	2,92 ± 0,47	0,60 ± 0,08
	C	A	41	13,8 ± 3,89	3044 ± 2198,12	692,03 ± 354,61	2,21 ± 0,42	0,61 ± 0,09
		B	29	10,4 ± 1,47	318 ± 59,45	56,73 ± 23,07	2,73 ± 0,14	0,82 ± 0,02
		C	24	11,4 ± 2,11	1052 ± 247,01	800,33 ± 170,91	2,19 ± 0,26	0,64 ± 0,05
2015 T2	I	A	40	16,6 ± 3,56	1514 ± 666,35	771,38 ± 499,39	2,78 ± 0,24	0,72 ± 0,06
		B	31	20 ± 1,18	4258 ± 705,82	3107,09 ± 911,03	2,28 ± 0,23	0,53 ± 0,05
		C	46	28,6 ± 3,53	3620 ± 914,46	413,69 ± 104,14	3,63 ± 0,22	0,76 ± 0,02
	C	A	33	15,2 ± 2,89	2554 ± 750,53	1251,85 ± 385,58	2,03 ± 0,19	0,52 ± 0,02
		B	31	11,2 ± 1,28	344 ± 69,74	93,74 ± 48,79	2,98 ± 0,11	0,87 ± 0,02
		C	36	17,8 ± 2,52	1816 ± 508,48	655,17 ± 106,76	3,09 ± 0,13	0,76 ± 0,02



Figuur 23. Gemiddelde macrobenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het subtidaal tijdens het najaar (im=impact, co=controle; A=dicht, B=midden, C=ver).

De totale densiteit, biomassa en evenness vertoont een significant gebied x diepte interactie. Zowel de densiteit en biomassa zijn in het impactgebied het hoogst in diepte stratum B en het laagst in stratum A terwijl in het controlegebied de hoogste densiteit en biomassa aanwezig is in stratum A en de laagste densiteit en biomassa gevonden wordt in stratum C (Figuur 23). Voor de evenness wordt een omgekeerd patroon gevonden, namelijk een hoge en lage evenness in respectievelijk stratum A en B in het impactgebied en een hoge en lage evenness in respectievelijk stratum B en A in het controlegebied. Voor evenness wordt ook een significante periode x diepte interactie gevonden: in stratum C is de evenness significant hoger op T2 dan op T0 ($p=0,001$).

Opvallend is de sterke graduele afname in densiteit in stratum B en C in het impactgebied terwijl dit patroon niet aanwezig is in het controle gebied waar de densiteit in alle drie de zones relatief stabiel blijft gedurende de monitoringsfase. Figuur 24 toont aan dat deze sterke afname in densiteit voornamelijk bepaald wordt door de lagere densiteiten aan *M. balthica* op T1 en T2 ten opzichte van T0 in deze zones in het impactgebied.

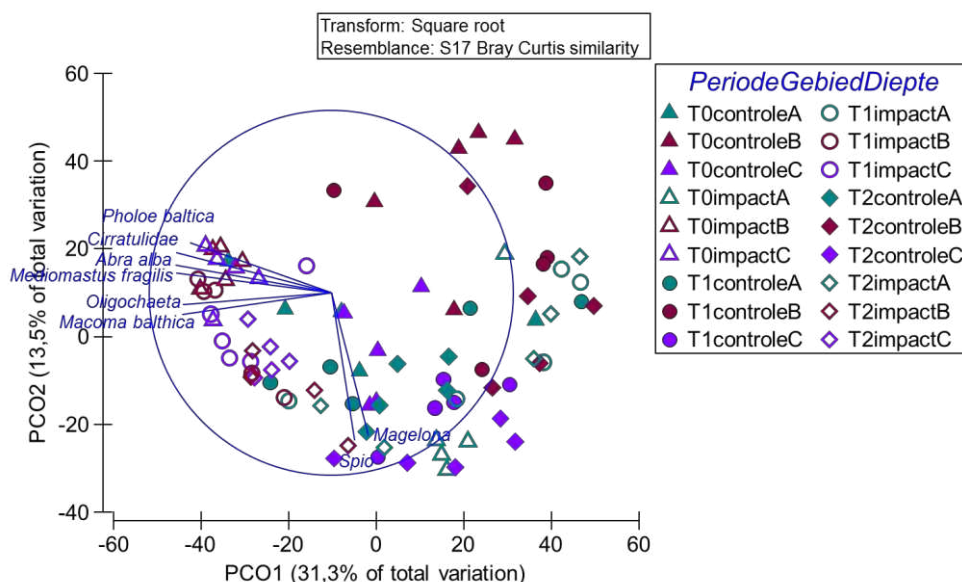


Figuur 24. Gemiddelde densiteit van *Macoma baltica* in de verschillende strata in het subtidaal in najaar in het impact (links) en controle (rechts) gebied

Tabel 24. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in subtidale macrobenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, shannon-wiener diversiteit en Pielou's evenness in functie van de factoren periode en gebied tijdens het najaar ($p < 0.05$ is significant).

NAJAAR	gebied x periode x diepte	gebied x periode	Periode x diepte	gebied x diepte	gebied	periode	diepte
Soortenrijkdom S*	0,045	0,894	0,260	0,0003	1,193e-08	0,0009	0,0002
Densiteit N*	0,168	0,055	0,413	5,026e-14	2,618e-11	0,863	0,0003
Biomassa*	0,451	0,120	0,423	6,704e-14	9,772e-08	0,491	0,028
H*	0,039	0,871	0,0004	0,033	0,237	5,006e-07	0,002
J'*	0,659	0,103	0,012	2,344e-11	0,0003	0,002	0,409

Multivariate analyses



Figuur 25. PCO plot van macrobenthos in het najaar subtidaal. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie $> 0,8$ worden weergegeven.

Figuur 25 toont een significant periode x gebied x diepte interactie effect ($p=0,003$) in de structuur van de gemeenschap die aanwezig is in de verschillende diepte strata van beide gebieden tijdens de verschillende periodes. In het algemeen is de variabiliteit tussen de replicaten in het controlegebied veel

hoger dan in het impactgebied. In stratum B en C van het impactgebied vindt een duidelijke verandering in gemeenschapsstructuur plaats over de periodes heen terwijl in stratum A van het impactgebied en in het controlegebied dergelijke veranderingen veel minder uitgesproken zijn. De T0 situatie in stratum B en C in het impactgebied wordt gekenmerkt door de hoogste dichtheden aan de soorten *Pholoe batlhica*, *Cirratulidae* spp., *Abra alba*, *Mediomastus fragilis*, *Oligochaeta* spp. en *M. balthica*. *Magelona* spp. en *Spio* spp. zijn typische soorten voor strata A en C in het controle gebied (Figuur 25).

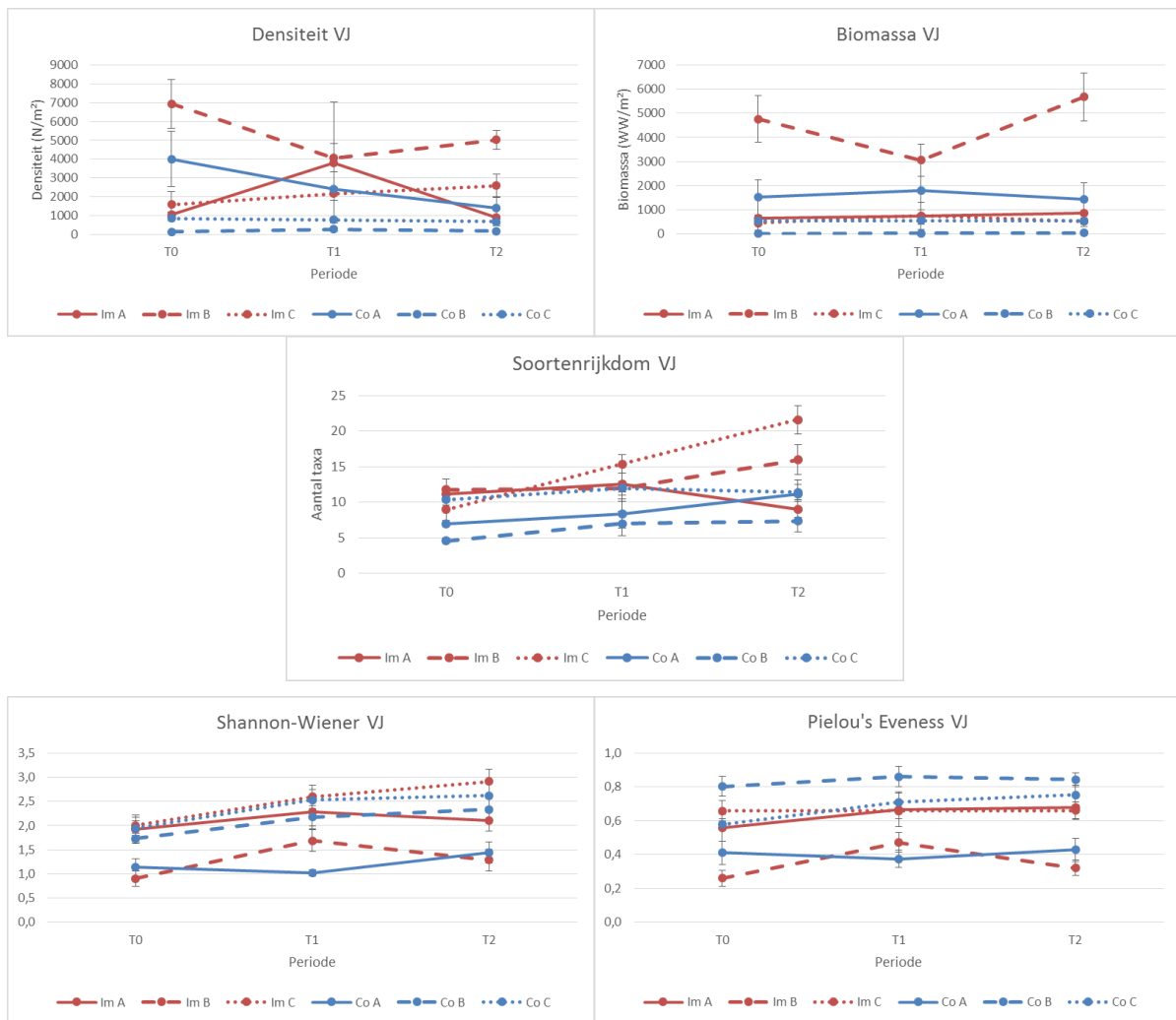
Tabel 25. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in gemeenschappen in de subtidale macrobenthos gemeenschap in het najaar ($p < 0.05$ is significant).

SUBTIDAAL Najaar	gebied x periode x diepte	gebied x periode	Periode x diepte	gebied x diepte	gebied	periode	diepte
Gemeenschappen	0,003	0,032	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001

Voorjaar

Tabel 26. Totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa met standaardfout per gebied per periode en per diepte (A=dicht, B=midden, C=ver) voor macrobenthos in het subtidaal in het voorjaar.

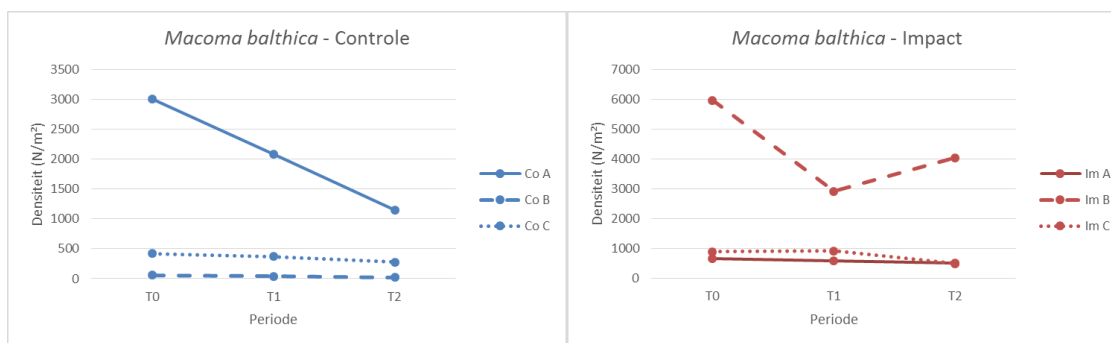
VOORJAAR	Ge-bied	Stratum	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/m ²)	Biomassa (WW/m ²)	H	J'
2014 T0	I	A	20	11,20 ± 0,73	1056 ± 123,47	651,13 ± 126,92	1,92 ± 0,26	0,56 ± 0,08
		B	18	11,80 ± 1,46	6940 ± 1299,41	4754,24 ± 965,26	0,90 ± 0,16	0,26 ± 0,05
		C	20	9,00 ± 1,84	1580 ± 690,29	458,34 ± 295,76	2,00 ± 0,21	0,66 ± 0,06
	C	A	14	7,00 ± 0,45	3994 ± 1469,63	1517,95 ± 717,92	1,13 ± 0,18	0,41 ± 0,07
		B	11	4,60 ± 0,40	132 ± 21,77	12,256 ± 2,61	1,73 ± 0,10	0,80 ± 0,06
		C	23	10,40 ± 0,81	842 ± 115,91	547,01 ± 165,03	1,94 ± 0,15	0,58 ± 0,03
2015 T1	I	A	30	12,60 ± 2,42	3816 ± 3195,48	750,09 ± 543,91	2,29 ± 0,29	0,67 ± 0,10
		B	18	12,00 ± 0,55	4070 ± 754,53	3051,15 ± 653,32	1,69 ± 0,23	0,47 ± 0,06
		C	31	15,40 ± 1,29	2160 ± 355,32	750,89 ± 264,18	2,60 ± 0,24	0,66 ± 0,05
	C	A	21	8,40 ± 2,06	2402 ± 1552,95	1814,74 ± 1223,91	1,02 ± 0,07	0,37 ± 0,05
		B	19	7,00 ± 1,73	274 ± 107,55	38,58 ± 18,78	2,18 ± 0,24	0,86 ± 0,06
		C	23	12,00 ± 0,95	776 ± 106,24	558,83 ± 152,35	2,53 ± 0,21	0,71 ± 0,05
2016 T2	I	A	22	9,00 ± 1,14	898 ± 460,91	867,80 ± 554,99	2,10 ± 0,22	0,68 ± 0,07
		B	29	16,00 ± 2,07	5020 ± 519,64	5671,17 ± 981,80	1,29 ± 0,23	0,32 ± 0,05
		C	36	21,60 ± 1,99	2594 ± 589,35	533,94 ± 224,30	2,91 ± 0,26	0,66 ± 0,05
	C	A	22	11,20 ± 1,98	1414 ± 538,77	1453,11 ± 650,90	1,44 ± 0,22	0,43 ± 0,07
		B	19	7,40 ± 1,50	168 ± 38,39	47,87 ± 18,06	2,33 ± 0,24	0,84 ± 0,04
		C	22	11,40 ± 1,08	670 ± 131,57	541,74 ± 132,55	2,62 ± 0,24	0,75 ± 0,06



Figuur 26. Gemiddelde macrobenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het subtidaal tijdens het voorjaar (im=impact, co=controle; A=dicht, B=midden, C=ver).

Een significant gebied x periode x diepte interactie effect wordt gevonden voor soortenrijkdom (Tabel 27). Dit effect wordt verklaard door de sterke toename in soortenrijkdom in het meest diepe strata (strata C) van het impactgebied tijdens de monitoringsperiode. De gemiddelde soortenrijkdom op T2 is 21,6 terwijl op T0 enkel gemiddeld 9 soorten voorkomen ($p=0,002$) (Tabel 26). Verder vinden we ook in stratum B van beide gebieden een, weliswaar minder uitgesproken, toename in soortenrijkdom tijdens de monitoringsperiode.

De totale densiteit, biomassa, Shannon Wiener diversiteit en evenness vertonen een significante gebied x diepte interactie (Tabel 27). Zowel de densiteit en biomassa zijn in het impactgebied het hoogst in de zone B terwijl in het controlegebied de hoogste densiteit en biomassa aanwezig is in het zone A. Ook in het voorjaar worden de trends van de densiteit vnl. bepaald door het nonnetje *Macoma baltica*. Met als uitzondering stratum A in het impact gebied, waar de piek in T1 bepaald wordt door juveniele Terebellidae. De Shannon Wiener diversiteit en evenness verschillen sterk tussen het controle en impactgebied in de zones A en B. Voor de zone A is de diversiteit en evenness lager in het controlegebied terwijl hogere diversiteit en evenness gevonden wordt in de zone B in het controlegebied.



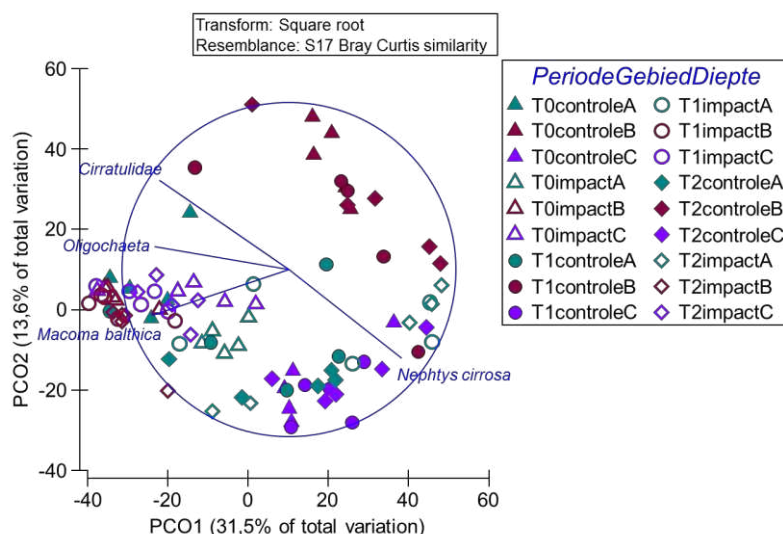
Figuur 27. Gemiddelde densiteit van *Macoma balthica* in het subtidaal tijdens het voorjaar

Tabel 27. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in subtidale macrobenthos soortenrijkdom (S), densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness in functie van de factoren periode en gebied tijdens het voorjaar ($p < 0.05$ is significant).

VOORJAAR	gebied x periode x diepte	gebied x periode	Periode x diepte	gebied x diepte	gebied	periode	diepte
S^*	0,004	0,930	0,304	0,0007	1,444e-08	0,0008	4,411e-05
Densiteit N	0,142	0,853	0,334	0,001	0,001	0,57	0,072
Biomassa*	0,508	0,591	0,636	2,2e-16	9,621e-08	0,798	0,160
H^*	0,661	0,390	0,276	1,500e-08	0,403	0,0001	3,976e-09
J'^*	0,354	0,571	0,638	5,592e-15	0,002	0,052	0,0003

Multivariate analyses

Figuur 28 toont een significant periode x gebied x diepte interactie effect ($p=0,001$) in de structuur van de gemeenschap die aanwezig is in de verschillende diepte strata van beide gebieden tijdens de verschillende periodes (Tabel 28). In stratum A van het impactgebied vindt een verandering in gemeenschapsstructuur plaats met een duidelijk verschillende gemeenschap tussen T0 en T2, in tegenstelling tot de veranderingen in strata B en C die minder uitgesproken zijn en waar de gemeenschap tijdens alle periodes gedomineerd wordt door *M. balthica*. Hoge aantallen van deze soort kenmerkt ook de gemeenschap in stratum A in het controlegebied op T0 terwijl veranderingen in gemeenschapsstructuur in de controle strata B en C minder uitgesproken zijn.



Figuur 28. PCO plot van macrobenthos in het voorjaar subtidaal. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie $> 0,8$ worden weergegeven.

Tabel 28. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in gemeenschappen in de subtidale macrobenthos gemeenschap in het voorjaar ($p < 0.05$ is significant).

SUBTIDAAAL Voorjaar	gebied x periode x diepte	gebied x periode	Periode x diepte	gebied x diepte	gebied	periode	diepte
Gemeen- schappen	0,001	0,025	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001

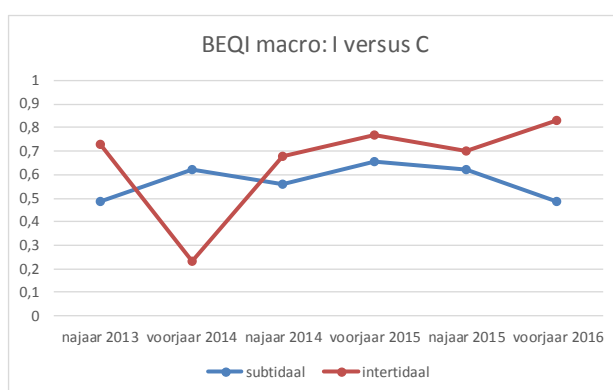
3.3.3 BEQI indicator macrobenthos

Met de BEQI indicator zijn de verschillen in soortensamenstelling, aantal soorten, densiteit en biomassa getest tussen impact en controle gebied voor elke staalname tijdstip en dit voor het subtidale en intertidale habitat (Tabel 29; Figuur 29).

In het **subtidaal**, is er vooral een verschil in densiteit en biomassa tussen het controle en impact gebied op nagenoeg alle staalname tijdstippen. Dit komt door de abundantere aanwezigheid van *M. balthica* in het impact gebied en dit is over de ganse studieperiode. De aantal soorten parameter scoort hoog, doordat het aantal soorten altijd hoger is in het impact gebied dan in het controle gebied. De scores zijn gelijkaardig over de hele studieperiode, ook op het 1^{ste} moment na de vooroeversuppletie (najaar 2014).

Tabel 29. BEQI scores per staalname tussen impact en controle voor het intertidaal en subtidaal voor macrobenthos. Groen en blauw (goed tot zeer goed) en geel, oranje, rood (matig, slecht tot zeer slecht).

		Subtidaal						Intertidaal				
		Similariteit	Aantal soorten	Densiteit Biomassa		Gem. BEQI		Similariteit	Aantal soorten	Densiteit Biomassa		Gem. BEQI
najaar 2013	T0	0,68	1,00	0,16	0,11	0,49		0,61	0,80	0,86	0,65	0,73
voorjaar 2014	T0	0,68	0,96	0,58	0,29	0,62		0,42	0,40	0,10	0,02	0,23
najaar 2014	T1	0,77	1,00	0,35	0,11	0,56		0,74	1,00	0,64	0,33	0,68
voorjaar 2015	T1	0,63	1,00	0,33	0,66	0,66		0,72	1,00	0,45	0,92	0,77
najaar 2015	T2	0,72	1,00	0,39	0,37	0,62		0,66	0,45	1,00	0,68	0,70
voorjaar 2016	T2	0,65	1,00	0,12	0,17	0,48		0,77	0,80	0,89	0,86	0,83

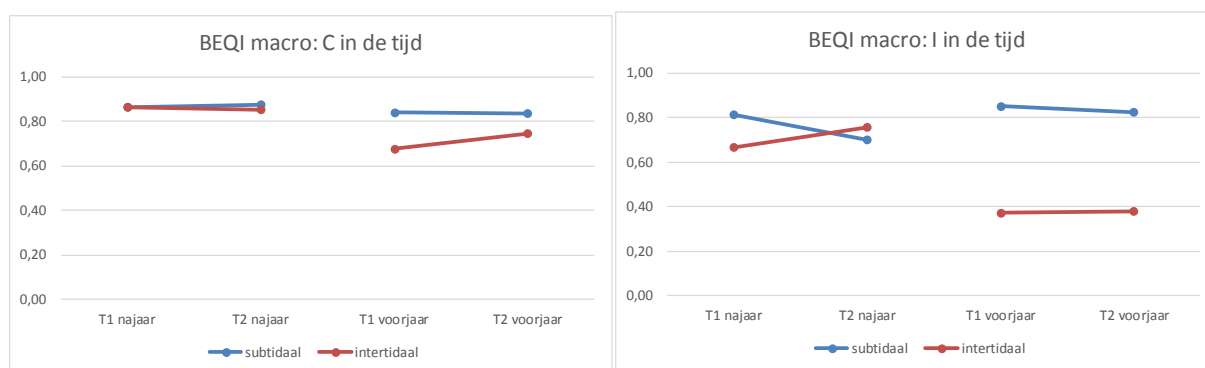


Figuur 29. Gemiddelde BEQI-score voor vergelijking impact met controle op iedere staalname moment voor het intertidaal en het subtidaal voor macrobenthos

In het **intertidaal**, is er weinig verschil in de macrobenthos karakteristieken op elke staalname tijdstip, behalve in het voorjaar 2014. Op dat moment vertonen alle parameters een duidelijk verschil tussen beide gebieden, met zeer lage waarden in het impact gebied. Deze scores herstellen zich terug op het volgende staalname moment (najaar 2014), behalve voor biomassa, welke nog steeds lager is in het

impact gebied (door *M. balthica*). Het volgende jaar is de situatie terug normaal, behalve de score voor densiteit. Dit komt door de hogere densiteiten aan *S. squamata*, die mogelijks een sterke recrutering kende in het impact gebied. In het najaar 2015 vertoont de parameter aantal soorten een lagere score (slechts 9 taxa gevonden in het impact gebied, terwijl 17 in het controle gebied). In het voorjaar 2016, is er voor geen enkele parameter een duidelijk verschil waargenomen in de macrobenthos parameters tussen controle en impact.

Als we nu de verschillen in de tijd (T1 en T2) voor elke gebied apart evalueren, dan zien we dat de macrobenthos karakteristieken in het controle gebied niet sterk van de T0 situatie verschillen (Figuur 30). En dit zowel in het najaar als het voorjaar en voor het subtidaal en intertidaal. In het impact gebied, zijn er enkel duidelijke verschillen over de tijd heen in het voorjaar voor het intertidaal habitat, door de suppletie activiteit in voorjaar T0. De densiteit en biomassa en soortensamenstelling scoorden duidelijk verschillend tussen T0 en respectievelijk de T1 en T2 situatie. De macrobenthos karakteristieken in het najaar T1 en T2 zijn wel gelijkaardig ten opzichte van de T0 in het intertidaal. In het subtidaal, is zowel in het najaar als het voorjaar de parameters gelijkaardig in de tijd.



Figuur 30. BEQI-scores voor controle en impact gebied door de tijd heen (T1 en T2), met T0 als controle voor het intertidaal en het subtidaal voor macrobenthos.

Vooroeversuppletie zone

Voor macrobenthos, hebben we de verschillen in de parameters over de tijd in stratum A van het impact gebied (de vooroeversuppletie zone) apart gescoord. In het algemeen, zijn de verschillen tussen T0 en T1 en T2, zowel in het najaar als het voorjaar klein. De parameter aantal soorten scoort altijd hoog, doordat in T1 en T2 er meer soorten werden waargenomen in stratum A. De lagere score voor densiteit en biomassa, was door hogere waarde hiervoor in T1 en T2 (hogere densiteiten en biomassa van *M. balthica*) ten opzichte van T0. In het voorjaar T1, scoort de parameter densiteit een groot verschil, door recrutering van de schelpkokerworm *Lanice conchilega* in stratum A.

Tabel 30. BEQI-scores tussen T0 en respectievelijk T1 en T2 voor stratum 1 in het impactgebied voor macrobenthos. Groen en blauw (goed tot zeer goed) en geel, oranje, rood (matig, slecht tot zeer slecht).

	Vooroeversuppletie zone				
	Similariteit	Aantal soorten	Densiteit	Biomassa	Gem. BEQI
Najaar T1	0,69	1,00	0,76	0,47	0,73
Najaar T2	0,66	1,00	0,55	0,31	0,63
Voorjaar T1	0,54	1,00	0,04	0,76	0,58
Voorjaar T2	0,49	1,00	0,68	0,61	0,70

3.4 Epibenthos

3.4.1 Intertidaal

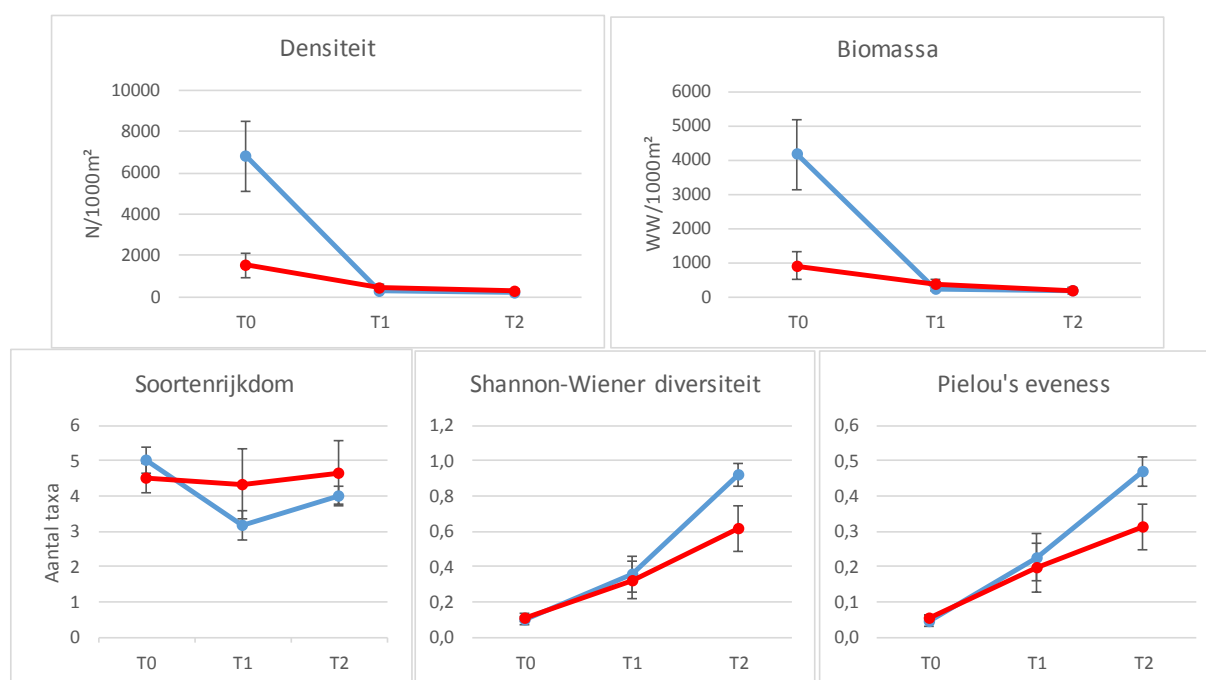
Het epibenthos in het intertidaal wordt gekenmerkt door een beperkt aantal soorten, maar hun aantal nam wel toe over de studieperiode. In de T0 situatie zijn er 19 taxa aangetroffen (impact: 16; controle: 17). In de T1 situatie vonden we 23 taxa terug (impact: 18; controle: 19) en in T2 26 taxa (impact: 24; controle: 19).

Najaar

Crangon crangon komt in alle stalen voor. Verder worden vooral heremietkreeft (*Diogenes pugilator* [80,6%]) en verschillende soorten krabben (*Portumnus latipes* [72,2%], *Carcinus maenas* [69,4%], *Liocarcinus holsatus* [36,1%]) aangetroffen. De epibenthos diversiteit karakteristieken zijn sterk gelijkwaardig tussen impact en controle, terwijl densiteit en biomassa in najaar T0 veel hoger is in het controle gebied (Figuur 31, Tabel 31).

Tabel 31. Algemene patronen in totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom [gemiddeld aantal taxa per staal], H [Shannon Wiener] en J' [Pielou's evenness), densiteit (N/1000m²) en biomassa (WW/1000m²) met standaardfout per gebied per periode voor epibenthos in het intertidaal in het najaar. Het aantal lege stalen is weergegeven tussen haakjes.

NAJAAR	Gebied	Tot taxa	Soorten rijkdom	Densiteit (N/1000m ²)	Biomassa (WW/1000m ²)	H	J'
2013 T0	I	6	4,5 ± 0,43	1526,88 ± 581,90	911,875 ± 417,25	0,11 ± 0,01	0,05 ± 0,01
	C	8	5 ± 0,37	6808,15 ± 1725,93	4168,35 ± 1020,42	0,10 ± 0,03	0,05 ± 0,02
2014 T1	I	8	4,33 ± 0,99	427,29 ± 200,36	346,67 ± 176,83	0,32 ± 0,11	0,20 ± 0,07 (1)
	C	4	3,17 ± 0,40	281,88 ± 58,84	222,94 ± 45,32	0,35 ± 0,10	0,23 ± 0,07
2015 T2	I	9	4,67 ± 0,88	310,21 ± 102,94	199,44 ± 69,49	0,62 ± 0,13	0,31 ± 0,06
	C	7	4,00 ± 0,26	255,63 ± 133,93	193,17 ± 102,56	0,92 ± 0,06	0,47 ± 0,04



Figuur 31. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness met standaardfout in het intertidaal najaar. Rood impact; blauw controle.

De verschillen in densiteit/biomassa tussen controle en impact in T0 zijn vooral te verklaren door de grote dominantie aan grijze garnaal in het controlegebied (gemiddelde 6765 ind./1000m²) (zie hoofd-

stuk 3.7). Deze is 10x lager in het impactgebied. Deze hoge densiteiten worden ook niet meer teruggevonden in het controlegebied in T1 en T2, waarbij de waarden gelijkaardig zijn met deze in het impactgebied.

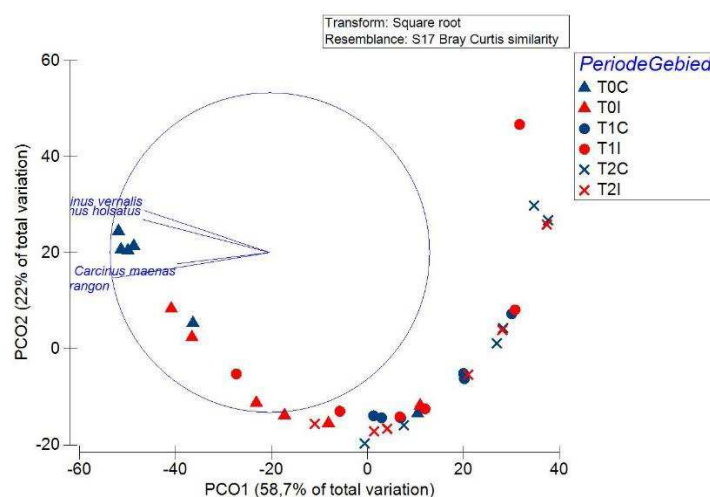
De soortenrijkdom blijft nagenoeg constant over de periode, met een kleine dip in de T1 controle (3,17 ind./1000m²). Buiten de T0, is de soortenrijkdom en het totaal aantal taxa iets hoger in het impactgebied. De waarden van de diversiteitsindices nemen toe over de studieperiode, wat gelinkt is aan de dalende dominantie van *C. crangon* in de tijd.

Tabel 32. Overzicht van de significantiewaarden voor de factoren periode en gebied ($p < 0.05$ is significant).

INTERTIDAAL - najaar	periode x gebied	Periode (T0, T1, T2)	Gebied (impact/controle)
Soortenrijkdom	0,691	0,2583	0,2766
Densiteit	0,0163	0,0001	0,0598
Biomassa	0,0154	0,0002	0,0542
J'	0.2606	0.0001	0.1572
H*	0,1592	5,04E-08	0,1295

Behalve op basis van soortenrijkdom vertoont de factor periode (T0,T1,T2) voor alle biologische variabelen een significant verschil (Tabel 32). Voor densiteit en biomassa is er ook een significant verschil bij de interactie tussen periode x gebied. Uit de pairwise testen blijkt dat er voor de variabele densiteit in het controlegebied een significant verschil is tussen T0&T1 ($p=0.0384$) en tussen T0&T2 (0,0234) maar dat er geen significant verschil is tussen T1 en T2, wederom te wijten aan de grote dominantie aan *C. crangon* in T0. Ook voor de variabele biomassa bekwamen we hetzelfde patroon (tussen T0&T1: $p=0.0301$; T0&T2: $p=0.0136$). In het impactgebied werden geen significante verschillen waargenomen tussen de verschillende periodes.

Multivariate analyses



Figuur 32. PCO plot van de vierkwantwortel getransformeerde dichtheidsdata van het epibenthos uit het intertidaal najaar. Elk punt stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie >0.5 worden weergegeven. * de soorten van de vector-overlay zijn met de klok mee: *C. crangon*, *Carcinus maenas*, *L. holsatus* en *Liocarcinus vernalis*

Een PERMANOVA-analyse op basis van a priori gedefinieerde groepen (periode en gebied) toont een significant verschil in gemeenschapsstructuur in het intertidaal tussen de verschillende periodes (T0-

T1-T2). Hierbij is de dissimilariteit tussen T1 en T2 wel veel lager dan tussen T0 en respectievelijk T1 en T2. Zowel in de SIMPER (Tabel 33) als met de vector overlay in de PCO plot (Figuur 32) blijkt dat vooral de grijze garnaal bijdraagt tot dit patroon. In totaal wordt 80,7% van de variatie verklaard door de eerste twee assen.

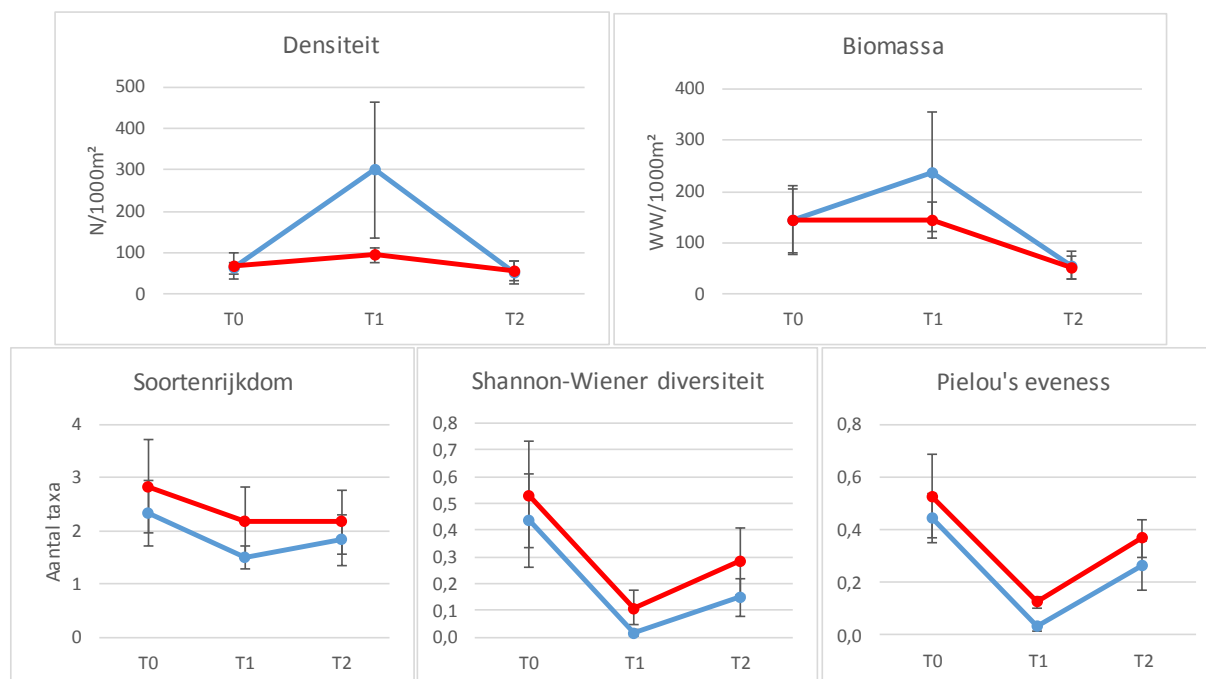
Tabel 33. Dissimilariteit tussen T0, T1 en T2 en de contributie van de soorten in het najaar intertidaal

T0 & T1	51,71%	<i>C. crangon</i> (78.6%), <i>D. pugilator</i> (4,82%)
T1 & T2	39.37%	<i>C. crangon</i> (51.67%), <i>D. pugilator</i> (18.33%)
T0 & T2	60.33%	<i>C. crangon</i> (73.46%), <i>D. pugilator</i> (8,57%)

Voorjaar

De drie meest voorkomende taxa in het intertidaal voorjaar zijn de grijze garnaal (*C. crangon* [100%]), de gewone strandkrab (*C. meanas* [41,7%]) en de breedpootzwemkrab (*P. latipes* [22,2%]). Bij de meeste biologische variabelen volgt controle en impact hetzelfde patroon doorheen de tijd. Enkel bij biomassa en densiteit is er een verschil tussen controle en impact en dit vooral in periode T1 (

Tabel 34, Figuur 33). Daarnaast zijn alle waarde in het voorjaar duidelijk lager dan in het najaar.



Figuur 33. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness met standaardfout in het intertidaal voorjaar. Controle = blauw, impact = rood

Tabel 34. Algemene patronen in totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom [gemiddeld aantal taxa per staal], H [Shannon Wiener] en J' [Pielou's evenness), densiteit (N/1000m²) en biomassa (N/1000m²) met standaardfout per gebied per periode voor epibenthos in het intertidaal in het najaar. Het aantal lege stalen is weergegeven tussen haakjes.

NAJAAR	Gebied	Tot taxa	Soorten rijkdom	Densiteit (N/1000m²)	Biomassa (WW/1000m²)	H	J'
2014 T0	I	7	2,83 ± 0,87	67,92 ± 30,19	144,38 ± 66,07	0,53 ± 0,20	0,53 ± 0,16 (2)
	C	5	2,33 ± 0,61	63,13 ± 13,95	142,71 ± 62,18	0,44 ± 0,17	0,44 ± 0,09 (2)
2015 T1	I	6	2,17 ± 0,65	94,38 ± 17,30	143,13 ± 34,69	0,11 ± 0,06	0,12 ± 0,02 (3)
	C	2	1,50 ± 0,22	300 ± 162,94	237,71 ± 117,13	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02 (3)
2016 T2	I	5	2,17 ± 0,60	56,04 ± 21,86	51,81 ± 22,53	0,28 ± 0,13	0,37 ± 0,07 (3)
	C	5	1,83 ± 0,48	51,04 ± 27,87	55,25 ± 27,00	0,15 ± 0,07	0,26 ± 0,09 (3)

Het aantal gevonden taxa en soortenrijkdom in het voorjaar was iets hoger in het impact gebied. Het verschil in densiteit/biomassa is opnieuw te wijten aan een grotere aanwezigheid van de grijze garnaal in T1 in het controlegebied en in mindere mate in het impactgebied. Hierdoor is ook de daling in Shannon-Wiener en Pielou's evennes te verklaren.

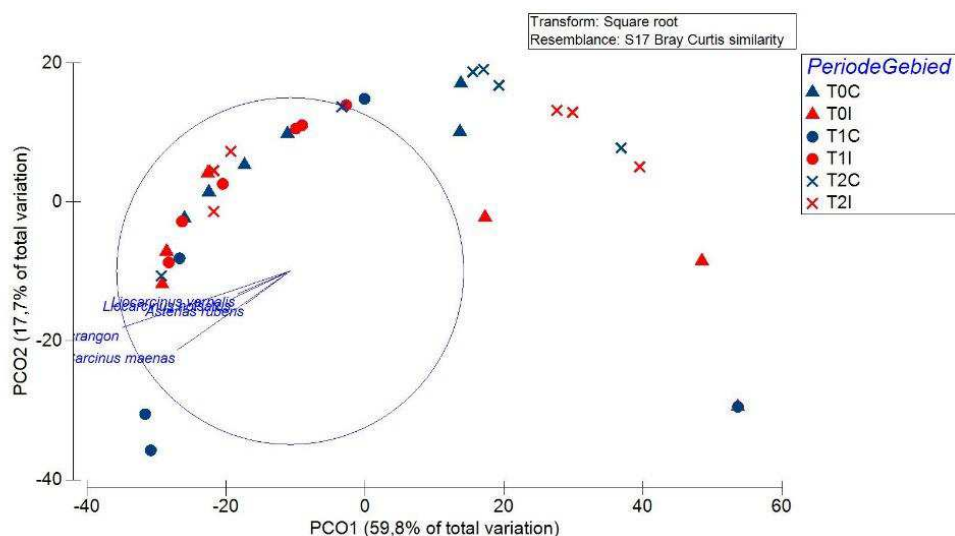
Er werden in het voorjaar nagenoeg geen significante verschillen waargenomen voor de factor periode en gebied, behalve voor de diversiteitsvariabelen Pielou's evennes en de Shannon-Wiener (Tabel 35). Zowel voor de factor gebied als voor de interactiefactor worden hier wel geen significante verschillen gemeten.

Tabel 35. Overzicht van de significantiewaarden voor de factoren periode en gebied.

INTERTIDAAL, voorjaar	periode x gebied	periode	gebied
Soortenrijkdom	0,966	0,449	0,3359
Densiteit	0,2545	0,0571	0,3626
Biomassa	0,543	0,2817	0,9388
J'	0.9953	0.0041	0.284
H	0,9857	0,0072	0,3093

Multivariate analyse

De 2-way nested PERMANOVA analyse gebaseerd op de a priori gedefinieerde groepen (periode en gebied) geeft geen significante verschillen aan voor de factoren periode en gebied. Dit is ook te zien in onderstaande PCO (Figuur 34). Alle punten liggen min of meer verspreid over het gebied. In totaal wordt 77,5% van de variatie verklaard door de eerste twee assen. De soorten die voornamelijk bijdragen tot dit patroon zijn *C. crangon* (zie hoofdstuk 3.7), *C. maenas* en in mindere mate *L. holsatus* en *L. vernalis* en *Asterias rubens*.



Figuur 34. PCO plot van de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van het epibenthos in het intertidaal voorjaar. Elk punt stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0,5 worden weergegeven. De taxa zijn met de klok mee *Carcinus maenas*, *C. crangon*, *Asterias rubens*, *L. holsatus*, *Liocarcinus vernalis*.

3.4.2 Subtidaal

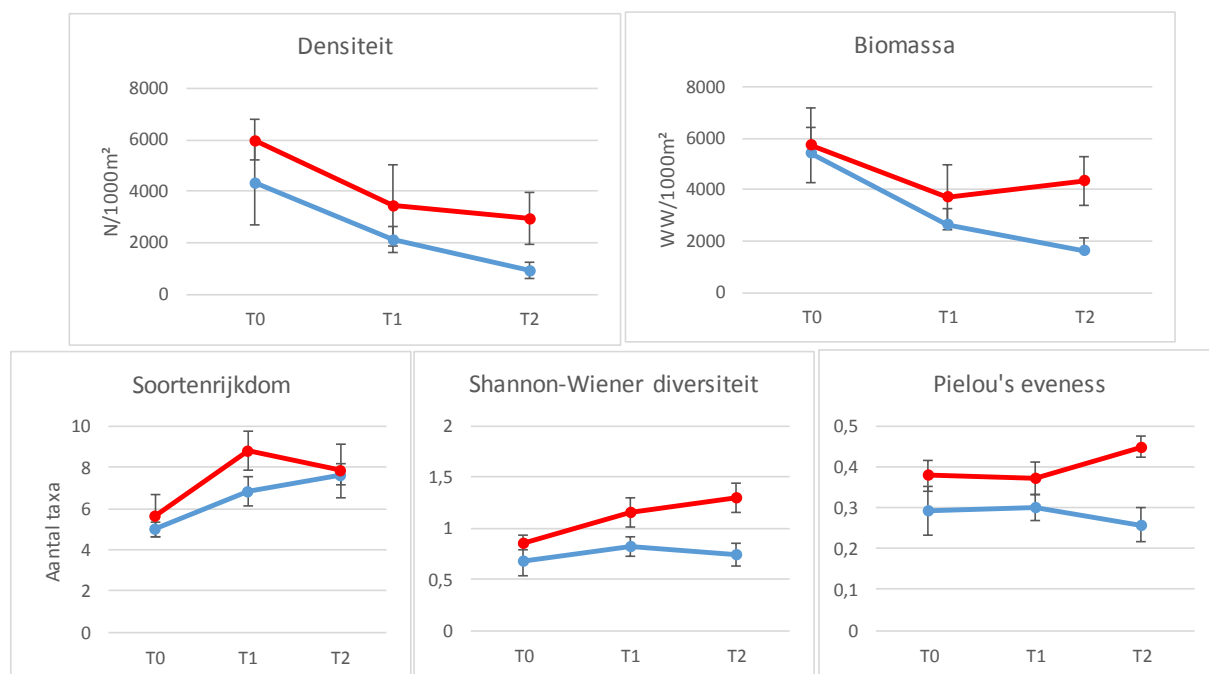
In de T0 situatie zijn er in het subtidaal in het totaal 18 taxa aangetroffen (impact: 14; controle: 15). In de T1 situatie vinden we 21 taxa terug (impact: 20; controle: 16) en in T2 24 taxa (impact: 21; controle: 19).

Najaar

De najaarsstalen van het subtidaal worden vooral gedomineerd door *C. crangon* (100%), *L. holsatus* (100%) en de slangster *Ophiura ophiura* (94,4%). Bij de meeste biologische parameters volgen controle en impact min of meer hetzelfde patroon doorheen de tijd (Tabel 36, Figuur 35). Enkel bij de diversiteitsindices wijken impact en controle het duidelijkst af. De gemiddelde waarden voor elke parameter zijn hoger in het impact gebied dan in het controle gebied. Zowel densiteit als biomassa daalt in de loop van de tijd. Dit is vooral te wijten aan lagere aantallen grijze garnaal en slangsterren. Dit is iets meer uitgesproken bij het controlegebied dan het impactgebied. De diversiteit daarentegen stijgt licht in de loop van de tijd, door de lagere dominantie van garnaal en slangsterren.

Tabel 36. Algemene patronen in totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom [gemiddeld aantal taxa per staal], H [Shannon Wiener] en J' [Pielou's evennes), densiteit (N/1000m²) en biomassa (WW/1000m²) met standaardfout per gebied per periode voor epibenthos in het subtidaal in het najaar. Het aantal lege stalen is weergegeven tussen haakjes.

NAJAAR	Gebied	Tot taxa	Soorten rijkdom	Densiteit (N/1000m ²)	Biomassa (WW/1000m ²)	H	J'
2013 T0	I	10	5,67 ± 1,02	5991,47 ± 788,62	5743,51 ± 3560,96	0,86 ± 0,07	0,38 ± 0,04
	C	11	5 ± 0,37	4356,42 ± 1668,03	5416,26 ± 2431,79	0,69 ± 0,15	0,29 ± 0,06
2014 T1	I	17	8,83 ± 0,95	3440,34 ± 1581,47	3724,58 ± 3107,47	1,16 ± 0,14	0,37 ± 0,04
	C	12	6,83 ± 0,95	2123,24 ± 504,60	2631,21 ± 1551,80	0,82 ± 0,10	0,30 ± 0,03
2015 T2	I	17	7,83 ± 1,28	2929,93 ± 1015,63	4363,91 ± 2341,10	1,30 ± 0,15	0,45 ± 0,03
	C	15	7,67 ± 0,49	931,90 ± 314,98	1597,48 ± 1330,33	0,75 ± 0,11	0,26 ± 0,04



Figuur 35. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evennes met standaardfout in het subtidaal, najaar. Controle = blauw, impact = rood

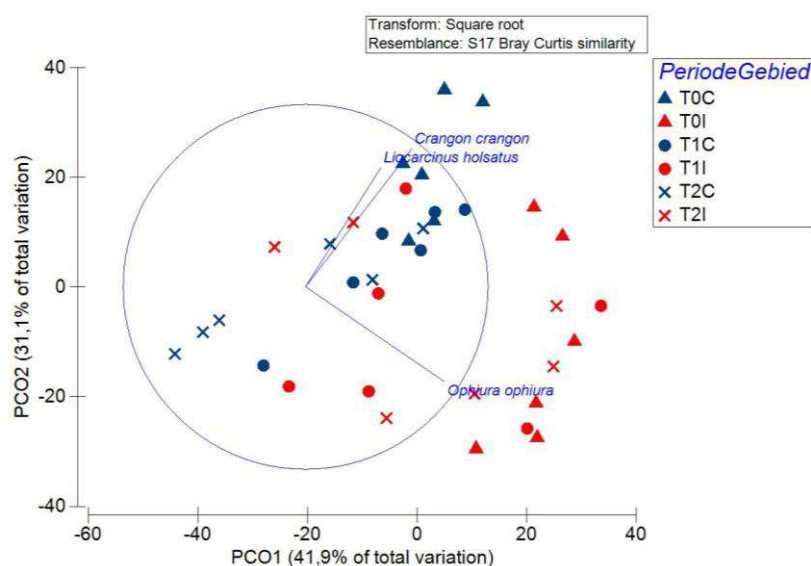
Tabel 37 Overzicht van de significantiewaarden voor de factoren periode en gebied met $p < 0.05$ is significant.

SUBTIDAAL najaar	periode x gebied	Periode (T0/T1/T2)	Gebied (impact/controle)
Soortenrijkdom	0,5485	0,0097	0,19
Densiteit	0,9523	0,0157	0,0734
Biomassa*	0,48618	0,02937	0,10617
J'	0.2878	0.8982	0.0014
H*	0,32464	0,11055	1,54E-03

Er is een significant verschil tussen T0, T1 en T2 voor soortenrijkdom, densiteit en biomassa maar niet voor Pielou's evennes en de Shannon-Wiener diversiteit (Tabel 37). De densiteit grijze garnalen en slangster daalt in de loop van de tijd. Voor gebied (controle, impact) is er wel een significant verschil voor Pielou's evennes en de Shannon-Wiener diversiteitsindex. Voor de interactie tussen controle en impact zijn er geen significante verschillen waargenomen.

Multivariate analyses

Uit een PERMANOVA-analyse blijkt dat de gemeenschapsstructuur in het subtidaal najaar significant verschilt in de gebieden ($p=0.0001$) en in de periode ($p=0.0011$). In de PCO plot (Figuur 36) groeperen de impactstalen enerzijds en de controlestalen anderzijds min of meer samen. Vooral *O. ophiura* komt in hoge densiteiten voor in het impactgebied. Dit blijkt ook uit de SIMPERTEST: tussen controle en impact is er 42.31% dissimilariteit wat vooral door *O. ophiura* wordt veroorzaakt. Tussen de verschillende periodes wordt de dissimilariteit bepaald door *C. crangon* en *O. ophiura*. (Tabel 38).



Figuur 36. PCO plot van de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van het epibenthos in het subtidaal najaar. Elk punt stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie $> 0,5$ worden weergegeven. De soorten zijn met de klok mee *C. crangon*, *L. holsatus* en *O. ophiura*.

Tabel 38. Dissimilariteit tussen de verschillende periodes en de contributie van de soorten in het subtidaal najaar (SIMPER)

T0 & T1	35.32%	<i>C. crangon</i> (35.58%), <i>O. ophiura</i> (31.08%)
T1 & T2	37.35%	<i>O. ophiura</i> (34.93%), <i>C. crangon</i> (32.73%)
T0 & T2	41.52%	<i>C. crangon</i> (40.99%), <i>O. ophiura</i> (26.84%)

Soortenrijkdom

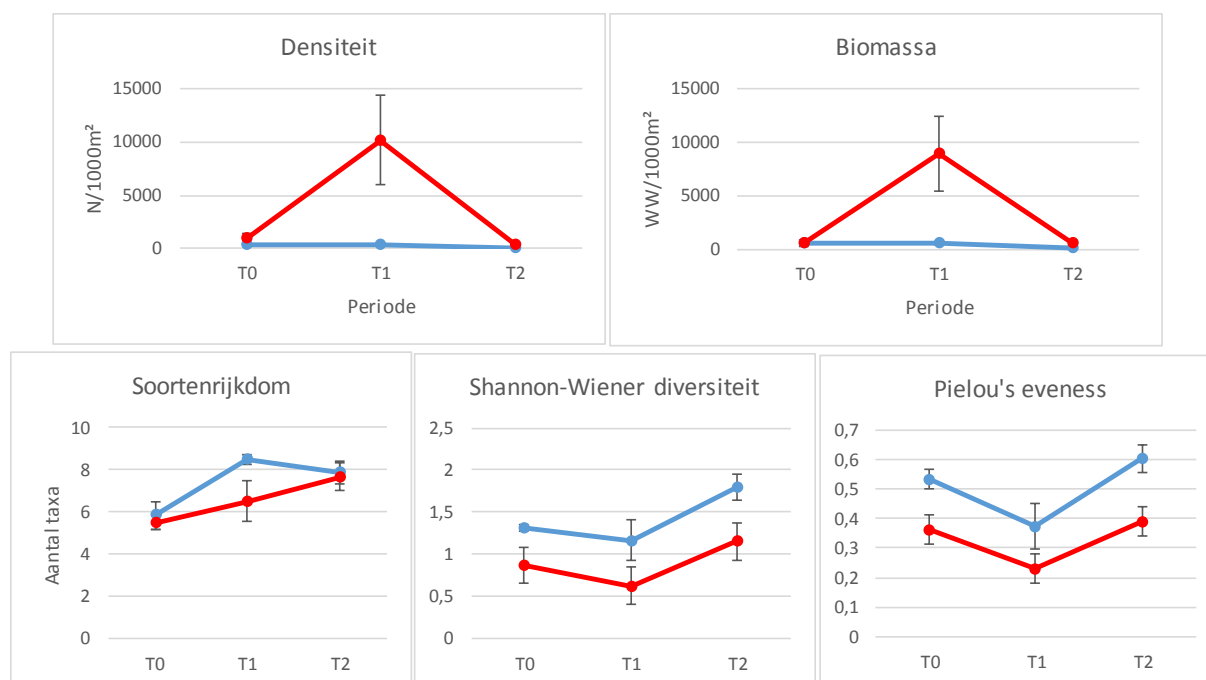
Het voorkomen en de populatie structuur van de dominante soorten *C. crangon* en *L. holsatus* van het subtidaal worden in detail besproken in hoofdstuk 3.7. In het subtidaal, is daarnaast *O. ophiura* een belangrijke soort, voornamelijk in het impact gebied (Figuur 39). De densiteit in het controlegebied is relatief laag. In het najaar zien we een heel hoge densiteit aan slangsterren in T0 met vervolgens een kleine daling naar T1 toe. Tussen T1 en T2 blijft de densiteit gelijk.

Voorjaar

De drie meest voorkomende soorten in het subtidaal, voorjaar zijn *C. crangon*, *O. ophiura* en *L. holsatus*. Net zoals in het najaar subtidaal komt de grijze garnaal en de slangster in alle stalen voor. Soortenrijkdom, shannon-wiener en Pielou's evennes volgen min of meer hetzelfde patroon voor controle en impact doorheen de tijd. In het voorjaar zijn de waarden voor soortenrijkdom en diversiteitsindices in het controle gebied hoger dan in het impact gebied. In T1 is er een grote afwijking voor densiteit en biomassa in het impact gebied, door de enorme hoeveelheid slangsterren (8085 ind./1000m²). Er is ook een grote variabiliteit tussen de verschillende slepen aldaar (zie grote standaardfout).

Tabel 39. Algemene patronen in totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom [gemiddeld aantal taxa per staal], H [Shannon Wiener] en J' [Pielou's evennes), densiteit (N/1000m²) en biomassa (N/1000m²) met standaardfout per gebied per periode voor epibenthos in het subtidaal in het voorjaar.

VOOR- JAAR	Gebied	Tot taxa	Soorten rijkdom	Densiteit (N/1000m ²)	Biomassa (WW/1000m ²)	H	J'
2014 T0	I	11	5,50 ± 0,34	883,17 ± 490,70	626,25 ± 265,85	0,87 ± 0,21	0,36 ± 0,09
	C	11	5,83 ± 0,65	318,46 ± 169,92	583,25 ± 320,72	1,31 ± 0,03	0,54 ± 0,03
2015 T1	I	14	6,50 ± 0,99	10195,35 ± 4178,87	8959,61 ± 3537,54	0,62 ± 0,23	0,23 ± 0,07
	C	12	8,50 ± 0,22	322,27 ± 55,36	607,93 ± 186,10	1,16 ± 0,24	0,37 ± 0,08
2016 T2	I	14	7,67 ± 0,67	323,41 ± 181,47	575,31 ± 279,89	1,15 ± 0,22	0,39 ± 0,07
	C	13	7,83 ± 0,54	81,41 ± 26,33	165,35 ± 54,52	1,79 ± 0,16	0,60 ± 0,05



Figuur 37. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evennes met standaardfout in het subtidaal, voorjaar. Controle = blauw, impact = rood

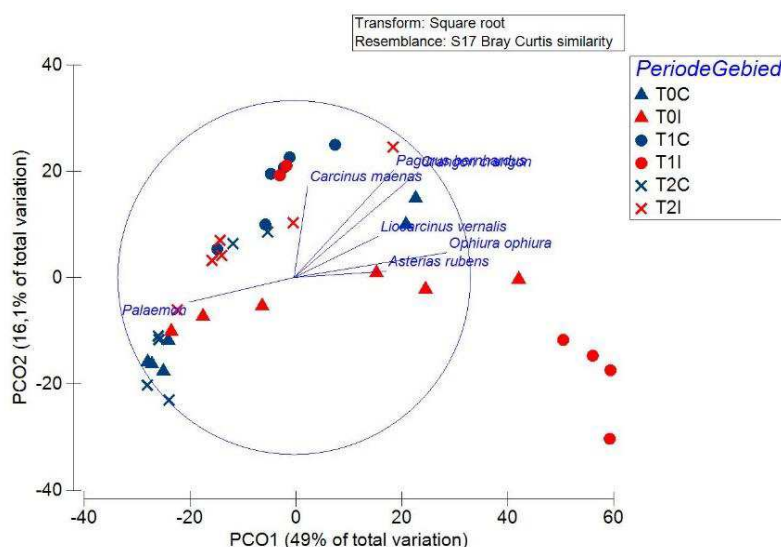
Tabel 40. Overzicht van de significantiewaarden voor de factoren periode en gebied ($p < 0.05$ is significant).

SUBTIDAAL voorjaar	periode x gebied	periode	gebied
Soortenrijkdom	0,2911	0,0052	0,1108
Densiteit	0,0015	0,0014	0,0004
Biomassa	0,0031	0,0006	0,0004
J'	0.8707	0.0213	0.0031
H	0,8789	0,0226	0,0022

Voor de factor periode in het voorjaar is er overal een significant verschil waargenomen; voor de factor gebied ook behalve voor de soortenrijkdom (Tabel 40). Voor de interactie tussen periode en gebied is er een significant verschil voor densiteit en biomassa. Uit de pairwise testen voor densiteit blijkt dat er binnen T1 een significant verschil is tussen controle en impact ($p=0.0384$) maar niet bij T0&T2. Zoals eerder geschreven heeft dit te maken met de grote hoeveelheid *O. ophiura* in het impactgebied in T1 werd aangetroffen. Verder blijkt ook dat er een significant verschil is binnen het gebied controle tussen T1 & T2 en dat er binnen het impactgebied een significant verschil is tussen T0&T1 ($p= 0.0425$) en tussen T1&T2 ($p= 0.0166$).

Voor de biologische variabele biomassa zien we opnieuw hetzelfde patroon als bij densiteit: Er is een significant verschil tussen controle en impact in de periode T1 ($p= 0.0172$). Binnen het gebied controle is er een significant verschil tussen T1 & T2 ($p=0.0092$) en binnen het gebied impact is er een significant verschil tussen T0&T1 ($p= 0.0322$) en tussen T1&T2 ($p=0.0282$).

Multivariate analyses



Figuur 38. PCO plot van de vierkwantwortel getransformeerde dichtheidsdata van het epibenthos in het subtidaal voorjaar. Elk punt stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie $> 0,5$ worden weergegeven. De soorten zijn met de klok mee *C. maenas*, *Pagurus bernardus*, *C. crangon*, *L. vernalis*, *O. ophiura*, *Asterias rubens*, *Palaemon* spp.

Uit de PCO plot (Figuur 38), die de spreiding weergeeft van de stalen voor de verschillende periodes en gebieden, blijkt dat alle stalen per factor min of meer samen clusteren. Uit de PERMANOVA test blijkt dat er een significant verschil is voor zowel de factor gebied ($p=0.0011$), periode ($p=0.0001$) en de interactiefactor ($p=0.0303$). Uit de pairwise testen blijkt dat er een significant verschil is tussen de controle en impactgemeenschap in T1 ($p=0.022$) en T2 ($p=0.0248$) maar niet in T0. Verder zien we ook dat er in het controlegebied een significant verschil is tussen T0 en T1 ($p=0.036$) en tussen T1 en T2

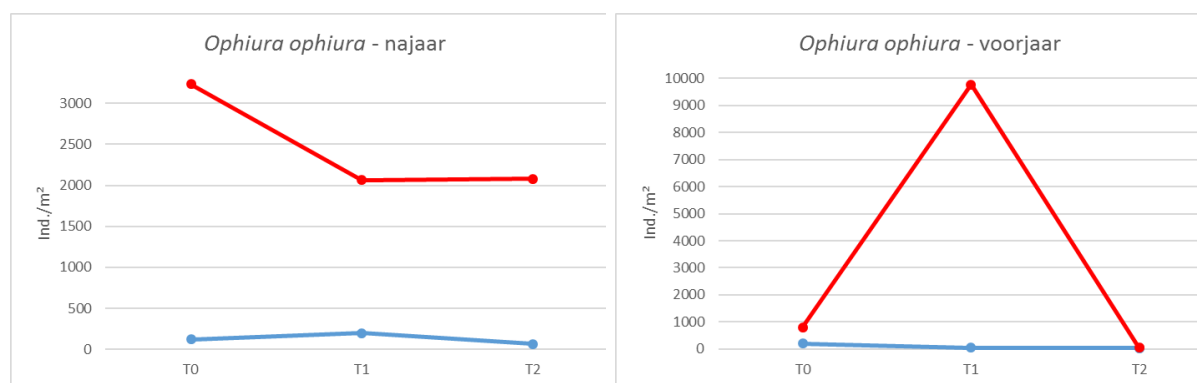
(0.003). In het impactgebied zijn er tussen alle periodes significante verschillen waar te nemen (T0-T1: $p=0.0496$; T0-T2: $p=0.0303$; T1-T2: $p=0.0203$). Uit de SIMPER (Tabel 41) blijkt dat opnieuw hoofdzakelijk *O. ophiura* en *C. crangon* aan de basis liggen van de verschillen tussen de gebieden en de periodes.

Tabel 41. Dissimilariteit tussen de verschillende periodes en de contributie van de soorten in het subtidaal voorjaar (SIMPER)

T0 & T1	53.76%	<i>O. ophiura</i> (46.18%), <i>C. crangon</i> (21.56%)
T1 & T2	54.05%	<i>O. ophiura</i> (44.39%), <i>C. crangon</i> (22.31%)
T0 & T2	45.03%	<i>O. ophiura</i> (42.65%), <i>C. crangon</i> (18.42%)

Soortenrijkdom

Het voorkomen en de populatie structuur van de dominante soorten *C. crangon* en *L. holsatus* van het subtidaal worden in detail besproken in hoofdstuk 3.7. In het subtidaal, is daarnaast *O. ophiura* een belangrijke soort, voornamelijk in het impact gebied (Figuur 39). De densiteit blijft in het controle gebied relatief laag. In het impact gebied zien we dat de gemiddelde densiteit in T1 en T2 ongeveer dezelfde waarden aanneemt als in het controlegebied maar dat er een zeer hoge densiteitspiek is in T1.



Figuur 39. Gemiddelde densiteit van *O. ophiura* in het najaar (links) en het voorjaar (rechts). Controle = blauw, impact = rood.

3.4.3 BEQI-indicator epibenthos

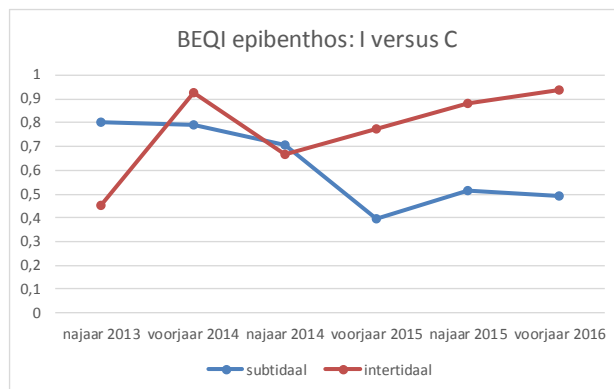
Met de BEQI indicator zijn de verschillen in soortensamenstelling, aantal soorten, densiteit en biomassa voor het epibenthos getest tussen impact en controle gebied voor elke staalname tijdstip en dit voor het subtidaal en intertidaal habitat (Tabel 42; Figuur 40).

In het **subtidaal**, zijn de verschillen in de epibenthos parameters tussen controle en impact in de eerste helft van de studieperiode laag, behalve voor densiteit. In de tweede helft scoren zowel densiteit als biomassa zeer laag. Dit komt door de (zeer) veel hogere abundantie van de slangster *O. ophiura* in het impact gebied. Behalve in het voorjaar 2016 in het impactgebied waar het de hoge densiteiten van *C. crangon* en hoge biomassa van *A. rubens* is.

In het **intertidaal**, zijn de verschillen laag, behalve in het najaar T0, door de veel hogere densiteiten van *C. crangon* in het controle gebied. In het najaar 2014 zijn het de hogere densiteiten van *C. crangon* in het impact gebied die zorgt voor een verschil in densiteit en biomassa. In het voorjaar 2014, na de strandsuppletie, is het epibenthos toch sterk gelijkaardig tussen controle en impact. Het aantal epibenthos soorten in het intertidaal is zeer laag en bijna altijd meer verschillende soorten in het impact gebied ten opzichte van het controle gebied.

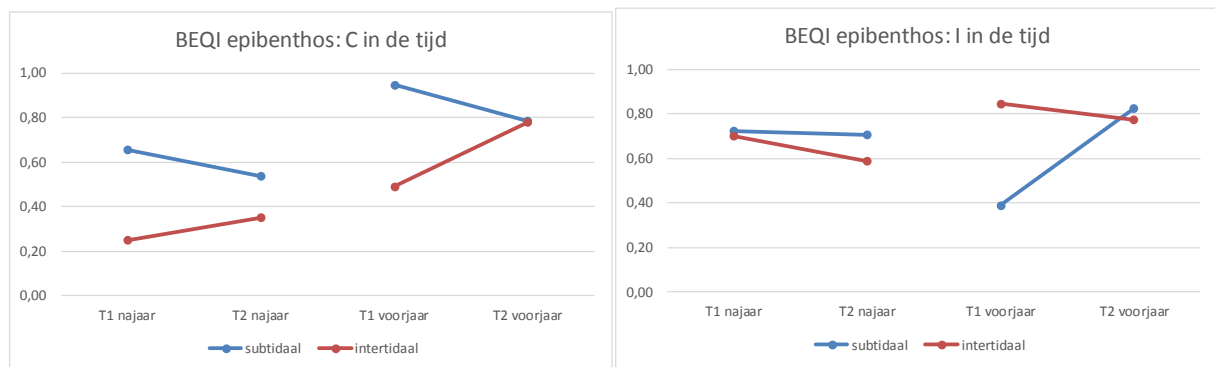
Tabel 42. BEQI-scores per staalname tussen impact en controle voor het intertidaal en subtidaal voor epibenthos.

		Subtidaal					Intertidaal				
		Similariteit	Aantal soorten	Densiteit Biomassa	Gem. BEQI		Similariteit	Aantal soorten	Densiteit Biomassa	Gem. BEQI	
najaar 2013	T0	0,66	0,90	0,76	0,90	0,80	0,71	0,60	0,26	0,25	0,45
voorjaar 2014	T0	0,85	1,00	0,35	0,96	0,79	0,83	1,00	0,91	0,97	0,93
najaar 2014	T1	0,71	1,00	0,52	0,61	0,71	0,63	1,00	0,53	0,50	0,66
voorjaar 2015	T1	0,58	1,00	0,00	0,00	0,40	0,64	1,00	0,67	0,77	0,77
najaar 2015	T2	0,65	1,00	0,18	0,22	0,51	0,70	1,00	0,86	0,97	0,88
voorjaar 2016	T2	0,72	1,00	0,11	0,14	0,49	0,81	1,00	0,94	1,00	0,94



Figuur 40. Gemiddelde BEQI-score voor vergelijking impact met controle op iedere staalname moment voor het intertidaal en het subtidaal voor epibenthos.

Als we nu de verschillen in de tijd (T1 en T2) voor elke gebied apart evalueren, dan zien we dat de epibenthos karakteristieken in het controle gebied sterker verschillen ten opzichte van de T0 dan in het impact gebied (Figuur 41). In het controle gebied is er in het subtidaal een groter worden verschil, terwijl in het intertidaal een kleiner wordend verschil ten opzichte van de T0. In het impact gebied is in het najaar de verschillend laag voor subtidaal en intertidaal, terwijl voor het subtidaal in T1 voorjaar niet. Dit laatste door de veel hogere densiteiten en biomassa van *O. ophiura* in T1 ten opzichte van T0.



Figuur 41. BEQI-scores voor controle en impact gebied door de tijd heen (T1 en T2), met T0 als controle voor het intertidaal en het subtidaal voor epibenthos.

3.5 Demersale vis

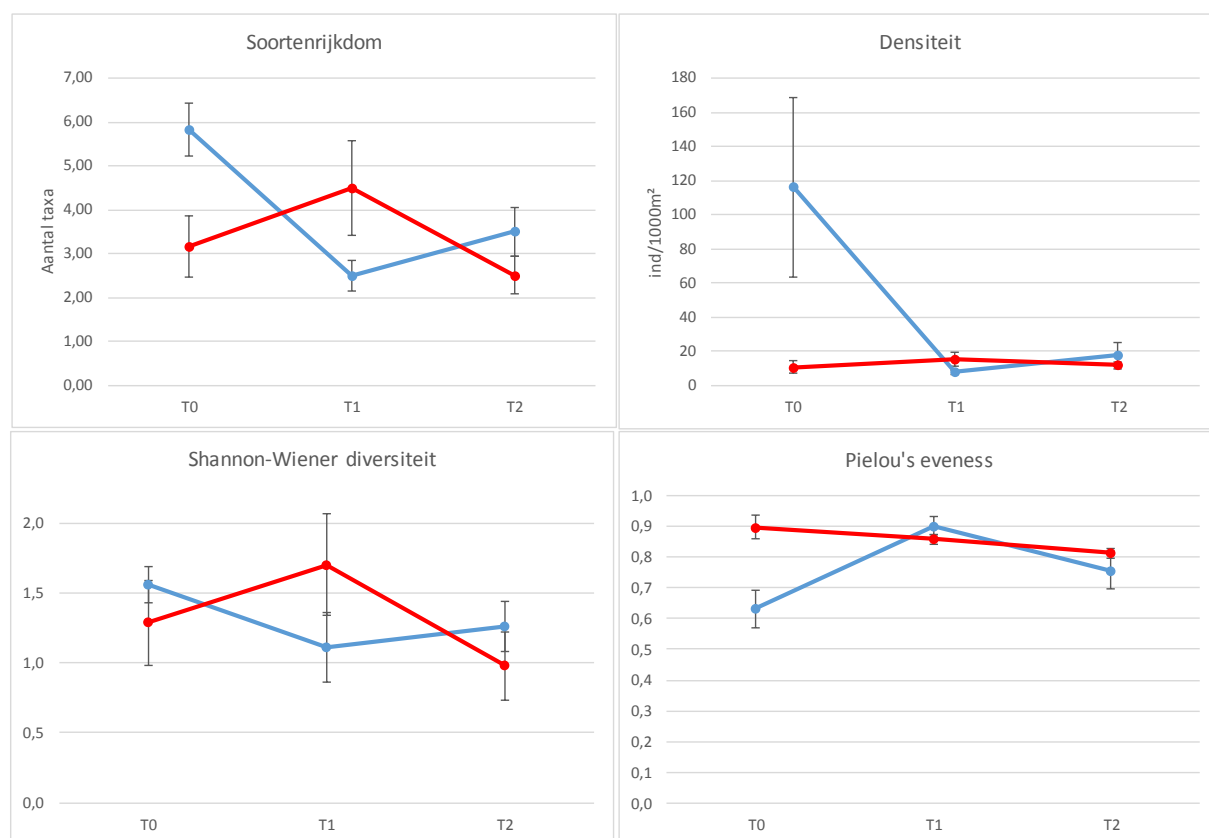
3.5.1 Intertidaal

Najaar

De meest voorkomende soorten in het najaar, intertidaal zijn *Scophthalmus* (86.1%), *Echiichthys vipera* (80.6%), *Pleuronectes platessa* (55.6%) en *Dicentrarchus labrax* (41.7%). Het controlegebied is in T0 en T2 over het algemeen rijker dan het impactgebied zowel op basis van soortenrijkdom, densiteit als Shannon-Wiener (Figuur 42, Tabel 43). In T1 is het impactgebied rijker dan het controlegebied. In T0 is er een groot verschil in densiteit tussen controle en impact, door de hogere densiteiten aan grondels en spiering in het controlegebied. Deze werden in T0 niet aangetroffen in het impactgebied. In T1 heeft het impactgebied een hoger aantal taxa en een hogere diversiteit ten opzichte van het controlegebied.

Tabel 43. Algemene patronen in totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom [gemiddeld aantal taxa per staal], H [Shannon Wiener] en J' [Pielou's evennes), densiteit (N/1000m²) en biomassa (N/1000m²) met standaardfout per gebied per periode voor demersale vis in het intertidaal in het najaar. Het aantal lege stalen is weergegeven tussen haakjes.

NAJAAR	Gebied	Tot taxa	Soorten rijkdom	Densiteit (N/1000m ²)	H	J'
2013 T0	I	6	3,17 ± 0,70	10,83 ± 3,95	1,29 ± 0,30	0,90 ± 0,04 (1)
	C	8	5,83 ± 0,60	116,27 ± 52,38	1,56 ± 0,13	0,63 ± 0,06
2014 T1	I	8	4,50 ± 1,09	15,42 ± 4,20	1,70 ± 0,36	0,86 ± 0,02 (1)
	C	4	2,50 ± 0,34	7,92 ± 1,36	1,11 ± 0,25	0,90 ± 0,03 (1)
2015 T2	I	6	2,50 ± 0,43	12,50 ± 1,21	0,98 ± 0,24	0,81 ± 0,02
	C	8	3,50 ± 0,56	17,50 ± 7,68	1,26 ± 0,18	0,76 ± 0,06



Figuur 42. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evennes ± standaardfout in het intertidaal najaar

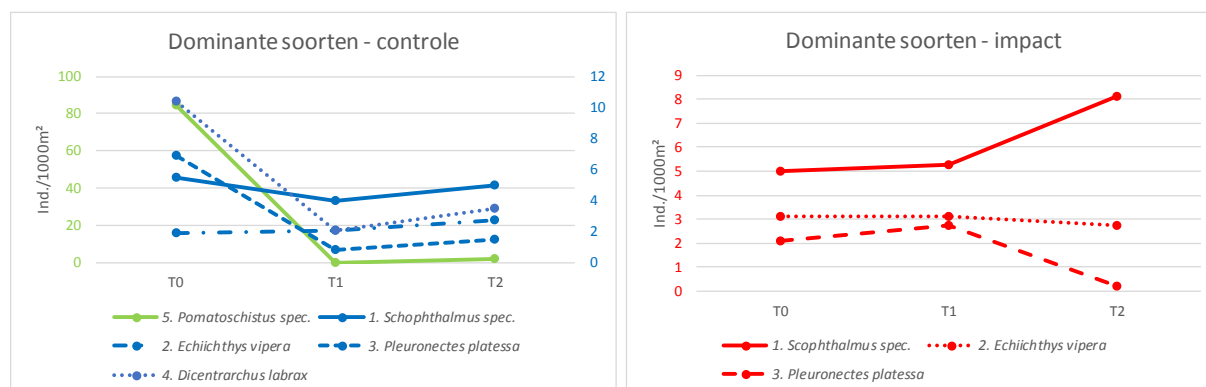
Tabel 44. Overzicht van de significantie waarden voor de factoren (periode en gebied) ($p < 0.05$ is significant).

INTERTIDAAL, najaar	periode x gebied	Periode (T0,T1,T2)	Gebied (controle, impact)
Soortenrijkdom	0,0047	0,0917	0,3155
Densiteit	0,0002	0,0017	0,0037
J'	0,0052	0,0376	0,0171
H	0,1638	0,4249	0,9562

Er wordt zowel voor de factor periode als voor de factor gebied een significant verschil aangetroffen bij de parameter densiteit en J' (Pielou's evennes) (Tabel 44). Voor de interactie tussen periode en gebied is er zowel voor soortenrijkdom, densiteit als J' een significant verschil waarneembaar. Als we naar de pairwise testen kijken voor soortenrijkdom dan zien we een significant verschil tussen controle en impact in T0 ($p=0.0292$) maar niet in T1 en T2. Binnen het controlegebied is er een significant verschil tussen T0 en T1 ($p=0.0017$) alsook tussen T0 en T2 ($p=0.0367$) maar niet tussen T1 en T2 en ook niet in het impactgebied. De pairwise testen voor densiteit vertonen hetzelfde patroon. Ook hier is er een significant verschil tussen controle en impact in T0 ($p=0.005$). En binnen het controlegebied is er een significant verschil tussen T0 & T1 ($p=0.0017$) en T0 & T2 ($p=0.0206$). Voor Pielou's evennes tonen de pairwise testen een significant verschil tussen controle en impact in de T0-situatie ($p=0.008$). Er werd ook een significant verschil aangetroffen binnen het controlegebied tussen de T0 en T1-situatie ($p=0.004$). Er werd dus voor geen enkele factor een significant verschil aangetroffen in het impactgebied. De verschillen zijn te wijten aan hogere aantallen grondels en spiering in het controlegebied in T0.

Soortensamenstelling

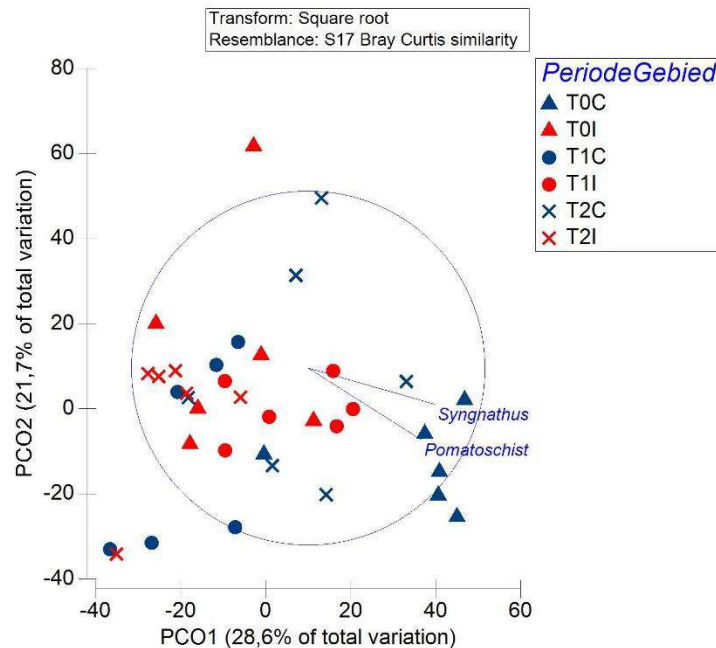
De voornaamste soorten (samen > 90% similariteit in SIMPER test) die verantwoordelijk zijn voor de verschillen in de tijd in het controlegebied zijn dat *Scophthalmus spp.* (tarbot/griet), *E. vipera* (kleine pieterman), *P. platessa* (schol), *D. labrax* (zeebaars), *Pomatoschistus spp.* (grondel). In het impactgebied is dat *Scophthalmus spp.* (tarbot/griet), *E. vipera* (kleine pieterman) en *P. platessa* (schol). In het controle gebied was de densiteit van de dominante soorten (vooral grondels) het hoogst in T0 (behalve voor kleine pieterman). Opvallend is dat in het controlegebied in het intertidaal na de T0 geen grondels meer werden waargenomen. In het impactgebied blijven de dominante soorten in gelijke densiteiten aanwezig in T0 en T1, maar vertoont tarbot/griet een sterke stijging in T2 en zien we voor schol en kleine pieterman net het omgekeerde.



Figuur 43. Gemiddelde densiteit van de meest voorkomende soorten in het intertidaal najaar

Multivariate analyses

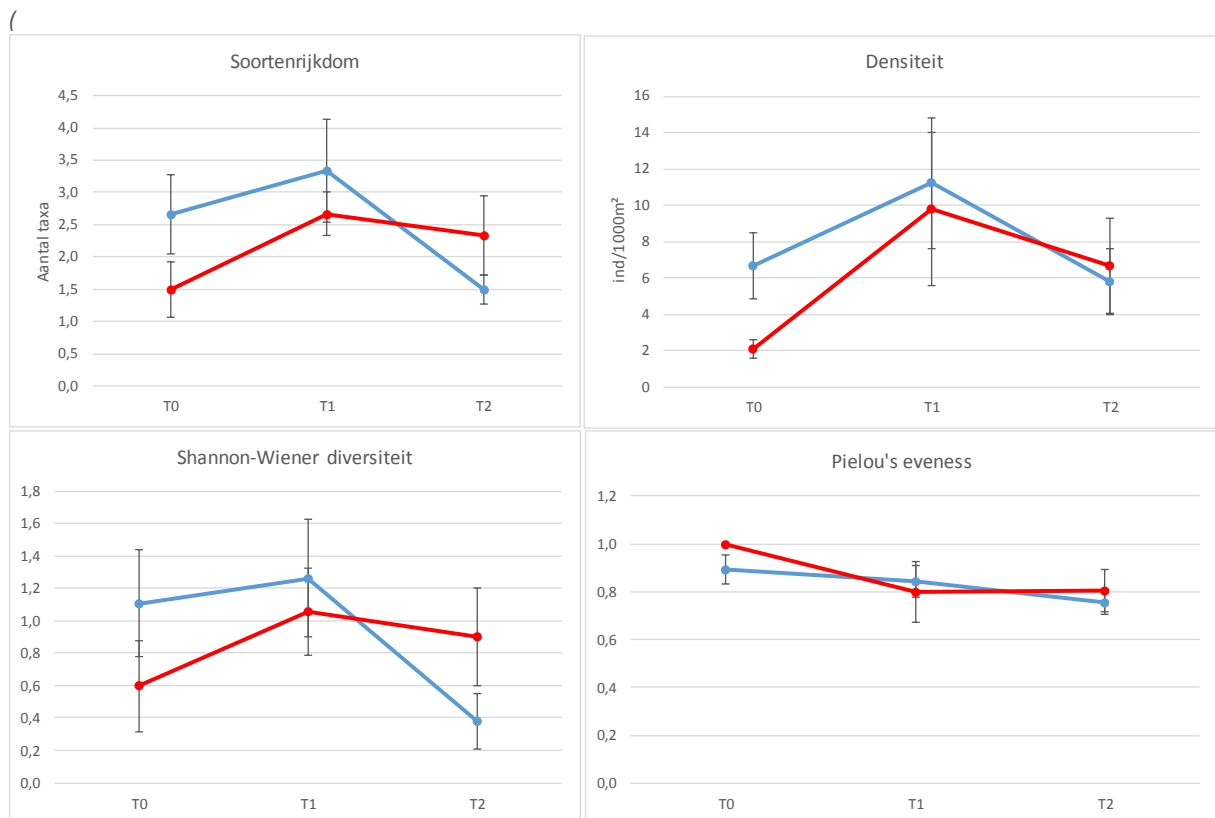
Uit de PCO analyses zien we dat T0 controle het meest verschilt van de andere factor groepen (Figuur 44). De permanova test toont significante verschillen voor periode ($p=0.0026$), gebied ($p=0.0078$) en de interactie tussen beide factoren ($p=0.0001$). Binnen alle periodes is er een significant verschil tussen controle en impact (T0: $p=0.0042$; T1: $p=0.037$; T2: $p=0.0046$). Verder zien we ook dat binnen het controlegebied er een significant verschil is tussen T0 & T2 ($p=0.0116$) en tussen T0&T1 ($p=0.0022$). Er is geen significant verschil tussen T1 en T2. In het impactgebied zien we enkel een significant verschil tussen T1 en T2 ($p=0.0015$). In totaal wordt 50.3% van de variatie verklaard door de eerste twee assen en *Pomatoschistus spp.* (grondels) en *Syngnathus spp.* (zeenaald) dragen het meest bij tot dit patroon (Figuur 44).



Figuur 44. PCO plot van de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van demersale vis in het intertidaal najaar. Elk punt stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie $> 0,7$ worden weergegeven. De taxa met de klok mee zijn *Syngnathus spp.* en *Pomatoschistus spp.*

Voorjaar

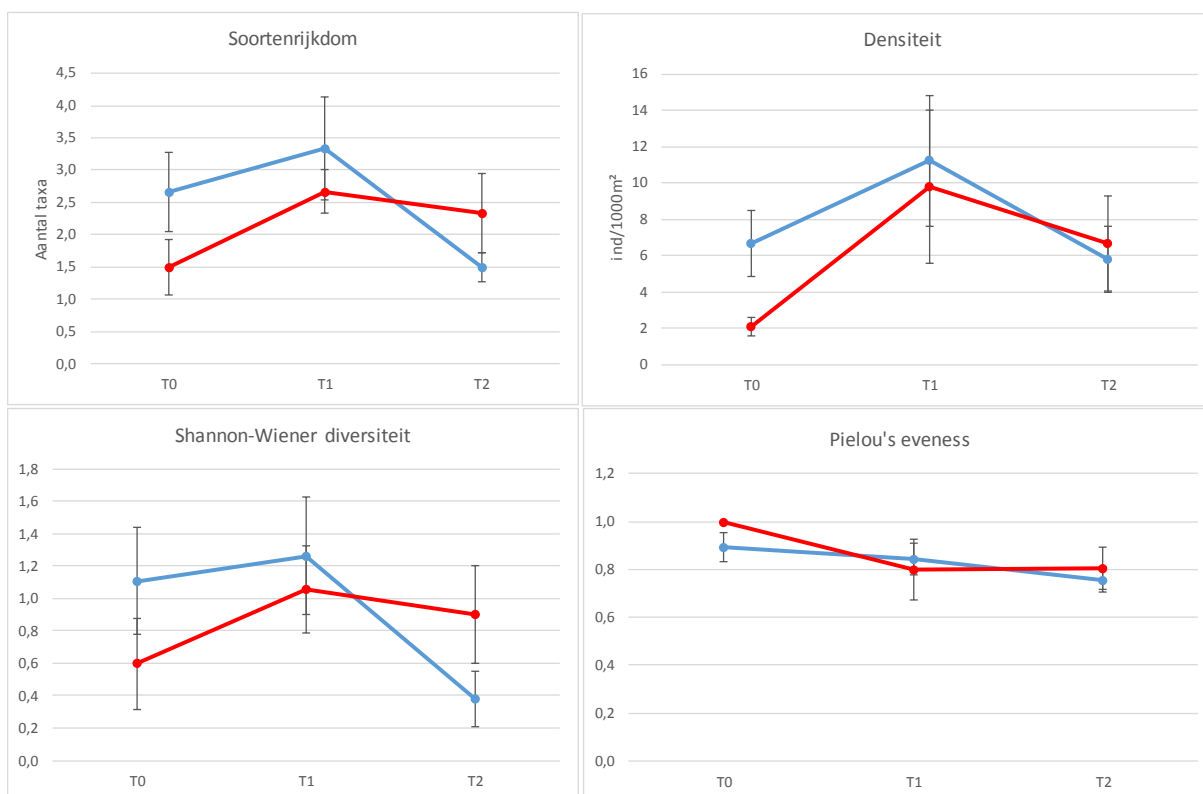
De meest voorkomende soorten in het intertidaal voorjaar zijn *Scophthalmus spp.* (tarbot/griet) (72.2%), *P. platessa* (schol) (38.9%), *Pomatoschistus spp.* (grondel) (25%) en *Atherina presbyter* (koornaarvis) (19.4%). De meeste biologische parameters volgen in de loop van de tijd min of meer hetzelfde patroon



Figuur 45 (Figuur 45, Tabel 45). Er is een stijging in soortenrijkdom, densiteit en diversiteit tussen T0 en T1 en vervolgens terug een daling in T2. Controle is telkens hoger dan impact behalve in T2. In T0 impact, zijn de waarden in impact gebied ook het meest verschillend met de controle. Bij Pielou's evenness liggen de waarden heel dicht bij elkaar voor controle en impact en is er ook weinig verschil doorheen de tijd.

Tabel 45. Algemene patronen in totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom [gemiddeld aantal taxa per staal], H [Shannon Wiener] en J' [Pielou's evenness), densiteit (N/1000m²) en biomassa (N/1000m²) met standaardfout per gebied per periode voor demersale vis in het intertidaal in het voorjaar. Het aantal lege stalen is weergegeven tussen haakjes.

VOORJAAR	Gebied	Tot taxa	Soorten rijkdom	Densiteit (N/1000m²)	H	J'
2014 T0	I	4	1,50 ± 0,43	2,08 ± 0,53	0,60 ± 0,28	1,00 ± 0 (3)
	C	7	2,67 ± 0,61	6,67 ± 1,82	1,11 ± 0,33	0,89 ± 0,06 (1)
2015 T1	I	7	2,67 ± 0,33	9,79 ± 4,19	1,06 ± 0,27	0,80 ± 0,13 (1)
	C	7	3,33 ± 0,80	11,25 ± 3,59	1,26 ± 0,36	0,84 ± 0,07 (1)
2016 T2	I	8	2,33 ± 0,61	6,67 ± 2,62	0,90 ± 0,30	0,80 ± 0,09 (2)
	C	4	1,50 ± 0,22	5,83 ± 1,82	0,38 ± 0,17	0,76 ± 0,05 (3)



Figuur 45. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het intertidaal voorjaar. Controle = blauw, impact = rood

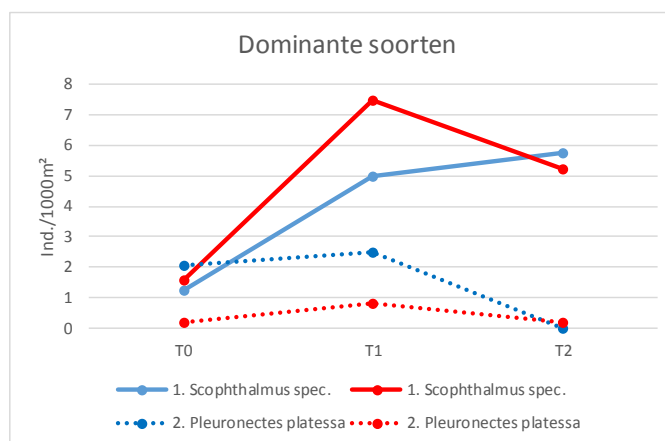
Bij de statistische test stellen we vast dat er geen enkele van de parameters significante verschillen vertoont voor de factors periode en gebied (Tabel 46). Dit komt overeen met wat we zien in de grafieken (Figuur 45).

Tabel 46. Overzicht van de significantie waarden voor de factoren (periode en gebied) ($p < 0.05$ is significant)

INTERTIDAAL, voorjaar	periode x gebied	Periode (T0-T1-T2)	Gebied (controle/impact)
Soortenrijkdom	0,1753	0,1151	0,4361
Densiteit	0,6227	0,0775	0,448
J'	0,685	0,2017	0,6309
H	0,2067	0,2192	0,787

Soortensamenstelling

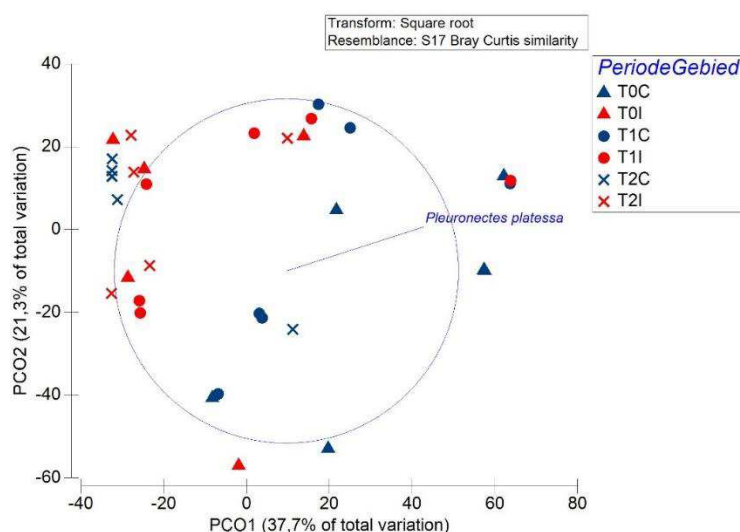
De voornaamste soorten (samen > 80% similariteit in SIMPER test) die verantwoordelijk zijn voor de verschillen in de tijd zijn zowel voor impact en controle gebied *Scophthalmus spp.* (tarbot/griet) en *P. platessa* (schol) (Figuur 46). In het voorjaar, was de densiteit van tarbot/griet duidelijk hoger in T1 en T2 dan in T0, zowel in controle als impact. Voor schol was de densiteit in impact T0 ook duidelijk heel laag, maar dit werd ook geobserveerd in de T2 periode.



Figuur 46. Gemiddelde densiteit van de meest voorkomende soorten (>80% similariteit in SIMPER) in het intertidaal voorjaar. Controle = blauw, impact = rood

Multivariate analyses

Uit de PERMANOVA blijkt dat er een significant verschil is tussen de verschillende gebieden (controle/impact) ($p = 0.0321$) en tussen de verschillende periodes (T0-T1-T2) ($p = 0.003$). Er is geen significant verschil tussen de interactie tussen periode en gebied. De PCO plot (Figuur 47) vertoont een verspreid patroon. 59% van de variatie wordt verklaard door de eerste twee assen van de PCO.



Figuur 47 PCO plot van de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van demersale vis in het intertidaal voorjaar. Elk punt stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0,7 worden weergegeven.

3.5.2 Subtidaal

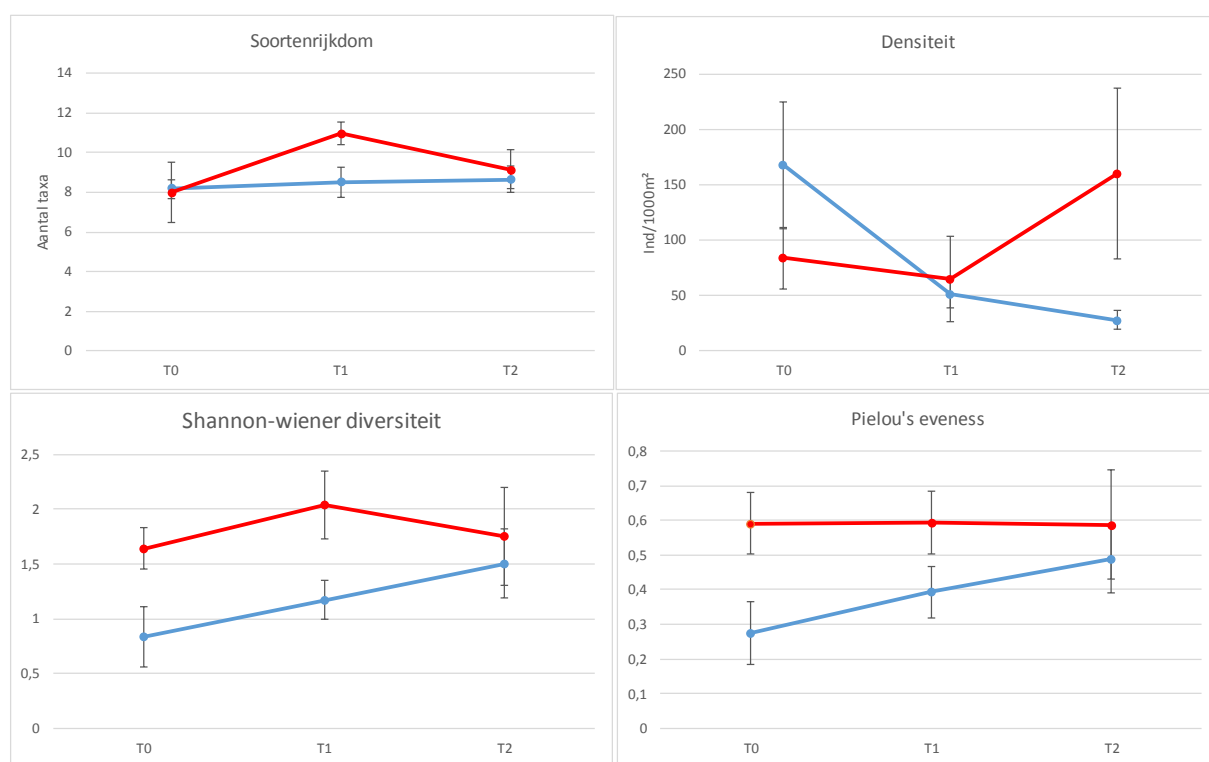
Najaar

De meest voorkomende soorten in het subtidaal najaar zijn *P. platessa* (97.22%), *Pomatoschistus spp.* (97.22%), *Solea solea* (97.22%) en *Osmerus eperlanus* (94.44%). Behalve voor densiteit vertonen controle en impact eenzelfde patroon in de loop van de tijd (Tabel 47, Figuur 48). De diversiteitsindex waarden zijn duidelijk hoger in impact dan controle en voor aantal taxa iets hoger. Densiteit heeft een

afwijkend patroon met hogere densiteiten in T0 in het controlegebied en in T2 in het impactgebied. Beide punten vertonen grote foutenvlaggen wat op een grote variabiliteit binnen de individuele stalen wijst. In beide gebieden werden in een aantal stalen hoge densiteiten aan *Pomatoschistus spp.* gevonden.

Tabel 47. Algemene patronen in totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom [gemiddeld aantal taxa per staal], H [Shannon Wiener] en J' [Pielou's evennes), densiteit (N/1000m²) en biomassa (N/1000m²) met standaardfout per gebied per periode voor demersale vis in het subtidaal in het najaar. Het aantal lege stalen is weergegeven tussen haakjes.

NAJAAR	Gebied	Tot taxa	Soorten rijkdom	Densiteit (N/1000m ²)	H	J'
2013 T0	I	15	8 ± 1,53	83,88 ± 28,15	1,64 ± 0,19	0,59 ± 0,09
	C	14	8,17 ± 0,48	167,81 ± 57,17	0,83 ± 0,28	0,27 ± 0,09
2014 T1	I	19	11,00 ± 0,58	65,04 ± 38,32	2,04 ± 0,31	0,59 ± 0,09
	C	17	8,50 ± 0,76	51,85 ± 13,48	1,17 ± 0,18	0,39 ± 0,07
2015 T2	I	18	9,17 ± 0,98	160,41 ± 77,27	1,76 ± 0,45	0,59 ± 0,16
	C	16	8,67 ± 0,67	27,90 ± 8,52	1,51 ± 0,31	0,49 ± 0,10



Figuur 48. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evennes ± standaardfout in het sub-tidaal najaar. Controle = blauw, impact = rood.

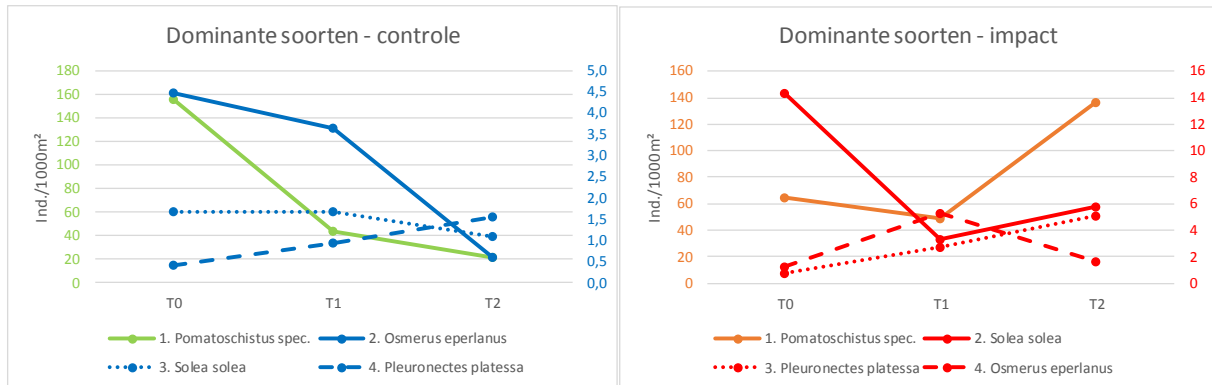
Statistisch zien we geen significante verschillen voor de meeste variabelen, enkel bij de diversiteitsindices voor de factor gebied (controle/impact) is er een significant verschil (Tabel 48).

Tabel 48. Overzicht van de significantie waarden voor de factoren (periode en gebied) met $p < 0.05$ is significant

SUBTIDAAL, najaar	periode x gebied	periode	gebied
Soortenrijkdom	0,3291	0,2004	0,2098
Densiteit	0,0617	0,3287	0,5819
J'	0,5785	0,5934	0,0228
H	0,5289	0,3508	0,014

Soortensamenstelling

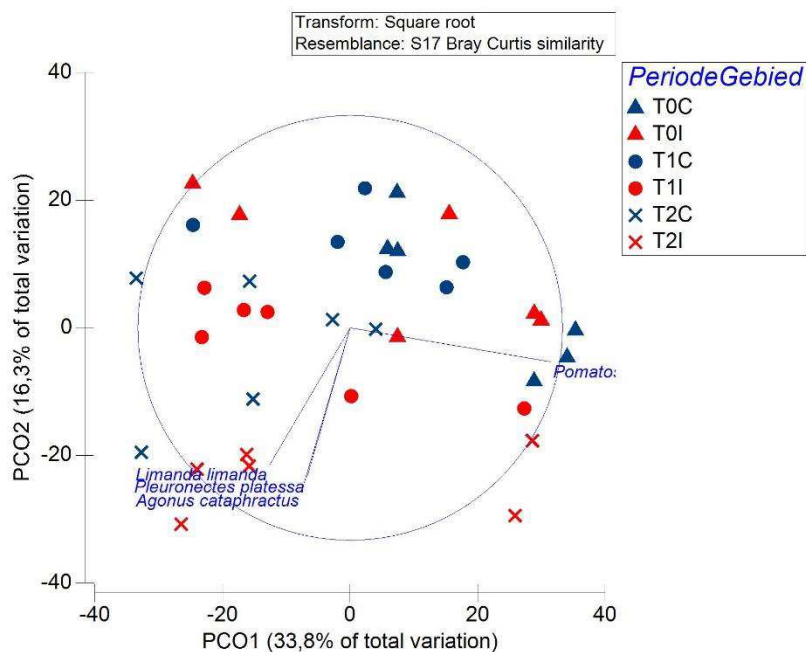
De voornaamste soorten (samen > 80% similariteit in SIMPER test) die verantwoordelijk zijn voor de verschillen in de tijd zijn zowel voor impact en controle gebied *Pomatoschistus spp.* (grondel), *O. eperlanus* (spiering), *S. solea* (tong), *P. platessa* (schol). In het impactgebied is enkel hun rangorde in de SIMPER test verschillend. In het controlegebied, nemen we een daling in de tijd voor de densiteit van de meest soorten waar, behalve voor schol. In het impactgebied is het patroon van deze soorten variabler, met een dominantie van *Pomatoschistus spp.*, welke hun hoogste densiteitswaarden hebben in T2. Voor tong is dit in de T0-situatie en deze soort vertoont ook duidelijk hogere densiteiten in het impactgebied in vergelijking met het controlegebied. De densiteit van schol in het impactgebied neemt toe over de tijd, terwijl voor spiering de hoogste densiteiten in de T1-situatie werd opgemeten.



Figuur 49. Gemiddelde densiteit van de meest voorkomende soorten in het subtidaal najaar

Multivariate analyses

In het subtidaal najaar zijn er significante verschillen ($p < 0.05$) in de gemeenschapsstructuur tussen periode, gebied en de interactiefactor. Uit de pairwise testen blijkt dat er een significant verschil is tussen de twee gebieden in T0 ($p = 0.0436$) en T2 ($p = 0.023$). Daarnaast is er zowel in het controlegebied als in het impactgebied een significant verschil tussen de verschillende periodes (T0-T1-T2). Ook in de PCO plot (Figuur 50) zie je dat alle groepen uit de legende min of meer samen clusteren en dus verschillend vertonen. Uit de vector overlay blijkt dat de soorten *Pomatoschistus spp.*, *Limanda limanda*, *P. platessa* en *Agonus catapharctus* bijdragen tot dit patroon. Wel dient opgemerkt te worden dat slechts 50.1% van de totale variatie verklaard kan worden door de eerste twee assen van de PCO.



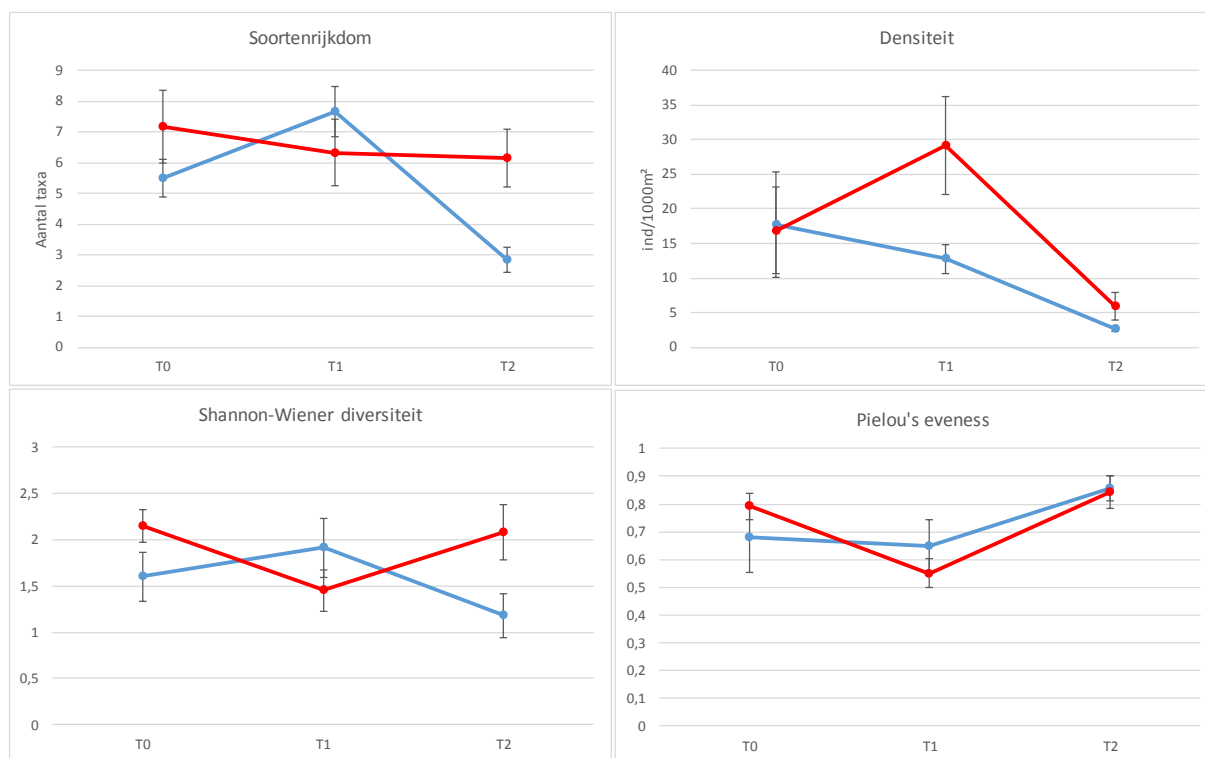
Figuur 50. PCO plot van de vierkwartswortel getransformeerde dichtheidsdata van demersale vis in het intertidaal voorjaar. Elk punt stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0,7 worden weergegeven. De taxa zijn met de klok mee: Pomatoschistus spp., Agonus cataphractus, Pleuronectes platessa en Limanda limanda

Voorjaar

In het voorjaar subtidaal zijn de meest voorkomende soorten *Pomatoschistus* (grondel) (91.67%), *P. platessa* (schol) (88.89%), *S. solea* (tong) (80.56) en *O. eperlanus* (spiering) (77.78%). De parameters vertonen een licht verschillende patroon tussen controle en impact, behalve voor Pielou's evennes index (Figuur 51, Tabel 49). De densiteiten in het controlegebied vertonen een dalende trend, terwijl in het impactgebied de hoogste densiteit in T1 situatie werd waargenomen, door hoge densiteiten aan grondels op dat moment. De soortenrijkdom is het hoogst in het impactgebied in T0 en T2, maar niet in T1. De waarden voor soortenrijkdom in het impactgebied blijven gelijkaardig in de tijd, terwijl ze in het controlegebied op T0 en T2 duidelijk lager zijn.

Tabel 49. Algemene patronen in totaal aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom [gemiddeld aantal taxa per staal], H [Shannon Wiener] en J' [Pielou's evennes]), densiteit (N/1000m²) en biomassa (N/1000m²) met standaardfout per gebied per periode voor demersale vis in het subtidaal in het voorjaar. Het aantal lege stalen is weergegeven tussen haakjes.

VOORJAAR	Gebied	Tot taxa	Soorten rijkdom	Densiteit (N/1000m ²)	H	J'
2014 T0	I	14	7,17 ± 1,19	16,89 ± 6,26	2,15 ± 0,18	0,79 ± 0,05
	C	8	5,50 ± 0,62	17,69 ± 7,67	1,60 ± 0,26	0,68 ± 0,12
2015 T1	I	12	6,33 ± 1,09	29,14 ± 7,06	1,45 ± 0,23	0,55 ± 0,05
	C	13	7,67 ± 0,80	12,73 ± 2,08	1,91 ± 0,32	0,65 ± 0,10
2016 T2	I	14	6,17 ± 0,95	5,97 ± 1,98	2,08 ± 0,30	0,84 ± 0,06
	C	6	2,83 ± 0,40	2,67 ± 0,38	1,18 ± 0,24	0,86 ± 0,04(1)



Figuur 51. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het sub-tidaal voorjaar. Controle = blauw, impact = rood.

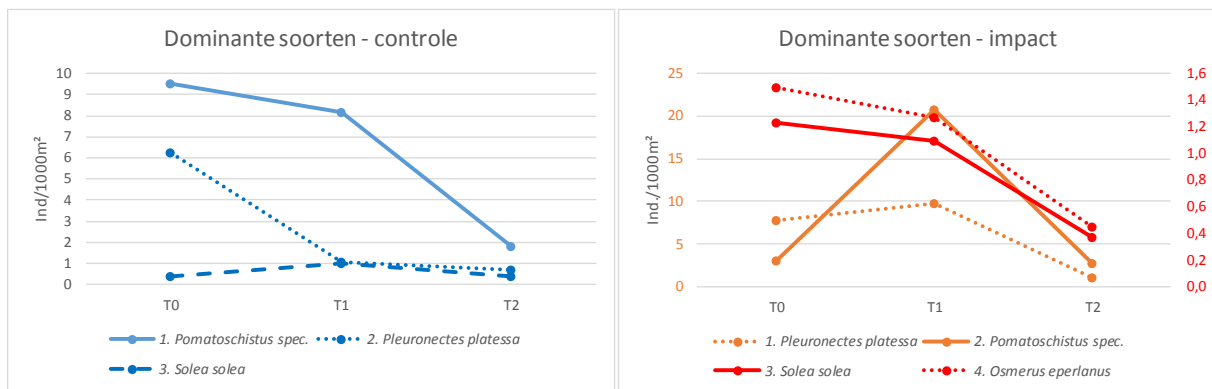
Tabel 50. Overzicht van de significantie waarden voor de factoren (periode en gebied) met $p < 0.05$ is significant

SUBTIDAAL, voorjaar	periode x gebied	Periode (T0-T1-T2)	Gebied (controle-impact)
Soortenrijkdom	0,042	0,0233	0,103
Densiteit	0,2302	0,0059	0,1422
J'	0,4027	0,0156	0,994
H	0,0329	0,6175	0,127

In het voorjaar, subtidaal is er een significant verschil tussen de verschillende periodes op basis van soortenrijkdom, densiteit en J' (Tabel 50). Op basis van soortenrijkdom en Shannon-Wiener diversiteit is er een significant verschil voor de interactiefactor. Uit de pairwise testen blijkt dat er voor soortenrijkdom enkel in T2 een significant verschil is tussen controle en impact ($p(\text{mc}) = 0.0083$). Voor het impactgebied zijn er geen significante verschillen in de loop van de tijd; voor het controlegebied is er een significant verschil tussen T0&T1 en T0&T2 (respectievelijk $p(\text{mc}) = 0.0081$, $p(\text{mc}) = 0.0022$). Voor de Shannon-Wiener diversiteitsindex is er in T2 een significant verschil tussen controle en impact ($p = 0.0351$) en in het impactgebied een significant verschil tussen T0 en T1.

Soortensamenstelling

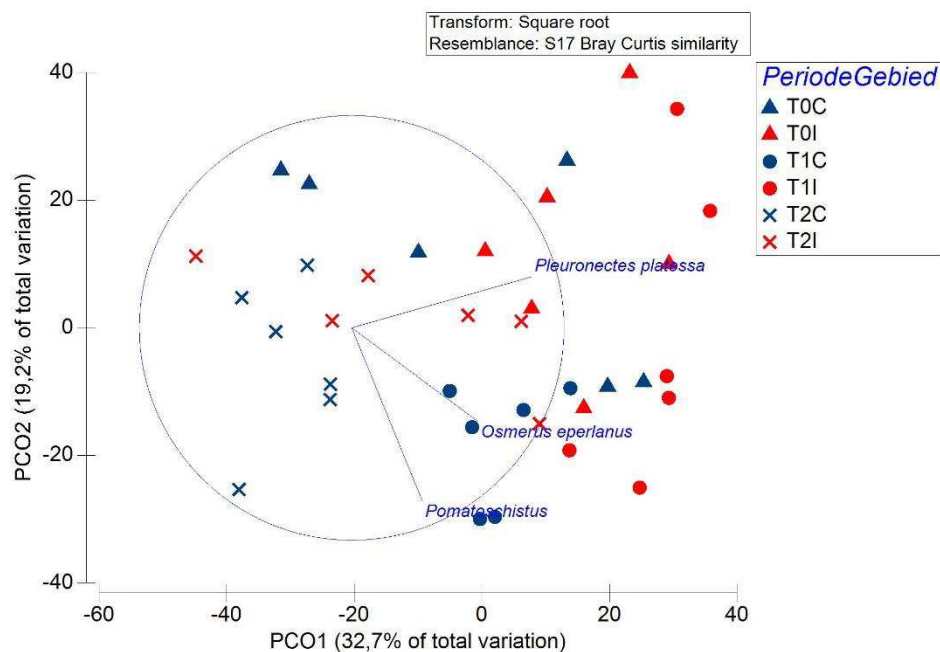
De voornaamste soorten (samen > 70% similariteit in SIMPER test) die verantwoordelijk zijn voor de verschillen in de tijd zijn voor het controle gebied *Pomatoschistus spp.* (grondel), *P. platessa* (schol) en *S. solea* (tong) en voor het impactgebied *P. platessa*, *Pomatoschistus spp.*, *S. solea* en *O. eperlanus* (spiering) (Figuur 52). In het controlegebied daalt de densiteit van de grondels en schol in de tijd, terwijl tong de hoogste densiteit bereikt in T1. In het impactgebied, zien we ook een dalende trend in de densiteit van schol en spiering in de tijd. De densiteit van schol, en vooral grondels, is het hoogst in de T1-situatie.



Figuur 52. Gemiddelde dichtheid van de meest voorkomende soorten in het subtidaal voorjaar.

Multivariate analyses

In het subtidaal voorjaar zijn er significante verschillen ($p < 0.05$) in de gemeenschapsstructuur tussen periode, gebied en de interactiefactor. Uit de pairwise testen blijkt dat zowel voor het impactgebied als voor het controlegebied er significante verschillen zijn tussen de gemeenschappen in de verschillende periodes (T0, T1, T2). Tussen controle en impact is er enkel in T1 een significant verschil ($p = 0.0023$). Dit is ook te zien in de PCO (Figuur 53) waar alle groepen uit de legende min of meer afzonderlijk clusteren. Uit de vector-overlay is te zien dat *Pomatoschistus* spp. en *O. eperlanus* vooral in T1-stalen voorkomen. *Pleuronectes platessa* komt vooral in de controlestalen voor. 50.9% van de variatie wordt verklaard door de eerste twee assen van de PCO.



Figuur 53. PCO plot van de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van demersale vis in het subtidaal voorjaar. Elk punt stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie $> 0,7$ worden weergegeven. De taxa zijn met de klok mee: *Pleuronectes platessa*, *Osmerus eperlanus*, *Pomatoschistus* spp.

3.5.3 BEQI indicator demersale vis

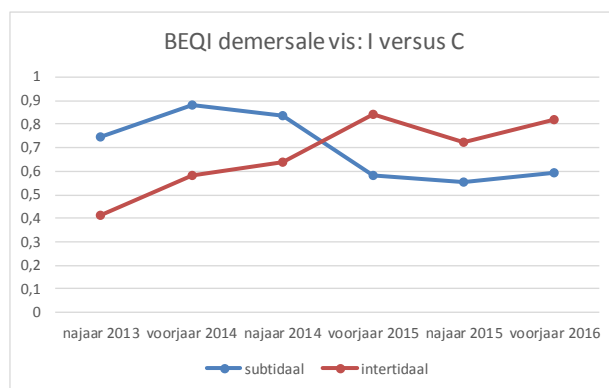
Met de BEQI indicator zijn de verschillen in soortensamenstelling, aantal soorten en densiteit voor de demersale vis fauna getest tussen impact en controle gebied voor elke staalname tijdstip en dit voor het subtidaal en intertidaal habitat (Tabel 51; Figuur 54).

In het **subtidaal**, zijn de scores zeer gelijkaardig aan wat geobserveerd werd voor het epibenthos. Hier zijn ook de parameters gelijkaardig voor de visfauna tussen controle en impact in het 1^{ste} gedeelte van de staalname periode en voor de parameter densiteit sterk verschillend in de tweede periode. Hierbij zijn de densiteiten van de grondel en allerlei platvissen duidelijk hoger in het impactgebied ten opzichte van het controlegebied.

In het **intertidaal**, observeren we het omgekeerde beeld dan in het subtidaal, waarbij de densiteiten sterk verschillen in de 1^{ste} staalnameperiode. Dit door lagere densiteiten in het impact gebied in najaar 2013 en voorjaar 2014, maar hogere densiteiten aan vis in het najaar 2014. Ook was er een duidelijker verschil in aantal soorten tussen controle en impact in de 1^{ste} staalnameperiode, dat iets lager lag in het impact gebied.

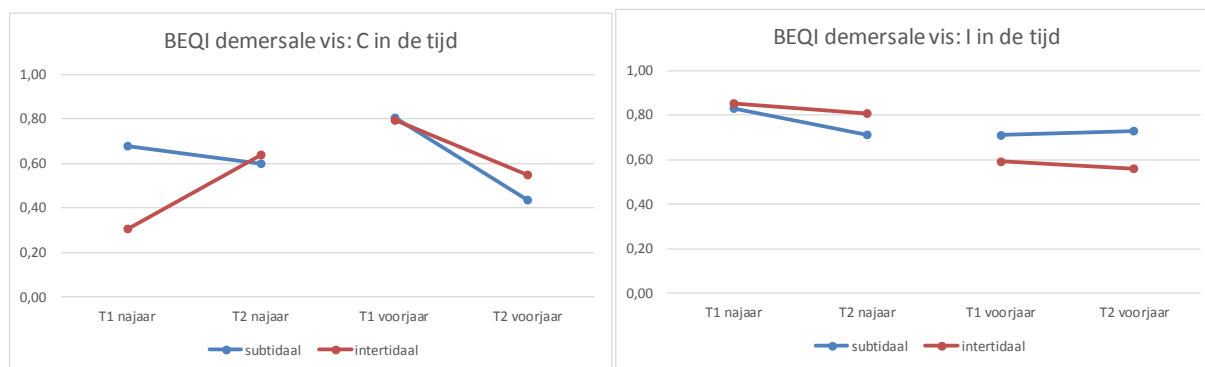
Tabel 51. BEQI-scores per staalname tussen impact en controle voor het intertidaal en subtidaal voor demersale vis.

		Subtidaal					Intertidaal			
		Similariteit	Aantal soorten	Densiteit Biomassa	Gem. BEQI		Similariteit	Aantal soorten	Densiteit Biomassa	Gem. BEQI
najaar 2013	T0	0,60	1,00	0,63	0,74		0,57	0,51	0,16	0,41
voorjaar 2014	T0	0,68	1,00	0,98	0,88		0,72	0,67	0,36	0,58
najaar 2014	T1	0,76	1,00	0,75	0,84		0,60	1,00	0,31	0,64
voorjaar 2015	T1	0,76	0,80	0,19	0,58		0,63	1,00	0,89	0,84
najaar 2015	T2	0,67	1,00	0,00	0,56		0,67	0,70	0,81	0,73
voorjaar 2016	T2	0,59	1,00	0,18	0,59		0,61	1,00	0,84	0,82



Figuur 54. Gemiddelde BEQI-score voor vergelijking impact met controle op iedere staalname moment voor het intertidaal en het subtidaal voor de demersale vis fauna

Als we nu de verschillen in de tijd (T1 en T2) voor elke gebied apart evalueren, dan zien we dat de karakteristieken van de demersale visfauna in het intertidaal en subtidaal gelijkaardig zijn over de tijd in beide gebieden, behalve voor de najaarsvergelijking in het controle gebied (Figuur 55). In het impactgebied verschillen de karakteristieken van de demersale visfauna niet veel in de tijd, zowel in het subtidaal als het intertidaal. In het controlegebied is er wel verandering, waarbij in T1 najaar voor het intertidaal het aantal soorten en densiteiten veel lager is dan in de T0 situatie. In T2 voorjaar zijn in het subtidaal de densiteiten en het aantal soorten lager dan in de T0, terwijl in het intertidaal enkel de densiteiten. Als er verschillen zijn in de tijd voor de densiteiten, dan is dit voornamelijk door variatie in de densiteit van de grondels.



Figuur 55. BEQI-scores voor controle en impact gebied door de tijd heen (T1 en T2), met T0 als controle voor het intertidaal en het subtidaal voor demersale vis fauna.

3.6 Hyperbenthos

3.6.1 Intertidaal

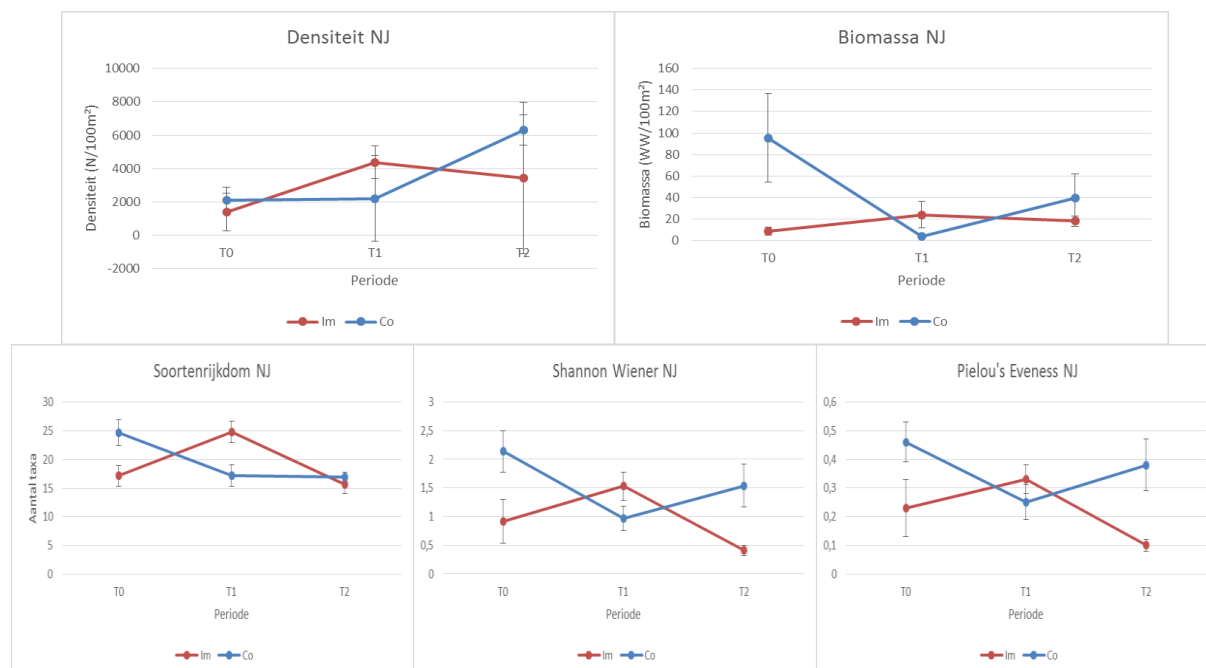
In de T0 situatie worden er in het intertidaal in het totaal 71 hyperbenthos taxa gevonden (impact: 56; controle: 57). In de T1 situatie zijn er 67 taxa aanwezig (impact: 58; controle: 65) en op T2 63 taxa (impact: 46; controle: 53). Het aantal taxa was over het algemeen iets hoger in het controle gebied.

Najaar

Alle univariate parameters, behalve densiteit, tonen een significante periode x gebied interactie (Tabel 53). Elk van deze parameters is significant hoger in het controle gebied op T0 maar neemt af tussen T0 en T1 in het controlegebied terwijl tijdens dezelfde periode een stijging waargenomen wordt in het impactgebied (Tabel 52, Figuur 56). Op T2 is zowel de Shannon Wiener diversiteit als de evennes terug significant hoger in het controle gebied in vergelijking met het impactgebied (Figuur x). De (niet-significante) stijging in densiteit tussen T0 en T1 in het impactgebied en tussen T1 en T2 in het controlegebied wordt beiden verklaard door de hoge aantallen *Mesopodopsis slabberi* die telkens in slechts 1 van de zes slepen gevonden werden (Figuur 57). Verder verklaart de hoge densiteit van *C. crangon* op T0 in het controle gebied de hoge biomassa op dat moment, waardoor we een significant verschil terugvinden tussen T0 en T1 in het controle gebied ($p=0,005$), en tussen beide gebieden op T0 ($p=0,033$). Ten slotte vinden we dat de densiteit van de vijf dominante soorten toeneemt tussen T0 en T1 in het impactgebied terwijl de densiteit van de vijf meest dominante soorten in het controle gebied relatief stabiel blijft tijdens dezelfde periode (zie Figuur 57).

Tabel 52. Totaal aantal taxa, gemiddelde diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa $\pm$ standaardfout per gebied per periode voor het intertidale hyperbenthos in het najaar.

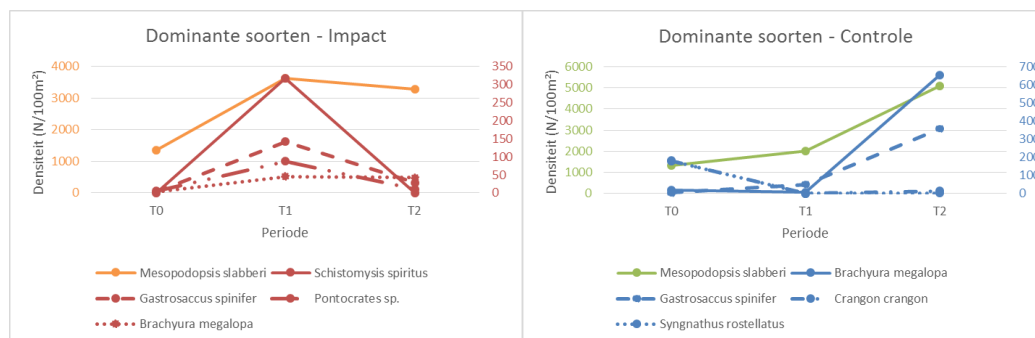
NAJAAR	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/100m ²)	Biomassa (WW/100m ²)	H	J'
2013 T0	Impact	35	17,17 $\pm$ 1,81	1399,17 $\pm$ 770,89	8,48 $\pm$ 3,59	0,92 $\pm$ 0,38	0,23 $\pm$ 0,10
	Controle	48	24,67 $\pm$ 2,23	2102,67 $\pm$ 1126,44	95,49 $\pm$ 41,43	2,14 $\pm$ 0,36	0,46 $\pm$ 0,07
2014 T1	Impact	47	24,83 $\pm$ 1,89	4380,33 $\pm$ 2574,59	23,87 $\pm$ 12,42	1,53 $\pm$ 0,25	0,33 $\pm$ 0,05
	Controle	35	17,17 $\pm$ 1,85	2206,67 $\pm$ 995,89	3,60 $\pm$ 1,55	0,97 $\pm$ 0,21	0,25 $\pm$ 0,06
2015 T2	Impact	32	15,67 $\pm$ 1,63	3430,50 $\pm$ 909,49	17,86 $\pm$ 4,79	0,41 $\pm$ 0,09	0,10 $\pm$ 0,02
	Controle	34	17,00 $\pm$ 0,82	6293,5 $\pm$ 4543,10	39,63 $\pm$ 22,14	1,54 $\pm$ 0,37	0,38 $\pm$ 0,09



Figuur 56. Gemiddelde hyperbenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het intertidaal in het najaar in het impact (im) en controle (co) gebied.

Tabel 53. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in intertidale hyperbenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon Wiener diversiteit en Pielou's evenness in functie van de factoren periode en gebied tijdens het najaar ($p < 0.05$ is significant).

INTERTIDAAL Najaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Soortenrijkdom S	0,001	0,021	0,756
Densiteit N*	0,458	0,117	0,891
Biomassa*	0,005	0,098	0,376
J'*	0,022	0,332	0,014
H*	0,008	0,188	0,019



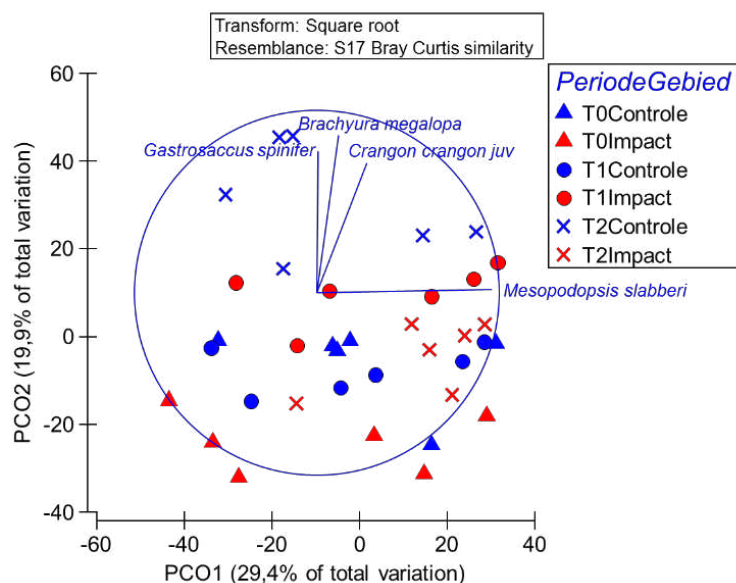
Figuur 57. Gemiddelde densiteit van de vijf meest voorkomende hyperbenthos soorten in het intertidaal in het impact (links) en controle (rechts) gebied in het najaar.

Multivariate analyses

De gemeenschapsstructuur vertoont een significante periode x gebied interactie (Tabel 55). Zowel op T0 als op T2 is er een significant verschil tussen impact en controle (resp. $p = 0,033$ en $p = 0,004$) en voor zowel impact als controle verschillen de gemeenschappen significant tussen elk tijdstip (T0-T1, T0-T2 en T1-T2: $p < 0,05$). Op T1 impact zijn de dichtheden aan alle dominante soorten, behalve *C. crangon* en *S. rostellatus* sterk gestegen ten opzichte van de T0 situatie terwijl de sterkste stijging in de densiteit van de meest dominante soorten *M. slabberi*, *G. spinifer*, *Brachyura megalopa* larven en juveniele *C. crangon* in het controle gebied plaats vindt tussen T1 en T2 (Tabel 54 en Figuur 57). *S. spiritus* werd in het controlegebied helemaal niet meer teruggevonden in T1, terwijl het in het impact gebied net een piek kent.

Tabel 54. Densiteit van de dominante hyperbenthos soorten (aantal/100m²) in het intertidaal tijdens het najaar in impact en controle gebied op de verschillende tijdstippen.

Densiteit dominante soorten (aantal/100m²)	T0		T1		T2	
	impact	controle	impact	controle	impact	controle
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	1359,21	1336,08	3634,50	2008,21	3287,00	5079,46
<i>Schistomysis spiritus</i>	0,04	156,67	317,83	0,00	0,08	11,67
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	2,38	4,00	141,88	49,58	28,92	356,54
<i>Pontocrates sp.</i>	5,33	3,29	87,46	10,71	10,13	3,54
<i>Brachyura megalopa</i>	2,21	17,17	46,04	6,04	42,29	654,21
<i>Crangon crangon</i>	7,17	179,79	6,54	0,50	1,42	14,00
<i>Syngnathus rostellatus</i>	4,79	181,33	4,04	0,63	0,25	1,75
<i>Crangon crangon juv</i>	1,38	13,13	58,04	16,88	25,50	76,42



Figuur 58. PCO plot van de intertidale hyperbenthos gemeenschap in het najaar. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlaties en enkel de soorten met correlatie > 0,5 worden weergegeven.

Tabel 55. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in gemeenschappen in de intertidale hyperbenthos gemeenschap in het najaar ($p < 0.05$ is significant).

INTERTIDAAL Najaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Gemeenschappen	0,001	0,001	0,023

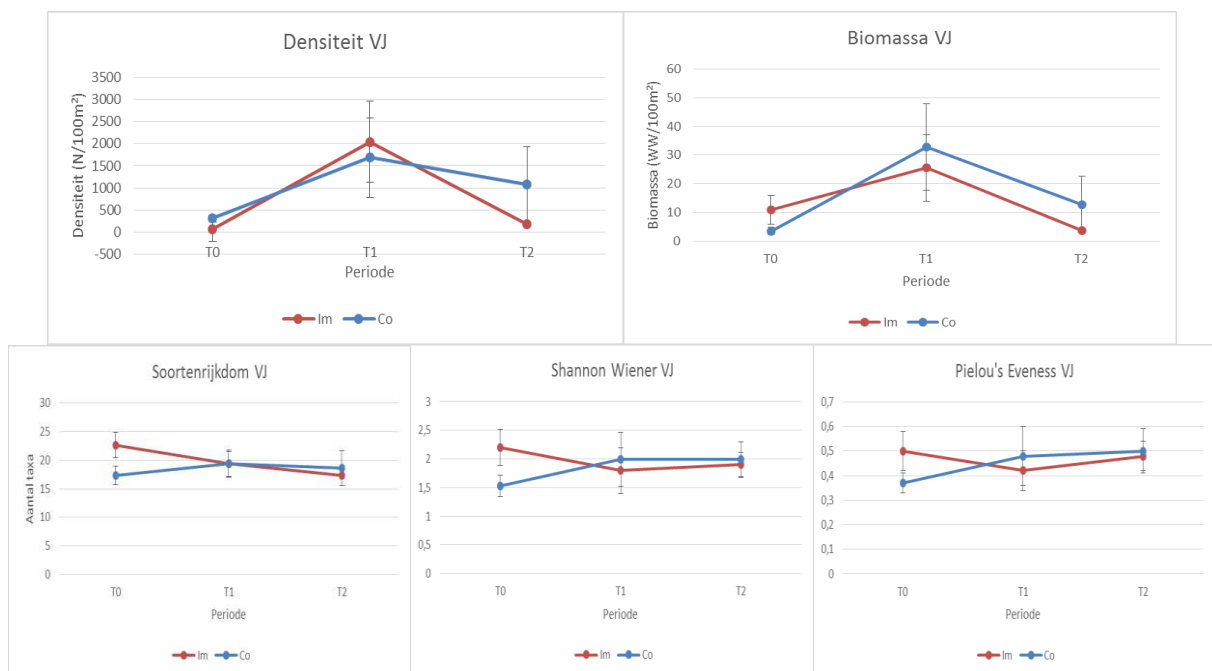
Voorjaar

Hyperbenthos soortenrijkdom, densiteit, diversiteit en evenness verschillen niet significant tussen beide gebieden en tussen de verschillende periodes. Enkel voor totale biomassa wordt een significant periode effect gevonden (Tabel 57). In beide gebieden verklaart de hogere aanwezigheid van *C. crangon* op T1 dan op T0 en T2 de significant hogere biomassa op T1.

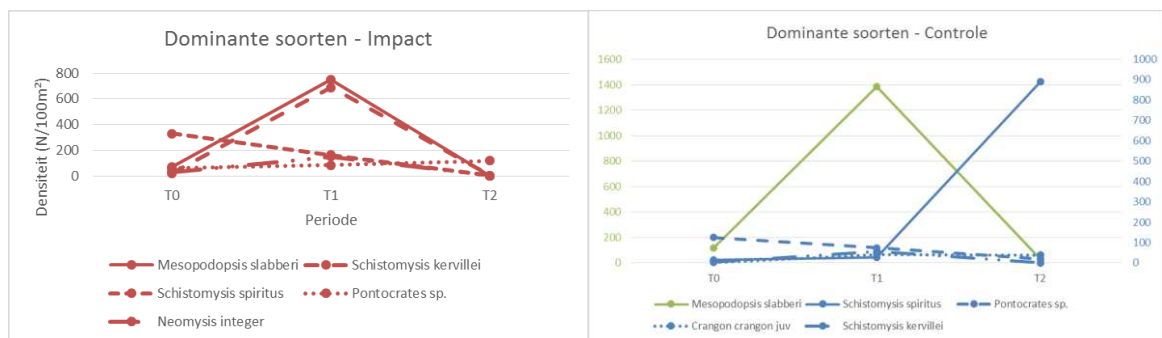
In het algemeen zijn de patronen voor de verschillende parameters in de tijd gelijkaardig tussen impact en controle (Figuur 59). De grote variatie op de schatting van de gemiddelde totale densiteit en biomassa op T1 in het impactgebied wordt bepaald door het hoog aantal *M. slabberi* en *S. kervellei* in 1 sleep en de hoge biomassa aan *C. crangon* in 1 sleep (Figuur 60). In het controle gebied is de grote variatie voor totale densiteit te verklaren door het voorkomen van hoge aantallen *M. slabberi* in 2 slepen op T1 en het hoge aantal *S. spiritus* in 1 sleep op T2. De hoge biomassa aan *C. crangon* en *M. slabberi* op T1 en *S. spiritus* op T2 telkens in 1 of 2 van de 6 slepen verklaart de hoge variatie op de schatting van de gemiddelde biomassa op T1 en T2 in het controle gebied.

Tabel 56. Totaal aantal taxa, gemiddelde diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa $\pm$ standaardfout per gebied per periode voor het intertidale hyperbenthos in het voorjaar.

VOORJAAR	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/100m ²)	Biomassa (WW/100m ²)	H	J'
2014 T0	Impact	42	22,67 $\pm$ 2,14	56,33 $\pm$ 271,39	10,90 $\pm$ 5,10	2,20 $\pm$ 0,32	0,50 $\pm$ 0,08
	Controle	33	17,33 $\pm$ 1,60	302,50 $\pm$ 69,79	3,51 $\pm$ 1,29	1,53 $\pm$ 0,19	0,37 $\pm$ 0,04
2015 T1	Impact	35	19,40 $\pm$ 2,42	2043,20 $\pm$ 920,58	25,53 $\pm$ 11,63	1,80 $\pm$ 0,40	0,42 $\pm$ 0,08
	Controle	38	19,33 $\pm$ 2,22	1686 $\pm$ 898,89	32,70 $\pm$ 15,08	1,99 $\pm$ 0,47	0,48 $\pm$ 0,12
2016 T2	Impact	34	17,33 $\pm$ 1,78	177,00 $\pm$ 38,12	3,66 $\pm$ 0,72	1,90 $\pm$ 0,21	0,48 $\pm$ 0,06
	Controle	38	18,67 $\pm$ 3,03	1073 $\pm$ 856,26	12,73 $\pm$ 9,89	1,99 $\pm$ 0,31	0,50 $\pm$ 0,09



Figuur 59. Gemiddelde hyperbenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het intertidaal in het voorjaar in het impact (im) en controle (co) gebied.



Figuur 60. Gemiddelde densiteit van de vijf meest voorkomende hyperbenthos soorten in het intertidaal in het impact (links) en controle (rechts) gebied in het voorjaar

Tabel 57. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in intertidale hyperbenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon Wiener diversiteit en Pielou's evenness in functie van de factoren periode en gebied tijdens het voorjaar ($p < 0.05$ is significant).

INTERTIDAAL voorjaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Soortenrijkdom S	0,294	0,454	0,647
Densiteit N	0,558	0,050	0,853
Biomassa	0,617	0,028	0,667
J'	0,478	0,798	0,853
H	0,334	0,977	0,617

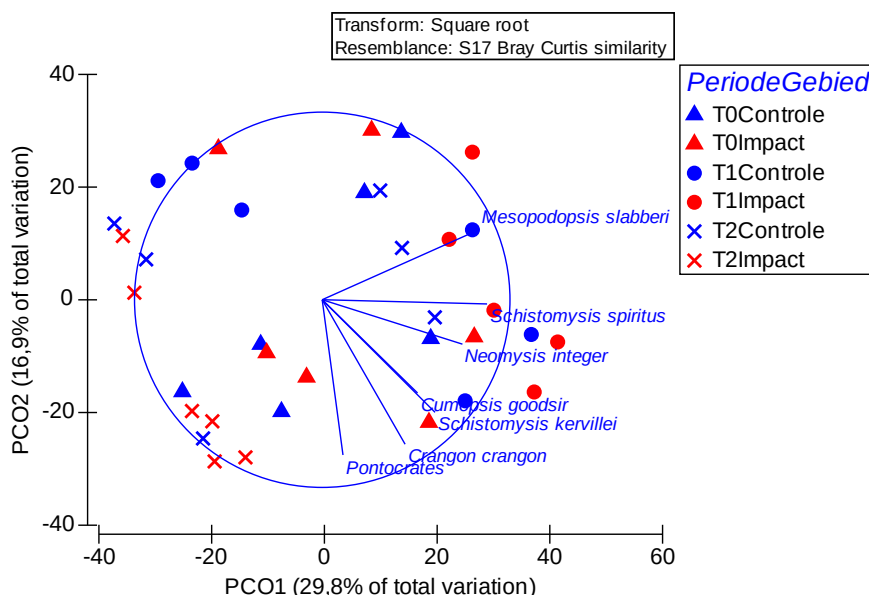
Multivariate analyses

De gemeenschapsstructuur vertoont een significante periode x gebied interactie (Tabel 59). In het impact gebied verschillen de gemeenschappen significant tussen T0-T1, T0-T2 en T1-T2 (alle $p < 0,05$). In het controle gebied worden enkel significant verschillende gemeenschappen gevonden tussen T0 en T2 ($p = 0,007$). Enkel op T2 is er een significant verschil tussen beide gebieden ($p = 0,018$). Op T2 wordt

de gemeenschap in het controle gebied gedomineerd door *S. spiritus* terwijl *Pontocrates spp.* de meest abundante soort is in het impactgebied op T2 (Tabel 58).

Tabel 58. Densiteit van de dominante hyperbenthos soorten (aantal/100m²) in het intertidaal tijdens het voorjaar in het impact en controle gebied op de verschillend tijdstippen.

Densiteit dominante soorten (aantal/100m ²)	T0		T1		T2	
	impact	controle	impact	controle	impact	controle
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	73,17	119,00	752,30	1387,46	0,58	27,25
<i>Schistomysis kervillei</i>	20,83	4,58	688,85	56,29	1,38	0,38
<i>Schistomysis spiritus</i>	331,21	13,71	161,85	27,92	0,96	889,38
<i>Pontocrates sp.</i>	57,88	124,46	83,45	73,75	119,33	18,67
<i>Neomysis integer</i>	29,92	16,92	150,55	26,13	2,17	0,54
<i>Crangon crangon</i>	4,96	1,29	11,20	41,58	4,42	38,88



Figuur 61. PCO plot van de intertidale hyperbenthos gemeenschap in het voorjaar. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlaties en enkel de soorten met correlatie > 0,5 worden weergegeven.

Tabel 59. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in gemeenschappen in de intertidale hyperbenthos gemeenschap in het voorjaar ($p < 0.05$ is significant).

INTERTIDAAAL Voorjaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Gemeenschappen	0,004	0,001	0,072

3.6.2 Subtidaal

In de T0 situatie worden er in het subtidaal in het totaal 36 hyperbenthos taxa aangetroffen (impact: 33; controle: 25). In de T1 situatie zijn er 34 taxa aanwezig (impact: 29; controle: 30) en op T2 42 taxa (impact: 31; controle: 39). Dit zijn beduidend lagere waarden ten opzichte van het intertidaal.

Najaar

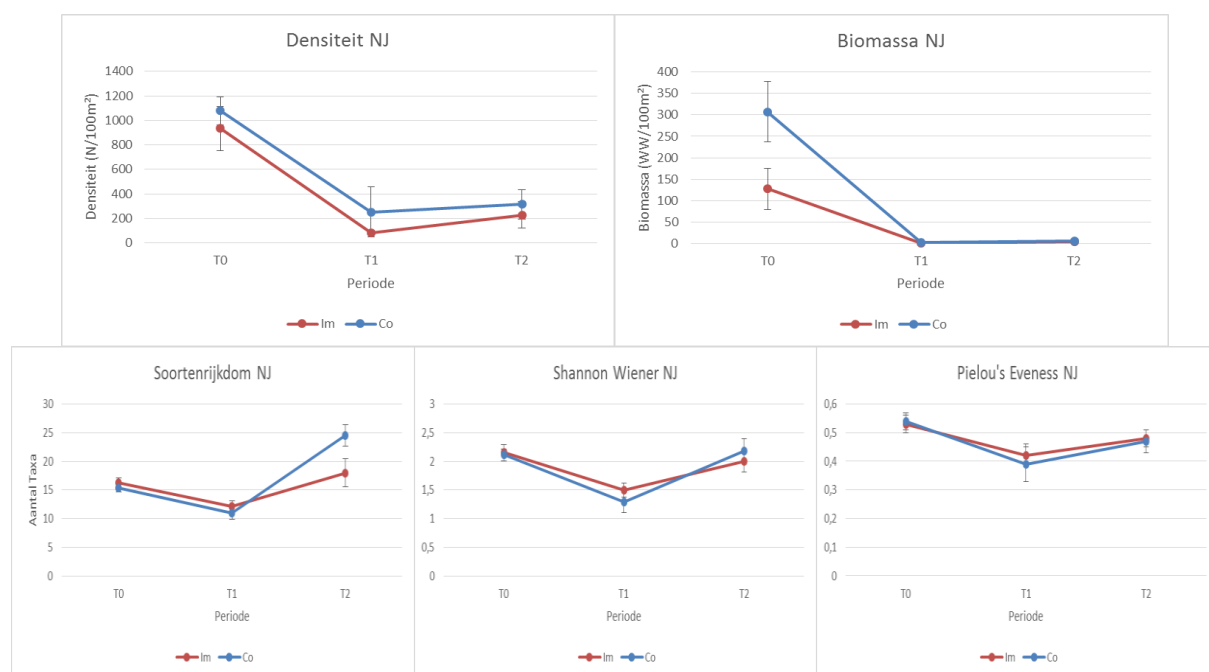
Voor soortenrijkdom wordt een significant gebied x controle interactie-effect gevonden. Een significante toename in soortenrijkdom tussen T1 en T2 wordt waargenomen in het controle gebied ($p < 0,001$). Bijgevolg is de soortenrijkdom op T2 in het controlegebied er significant hoger dan op T0 en is de soortenrijkdom ook hoger dan op T2 in het impactgebied ($p=0,001$ en $0,040$; respectievelijk). Voor alle andere parameters wordt enkel een significant periode effect gevonden dat in het algemeen wordt

gekenmerkt door de daling tussen T0 en T1 die gevolgd wordt door een stijging tussen T1 en T2 (Tabel 61, Figuur 62).

Voornamelijk *L. holsatus*, *C. crangon* en *Pomatoschistus sp.* bepalen de hogere biomassa in het controle gebied in vergelijking met het impactgebied op T0. Deze soorten vinden we later (T1 en T2) in beide gebieden bijna niet meer terug. De hoge dichtheid op T0 wordt bepaald door de hoge aantallen *S. kervillei* en *M. slabberi* in het impact en in het controle gebied ook door de hoge aantallen *C. crangon*. Op T1 vinden we voor beide gebieden zo goed als enkel *M. slabberi* terug (Tabel x) terwijl op T2 ook *S. spiritus*, weliswaar in lagere aantallen, aanwezig is.

Tabel 60. Totaal aantal taxa, gemiddelde diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), dichtheid en biomassa $\pm$ standaardfout per gebied per periode voor het subtidaal hyperbenthos in het najaar

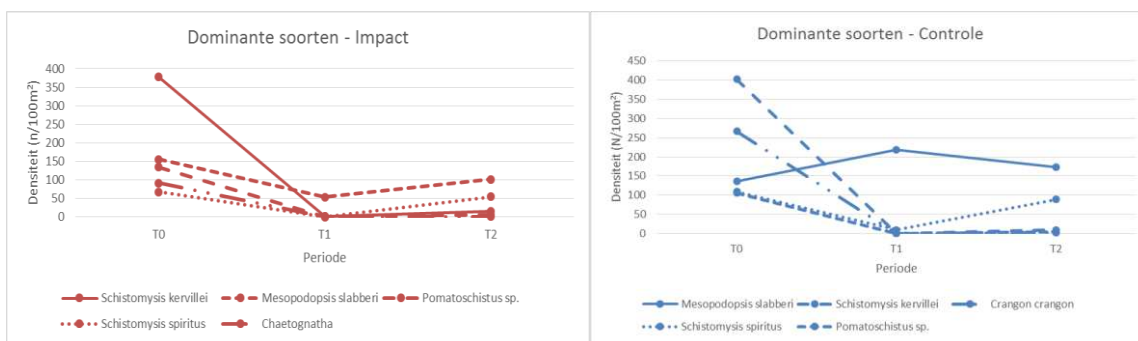
NAJAAR	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/100m ²)	Biomassa (WW/100m ²)	H	J'
2013 T0	Impact	33	16,33 $\pm$ 0,84	934,33 $\pm$ 180,85	127,15 $\pm$ 48,13	2,15 $\pm$ 0,14	0,53 $\pm$ 0,03
	Controle	25	15,33 $\pm$ 0,61	1078 $\pm$ 114,82	307,50 $\pm$ 69,72	2,11 $\pm$ 0,10	0,54 $\pm$ 0,03
2014 T1	Impact	20	12,17 $\pm$ 0,98	82,5 $\pm$ 17,78	0,26 $\pm$ 0,10	1,50 $\pm$ 0,12	0,42 $\pm$ 0,04
	Controle	19	11 $\pm$ 1,06	251,33 $\pm$ 204,29	1,43 $\pm$ 1,03	1,29 $\pm$ 0,18	0,39 $\pm$ 0,06
2015 T2	Impact	32	18 $\pm$ 2,46	227,17 $\pm$ 106,98	3,54 $\pm$ 2,12	2,00 $\pm$ 0,19	0,48 $\pm$ 0,03
	Controle	42	24,5 $\pm$ 1,89	314,67 $\pm$ 119,11	4,95 $\pm$ 1,14	2,18 $\pm$ 0,21	0,47 $\pm$ 0,04



Figuur 62. Gemiddelde hyperbenthos soortenrijkdom, dichtheid, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het subtidaal in het najaar in het impact (im) en controle (co) gebied.

Tabel 61. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in subtidale hyperbenthos soortenrijkdom, dichtheid, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness in functie van de factoren periode en gebied tijdens het najaar ($p < 0.05$ is significant).

SUBTIDAAL najaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Soortenrijkdom S*	0,020	1,34e-06	0,235
Densiteit N*	0,586	8,744e-07	0,582
Biomassa*	0,724	1,274e-11	0,014
J'*	0,879	0,011	0,672
H*	0,505	0,0001	0,850



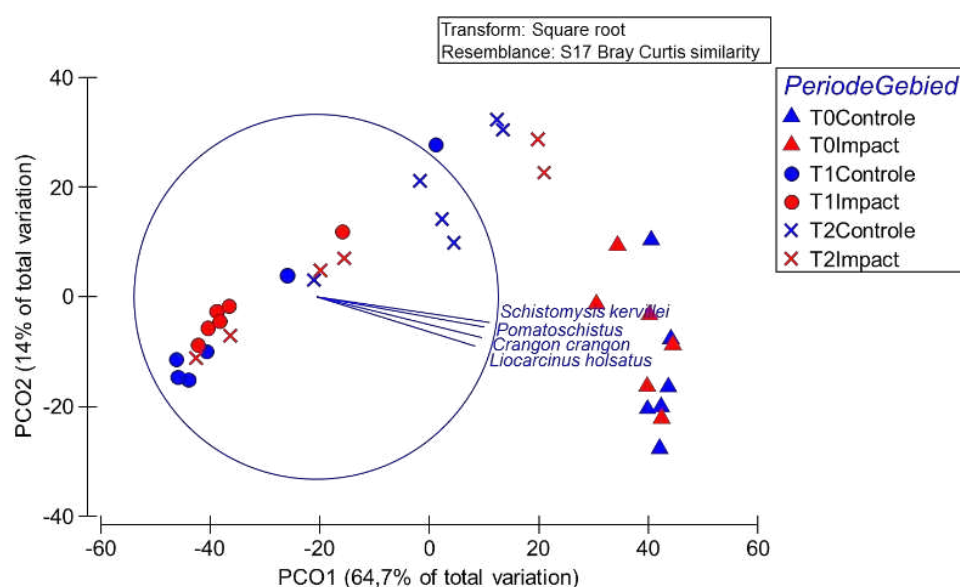
Figuur 63. Gemiddelde densiteit van de vijf meest voorkomende hyperbenthos soorten in het subtidaal in het impact (links) en controle (rechts) gebied in het najaar

Multivariate analyses

De gemeenschappen in beide gebieden zijn gelijk tijdens elk periode maar voor beide gebieden verschillen de gemeenschappen significant tussen de periodes. De soorten *L. holsatus*, *C. crangon*, *Pomatoschistus spp.* en *S. kervillei* zijn typische soorten voor de T0 periode voor beide gebieden (zie PCO plot en Tabel 62).

Tabel 62. Densiteit van de dominante hyperbenthos soorten (aantal/100m²) in het subtidaal tijdens het najaar in het impact en controle gebied op de verschillende tijdstippen.

Densiteit dominante soorten (aantal/100m²)	T0		T1		T2	
	impact	controle	impact	controle	impact	controle
<i>Schistomysis kervillei</i>	377,60	402,15	0,07	0,42	14,45	9,55
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	155,22	135,92	53,08	217,94	101,15	173,75
<i>Pomatoschistus sp.</i>	134,59	105,58	0,17	0,38	5,93	4,34
<i>Schistomysis spiritus</i>	67,59	108,79	0,05	9,51	54,61	89,13
<i>Chaetognatha</i>	91,57	17,51	0,72	2,07	0,92	1,28
<i>Crangon crangon</i>	71,69	266,91	0,00	0,00	0,61	2,37
<i>Liocarcinus holsatus</i>	10,43	19,13	0,07	0,04	0,17	0,19



Figuur 64. PCO plot van het subtidale hyperbenthos in het najaar. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0,9 worden weergegeven. Rechts: Significantie waarden voor de factoren (periode en gebied) met $p < 0.05$ is significant.

Tabel 63. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in gemeenschappen in de subtidale hyperbenthos gemeenschap in het najaar ($p < 0.05$ is significant).

SUBTIDAAAL Najaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Gemeenschappen	0,196	0,001	0,309

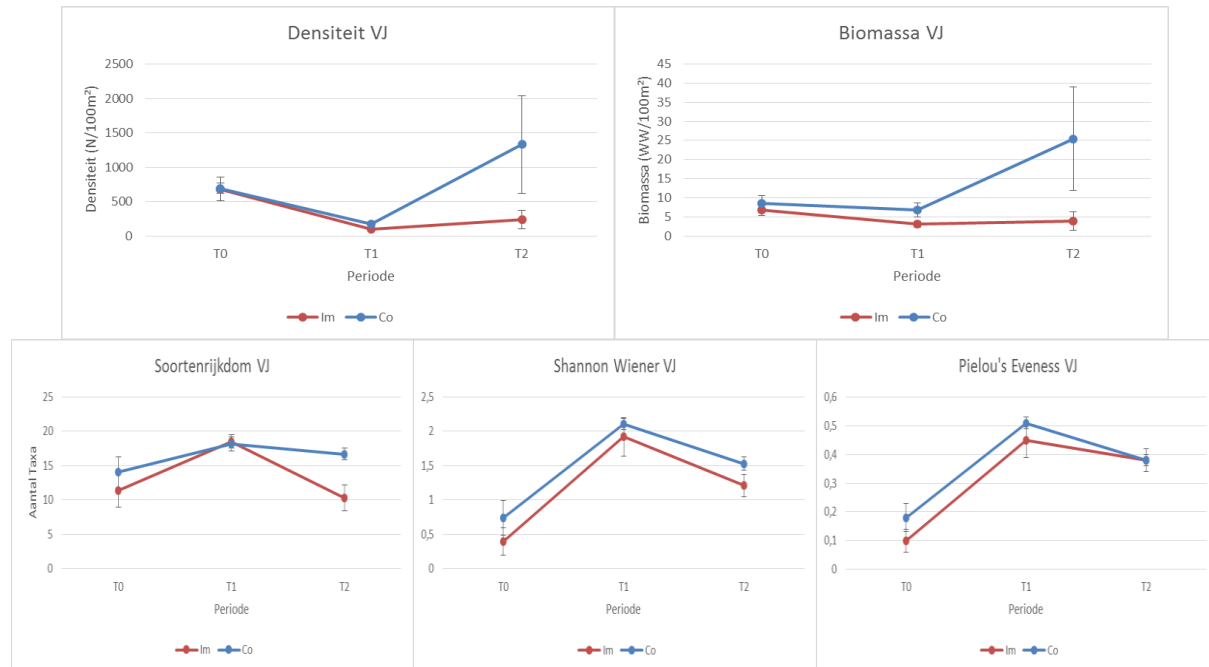
Voorjaar

De temporele variabiliteit verschilt niet significant tussen beide gebieden. Voor zowel soortenrijkdom, Shannon Wiener diversiteit en evenness wordt in beide gebieden een zelfde significant temporeel patroon gevonden, namelijk een stijging tussen T0 en T1 die gevolgd wordt door een daling (Figuur 65). In beide gebieden is de Shannon Wiener diversiteit en evenness op T2 echter nog steeds duidelijk hoger dan op T0. Verder is de soortenrijkdom en totale biomassa in het algemeen hoger in het controlegebied.

De hoge densiteit en biomassa in het controle gebied op T2 is te wijten aan een hoog aantal *S. spiritus* en in mindere mate *S. kervillei* in 1 sleep (Figuur 66). Dit zijn ook de meest voorkomende soorten in het impact gebied tijdens die periode terwijl *M. slabberi* een typische soort voor de T0 fase in beide gebieden is (zie Figuur 66 en Tabel 66).

Tabel 64. Totaal aantal taxa, gemiddelde diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa $\pm$ standaardfout per gebied per periode voor het subtidale hyperbenthos in het voorjaar

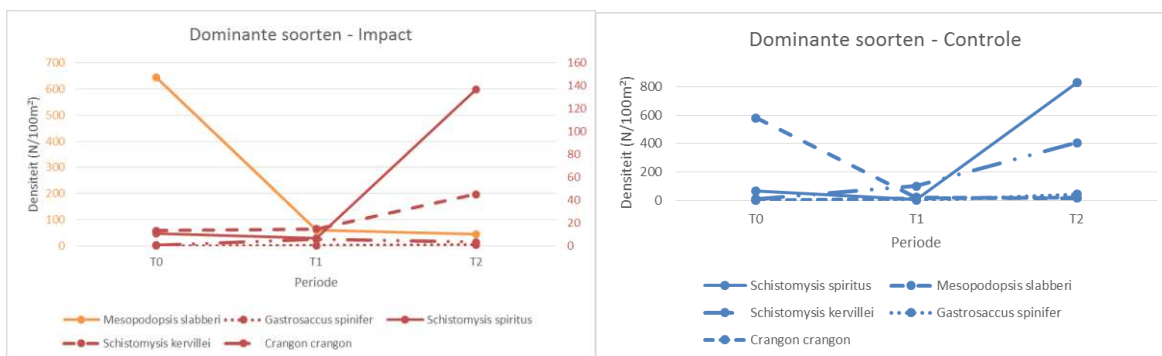
VOORJAAR	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/100m ²)	Biomassa (WW/100m ²)	H	J'
2014 T0	Impact	30	11,33 $\pm$ 2,43	681,00 $\pm$ 174,59	6,81 $\pm$ 1,50	0,40 $\pm$ 0,20	0,10 $\pm$ 0,04
	Controle	29	14,00 $\pm$ 2,21	692,17 $\pm$ 72,20	8,59 $\pm$ 2,01	0,74 $\pm$ 0,25	0,18 $\pm$ 0,05
2015 T1	Impact	28	18,50 $\pm$ 0,99	99,83 $\pm$ 14,82	3,03 $\pm$ 0,84	1,92 $\pm$ 0,28	0,45 $\pm$ 0,06
	Controle	30	18,17 $\pm$ 1,01	168,00 $\pm$ 39,71	6,82 $\pm$ 1,86	2,11 $\pm$ 0,08	0,51 $\pm$ 0,02
2016 T2	Impact	22	10,33 $\pm$ 1,89	238,00 $\pm$ 135,82	3,90 $\pm$ 2,42	1,21 $\pm$ 0,16	0,38 $\pm$ 0,04
	Controle	27	16,67 $\pm$ 0,88	1329,00 $\pm$ 705,58	25,45 $\pm$ 13,62	1,53 $\pm$ 0,10	0,38 $\pm$ 0,02



Figuur 65. Gemiddelde hyperbenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het subtidale in het voorjaar in het impact (im) en controle (co) gebied.

Tabel 65. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in subtidale hyperbenthos soortenrijkdom, densiteit, biomassa, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness in functie van de factoren periode en gebied tijdens het voorjaar ($p < 0.05$ is significant).

SUBTIDAAL Voorjaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Soortenrijkdom S*	0,160	0,004	0,045
Densiteit N	0,115	0,055	0,118
Biomassa	0,131	0,219	0,031
J'*	0,447	2,571e-08	0,157
H*	0,715	9,225e-08	0,059



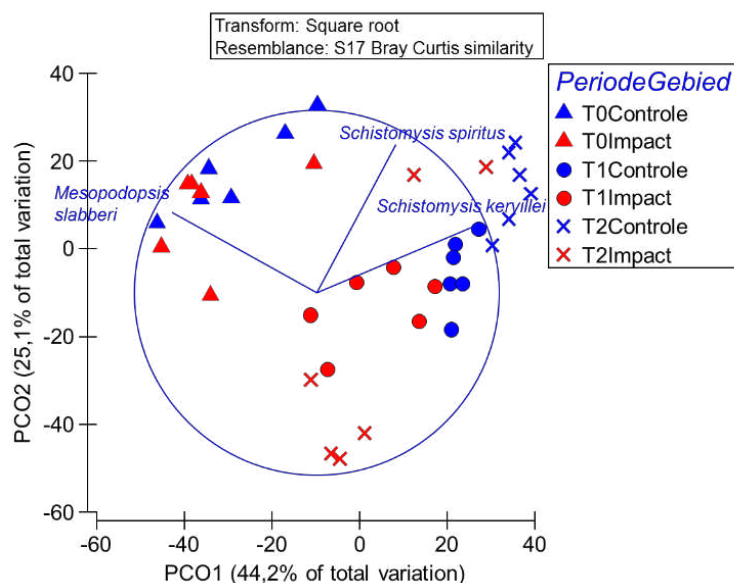
Figuur 66. Gemiddelde densiteit van de vijf meest voorkomende hyperbenthos soorten in het subtidaal in het impact (links) en controle (rechts) gebied in het voorjaar

Multivariate analyses

Een significant gebied x periode interactie-effect wordt gevonden. Voor beide gebieden verschillen de gemeenschappen significant op elk tijdstip (T0-T1, T0-T2, T1-T2; $p < 0.05$). Op T0 worden beide gemeenschappen gedomineerd door *M. slabberi*, terwijl beide gemeenschappen significant verschillen tussen impact en controle op T1 als in T2 (resp. $p = 0,004$ en $p = 0,017$). Hogere aantallen aan *S. kervillei* (T1, T2) en *S. spiritus* (T2) in het controle gebied bepalen voornamelijk dit verschil.

Tabel 66. Densiteit van de dominante hyperbenthos soorten (aantal/100m²) in het subtidaal tijdens het voorjaar in het impact en controle gebied op de verschillende tijdstippen.

Densiteit dominante soorten (aantal/100m²)	T0		T1		T2	
	impact	controle	impact	controle	impact	controle
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	645,42	579,88	60,49	21,94	44,79	16,60
<i>Schistomysis spiritus</i>	10,90	64,72	6,81	7,34	136,57	830,83
<i>Schistomysis kervillei</i>	13,15	12,17	14,69	102,62	45,10	406,96
<i>Crangon crangon</i>	0,63	0,20	5,63	14,08	3,21	20,47
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	0,21	2,75	1,02	0,93	4,52	43,46



Figuur 67. PCO plot van het subtidale hyperbenthos in het voorjaar. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie $> 0,9$ worden weergegeven. Rechts: Significantie waarden voor de factoren (periode en gebied) met $p < 0,05$ is significant.

Tabel 67. Resultaten van de variantieanalyse voor de variabiliteit in gemeenschappen in de subtidale hyperbenthos gemeenschap in het voorjaar ($p < 0,05$ is significant).

SUBTIDAAL Voorjaar	Periode x gebied	Periode (T0 – T1 – T2)	Gebied (Im - Co)
Gemeenschappen	0,04	0,001	0,001

3.6.3 BEQI-indicator hyperbenthos

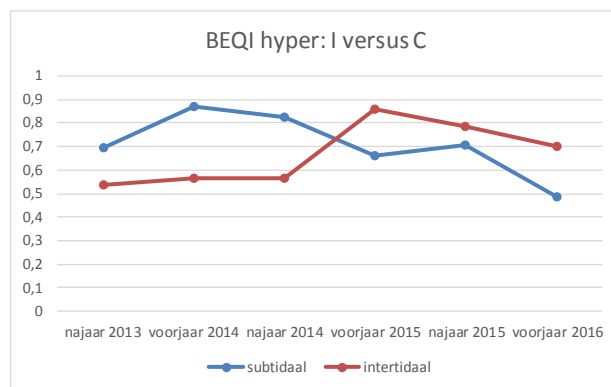
Met de BEQI indicator zijn de verschillen in soortensamenstelling, aantal soorten, densiteit en biomassa (behalve voor vis taxa in het hyperbenthos) voor het hyperbenthos getest tussen impact en controle gebied voor elke staalname tijdstip en dit voor het subtidaal en intertidaal habitat (Tabel 51; Figuur 54).

In het **subtidaal**, werden er weinig verschillen gescoord tussen het impact en controle gebied, enkel in het voorjaar 2016. Dit doordat de densiteit en biomassa van de aasgarnalen *Schistomysis spiritus* en *S. kervillei* hoger waren in het controle gebied. Enkel in de 2 laatste staalname periodes was het aantal soorten lager in het impact gebied.

In het **intertidaal**, werden er vooral voor de biomassa parameter duidelijke verschillen gevonden tussen controle en impact in de 1^{ste} helft van de studieperiode. Ook de densiteiten waren in jaar 2014 verschillend. In 2014 zijn de densiteiten en biomassa hoger in het impact gebied ten opzichte van de controle. In de 2^{de} helft van de studieperiode werden er geen opvallende verschillen tussen controle en impact gescoord.

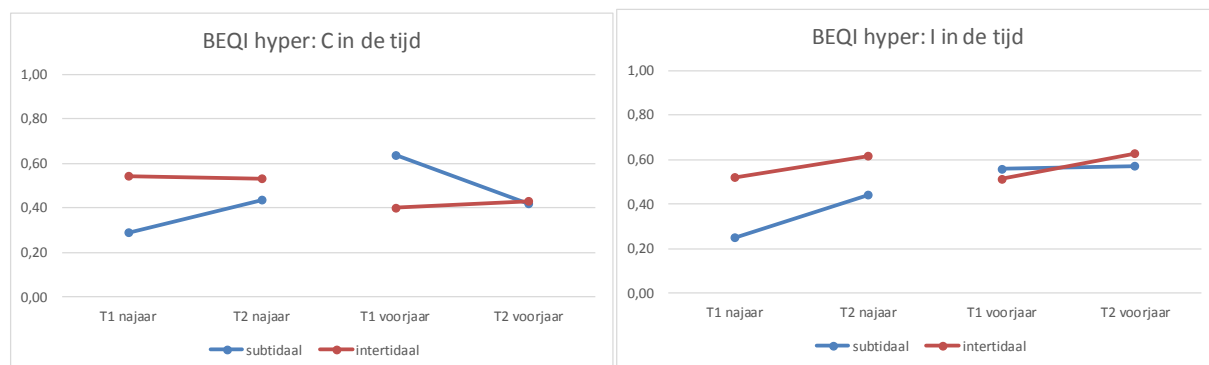
Tabel 68. BEQI-scores per staalname tussen impact en controle voor het intertidaal en subtidaal voor hyperbenthos.

		Subtidaal					Intertidaal				
		Similariteit	Aantal soorten	Densiteit	Biomassa	Gem. BEQI	Similariteit	Aantal soorten	Densiteit	Biomassa	Gem. BEQI
najaar 2013	T0	0,71	1,00	0,68	0,39	0,70	0,60	0,57	0,82	0,16	0,54
voorjaar 2014	T0	0,79	1,00	0,95	0,75	0,87	0,65	1,00	0,43	0,18	0,56
najaar 2014	T1	0,82	1,00	0,83	0,64	0,82	0,69	1,00	0,57	0,00	0,56
voorjaar 2015	T1	0,75	0,87	0,57	0,47	0,66	0,79	0,88	0,89	0,86	0,86
najaar 2015	T2	0,76	0,60	0,78	0,69	0,71	0,65	0,92	0,86	0,72	0,79
voorjaar 2016	T2	0,64	0,60	0,39	0,32	0,49	0,55	0,77	0,67	0,81	0,70



Figuur 68. Gemiddelde BEQI-score voor vergelijking impact met controle op iedere staalname moment voor het intertidaal en het subtidaal voor hyperbenthos

Als we nu de verschillen in de tijd (T1 en T2) voor elke gebied apart evalueren, dan zien we dat de karakteristieken van het hyperbenthos meestal wel sterk verschillen (BEQI score < 0,6) in de tijd (Figuur 69). De geobserveerde verschillen zijn wel gelijkaardig voor controle en impact over de tijd heen, toch vooral in het impact gebied. De variatie is te wijten aan verschillende soorten aasgarnalen, namelijk *M. slabberi*, *S. spiritus* en *S. kervillei*, zonder dat daar een vast patroon aan hangt. In het intertidaal najaar T1 was de biomassa van garnalen ook veel lager dan in de T0. In het impact gebied, was de variatie voornamelijk te wijten aan *M. slabberi*.

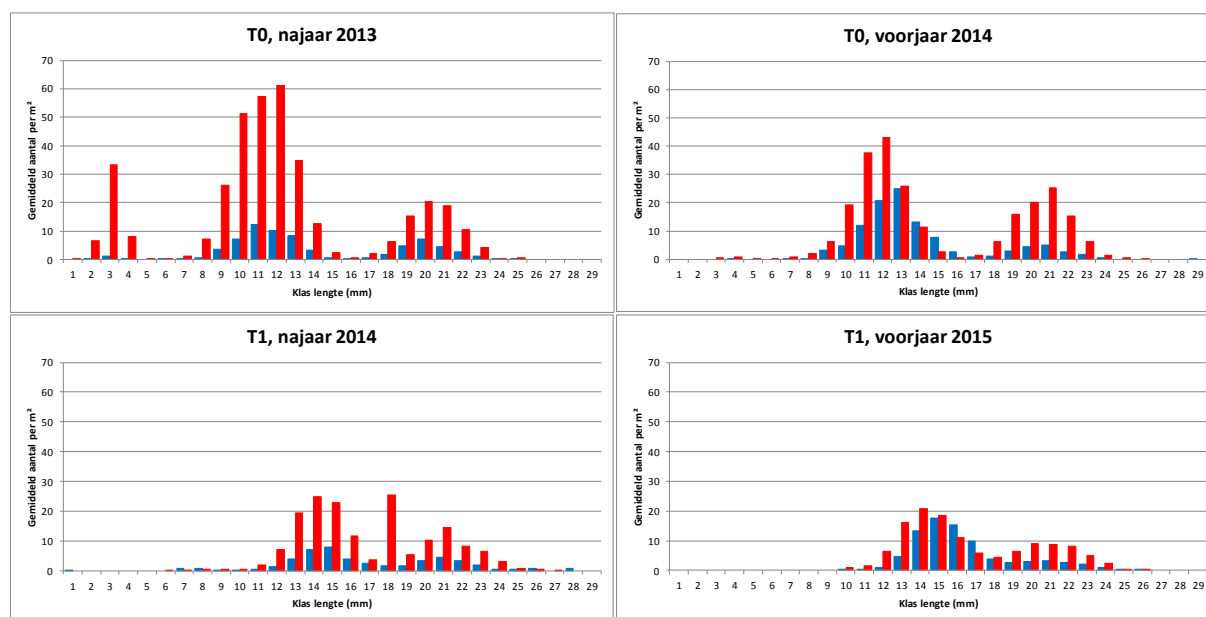


Figuur 69. BEQI scores voor controle en impact gebied door de tijd heen (T1 en T2), met T0 als controle voor het intertidaal en het subtidaal voor hyperbenthos.

3.7 Verschuivingen in populatie structuur van garnaal, krabben en *Macoma balthica*

In dit hoofdstuk wordt gekeken wat het effect van de suppleties zijn op de populaties van de schelp: *M. balthica*, krabben en de grijze garnaal: *C. crangon*. Deze soorten spelen een belangrijke rol: dan wel in de voedselketen als consumptie voor vissen en vogels of als menselijke consumptie. *Macoma balthica* is geselecteerd omdat het een infauna soort is (beperkte mobiliteit) en relatief lang levend (5 tot 10 jaar) voor soorten uit dit habitat type en dus mogelijks gevoeliger zou kunnen zijn voor suppletie effecten. Krabben en garnaal zijn mobiele soorten, maar zouden negatieve invloed van suppletie kunnen ondervinden, wanneer de omgevingskarakteristieken werden veranderd (vb sediment kwaliteit of strand morfologie).

3.7.1 *Macoma balthica*



Figuur 70. Lengte-frequentie distributie voor *M. balthica* in T0 en T1. Legende: Rood=impact; blauw=controle

De populatie structuur voor *M. balthica* in controle en impact zijn gelijkaardig over de periode (Figuur 70, Tabel 69). In T0 najaar, vertoont de *M. balthica* populatie drie pieken in lengte klassen (spat [8mm], juvenielen [8-17mm] en adulten [18-29mm]). In de daaropvolgende waarnemingen werd de spat klasse piek niet meer apart waargenomen. In de juveniele klasse nam te gemiddelde lengte toe met de tijd van 11,62 naar 15,14 mm in het controle gebied en van 11,27 naar 14,24 in het impact gebied. De gemiddelde lengte van de adulte klasse bleef min of meer constant.

Tabel 69. Gemiddelde aantal, gemiddelde klasse lengte per stadium en min en max lengte voor *M. balthica* per staalname moment.

	Staalname moment	Gem. aantal ind.	Gem. lengte spat (mm)	Gem lengte juvenielen (mm)	Gem. lengte adult (mm)
Controle	T0, najaar 2013	73.33	3.61	11.62	20.34
	T0, voorjaar 2014	47	6.45	14.36	21.35
	T1, najaar 2014	109.20	6.00	12.64	20.69
	T1, voorjaar 2015	80.87	0.00	15.14	20.52
Impact	T0, najaar 2013	383.47	3.14	11.27	20.38
	T0, voorjaar 2014	167.13	6.8	14.14	20.17
	T1, najaar 2014	244.07	4.94	11.75	20.62
	T1, voorjaar 2015	125.53	0.00	14.24	20.84

Het aantal individuen in impact en controle gebied nam wel geleidelijk af over de tijd, zowel in het najaar (controle (73,33 tot 47 ind/m²) en impact gebied (383,47 tot 167,13 ind/m²)) als het voorjaar (controle (109,20 naar 80,87) en impact gebied (244,07 naar 125,53 ind/m²)). De gemiddelde densiteiten van *M. balthica* bleven wel lager in het controle gebied ten opzichte van het impact gebied.

Tabel 70. P-waarden van de PERMANOVA test op de populatie structuur van *M. balthica*.

	To versus T1 najaar	T0 versus T1 voorjaar
Controle/impact	0.0091	0.0019
Jaar	0.0001	0.0001
Interactie (controle/impactxjaar)	0.2185	0.1336

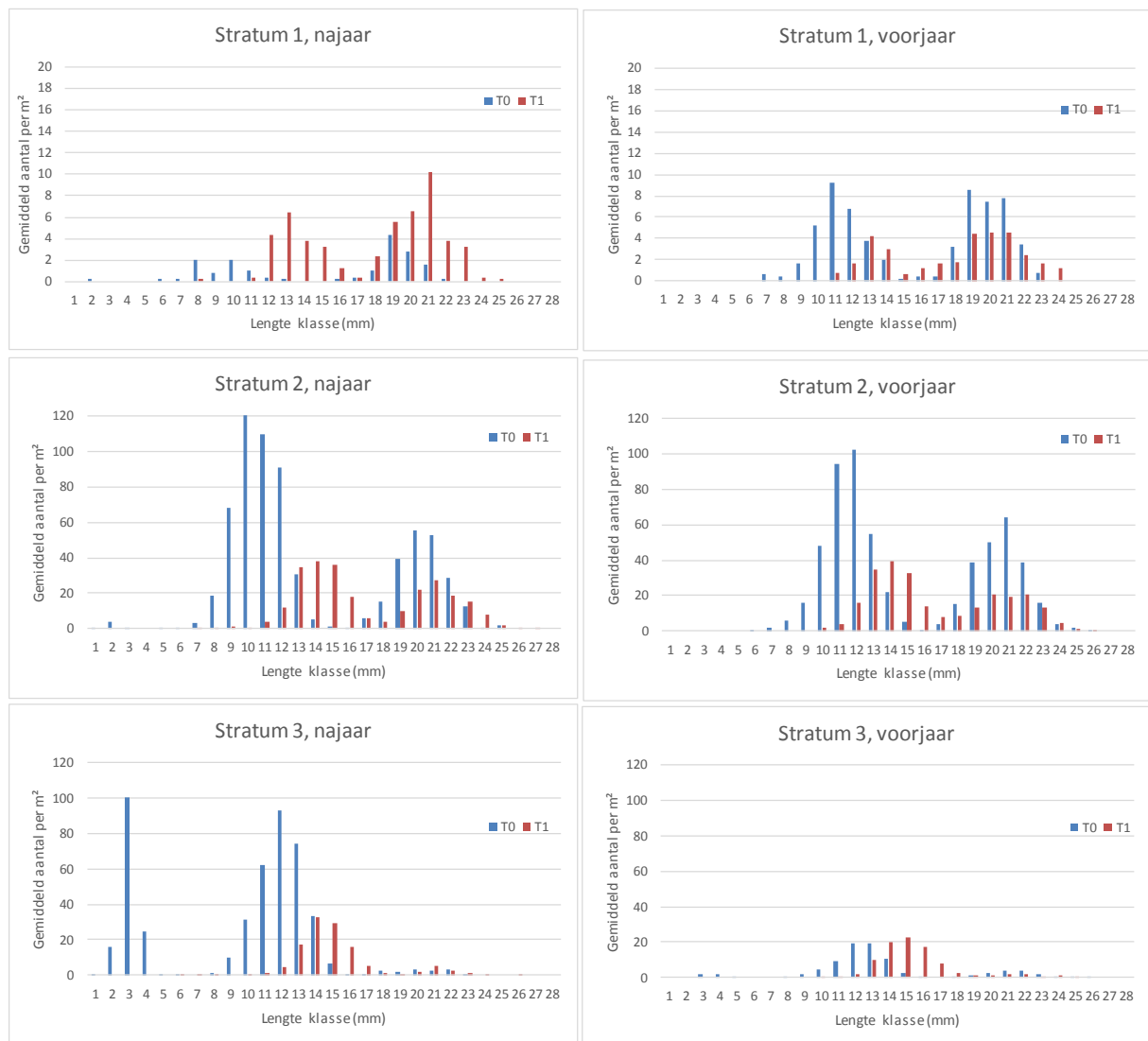
In zowel najaar als voorjaar data werd er een significant verschil in populatie structuur voor *M. balthica* gevonden tussen controle en impact en tussen de jaren (Het aantal individuen in impact en controle gebied nam wel geleidelijk af over de tijd, zowel in het najaar (controle (73,33 tot 47 ind/m²) en impact gebied (383,47 tot 167,13 ind/m²)) als het voorjaar (controle (109,20 naar 80,87) en impact gebied (244,07 naar 125,53 ind/m²)). De gemiddelde densiteiten van *M. balthica* bleven wel lager in het controle gebied ten opzichte van het impact gebied.

Tabel 70). Maar er was geen significant verschil voor de interactie term.

In Figuur 71, wordt de lengte frequentie distributie van *M. balthica* per diepte stratum in het impact gebied voorgesteld per seizoen over de tijd (T0 versus T1). Hierbij zien we dat *M. balthica* in het impact gebied voornamelijk in stratum 2 en 3 voorkomt en duidelijk minder in stratum 1 (Y-as in figuren van stratum 1/6 ten opzichte van andere). In het controle gebied komt *M. balthica* voornamelijk in stratum 1 voor en minder in 2 en 3, en door deze natuurlijke ruimtelijke variatie kan de populatie structuur per stratum niet vergelijken worden tussen controle en impact en is de data van het controle gebied niet gevisualiseerd. Hierdoor werd de populatie structuurveranderingen per stratum bekeken tussen T0 en T1 per seizoen. Hierbij nemen we waar dat de populatie structuur voor *M. balthica* per stratum een gelijkaardige verschuiving vertoont in de tijd, zowel in het najaar als het voorjaar (Figuur 71). De lengte klasse voor de juveniele groep neemt in elk stratum licht toe van periode 1 naar periode 2, terwijl dit voor de adulte groep nagenoeg gelijk blijft (Tabel 71). Voor de spat is het meer variabel, door de lage dichtheden in deze klasse en afwezigheid hiervan in het voorjaar periode T1.

Tabel 71. Gemiddelde klas lengte per *M. balthica* populatie groep per stratum in het najaar en het voorjaar in de periode T0 en T1.

	Najaar						Voorjaar					
	stratum 1		stratum 2		stratum 3		stratum 1		stratum 2		stratum 3	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1
spat	5,00	0,00	4,38	7,00	3,06	6,50	7,00	0,00	6,90	0,00	3,65	0,00
juveniel	10,23	13,46	10,77	14,04	12,01	14,41	11,53	13,85	11,65	13,98	12,37	14,81
adult	19,56	20,60	20,43	21,29	20,14	21,15	20,06	20,53	20,64	20,93	21,35	20,55



Figuur 71. Lengte frequentie distributie per diepte stratum voor *M. balthica* in de periode T0 en T1 voor elk seizoen.

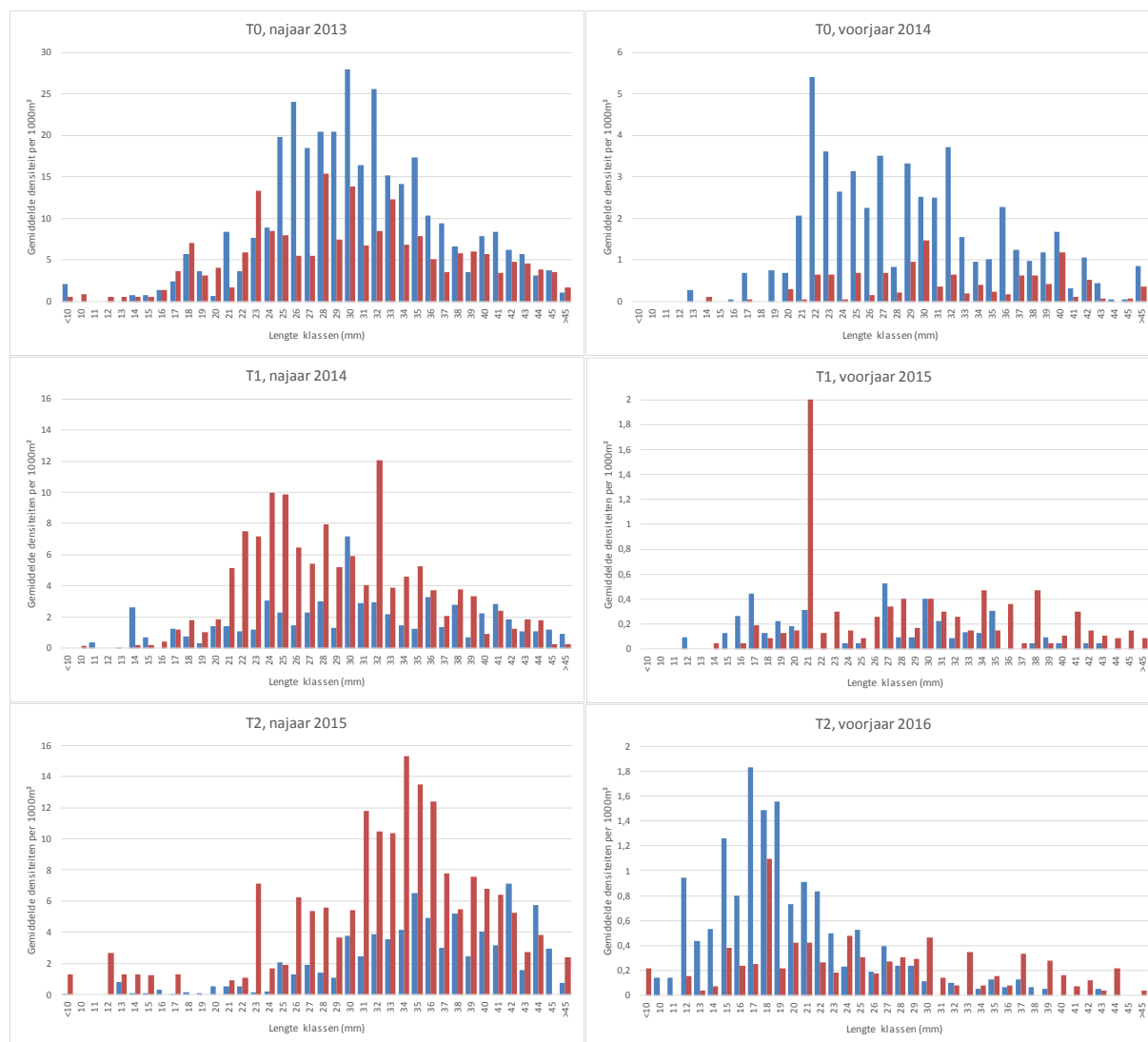
3.7.2 Krabben

Tijdens de monitoringscampagnes werden er in totaal 10 soorten krabben waargenomen. Van deze soorten waren *L. holsatus* (83.75%), *Carinus maenas* (6.26%) en *Liocarcinus vernalis* (6.50%) het meest abundant aanwezig. Enkel voor de soort *L. holsatus* was er voldoende abundantie data aanwezig om een analyse te doen naar verschuivingen in hun populatie structuur. Deze soort komt wel voornamelijk voor in het subtidaal, en zelden in het intertidaal (slechts 3.7% van het totaal aantal bemonsterde individuen).

De gemiddelde densiteit van *L. holsatus* is hoger in najaar (respectievelijk 332,44 en 198,59 ind./1000m² in controle en impact) dan in voorjaar (respectievelijk 51,69 en 12,06 ind./1000m² in controle en impact). Deze waarden geven ook weer dat *L. holsatus* de hoogste densiteiten bereikte in het controle gebied. Over de drie jaar, werd zowel in het najaar als het voorjaar, de hoogste densiteiten gemeten in de T0 jaar en de laagste in het T1 jaar.

De gemiddelde klasse lengte van *L. holsatus* schommelt rond de 30mm in het najaar, met de hoogste waarden in het najaar 2015 (T2), welke respectievelijk 35.7 en 32.77 mm zijn voor controle en impact gebied. De lengte klasse waarden zijn in het voorjaar iets lager en schommelen tussen de 25 en 31 mm, enkel in het controle gebied voorjaar 2016 is er een sterke dominantie van kleine individuen

wat leidt tot een gemiddelde klasse lengte van slechts 19.37 mm. In het algemeen zijn er in beide gebieden krabben aanwezig over het ganse lengte klasse spectrum, wat kan duiden op een niet verstoorte populatie structuur.



Figuur 72. Lengte-frequentie distributie voor *L. holsatus* in het subtidaal. Legende: Rood=impact; blauw=controle

Tabel 72. Gemiddelde densiteiten (individueen per 1000m²) en lengte klasse (mm) voor *L. holsatus* in het subtidaal.

Staalname moment	Impact		Controle	
	Gem. aantal ind.	Gem. lengte (mm)	Gem. aantal ind.	Gem. lengte (mm)
T0, najaar 2013	198.59	30.07	332.44	30.44
T0, voorjaar 2014	12.06	31.95	51.69	29.00
T1, najaar 2014	128.88	29.06	61.27	30.69
T1, voorjaar 2015	8.09	28.72	4.12	25.54
T2, najaar 2015	169.95	32.77	76.43	35.70
T2, voorjaar 2016	8.39	25.33	14.67	19.37

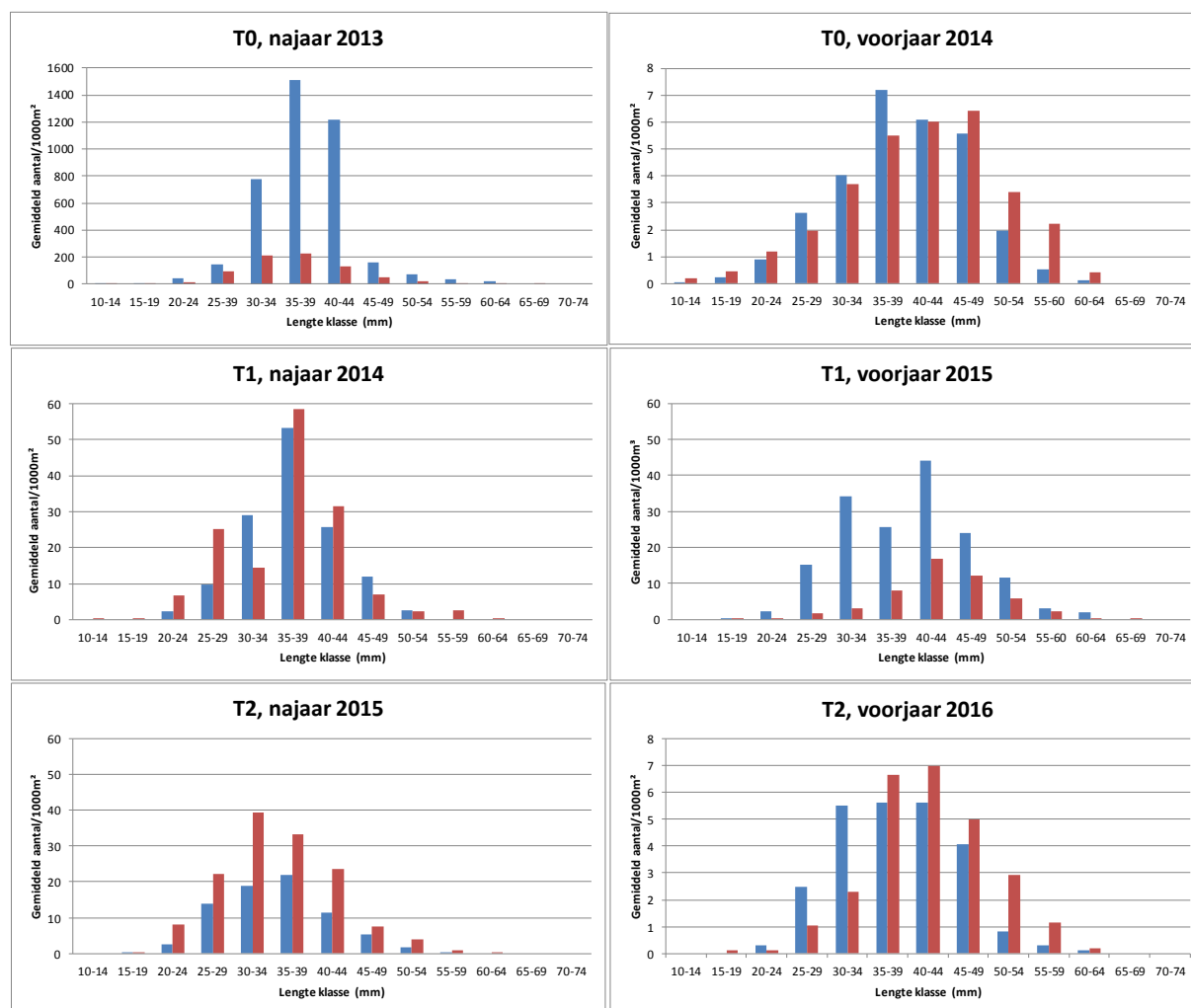
Er werd enkel een significant verschil gevonden voor de interactie term in het najaar. In zowel najaar als voorjaar data werd er een significant verschil in populatie structuur voor *L. holsatus* gevonden tussen de jaren en niet tussen controle en impact (Tabel 73).

Tabel 73. P-waarden van de PERMANOVA test op de populatie structuur van *L. holsatus*.

	To versus T1-T2 najaar	T0 versus T1-T2 voorjaar
Controle/impact	0.0517	0.5311
Jaar	0.0008	0.0003
Interactie (controle/impactxjaar)	0.0129	0.5191

3.7.3 Garnaal (*Crangon crangon*)

Intertidale populatie



Figuur 73. Lengte-frequentie distributie voor *C. crangon* in het intertidaal. Legende: Rood=impact; blauw=controle

De densiteiten van *C. crangon* zijn in het najaar meestal duidelijk hoger dan in het voorjaar, behalve in het voorjaar 2015 in het controle gebied. De hoogste densiteiten werden waargenomen in het najaar van 2013 met gemiddeld 3981.57 ind./1000m². Voor het voorjaar werden de hoogste densiteiten in de T1 periode waargenomen.

In zake de populatiestructuur werd het najaar gekenmerkt door een lager gemiddelde klas lengte dan het voorjaar, wat het meest uitgesproken was in het impact gebied. Over de jaren heen veranderde de gemiddelde klas lengte amper per gebied en seizoen.

Tabel 74. Gemiddelde densiteiten (individueen per 1000m²) en lengte klasse (mm) voor *C. crangon* in het intertidaal.

Staalname moment	Impact		Controle	
	Gem. aantal ind.	Gem. lengte (mm)	Gem. aantal ind.	Gem. lengte (mm)
T0, najaar 2013	760.21	36.73	3981.57	38.50
T0, voorjaar 2014	31.48	41.64	29.355	39.63
T1, najaar 2014	209.29	35.50	133.965	37.53
T1, voorjaar 2015	50.915	43.60	162.085	39.88
T2, najaar 2015	138.94	35.59	76.065	35.66
T2, voorjaar 2016	26.46	42.46	24.895	38.82

Tabel 75. P-waarden van de PERMANOVA test op de populatie structuur van *C. crangon* in het intertidaal.

	To versus T1-T2 najaar	T0 versus T1-T2 voorjaar
Controle/impact	0.0213	0.9043
Jaar	0.0001	0.6067
Interactie (controle/impactxjaar)	0.0428	0.0838

Er werd enkel een significant verschil gevonden in populatie structuur voor *C. crangon* voor de interactie term in het najaar. In het najaar was ook het jaar en de controle/impact significant verschillend. In het voorjaar werd er geen significant verschil gevonden voor de interactie en tussen de jaren en niet tussen controle en impact (Tabel 75).

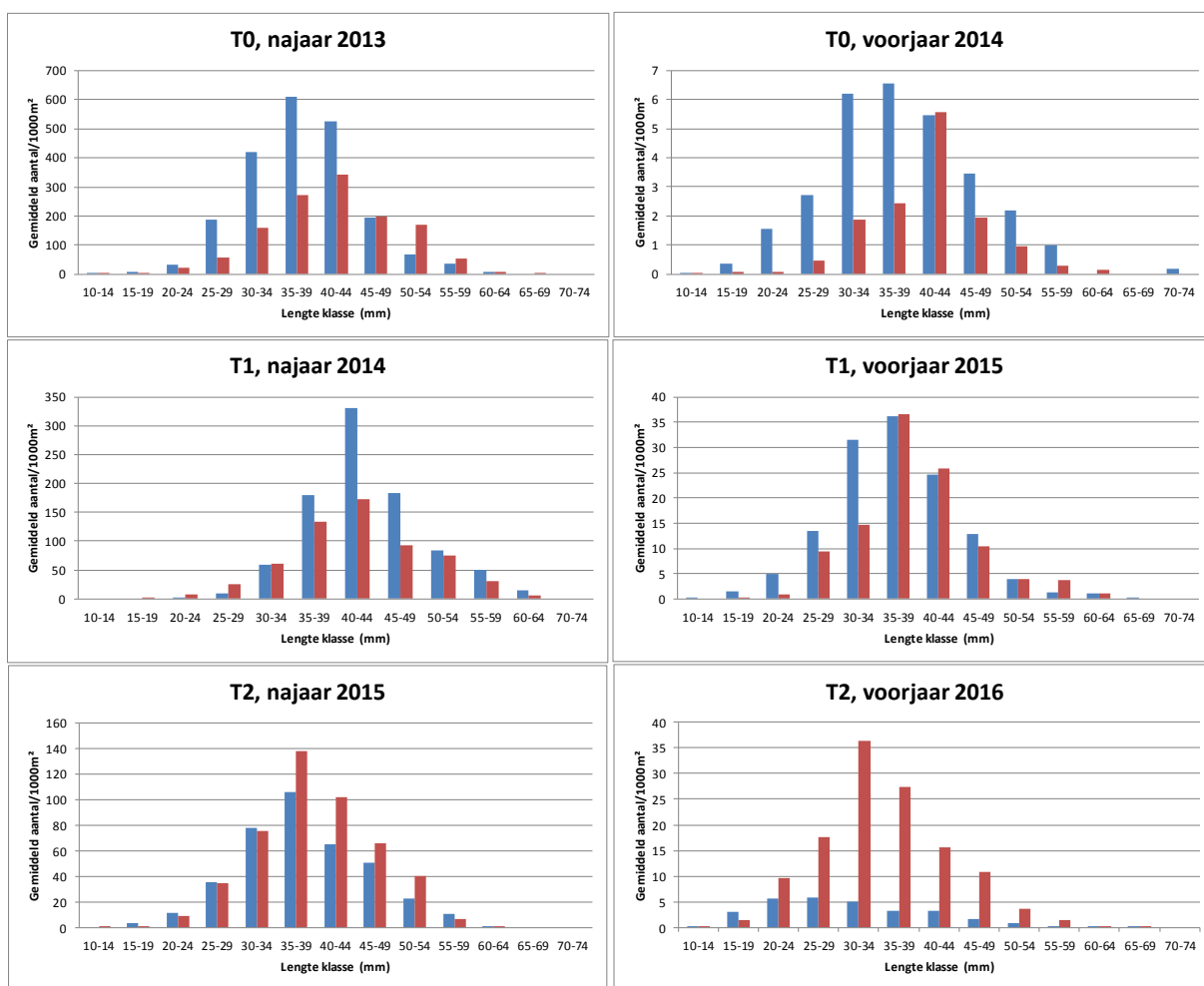
Subtidale populatie

Voor de subtidale *C. crangon* populatie waren de densiteiten in het najaar altijd veel hoger dan in het voorjaar. Hier werden ook in het najaar van 2013 de hoogste densiteiten waargenomen, vooral in het controle gebied (2092.33 ind./1000m²). Voor het voorjaar werden de hoogste densiteiten in de T1 periode waargenomen in het controle gebied (131.835 ind./1000m²), terwijl in het impact gebied de gemiddelde densiteiten in T1 en T2 nagenoeg vergelijkbaar waren. Deze waarnemingen zijn in overeenstemming met deze van de intertidale *C. crangon* populatie.

In het subtidaal is het verschil per seizoen en in de tijd in de gemiddelde klas lengte groter dan voor de intertidale populatie. In het najaar was de gemiddelde klas lengte het grootste in de T1 periode, zowel voor controle (43.70mm) en impact (42.38mm). In het voorjaar was de gemiddelde klas lengte opvallend lager in T2, wat ook zichtbaar is in de lengte-frequentie distributie die een lage aanwezigheid van garnalen met lengte groter dan 50mm vertoont.

Tabel 76. Gemiddelde densiteiten (individueen per 1000m²) en lengte klasse (mm) voor *C. crangon* in het subtidaal.

Staalname	Impact		Controle	
	Gem. aantal ind.	Gem. lengte (mm)	Gem. aantal ind.	Gem. lengte (mm)
T0, najaar 2013	1295.89	42.09	2092.33	38.43
T0, voorjaar 2014	15.795	42.17	29.72	38.61
T1, najaar 2014	607.11	42.38	913.485	43.70
T1, voorjaar 2015	106.78	39.49	131.835	37.34
T2, najaar 2015	473.495	39.74	385.02	38.53
T2, voorjaar 2016	124.315	35.47	29.03	31.47



Figuur 74. Lengte-frequentie distributie voor *C. crangon* in het subtidaal. Legende: Rood=impact; blauw=controle

Tabel 77. P-waarden van de PERMANOVA test op de populatie structuur van *C. crangon* in het subtidaal.

	To versus T1-T2 najaar	T0 versus T1-T2 voorjaar
Controle/impact	0.1606	0.0233
Jaar	0.0041	0.0002
Interactie (controle/impactxjaar)	0.5458	0.0869

Er werd geen significant verschil gevonden in populatie structuur voor *C. crangon* voor de interactie term in het najaar en het voorjaar. Er werd wel voor beide seizoenen een significant verschil gevonden over de jaren heen. In de subtidale populatie werd er ook in het voorjaar een significant verschil gevonden tussen controle en impact.

4 Discussie

In het 1^{ste} jaar van deze studie zijn 3 suppletie activiteiten uitgevoerd, die een invloed zullen gehad hebben op de mariene bodemfauna. Het eigenlijke doel van deze studie was om het effect van een vooroeversuppletie op de kust ecologie na te gaan, maar het is ook duidelijk dat geen enkel strand gevrijwaard was van enige suppletie activiteit (Tabel 4, Tabel 5). Deze activiteit was beperkt in het controlegebied (Bredene) en substantieel in het impactgebied (Mariakerke). De kenmerken, die bepalend zijn voor de herstel capaciteit van de fauna, voor alle suppleties zijn samengevat in Tabel 78.

Tabel 78. Samenvatting van de kenmerken van de strand- en vooroever suppleties tijdens de studieperiode in Mariakerke en Bredene.

	Volume (m ²)	Positie	Helling	Sediment	Suppletie techniek	Tijdstip
Grote strandsuppletie Maria-kerke	681243	Volledig strand	Gelijke verhoging helling over volledige strand	307 ± 78 µm	Pijpleiding + bulldozer	winter (januari), buiten rekrutering
Noodsuppletie Bredene	402350	Hoog strand	Steile helling, hoog strand	407 ± 99	Pijpleiding + bulldozer	voorjaar (april), begin rekrutering
Vooroeversuppletie Maria-kerke	303837	Ondiepe kustzone (-1 à -2)	Geen wijziging	336 ± 61 µm	Kleppen	voorjaar (april-mei), begin rekrutering

Deze suppleties zorgden voor een verandering in de sedimentologie en bodemstructuur (zie 4.1), wat consequenties kan hebben voor de aanwezige fauna.

4.1 Fysico-chemie

De sedimentologie, gemeten aan de hand van de gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK), in het **interdiaal** bleef sterk gelijkaardig over de studieperiode. Bovendien werd er voor het impact gebied gesuppleerd met zand met een korrelgrootte van (307 µm ± 78) dat vergelijkbaar (iets lager) is met de originele korrelgrootte (337 µm ± 25), waardoor het aannemelijk is dat er geen veranderingen in sedimentologie was. Daarom zullen mogelijke effecten van de suppletie op de fauna eerder liggen aan het storten op en het bedelven van de organismen, dan aan veranderingen in de sedimentologie. In het controle gebied, waar de noodsuppletie werd aangelegd met heel grof zand, maar vooral op het hoogstrand, zien we enkel een lichte vergroving in de T2 situatie. De herdistributie van het aangelegde zand in het controle gebied over het strand is dus moeilijker waarneembaar in onze studieperiode of heel beperkt (blijft vooral op hoog strand).

De profielen van de stranden vertoonde wijzigingen over de tijd en enige overeenkomst met de suppletie werken (vb aanvulling hoogstrand). Maar dit type meting vertoont een aantal beperkingen om het effect helling te evalueren. Enerzijds, werden de metingen voor het strandprofiel telkens genomen over één lijn, waardoor we niet echt een zicht krijgen over de algemene veranderingen in de onderzochte strand sectie. Anderzijds is het moeilijk om de positie van de profiele metingen te laten overeenstemmen, ondanks standardisatie naar getij en begin positie. Hierdoor zou het interessanter zijn te werken met een 3D terrein kaart van de onderzoeksgebieden, wat met de huidige luchtopname

technologie mogelijk zou moeten zijn. Daarnaast is er de beeld info van de camera monitoring op het ARGUS station in Mariakerke (<http://argus.deltares.nl/index.html?p=/description/mariakerke>).

Over het algemeen was het sediment in het **subtidaal** in de 3 dieptestrata gekenmerkt als fijn zanderig sediment (GMK tussen 160 en 250 μm). In bepaalde dieptestrata (bvb. diepte c impact) en periodes (bvb. T0 vs. T1&T2 bij controle; diepte b) was de slibconcentratie duidelijk hoger. De diepere locaties worden gekenmerkt door fijner sediment, wat gelinkt is aan de dalende invloed van de golven met diepte, los van stormen.

In het impactgebied voor stratum a zijn er duidelijke veranderingen in sedimentologie na het aanleggen van de vooroeversuppletie. De fracties medium en grof zand zijn toegenomen en daarmee samenhangend ook de gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK). Dit ligt ook in de lijn van de verwachtingen aangezien het gesuppleerde zand wordt gekenmerkt als medium zand (GMK van $336 \pm 61 \mu\text{m}$). Dit is grover dan het sediment dat er normaal voorkomt wat wordt gekenmerkt qua sedimentsamenstelling door een hoge fractie fijn zand (GMK tussen 177 en 193 μm). Tussen T1 en T2 vertoont de GMK een lichte daling. Toch kunnen we geen statistische verschillen waarnemen tussen controle en impactgebied voor dieptestratum a. Dit komt doordat het controlegebied ook gekenmerkt wordt door een hogere GMK. Hier werd er in 2014 (VJ & NJ) meer slib aangetroffen dan in 2015 en 2016. De GMK in het controlegebied blijft gelijk over de periodes of stijgt licht behalve in het najaar waar er eerst een daling is tussen T0 en T1 en vervolgens een stijging in T2. Het verminderen van het slibgehalte en de hogere dominantie van medium en grof zand kan wijzen op het uitloggen van het gesuppleerde zand uit het intertidaal (cf. noodsuppletie) of het stabiliseren van de bodemmorfologie na de stormachtige winter van 2013. Voor diepte stratum b in het impactgebied is er weinig verschil in GMK en sedimentsamenstelling in de loop van de tijd. Er is een lichte stijging van de GMK en dat kan een indicatie zijn dat er toch een minimale invloed is door de verspreiding van het grover suppletiezand vanuit het intertidaal en diepte stratum a. In het controlegebied in stratum b is er meer variatie in de sedimentsamenstelling en GMK tussen de verschillende periodes. Dit heeft voornamelijk te maken met een dalende slibconcentratie in de loop van de tijd. Dieptestratum c vertoont de grootste verschillen tussen de twee gebieden (controle en impact), wat ook bleek uit de statistische tests. In het impactgebied wordt deze zone gekenmerkt door fijner sediment dan het controlegebied. De variatie en patchiness van het slib in stratum b en c kan veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van 'onstabiele' sliblagen, die door de weerscondities en de stroming variabel over het gebied verspreid worden. En deze dynamiek bleek uitgesprokener in het controle gebied (in impact minder variatie). Anderzijds is ook niet uit te sluiten dat er een link is met de suppletiewerken, maar op basis van onze beperkte sedimentdata en het ontbreken van de kennis rond mogelijke hydrodynamische veranderingen in het gebied, is het moeilijk te achterhalen in wat voor mate het aangelegde zand zich verspreidt.

Op basis van de beperkte en sporadische metingen van de fysico-chemie in het onderzoeksgebied hebben we enkel aanwijzingen dat hierin wel degelijk veranderingen zich voordeden, die gelinkt zijn aan de suppletie activiteiten. Meer detail over dit aspect volgt uit de ARGONAUTS (ARGus and in-situ mOnitoring of beAch and shoreface NoUrishment for Sustaniable coastal safety) studie van het Waterbouwkundig labo, waarvan de resultaten nog niet beschikbaar waren bij het afronden van de ecologische studie.

4.2 Macrobenthos

Voor het **intertidaal**, zijn bij aanvang van de staalnames in najaar 2013 de biotische waarden voor macrobenthos (met uitzondering van J') op T0 veel hoger in het controle dan in het impact gebied. Voor biomassa blijft dit zo tijdens de monitoringsperiode en dat wordt verklaard door het voorkomen van het nonnetje *Macoma baltica* in het controle gebied terwijl deze soort bijna niet aanwezig is in het impact gebied (gemiddelde densiteit voor de drie periodes in controle: 4,98 ind/m²; in impact: 0,65 ind/m²). In januari 2014 werd een grote strandsuppletie uitgevoerd in Mariakerke. Bijgevolg geeft de

monitoring in het voorjaar op T0 een situatie na impact weer (eigenlijk T1). In het voorjaar van 2014 worden slechts in 5 van de 15 stalen organismen gevonden en de BEQI gaf een groot verschil aan tussen controle en impact op voorjaar T0. De Gemshoornworm kent een enorme terugval (gemiddelde densiteit van 209 ind/m² naar 1,30 ind/m²) en de gevoelige borstelwormen *Eteone*, *Nephtys cirrosa* en *Spio* spp. verdwijnen volledig (in T0 resp. nog 12,34; 16,24 en 6,49 ind/m²) net als het nonnetje *Macoma baltica* die in het controlegebied een toename kent ten opzichte van het najaar 2013 (gemiddelde densiteit 4,55 ind/m² in T0 najaar naar 7,80 ind/m² in T0 voorjaar). Ook Holzhauer et al. (2014) toont aan dat na een suppletie in Ameland het nonnetje zo goed als verdwijnt. Soorten die tolerant blijken aan de uitgevoerde strandsuppletie te Mariakerke zijn de amfipode *B. sarsi* (gemiddelde densiteit van 9,10 naar 8,45 ind/m²) en de isopode *E. pulchra* (gemiddelde densiteit van 3,25 naar 2,60 ind/m²). De respons op een strandsuppletie is dus zeer soortafhankelijk (zie ook Holzhauer et al. 2014). *Spio* sp. en *Macoma baltica* zijn nog steeds afwezig in het najaar van 2014. Het nonnetje kent een lichte aangroei vanaf voorjaar 2015 (gem. densiteit 0,65 ind/m²) maar *Spio* sp. blijft afwezig tot het einde van de monitoringsopdracht (d.i. voorjaar 2016). De Gemshoornworm *S. squamata* herstelt zich snel na de strandsuppletie. Deze generalist is een snelle kolonisator en in het najaar op T1 en in het voorjaar op T1 vinden we de soort opnieuw in een hogere densiteit terug (respectievelijk 53,96 ind/m² en 129,95 ind/m²). Naast de Gemshoornworm kennen ook de amfipode *B. sarsi*, de isopode *E. pulchra* en de borstelwormen *N. cirrosa* en *Eteone* een aangroei in het voorjaar op T1 met een zo goed als volledig herstel voor deze organismen in het najaar van T2. De neiging tot 'overkolonisatie', gesteld door Leewis & van Bodegom et al. (2012), en zo het veranderen van de initiële gemeenschapsstructuur, vinden we in deze studie dus niet terug. Verder werd in maart-april 2014 een kleinere noodsuppletie uitgevoerd op het controle strand. Alle dominante soorten in het voorjaar en de twee meest dominante soorten in het najaar, *S. squamata* en *Eurydice pulchra*, vertonen een sterke daling in densiteit na deze noodsuppletie.

Door het uitvoeren van de grote strandsuppletie in het impact gebied en de kleinere noodsuppletie in het controlegebied tussen de uitvoering van de vooroever suppletie en de T0 staalnames kan een mogelijke respons van de intertidale macrobenthos gemeenschap op de vooroeversuppletie niet meer losgekoppeld worden van de uitgevoerde strandsuppleties. De temporele dynamiek van de macrobenthos populaties blijkt voornamelijk bepaald door de impact van en herstel na de strandsuppleties. De gevonden resultaten tijdens deze studie komen overeen met voorgaande studies die stellen dat de meest dominant aanwezige strandfauna snel herstelt na een strandsuppletie (Holzhauer et al. 2014, Speybroeck & Bonte et al. 2006a, Leewis & van Bodegom et al. 2012, Vanden Eede 2013). Verder stellen Van Dalfsen & Essinck (2001) dat na een suppletie eerst de opportunistische soorten (zoals ook hier de Gemshoornworm) snel koloniseren en dat hierop volgend de gemeenschapsstructuur zich binnen de 2-4 jaar herstelt. Daarnaast ondervinden de mobiele benthos soorten, als *E. pulchra* en *B. sarsi* minder hinder van de suppletie, mogelijks door het snel herkoloniseren van het gebied.

Twee belangrijke factoren die de omvang van de impact van een suppletie op de intertidale macrobenthosgemeenschap zullen bepalen is de timing en de korrelgrootte van het gebruikte zand. Holzhauer et al. (2014) toont aan dat de biomassa en gemiddelde densiteit van het macrobenthos veel lagere waarden kende na een zomer suppletie dan na een winter suppletie uitgevoerd in Ameland. Het relatief snelle herstel na de strandsuppleties in het controle- en impactgebied is dus wellicht het gevolg van de timing van de suppletie, nl. winter en vroeg voorjaar (april), waarna snelle kolonisatie door juveniele rekruten in het voorjaar gebeurt (Speybroeck et al. 2007). Bovendien werd er gesuppleerd met zand met een korrelgrootte van (307 µm ± 78) dat vergelijkbaar is met de originele korrelgrootte (337 µm ± 25) waarvoor aangenomen wordt dat dit het herstel van de macrobenthos gemeenschap bevordert (Speybroeck et al. 2006). Dus het waargenomen impact effect van de suppletie ligt voornamelijk aan het begraven van de organismen op het moment van de werken. En het snelle herstel (1 jaar) van de bodemfauna in deze studie is het gevolg van de timing van suppletie en het nagenoeg niet veranderen van de sedimentsamenstelling.

Voor het **subtidaal** is het opvallend dat er zowel in voorjaar als in het najaar in het impactgebied (stratum A) geen duidelijke veranderingen in macrobenthos karakteristieken waargenomen worden, ondanks het licht vergroven van het sediment. Alle parameters vertonen nagenoeg gelijke waarden doorheen de tijd en het patroon in karakteristieken loopt parallel met deze in stratum A van het controle gebied. Ook de BEQI gaf aan dat er nagenoeg geen veranderingen waren in de tijd (BEQI-waarden > 0.6). Twee redenen voor het niet waarnemen van een invloed van de vooroeversuppletie op de macrofauna: (1) de kenmerken van de vooroeversuppletie (Tabel 78) en (2) de benthische fauna in deze zone is van nature toleranter tegen fysische verstoring. De vooroeversuppletie ging hier over een beperkt volume, over korte tijd, in het begin van de recruteringsperiode, dat aangelegd werd via kleppen. Deze manier van verstoren is zeer gelijkaardig aan de verstoring die optreedt bij het storten van baggerspecie op de loswallen. Aangaande deze activiteit wordt er intensief gemonitord op de verschillende loswallen en kunnen we concluderen dat de infauna duidelijk invloed ondervindt (verarming in soorten en aantallen) wanneer het continu in het jaar en met hoge volumes (> 2 miljoen droge stof) wordt geconfronteerd (Van Hoey et al., 2012). Deze suppletie werd uitgevoerd met een beperkter volume, die mogelijks niet voor een sterke begraving van de organismen zorgde. Dit vermoedden we aangezien in het subtidaal *M. balthica* wel overleefde (tegenover het intertidaal). Daarnaast is de mate van invloed afhankelijk van de gevoeligheid van de benthische soorten in het habitat. Een habitat dat gedomineerd wordt door tolerante soorten, vertoont een hogere resistentie tegen druk en herstelt algemeen vlugger (vb. de intertidale macrofauna). Ook de ondiepe kustzone (nabij het strand; stratum A), wordt gekenmerkt door *Magelona spp.*, *Spio spp.* en *M. balthica* en is van nature soortenarmer dan de diepere strata. Dit stratum wordt ook het sterkst beïnvloed door natuurlijke verstoring (golfwerking, stormen), waardoor er bij voorkeur tolerante soorten voorkomen.

In onze studie, waren de veranderingen in macrobenthos eigenschappen in het subtidaal voornamelijk in de strata B en C in beide seizoenen en kunnen in het algemeen toegeschreven worden aan veranderingen in lokale sedimenteigenschappen (zie hoger) en aan natuurlijke temporele variatie. De toename in soortenrijkdom in het najaar tussen T0 en T1 in zone C in het impactgebied en in zone B in het controlegebied en de graduele stijging in soortenrijkdom tijdens het voorjaar in zone C van het impactgebied tussen T0, T1 en T2 valt samen met de verhoging in mediane korrelgrootte op deze locaties/tijdstippen. Voor de andere parameters wordt weinig temporele variabiliteit waargenomen behalve voor de densiteit van de dominante soort *M. balthica* waarvan de sterke jaar-jaar variaties in beide gebieden niet eenduidig aan de veranderingen in sediment eigenschappen kan toegeschreven worden.

Macoma balthica is een tweekleppige die ondiepe slibrijke zanden verkiest en langs de Noordzee kustlijn algemeen voorkomt (Budd & Rayment, 2001). In onze studie, kwam deze soort zeer abundant voor, is vooral sedentair en relatief lang levend, waardoor hier er extra focus op. Deze soort is de meest sedentaire soort en zou daardoor gevoelig kunnen zijn voor de drukken gerelateerd aan de suppletie. Voor *M. balthica* wordt een fatale diepte beschreven van 38 cm bij een eenmalig bedekking en rond >17 cm bij regelmatige bedekking (Baptist et al. 2008). De mate van bedekking in diepte stratum a door de vooroeversuppletie was mogelijks niet van dien aard, zodat de soort overleefde. In het intertidaal was de soort wel verdwenen na de strandsuppletie, maar herstelde. Tijdens de suppleties in Ameland vertoonde de soort wel een negatieve invloed door de suppletie en leek de hersteltijd langer te zijn dan 1 jaar (Holzhauer et al., 2014). Dit is mogelijk doordat deze soort, door zijn levenskenmerken en hoge herstelcapaciteit gekenmerkt als een soort met een hoge herstelgraad (Budd & Rayment, 2001). De soort plant zich minstens éénmaal per jaar voor en de plankton fase is lang (tot 2 maand) waardoor een zeer wijde dispersie mogelijk is. Naast larvale verspreiding kan de soort zich ook verspreiden als juveniel en adult via graven (Bonsdorff, 1984), drijven (Sörlin, 1988) en mogelijks via bodemwater transport (Emerson & Grant, 1991). Deze soortskarakteristieken kunnen onder andere de aanleiding zijn van het feit dat een suppletie effect beperkt is voor deze soort. Maar in deze studie, was het effect van de suppletie op de *M. balthica* populatie beperkter, doordat de veranderingen gelijkaardig waren in het controle en impact gebied over de tijd heen, waarbij de populatie wel afnam in aantal over de studieperiode.

4.3 Epibenthos

Uit deze en vorige studies (Beyst et al., 2001, Holzhauer et al., 2014) is gebleken dat de variatie in het epibenthos in de tijd groot kan zijn. Ook de variatie tussen verschillende replica's is soms groot. Dit alles vooral door grote dichtheidsverschillen van de dominante soorten *C. crangon* (IT en SU) en *O. ophiura* (SU) zowel in het voorjaar als in het najaar. Een deel van deze variatie is gedreven door natuurlijke veranderingen in de omgeving, maar zal ook beïnvloed zijn door de staalname strategie. Elk gebied werd over verschillende dagen en bijgevolg onder licht verschillende weersomstandigheden bemonsterd. Deze zeer grote natuurlijke variatie maakt het waarnemen van een potentieel suppletie-effect moeilijker, zeker als de invloed relatief klein is (Holzhauer et al., 2014).

In het **intertidaal** werd er geen directe invloed van de suppletieactiviteiten vastgesteld, ook in voorjaar T0 kort na de strandsuppletie. De diversiteit parameters vertonen een grotendeels stabiel patroon over de onderzoeksperiode. Terwijl dichtheid en biomassa een duidelijke piek vertonen, die in het voorjaar op het T1 moment was en in het najaar in de T0. Dit heeft te maken met de grote dominantie aan *C. crangon* op deze momenten. Daarom ook dat voor de parameters dichtheid en biomassa enkel in het najaar voor de controle zone significante verschillen werden gedetecteerd. De variatie in deze parameters leidde ook tot lagere BEQI-waarden, dat aangaf dat de verschillen te groot zijn (BEQI-waarden <0.6). Deze lage BEQI-waarden waren vooral in het controle gebied, terwijl de variatie lager was in het impact gebied (BEQI-waarden > 0.6). Voor het impactgebied werd er op geen enkel moment een significant verschil gevonden. Dit kan erop wijzen dat de strandsuppletie in het impactgebied niet geleid heeft tot wijzigingen in de epifauna karakteristieken of dat de hersteltijd voldoende was. We kunnen aannemen dat de waargenomen variatie voornamelijk het gevolg is van natuurlijke processen zoals de weersomstandigheden en rekrutering.

Ook in het **subtidaal** werd er geen directe invloed van de suppletieactiviteiten vastgesteld. Ook hier volgen de meeste parameters in controle en impact min of meer hetzelfde patroon en werd er met de BEQI geen grote verschillen tussen controle en impact gedetecteerd en in de tijd voor het impact gebied. Uitzonderingen zijn dichtheid en biomassa in het voorjaar van T1 (BEQI-indicator ook < 0.2 voor deze parameters) impact, wat opnieuw te maken heeft met grote dichtheidsverschillen van een dominante soort namelijk de slangster (*O. ophiura*). Deze soort kan blijkbaar op bepaalde momenten in heel hoge concentraties voorkomen. In deze studie kwam de slangster vooral voor in dieptestratum c en b en in mindere mate in a. In T2 najaar is er een stijging in de biomassa en de diversiteit. Door de gelijkaardige patronen in de epifauna over de tijd voor controle en impact, kunnen we ervan uit gaan dat de algemene variatie voornamelijk gedreven werd door natuurlijke veranderingen in de omgeving en dat een eventueel suppletie effect niet meetbaar was.

De **populatie structuur** van de meest kenmerkende epibenthos soorten in het studiegebied, namelijk *L. holsatus* en *C. crangon* werd in meer detail geanalyseerd in functie van hun gevoeligheid voor de uitgevoerde suppleties.

De krab, *L. holsatus*, is een wijdverspreide soort in Noord-Atlantische wateren en leeft voornamelijk in de ondiepe kustzone (tot 100m diepte) (Adema, 1991). Voor deze soort is weinig gekend van zijn ecologie of gevoeligheid aan de drukken gerelateerd aan suppleties. Deze soort is zeer mobiel en indien er een effect is zal die zeer tijdelijk zijn. In onze studie hebben de suppleties niet voor veranderingen in de populatie structuur gezorgd, omdat er geen verschil was tussen de controle en impact populaties waren en de veranderingen in de tijd gerelateerd waren aan verschillen in aantallen. Andere studies met krab soorten tonen aan dat er een mogelijke tijdelijke herdistributie van de individuen is na suppletie en dat de herpopulatie snel gebeurt (Hayden and Dolan, 1974; Neal & Pizolla, 2008). Dit is gerelateerd aan de levenskenmerken, zoals hun frequente reproductie, hoge larvale productiviteit en dispersie en daarnaast zijn de adulten zeer mobiel.

De grijze garnaal, *C. crangon* is een zeer dominante soort in de epifauna fractie in Belgische wateren. Deze soort leeft in het intertidale gebied tot een diepte van 150 meter en verkiest voornamelijk de turbide kustwateren (Neal, 2008). De jaarlijkse abundantie van deze soort kan zeer sterk verschillen,

wat we ook waarnamen in onze 3-jaar studieperiode, waarbij deze soort zeer abundant was in najaar 2013 en in de andere periodes veel minder. De grijze garnaal wordt gekenmerkt door zijn snelle groei, vroege maturiteit, hoge productiviteit en een lang reproductief seizoen, welke toelaat aan de populatie om snel te herstellen van een verstoring (Neal, 2008). In onze studie werd er geen uitgesproken invloed gevonden van de suppletie op de garnalen populatie. De populatie structuur vertoonde een gelijkaardig patroon in de tijd, zowel in het intertidaal als het subtidaal. Enkel in het intertidaal is er mogelijk een effect op de populatie, doordat we een significant effect van de impact over de tijd waarnamen in de najaarsdata reeks. Dit kan gelinkt zijn aan een verandering in de bodem morfologie in het intertidaal als het gevolg van de suppletie activiteit, door het tijdelijk verdwijnen van de geulsystemen. Deze intertidale geulen zijn een ideaal habitat voor jonge garnaal, waar ze predatie vermijden en zich bij laag water tijdelijk kunnen ingraven. Stranden zonder deze morfologie zijn minder geschikt als kraam- en opgroeikamer (Beyst 2002, Speybroeck 2007).

4.4 Demersale vis

Algemeen is er een grote variatie tussen zowel de verschillende seizoenen en de verschillende gebieden. Dit werd ook al vastgesteld in het tussentijds rapport (Pecceu & Colson et al., 2015) en de seizoenen werden hier bijgevolg afzonderlijk besproken. Er is een grote natuurlijke variatie vooral op basis van verschillen in dichtheid van de meest dominante soorten en minder op basis van soortensamenstelling, die gelijkaardiger is over de jaren. In deze studie werd er een grote variatie in de densiteiten van grondels waargenomen, zowel in het intertidaal (controle T0), als het subtidaal (T0 controle, T2 impact). In Beyst et al. (2001), de enige vorige studie van de visfauna in de surfzone langs de Belgische kust, namen ze ook een grote variatie waar en werd deze gelinkt met de staalname efficiëntie (en intensiteit), de troebelheid (in troebeler water hogere densiteiten) en de strandmorfologie. Ook in deze studie is een deel van de variatie tussen de slepen en de gebieden gelinkt met de staalname strategie. Elk gebied werd over 2 dagen bemonsterd en de omgevingsomstandigheden verschillen licht van dag tot dag en zal dus zijn invloed gehad hebben op de variatie binnen 1 periode. Deze zeer grote natuurlijke variatie maakt het waarnemen van een potentieel suppletie-effect moeilijker, zeker als de invloed relatief klein is (Holzhauer et al., 2014).

In het **intertidaal** werd er geen directe invloed van de suppletie activiteiten vastgesteld. De voorjaars densiteit blijft tussen T0 & T1 in het impactgebied gelijk (BEQI-scores constant en groter dan 0,6 voor impact en controle). In het controlegebied daalt de densiteit tussen T0 en T1 en stijgt vervolgens terug in T2. In het impactgebied werden er geen significante verschillen aangetroffen en de verschillen met de controle zijn voornamelijk te wijten aan een verschil in de abundantie van grondels. Voor de T1 situatie najaar (half jaar na suppletie) in het impactgebied werden zelfs voor de meeste parameters de hoogste waarden binnen de studieperiode gevonden. Enkel in T0 voorjaar (vlak na de strand suppletie) zijn er aanwijzingen van een invloed op de demersale visfauna, maar niet statistisch significant. De parameters verschillen op dat moment het meest tussen controle en impact (ook BEQI-waarden zijn laag) en de aantallen tarbot/griet en schol zijn er ook het laagst. Maar ook in het controlegebied zijn er lagere aantallen gevonden en in T0 scoorde de BEQI ook een groot verschil tussen controle en impact. Deze lage waarden in voorjaar 2014 (T0) kunnen gelinkt zijn aan de invloed van de stormachtige winter 2013-2014. Door deze natuurlijke dynamiek valt de invloed van de strandsuppletie in Maria-kerke op de visfauna niet te kwantificeren en is er enkel een aanwijzing (veranderingen waren iets groter in impact zone dan in controle). Het intertidaal strand is ook van groot belang als kraam- en opgroeikamer voor tal van commerciële vissoorten (Beyst et al., 2001). In deze studie kwam voornamelijk juveniele tarbot/griet (hier samen als *Scophthalmus spp.*) voor. Ook tijdens de bemonstering van het intertidaal in de periode 2013-2014 (maandelijks), in het kader van het Fishconnect project, waren schol (voornamelijk zomer en najaar) en tarbot (voornamelijk najaar en voorjaar) de dominante soorten (Breine et al., in prep.). Daarom is het aangewezen om de 'natuurlijkheid' van onze stranden zoveel mogelijk te bewaren en de suppleties zo ecologisch mogelijk uit te voeren.

In het **subtidaal** werd er ook geen directe invloed op de visfauna van de vooroeversuppletie gevonden en is de geobserveerde variatie tussen de parameters in controle en impact en in de tijd vooral toe te schrijven aan de natuurlijke dynamiek (stroming, weersomstandigheden). De parameters volgen in het najaar voor controle en impact allen hetzelfde patroon (BEQI-scores constant en groter dan 0.6, behalve T2 controle), behalve de parameter densiteit. In het voorjaar is er wel iets meer variatie tussen de patronen van controle en impact in de loop van de tijd. In het impactgebied werden nergens significante verschillen aangetroffen in de loop van de tijd. Binnen het controlegebied wel, grotendeels als gevolg van dichtheitsverschillen in T0. Ook in de Ameland suppletie studie (Holzhauer et al., 2014) werd er geen duidelijk effect van de vooroeversuppletie op de visfauna gevonden, en het betrof hier een veel hoger volume (5.4 miljoen m³ gefaseerd in 3 percelen over 2 jaar). In deze ondiepe kustzone, is het meest voorkomende genus *Pomatoschistus* spp. (grondels) en de grote variatie bij de parameter densiteit is te wijten aan dichtheitsverschillen van deze soorten. Verder zijn ook *Pleuronectes platessa* (schol) en *Solea solea* (tong) in meer dan 80% van de stalen te vinden. Ook in de Ameland studie waren deze soorten het meest dominant, en ook met een grote variatie in hun dichtheiten (Holzhauer et al., 2014). In Ameland was de kleine zeenaald ook een zeer abundante soort, terwijl in deze studie ze enkel in de T0 relatief veelvuldig voorkwam en daarna niet meer. Deze ondiepe kustzone is daarom ook van groot belang voor de commerciële platvissen. Deze waarnemingen sterken het vermoeden dat suppleties in het subtidaal, zeker in kleine omvang, een zeer beperkt effect zullen hebben om de visfauna.

4.5 Hyperbenthos

Voor het hyperbenthos, blijkt het intertidaal een zeer belangrijk habitat te zijn, aangezien de soortenrijkdom hoger is dan in het subtidaal, wat het belang van deze zone als kraam- en opgroeikamer bevestigt (Beyst 2002, Speybroeck 2007).

In het **intertidaal**, T0 najaar situatie heeft het controle strand een hogere soortenrijkdom, diversiteit, evenness en biomassa in vergelijking met het impact strand. Verder kennen beide stranden een duidelijk verschillende temporele variatie tijdens het najaar. Door deze variatie variëerde de BEQI ook sterker over de tijd. Opvallend is de duidelijke toename in soortenrijkdom en diversiteit in het impactgebied op T1 terwijl deze parameters afnemen tussen T0 en T1 in het controlegebied. Ook stijgt de densiteit van de dominante soorten *M. slabberi*, *S. spiritus* en *G. spinifer* op T1 in het impactgebied terwijl de densiteit aan *M. slabberi* en *G. spinifer* gemiddeld in veel geringere mate toeneemt in het controle gebied. Deze positieve evolutie in het impact gebied voor het hyperbenthos is moeilijk te verklaren, ook aangezien het intertidaal epibenthos dit patroon niet vertoont. Desalniettemin, is het hyperbenthos in het intertidaal mogelijks minder afhankelijk, van de fysische veranderingen (vb bodemmorfologie, sedimentologie) dan het epibenthos. Dit doordat ze voornamelijk in de waterkolom leven en minder afhankelijk zijn van de bodemgesteldheid.

In het algemeen is de grote natuurlijke temporele variatie in beide gebieden opmerkelijk en vaak komen heel grote aantallen van een bepaalde soort (bvb. *M. slabberi* en *C. crangon* in het najaar) slechts voor in 1 à 2 slepen. Deze variatie in densiteit of biomassa, voornamelijk door 1 soort, werd ook opgepikt met de BEQI-indicator. Gezien deze hoge variabiliteit en het feit dat logistieke omstandigheden (bvb. golfhoogte) het niet altijd toelieten de zes slepen per locatie en tussen locaties op hetzelfde moment uit te voeren, is het moeilijk sterke conclusies te verbinden aan een mogelijke suppletie effect. Het bemonsteren van hyperbenthos tijdens dezelfde omstandigheden (bvb. stroming, golfhoogte) is daarom cruciaal voor verder onderzoek naar de effecten van menselijke ingrepen op de strand hyperbenthos gemeenschap.

In het voorjaar worden geen duidelijke temporele verschillen tussen beide gebieden gevonden wat aantoont dat de mogelijke effecten voornamelijk gedreven worden door juveniele organismen die aanwezig zijn tijdens het najaar en/of dat er tegen het voorjaar op T1 reeds herstel opgetreden is.

Voor het **subtidaal** volgen impact en controle gebied dezelfde temporele trends in het najaar. Er zijn soms significante verschillen tussen de drie periodes, maar dit voor beide gebieden. Dit terwijl de BEQI

voornamelijk een relatief goede overeenkomst (> 0.6) vond tussen de twee gebieden, zeker qua aantal soorten en soortensamenstelling, maar minder qua densiteiten en biomassa. *Liocarcinus holsatus* (Zwemkrab), *C. crangon* (grijze garnaal), *Pomatoschistus* sp. (grondel) en *S. kervillei* (aasgarnaal) kenmerken de gemeenschap op T0 terwijl deze soorten niet of bijna niet meer voorkomen op T1 en T2. Opvallend is wel de hogere soortenrijkdom in het controle gebied op T2. Ook in het voorjaar vinden we dezelfde temporele variatie in beide gebieden, met uitzondering van een hoge densiteit en biomassa op T2 in het controle gebied, welke verklaard wordt door een hoog aantal *S. spiritus* en *S. kervillei* in 1 specifieke sleep wat de resultaten sterk beïnvloedt. De gemeenschappen van beide gebieden verschillen tussen alle periodes. T0 is vooral een periode met veel *M. slabberi*, T2 met *S. spiritus* en *S. kervillei*, en dit in beide gebieden. In het subtidaal, spelen de patchiness van soorten (aasgarnalen) en de omstandigheden tijdens de staalnames ook een rol op de waargenomen patronen en maakt het moeilijker om mogelijke effecten op het hyperbenthos te kwantificeren.

4.6 Wat betekent dit nu?

Deze studie en vorige studies rond suppletie laten zien dat de invloed van een suppletie op het marien kustecosysteem moeilijk te bepalen is. Dit doordat de seizoenale en jaar-op-jaar variatie in biomassa en dichtheid van tal van organismen zeer groot kan zijn (zie fluctuaties in densiteit van *C. crangon*, *O. ophiura*, *Pomatoschistus* spp, de aasgarnalen in het hyper, in deze studie); hetzelfde geldt voor de ruimtelijke variatie (zie verschillen tussen controle en impact in deze studie). Er zijn echter wel duidelijke aanwijzingen dat er een invloed is van suppletie activiteit vooral op de minder mobiele bodemfauna. Deze invloed is meestal beperkt (de vooroeversuppletie in deze studie) of er treedt op zeer korte termijn herstel op (de strandsuppleties in deze studie). De respons en de mate van herstel op de suppleties is wel zeer soort afhankelijk, maar was vlug (1 jaar voor dominante soorten) in deze studie. Dit doordat de herstelduur voor bodemfauna korter is wanneer de suppletie activiteiten buiten de recruteringsperiode vallen, wat in deze studie het geval was. Naast tijdstip, speelt ook de omvang, type sediment, aangelegd profiel, plaats van suppletie en suppletietechniek bij aanleg een rol (Van den Eede, 2013). In deze studie zagen we dat de intertidale suppletie met groot volume wel een duidelijker effect had dan de vooroeversuppletie, die kleiner in omvang was. Ook het grover sediment gebruikt voor de vooroeversuppletie zorgde voor een duidelijkere verandering in de sedimentcondities in de suppletiezone en mogelijks daarbuiten. Deze sedimentshift leidde gelukkig niet tot drastische veranderingen in bodemfauna. Ten slotte waren er wel beperkte aanwijzingen dat de verandering in profiel (in het intertidaal) een invloed had op de aanwezige mobiele fauna, doordat het bank-geul systeem in deze zone geëgaliseerd wordt door de suppletie en de bovenzijde van het strand een steilere helling krijgt. Deze 'onnatuurlijke' strandmorfologie is mogelijk verantwoordelijk voor een minder diverse bodemfauna en lagere densiteiten aan epifauna en demersale vissen. Deze soorten profiteren normaal van dit bank-geul systeem om zich te verschuilen of zich te voeden. Daarom is het aangewezen om de 'natuurlijkheid' van onze stranden zoveel mogelijk te bewaren en de suppleties zo ecologisch mogelijk uit te voeren. Daarom dient mogelijks naast rekening te houden met het tijdstip, hellingshoek en sediment type, ook de bodemmorfologie meegenomen te worden in de suppletie opbouw.

Deze monitoring op twee locaties, met een beperkt aantal stalen op ruimtelijk vlak (15), schept de mogelijkheid om zeer lokale invloeden van een suppletie waar te nemen. Deze invloed blijkt eerder beperkt te zijn, zeker in de tijd. Gelijkaardige conclusies werden getrokken na de monitoring van de invloed van lokale suppleties of andere kustverdedigingswerken langs de Belgische en Nederlandse kust (Van den Eede, 2013; Holzhauer et al., 2014). Een goeie kennis van de lokale invloeden is nodig, maar maakt het niet direct mogelijk om de cumulatieve invloed in tijd en in ruimte van het totale kustverdedigingsbeleid (suppleties op verschillende locaties, soms frequent in de tijd) te bepalen. Kustverdediging is van heel groot belang om de nodige ruimte en veiligheid te creëren voor onze bevolking en is dan ook noodzakelijk. Daarnaast is er het wetgevende kader, in de vorm van de Europese mariene milieuriichtlijnen (Kaderrichtlijn water, Kaderrichtlijn Mariene strategie, Habitat Directieve) die streven

naar het behouden van een goede milieutoestand voor het mariene ecosysteem. Onze Belgische kustzone vormt het leefgebied voor een grote diversiteit aan organismen, welke van belang zijn voor het functioneren van het systeem en tevens van commercieel belang zijn (vb. garnalvisserij; schol, tarbot). De status van dit systeem dient op een duurzaam niveau te liggen, dat zorgt voor het behoud van het systeem, en dat exploitatie en activiteit (kustverdediging, toerisme) toelaat. In deze context is er de blijvende zorg dat de toenemende kustverdedigingsactiviteiten (suppleties) een invloed hebben op het functioneren van het ecosysteem van de ondiepe kustzone en het strand. Daarom is het noodzakelijk om dit kustbeheer in samenhang met natuurbehoud en -ontwikkeling te doen en af te toetsen met de milieuriichtlijn doelstellingen.

5 Conclusies

Dit rapport geeft een gedetailleerde beschrijving van de geobserveerde veranderingen gedurende 3 jaar (September 2013 - Maart 2016) voor verschillende mariene ecosysteemcomponenten (macrobenthos, epibenthos, hyperbenthos en demersale vis) ter hoogte van Mariakerke en Bredene. In deze gebieden en dan vooral Mariakerke zijn er in 2014 verschillende suppleties uitgevoerd, die een mogelijke invloed hadden op onze waarnemingen. In Mariakerke gaat het over een grote strandsuppletie (700000m³) in januari 2014 (net voorafgaand aan de T0 voorjaarsstaalname) en een vooroeversuppletie in april-mei 2014 (beperkte omvang, 340000m³). Ten gevolge van een zware storm in december 2013, werd ook het hoog strand in Bredene gesuppleerd in april-mei 2014. Deze studie heeft als voornaamste doel om na te gaan of de vooroeversuppletie enig effect heeft gehad op het mariene kustecosysteem.

De fauna in het Belgische kustecosysteem is zeer sterk beïnvloed door ruimtelijke en temporele processen (Van Hoey et al., 2004; Beyst, 2001). Daarnaast vertonen de gemeenschappen een verschillende graad van mobiliteit en dus gevoeligheid voor externe invloeden. Het macrobenthos is het meest sessiel en zou het gevoeligst zijn, terwijl de vissen zeer mobiel zijn en bijgevolg veel minder gevoelig voor externe verstoringen. Het is wel zo dat alle componenten los van hun mobiliteit zeer sterk afhankelijk zijn van hun omgeving (sediment, strand en vooroever morfologie) en dat bepaalde drukken kunnen leiden tot veranderingen in de karakteristieken van het marien ecosysteem. De mate van invloed op het ecosysteem is sterk afhankelijk van de suppletie omvang (gestort volume en sediment type) en het tijdstip van de suppletie activiteit (Van den Eede, 2014). Dit alles wordt bevestigd door de observaties in dit project en wordt als volgt samengevat:

- Doordat er in het intertidaal van het impact gebied gesuppleerd werd met zand dat vergelijkbaar (iets lager) is met de originele korrelgrootte, werden er geen veranderingen in **sedimentologie** waargenomen. Diepte stratum a (subtidaal) van het impactgebied is duidelijk gekenmerkt door grover sediment na de vooroeversuppletie (gesuppleerd met iets grover sediment dan originele). In diepte b en c is er een lichte toename in gemiddelde mediane korrelgrootte en de fijne zandfractie. Dit kan wijzen op een natuurlijke verandering, maar is vermoedelijk ook gerelateerd aan de verspreiding van grover suppletiezand vanuit het intertidaal of de vooroeversuppletie. Daarnaast is er vooral in het controle gebied een grotere variatie in sedimentologie (vnl. slibgehalte) tussen de dieptestrata en over de tijd.
- De temporele dynamiek van de **macrobenthos** populaties in het intertidaal blijkt voornamelijk bepaald door de impact van en het herstel na de strandsuppleties. De mate van impact was verschillend voor beide stranden. Voor het controle strand, waar een kleinere noodsuppletie werd aangelegd, vertoonden de 2 dominante soorten (*Scolecopsis squamata* en *Eurydice pulchra*) een sterke daling in densiteit. In het impact gebied waar een grote suppletie werd aangelegd, werd de volledige intertidale macrofauna gemeenschap beïnvloed. De dominante soorten (*S. squamata*) herstelden snel in aantal of zijn tolerant (*Bathyporeia sarsi*, *E. pulchra*). Gevoelige soorten, zoals *Eteone* spp., *Spio* spp. en *Macoma balthica* verdwenen en hun herstel duurde langer. De respons en de mate van herstel op een strandsuppletie is dus zeer soort afhankelijk, maar was snel (1 jaar voor dominante soorten) in deze studie vermoedelijk doordat de suppletie in de winter aangelegd werd (voor rekrutering).
- Voor het **subtidaal** is het opvallend dat er zowel in voorjaar als in het najaar in het stratum A waar de vooroeversuppletie werd aangelegd, geen duidelijke veranderingen in **macrobenthos** karakteristieken werden waargenomen, ondanks een verandering in de sedimentologie. De meeste veranderingen werden waargenomen in de diepere strata, waar de macrobenthos diversiteit zelfs toenam. Dit kan gelinkt zijn aan veranderingen in lokale sediment eigenschappen (mogelijks als gevolg van de suppleties) en aan natuurlijke temporele variatie (slibdynamiek).

- Over het algemeen nemen we niet echt een effect waar van enige suppletieactiviteit op de **epifauna**. In het subtidaal is het duidelijker dat de variatie in de tijd vooral gedreven wordt door natuurlijke factoren en dat de vooroeversuppletie geen extra invloed heeft gehad op het aanwezige epibenthos. In het intertidaal konden we ook geen duidelijke invloed vinden van de strandsuppleties, zowel in het controlegebied als in het impactgebied. De epibenthos soorten die voor de variatie zorgen zijn de dominante soorten *C. crangon* en *O. ophiura*, waarvan de aantallen sterk verschillen in ruimte en tijd.
- Algemeen is er een grote variatie in de **demersale visfauna** over de tijd en tussen het controle en impact gebied. Deze zeer grote natuurlijke variatie maakt het waarnemen van een potentieel suppletie-effect moeilijker, zeker als de invloed relatief klein is. Zowel in het intertidaal (als gevolg van de strandsuppletie), als in het subtidaal (vooroeversuppletie) vonden we geen directe invloed van de suppletiewerken en is de variatie voornamelijk natuurlijk gedreven. Voor het intertidaal is het wel van belang om de 'natuurlijkheid' te behouden en verstoring te beperken, wegens het belang voor bepaalde commerciële vissoorten (schol, tarbot/griet).
- Wat betreft de **populatie structuur** van de subtidale populaties van *M. balthica*, *Liocarcinus holsatus* of *C. crangon*, lijkt de suppletie geen lang termijneffect gehad te hebben. Er werd bij alle drie de soorten in de tijd van T0 tot T2 een daling gezien in de totale densiteiten en voor de cohorten in zowel het impact als het controlegebied. De significante en niet-significante verschillen in de populatiestructuren (vooral de daling in de abundantie) zijn toe te schrijven aan natuurlijke variatie. De populaties van deze soorten bleken uit eerder onderzoek al in staat te zijn zich snel te herstellen en een zekere tolerantie te vertonen ten opzichte van de drukken gerelateerd aan de suppletie activiteit. Welke natuurlijke factoren verantwoordelijk waren voor de gevonden resultaten is met dit onderzoek niet duidelijk geworden. Hiervoor zou men intensiever in elke periode moet monitoren en in relatie tot de continu veranderende omgevingsfactoren (temperatuur, stromingen, weerscondities).
- Voor de **hyperbenthos** fauna werd er geen duidelijk effect van de suppleties waargenomen. In het algemeen is de grote natuurlijke temporele variatie in beide gebieden opmerkelijk en vaak domineren heel grote aantallen van een bepaalde soort (bvb. *M. slabberi* en *C. crangon* in het najaar). Deze variatie wordt onder andere bepaald door logistieke staalname omstandigheden (vb. staalnames tijdens wisselende weersomstandigheden) maar ook doordat deze soorten in 'wolken' voorkomen, welke de vangstkans sterk beïnvloedt.
- De suppletie in de vooroever, welke relatief beperkt was in omvang, vertoont geen opvallende invloed op de fauna in het algemeen, zeker niet op de mobielere fauna. De strandsuppleties daarentegen hadden een duidelijke invloed op de macrofauna maar een zeer beperkte tot geen invloed op de mobielere fauna (hyperbenthos, vis).
- Deze monitoringsstudie levert belangrijke inzichten in de dynamiek in het voorkomen van alle mariene bodemfauna en hun levensstadia (hyperbenthos). Deze studie toont aan dat de stranden en de ondiepe kustzone ook een relatief hoge biodiversiteit kenmerken en zeer waardevol leefgebied zijn voor tal van commerciële soorten, ondanks de menselijke druk (kustverdediging, toerisme).
- Kustverdedigingswerken zijn noodzakelijk en nemen alleen maar toe in omvang en frequentie wat voor een globale cumulatieve verstoring zorgt van de 'natuurlijke' karakteristieken van het strand en de ondiepe kustzone habitats. Daarnaast is er het wetgevende kader, in de vorm van de Europese mariene milieuriichtlijnen (Kaderrichtlijn water, Kaderrichtlijn Mariene strategie, Habitat Directive) die streven naar het behouden van een goede milieutoestand voor het mariene ecosysteem. Daarom is het noodzakelijk om dit kustbeheer in samenhang met natuurbehoud en -ontwikkeling te doen en af te toetsen met de milieuriichtlijn doelstellingen.

6 Referenties

- Anderson M.J. and Robinson J. (2003). Generalized discriminant analysis based on distances. *Aust. N.Z. J. Stat.* 45, 301-318.
- Beyst, B., D. Buysse, A. Dewike & J. Mees. (2001a). Surf zone hyperbenthos of Belgian Sandy beaches: Seasonal Patterns. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53, 877-895.
- Beyst, B., D. Buysse, A. Dewike & J. Mees. (2001b). Factors influencing fish and macrocrustacean communities in the surf zone of sandy beaches in Belgium: temporal variation. *Journal of Sea Research*, 46, 281-294.
- Beyst, B., Hostens, K. & J. Mees. (2002a). Factors influencing the spatial variation in fish and macrocrustacean communities in the surf zone of sandy beaches in Belgium. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82, 181-187.
- Beyst, B., J. Vanaverbeke, M. Vincx & J. Mees. (2002b). Tidal and diurnal periodicity in macrocrustaceans and demersal fish of an exposed sandy beach, with special emphasis on juvenile plaice *Pleuronectes platessa*. *Marine Ecology Progress Series*, 225, 263-274.
- Bonsdorff, E., 1984. Establishment, growth and dynamics of a *Macoma balthica* (L.) population. *Limnologica* (Berlin), 15, 403-405.
- Buchanan JB (1984) Sediment analysis. In Holme NA & McIntyre AD, eds.: *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh: 41-65
- Budd, G.C. & Rayment, W.J. 2001. *Macoma balthica* Baltic tellin. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews*, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. Available from: <http://www.marlin.ac.uk/species/detail/1465>
- Clarke KR, Gorley RN (2006) *Primer v6: User Manual/Tutorial*. Primer-E Plymouth.
- De Backer A, Van Hoey, G., Coates D, Vanaverbeke J, Hostens K (2014). Similar diversity-disturbance responses to different physical impacts: Three cases of small-scale biodiversity increase in the Belgian part of the North Sea. *Marine Pollution Bulletin* 84, 251-262
- Deraus, S., Agardy, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Jamieson, G., Lieberknecht, L., Mees, J., Moulaert, I., Olenin, S., Paelinckx, D., Rabaut, M., Rachor, E., Roff, J., Stienen, E., Van der Wal, J.T., Van Lancker, V., Verfaillie, E., Vincx, M., Weslawski, J.M., Degraer, S., 2007. A concept for biological valuation in the marine environment. *Oceanologia* 49 (1), 99-128.
- Emerson, C.W. & Grant, J., 1991. The control of soft-shell clam (*Mya arenaria*) recruitment on intertidal sandflats by bedload sediment transport. *Limnology and Oceanography*, 36, 1288-1300.
- Field, J.G., Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (1982). A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8, pp.37-52.
- Fod Economie, Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie (2014) *Persbericht zeevisserij 2013*.
- Hayden, B. & Dolan, R., 1974. Impact of beach nourishment on distribution of *Emerita talpoida*, the common mole crab. *Journal of the Waterways, Harbors and coastal engineering division* 100: 123-132.
- Holzhauser H, Vanagt T, Lock K, van Oeveren MC, de Backer A, Hostens K, van Dalen J, Reinders J (2014) *Ecologische effecten suppletie Ameland 2009-2012*. Report Deltares 211p
- Neal, K.J. 2008. Crangon crangon Brown shrimp. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews*, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. Available from: <http://www.marlin.ac.uk/species/detail/2031>

- Neal, K.J. & Pizzolla, P.F. 2008. *Carcinus maenas* Common shore crab. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. Available from: <http://www.marlin.ac.uk/species/detail/1497>
- Pecceu, Ellen, Liesbet Colson 1, Jan Wittoeck, Jan Vanaverbeke, Kris Hostens, Gert Van Hoey .2015. Ecologische monitoring strand- en vooroever in functie van suppletie activiteiten: tussentijdse resultaten. ILVO-mededeling 184
- Sörlin, T., 1988. Floating behaviour in the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.). *Oecologia*, 77, 273-277.
- Speybroeck, J., Degraer, S., Vincx, M.(2003). Ecologische monitoring kustverdedigingsproject Oostende (fase 1). Final report. Ministry of the Flemish Community, Coastal Waterways Division, dossiernr.202.290
- Speybroeck, J.; Bonte, D.; Courtens, W.; Gheskiere, T.; Grootaert, P.; Maelfait, J.-P.; Mathys, M.; Provoost, S.; Sabbe, K.; Stienen, E.; Van Lancker, V.R.M.; Vincx, M.; Degraer, S. (2004). Studie over de impact van zandsuppleties op het ecosysteem: eindrapport. Afdeling Waterwegen Kust/Instituut voor Natuurbehoud/KBIN/Universiteit Gent: Belgium. 201 pp.
- Speybroeck, J. (2007). Ecologie van macrobenthos als een basis voor een ecologische bijsturing van strandsuppleties = Ecology of macrobenthos as a baseline for an ecological adjustment of beach nourishment. PhD Thesis. Universiteit Gent. Vakgroep Biologie, sectie Mariene Biologie: Gent. 189 pp.
- Speybroeck, J.; Bonte, D.; Courtens, W.; Gheskiere, T.; Grootaert, P.; Maelfait, J.-P.; Provoost, S.; Sabbe, K.; Stienen, E.; Van Lancker, V.R.M.; Van Landuyt, W.; Vincx, M.; Degraer, S. (2008). The Belgian sandy beach ecosystem: a review *Mar. Ecol. (Berl.)* 29(Suppl. 1): 171-185
- Vanagt, T., Van De Moortel, L., Heusinkveld, J., Vanden Eede S., Van Steenbrugge, L., Van Hoey, G., Vincx, M., (2011). Veldcampagne ecologie Ameland 2010. eCOAST rapport 2010014-4
- Van Dalssen, J.A., (1998). RIACON 2. Long term effects of subaqueous sand extraction North of the island of Terschelling. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Report RIKZ-98.034.
- Van Dalssen, J.A. (2006). Inventarisatie brandingszone zandige kust. TNO-rapport B&O-DH-R2005/251
- Van Dalssen, J.A. (2007). Inventarisatie brandingszone. Wageningen IMARES Rapport C138/07.
- Van Dalssen, J.A. (2009). Inventarisatie brandingszone. Wageningen IMARES rapport C0138/07
- Van Dalssen, J.A. & S.G.J. Aarninkhof (2009). Building with Nature: Mega nourishments and ecological landscaping of extraction areas. Proceedings of the EMSAGG Conference, 5-6 February 2009, Rome, Italy.
- Van Dalssen, J.A. & K. Essink (1997). Risk analysis of coastal nourishment techniques (RIACON). Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Report RIKZ-97.022
- Van Dalssen, J.A. & K. Essink (1999). RIACON: Risk analysis of coastal nourishment techniques in The Netherlands. *Senckenbergiana maritima* 29: pp 51-53.
- Van Dalssen, J.A. & K. Essink (2000). Benthic community response to sand dredging and dumping off the Dutch Coast. In: Krönke, I. & Türkay, M. & Sündermann, J. (eds), Burning issues of North Sea ecology, Proceedings of the 14th international Senckenberg Conference North Sea 2000, *Senckenbergiana marit.* 31 (2): 329-332.
- Van Dalssen, J.A. & K. Essink (2001). Benthic community response to sand dredging and dumping off the Dutch Coast. In: Krönke, I. & Türkay, M. & Sündermann, J. (eds), Burning issues of North Sea ecology, Proceedings of the 14th international Senckenberg Conference North Sea 2000, *Senckenbergiana marit.* 31 (2): 329-332.

- Van Dalfsen, J.A., K. Essink, H. Toxvig Madsen, J. Birklund, J. Romero and M. Manzanera(2000). Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the western Mediterranean. - ICES Journal of Marine Science 57: 1439 –1445.
- Vanden Eede, S. & Vincx, M.(2010). Ecologische monitoring natuurinrichtingsproject Lombardsijde t1 situatie – 2009. Eindrapport. Vlaamse overheid, Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust
- Vanden Eede S. & Vincx M. (2011) Ecologische monitoring natuurinrichtingsproject Lombardsijde en OW-plan Oostende (t1 situatie – 2010). Eindrapport. Vlaamse Overheid, Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust; Afdeling Kust, pp.91
- Vanden Eede S., Colson L & Vincx M. (2013) Ecologische monitoring natuurinrichtingsproject Lombardsijde en OW-plan Oostende (t3 situatie – 2012). Eindrapport. Vlaamse Overheid, Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust; Afdeling Kust
- Vanden Eede, S. (2013) Impact of beach nourishment on coastal ecosystems with recommendations for coastal policy in Belgium. PhD thesis University of Ghent
- Van der Wal, J.T. & J.A. van Dalfsen (2008). Monitoring kustsuppleties. Wageningen IMARES rapport C014/08
- Van Hoey, G., Degraer, S., Vincx, M.(2004). Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59, 599-613
- Van Hoey, G., Drent, J., Ysebaert, T., Herman, P., 2007. The Benthic Ecosystem quality index (BEQI), intercalibration and assessment of Dutch coastal and transitional waters for the Water Framework Directive. NIOO-CEME report 2007-02, 242pp
- Van Hoey, Gert; Borja, Angel; Birchenough, Silvana; Degraer, Steven; Fleischer, Dirk; Kerckhof, Francis; Magni, Paolo; Buhl-Mortensen, Lene; Muxika, Iñigo; Reiss, Henning; Schröder, Alexander; Zettler, Michael, 2010. The use of benthic indicators in Europe: from the Water Framework Directive to the Marine Strategy Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 60: 2187-2196
- Van Hoey, G., Delahaut Vyshal, Derweduwen Jozefien, Devriese Lisa, Dewitte Bavo, Hostens Kris, Robbens Johan, (2012). Biological and chemical effects of the disposal of dredged material in the Belgian Part of the North Sea (licensing period 2010-2011). ILVO-mededeling 109
- Van Hoey, Gert; David Cabana Permuy; Magda Vincx ; Kris Hostens, 2013. An Ecological Quality Status assessment procedure for soft-sediment benthic habitats: Weighing alternative approaches. *Ecological Indicators* 25, 266-278
- Van Hoey G, Colson L, De Backer A, Hillewaert H, Holshauer H, Hostens K, Vanaverbeke J, Van Dalfsen J, Vincx M, Wittoeck J (2013a). Meetplan ecologische studie onderwatersuppleties aan de Vlaamse kust (4shore). ILVOmededeling 144, 34p
- Van Hoey, Gert; David Cabana Permuy; Sofie Vandendriessche, Magda Vincx, Kris Hostens (2013b). An Ecological Quality Status assessment procedure for soft-sediment benthic habitats: weighing alternative approaches. *Ecological Indicators* 25, 266-278
- Van Hoey G, Colson L, Hillewaert H, Hostens K, Vanaverbeke J, Vincx M (2013c) Staalname rapportage 4shore campagne T0 najaar 2013. ILVO mededeling 143
- Van Hoey G, Hillewaert H, Colson L, Vanaverbeke J (2014a) Staalname rapportage 4shore campagne T0 voorjaar 2014. ILVO mededeling 162
- Van Hoey G, Hillewaert H, Wittoeck J, Colson L, Vanaverbeke J (2014b) Staalname rapportage 4shore campagne T1 najaar 2014. ILVO mededeling 172
- Van Hoey Gert, Liesbet Colson, Hans Hillewaert, Jan Wittoeck, Jan Vanaverbeke (2014a)5. Staalname rapportage 4shore en 4shorebis campagne T1 voorjaar 2015. ILVO-mededeling 194, 46pp

Van Hoey Gert, Liesbet Colson, Hans Hillewaert, Jan Wittoeck, Jan Vanaverbeke (2015b). Staalname rapportage 4shore en 4shorebis campagne T2 najaar 2015. ILVO-mededeling 201, 41pp

Van Hoey Gert, Liesbet Colson, Hans Hillewaert, Jan Wittoeck, Carl van Colen, (2016). Staalname rapportage 4shore en 4shorebis campagne T2 voorjaar 2016. ILVO-mededeling 213, 46pp

7 ANNEX 1

Beschrijving van de ecologische en fysico- chemische karakteristieken van de gebieden Mariakerke en Bredene, gebaseerd op data van voor 2013.

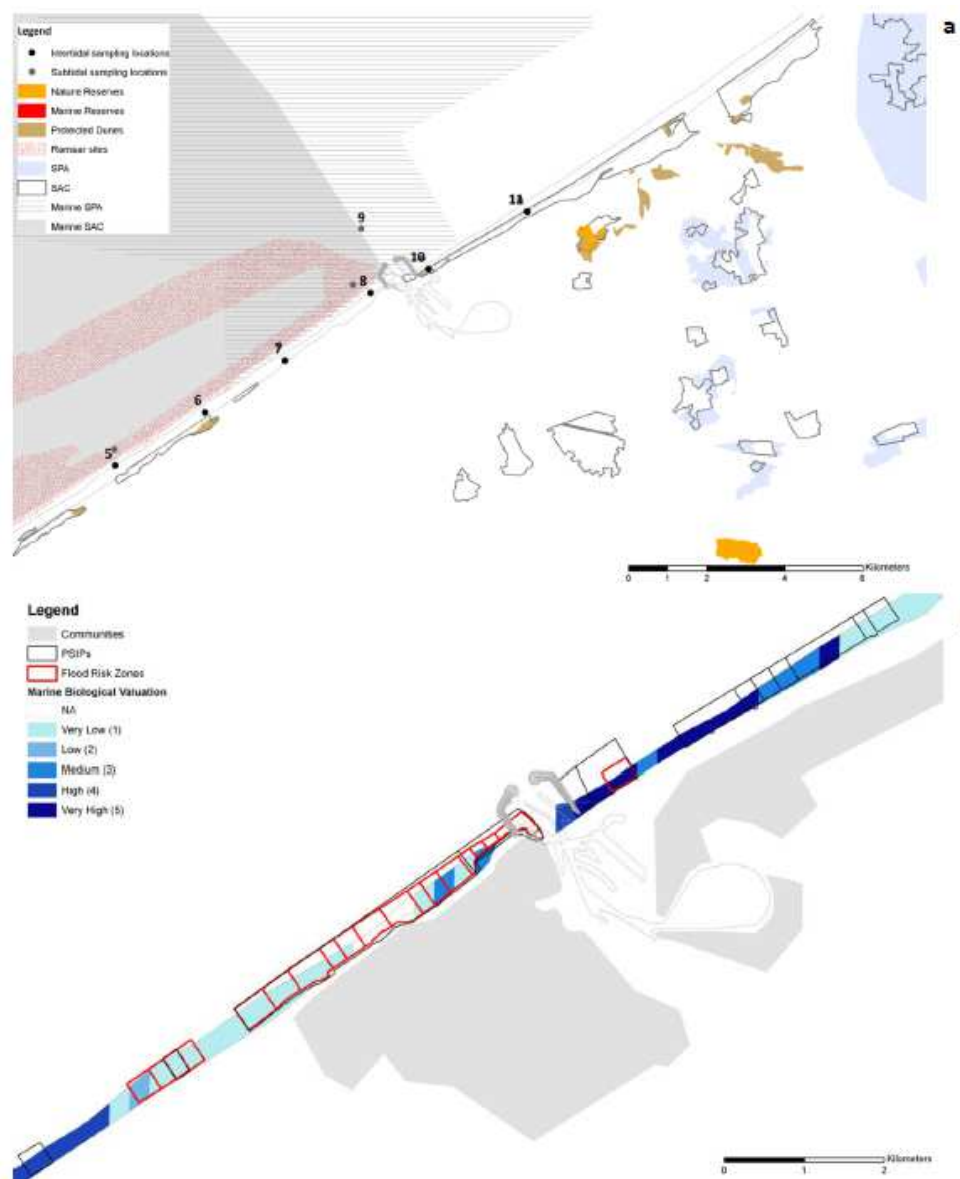
Dit is een kopie uit het doctoraat van Sarah Vanden Eede (2013).

Mariakerke

The beach of Mariakerke is situated in front of the western part of the municipality of Oostende, named Mariakerke (location 7 in all figures). It does not hold any conservation status and is regarded as a touristic beach area (a). The Provincial Spatial Implementation Plan (PSIP) of Oostende covers the intertidal zone of this beach (b).

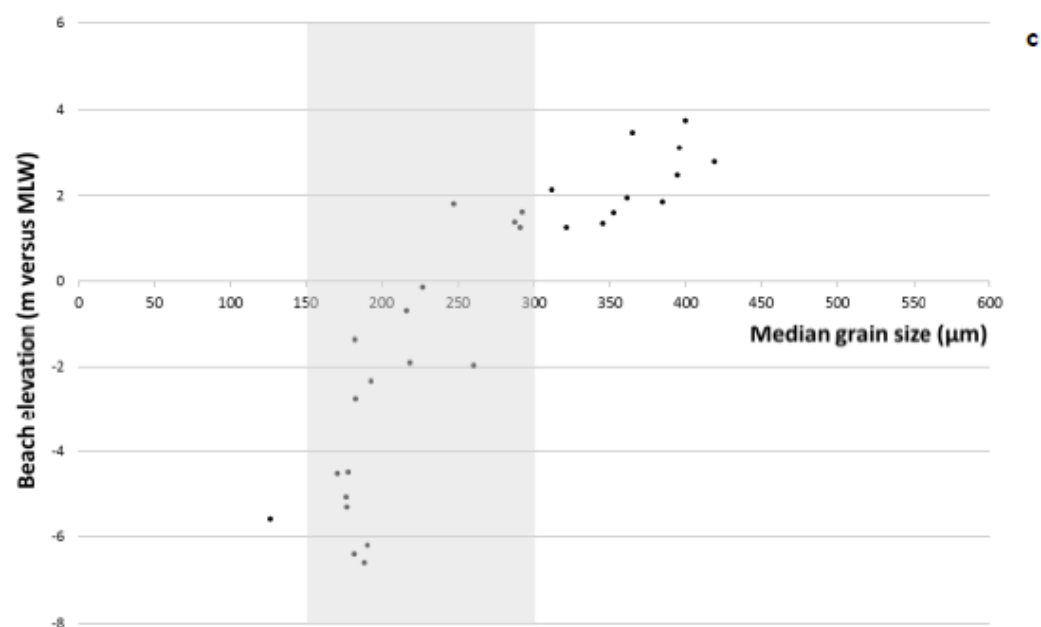
According to the marine biological valuation map of the shallow Belgian coastal zone, the beach of Mariakerke has a very low biological value (b). Due to the coastal flood risk in the PSIP of Oostende, the entire area will receive coastal defence measures. Between Raversijde and the fairway of Oostende, a huge beach nourishment is planned (1 500 000 m³ - location F in b) after September 2013. A storm wall will be built where the tram rails lie on the dyke and the slope of the sea dyke will be altered in the touristic beach area of Mariakerke. In front of Mariakerke, a foreshore nourishment is planned in the shallow subtidal zone, after October 2013.

All the following findings (c, e, f and g) are based on 15 intertidal and 15 shallow subtidal samples taken in autumn 2011 (2011 A), at the beach of Mariakerke (Vanden Eede et al. 2013). In total, 10 intertidal and 32 shallow subtidal species were identified (d). All mean



measured abiotic and biotic variables fell between the maximum and minimum values of the Belgian beaches ed). The median grain size decreased from MHW (419.03 μm) to MLW (247.14 μm) while the shallow subtidal values fluctuated between 150 and 250 μm (c). Eleven of the 15 intertidal samples had a median grain size higher than 300 μm (the highest 10 samples and the lowest sample in the intertidal zone). One very low value (< 150 μm) was detected in the shallow subtidal zone. The intertidal median grain size ($344.64 \pm 13.12 \mu\text{m}$) and abundance ($204.08 \pm 130.40 \text{ individuals.m}^{-2}$) were higher than the shallow subtidal values ($191.22 \pm 7.86 \mu\text{m}$; $166.05 \pm 38.61 \text{ individuals.m}^{-2}$).

In the intertidal zone, *Scolecipis squamata* was clearly the most dominant species. *Bathyporeia pilosa*, *Eurydice pulchra* and *Spiophanes bombyx* were not present in the intertidal zone of Mariakerke. In the shallow subtidal zone, *Spio* species was clearly the most dominant species. *Ensis* juveniles and *Macoma balthica* juveniles were not present in the shallow subtidal samples of Mariakerke.



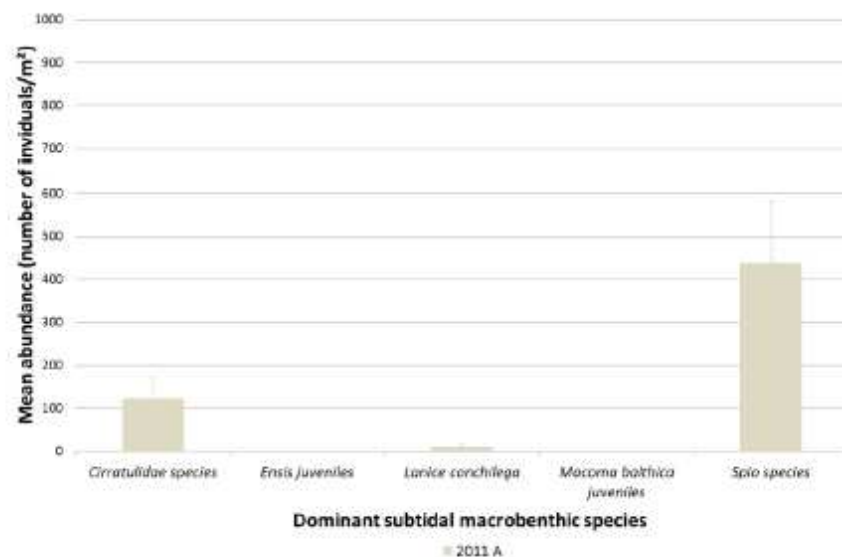
d

Species list Mariakerke			
Intertidal	Shallow subtidal		
<i>Bathyporeia pelagica</i>	<i>Abra alba</i>	<i>Ensis species</i>	<i>Nereis longissima</i>
<i>Bathyporeia sarsi</i>	<i>Atylus falcatus</i>	<i>Eteone longa</i>	<i>Owenia fusiformis</i>
<i>Cumopsis goodsir</i>	<i>Atylus swammerdami</i>	<i>Glycera species</i>	<i>Pholoe minuta</i>
<i>Eteone flava</i>	<i>Autolytus species</i>	<i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Phyllodoce species</i>
<i>Eteone longa</i>	<i>Bathyporeia pelagica</i>	<i>Jassa herdmani</i>	<i>Pontocrates altamarinus</i>
<i>Haustorius arenarius</i>	<i>Capitella capitata</i>	<i>Lanice conchilega</i>	<i>Scoloplos armiger</i>
<i>Nemertea species</i>	<i>Cirratulidae species</i>	<i>Macoma balthica</i>	<i>Scolecipis squamata</i>
<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Corophium species</i>	<i>Magelona species</i>	<i>Spiophanes bombyx</i>
<i>Oligochaeta species</i>	<i>Cumopsis goodsir</i>	<i>Nemertea species</i>	<i>Spio species</i>
<i>Scolecipis squamata</i>	<i>Diogenes pugilator</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Urothoe poseidonis</i>
	<i>Donax vittatus juveniles</i>	<i>Nephtys hombergii</i>	

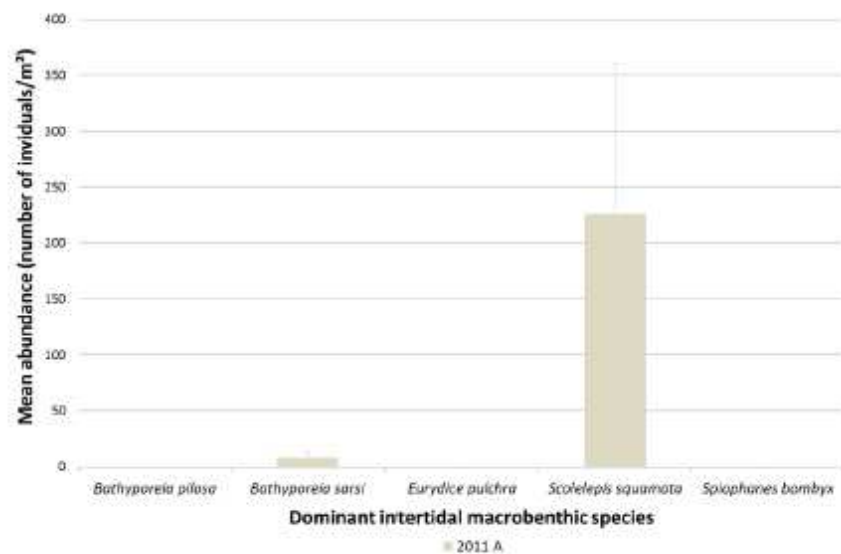
e

Mariakerke	INTERTIDAL			SHALLOW SUBTIDAL		
	2011	minimum	maximum	2011	minimum	maximum
Beach elevation (m versus MLW)	2.12 ± 0.21	0.00	5.41	-3.69 ± 0.57	-10.00	2.67
Median grain size (µm)	344.64 ± 13.12	175.00	464.00	191.22 ± 7.86	0.00	319.73
Silt fraction (%)	0.00 ± 0.00	0.00	2.25	3.96 ± 1.89	0.00	89.30
Total organic matter (%)	0.62 ± 0.05	0.00	1.84	1.40 ± 0.29	0.00	11.75
Total organic carbon (%)	0.08 ± 0.01	0.00	19.00	0.18 ± 0.04	0.00	4.85
Carbonate content (%)	13.97 ± 1.47	0.00	36.68	9.42 ± 0.63	0.00	36.10
Species richness (number of species)	2.53 ± 0.34	0.00	19.00	10.13 ± 1.08	0.00	28.00
Abundance (number of individuals.m ⁻²)	204.08 ± 130.40	0.00	3988.75	166.05 ± 38.61	0.00	1949.32
Biomass (g AFDW.m ⁻²)	0.62 ± 0.34	0.00	6.95	45.20 ± 19.89	0.00	246.14

f



g



Bredene

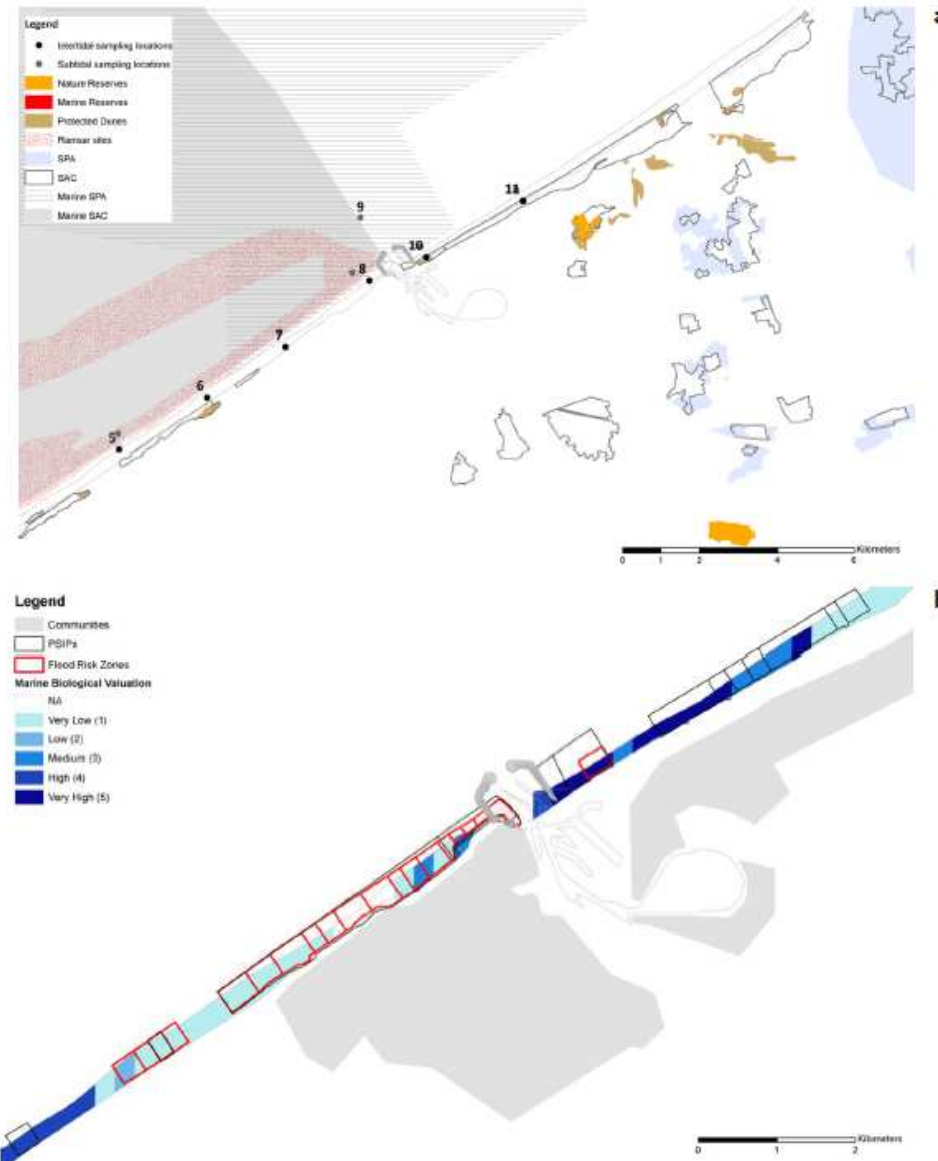
The beach of Bredene is situated 3 km west of Oostende-East (location 11 in all figures). It does not hold any conservation status but it is located in front of a Special Area of Conservation (SAC) (a). The Provincial Spatial Implementation Plan (PSIP) of Bredene covers the intertidal zone of this beach (b).

According to the marine biological valuation map of the shallow Belgian coastal zone, the beach of Bredene has a medium biological value (b). There is no coastal flood risk at the beach of Bredene. The dune area at the backshore provides the hinterland with sufficient coastal protection against flooding.

All the following findings (c, d, f, g, h and i) are based on 60 intertidal and 60 shallow subtidal samples taken in spring (S) and autumn (A) of 2010 and 2011 (Vanden Eede et al. 2011 and 2013):

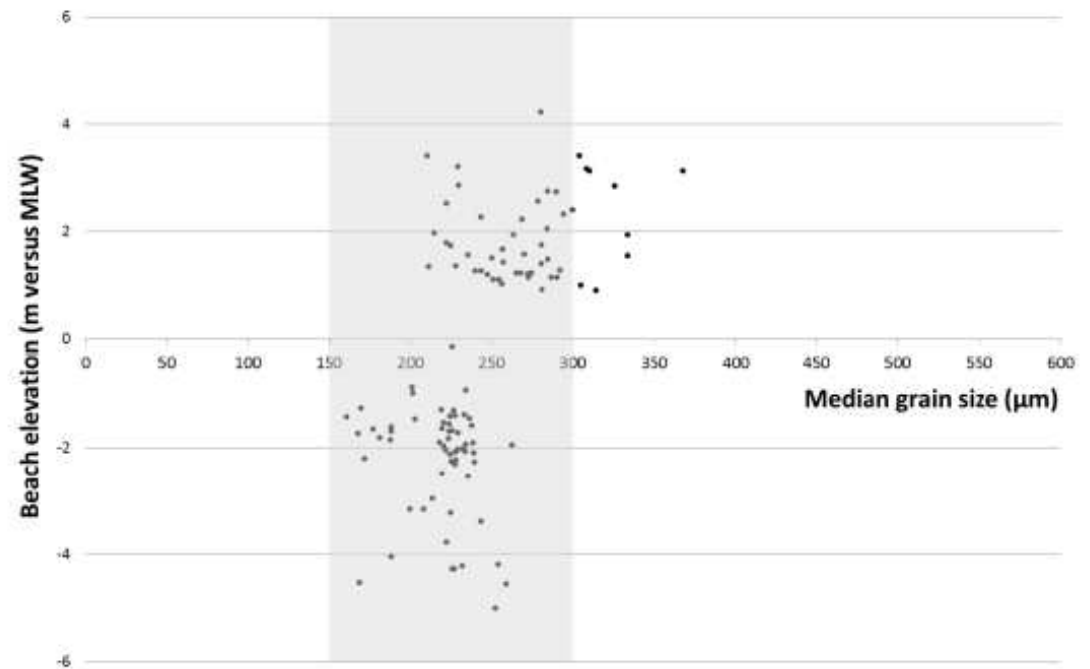
Bredene	2010		2011	
	S	A	S	A
Intertidal zone	15	15	15	15
Shallow subtidal zone	15	15	15	15

In total, 18 intertidal and 40 shallow subtidal species were identified (e). All mean measured abiotic and biotic variables fell between the maximum and minimum values of the Belgian beaches (d). The median grain size



decreased from MHW (367.79 μm) to MLW (210.04 μm) while the shallow subtidal values fluctuated between 150 and 250 μm (c). Nine intertidal samples had a median grain size higher than 300 μm (1 in spring 2010; 4 in spring 2011; 4 in autumn 2011). The intertidal median grain size was always higher than the shallow subtidal values while the opposite trend could be observed for the abundance values. Normally, spring abundance values were lower than autumn values but the shallow subtidal value of autumn 2011 is even lower than the value found in spring (f and g).

In the intertidal zone, *Bathyporeia sarsi* was the most dominant species in spring and autumn 2010 and *Scolecipis squamata* in spring and autumn 2011. Only in spring 2011, *Spiophanes bombyx* was found in very low abundance in the intertidal zone of Bredene. In the shallow subtidal zone, *Ensis* juveniles were the most dominant species in spring 2010. In autumn 2011, *Cirratulidae* species and *Ensis* juveniles were found in equally large abundances while in spring 2011, only *Cirratulidae* species was still abundantly present. *Spio* species and *Cirratulidae* species dominated the shallow subtidal zone of Bredene in autumn 2011 (i).



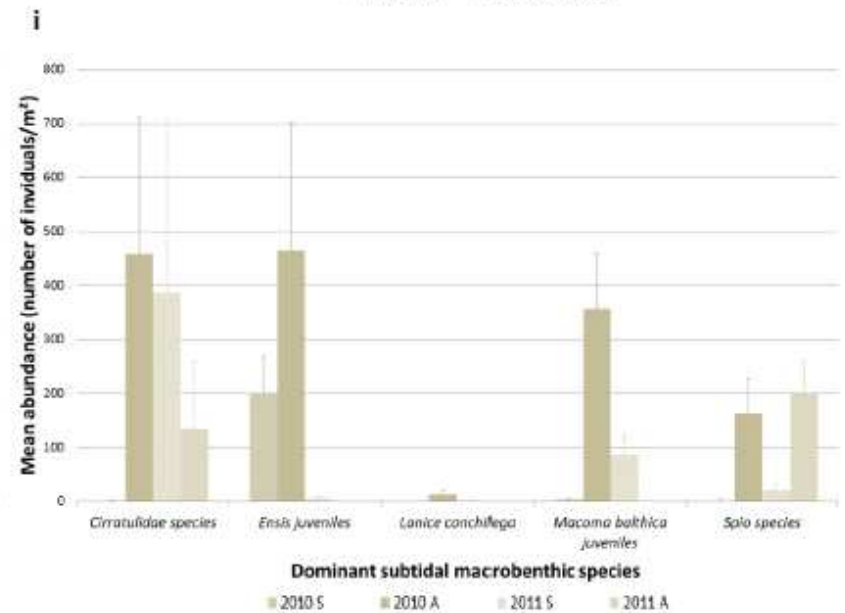
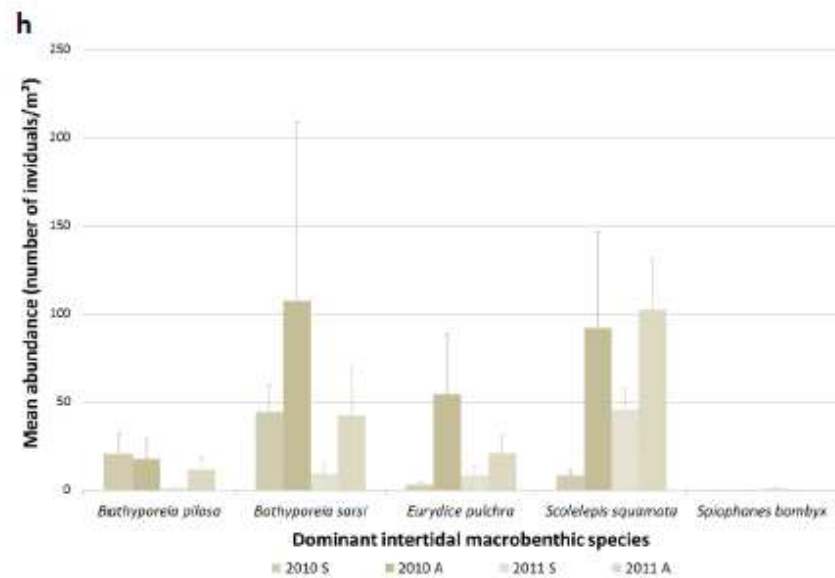
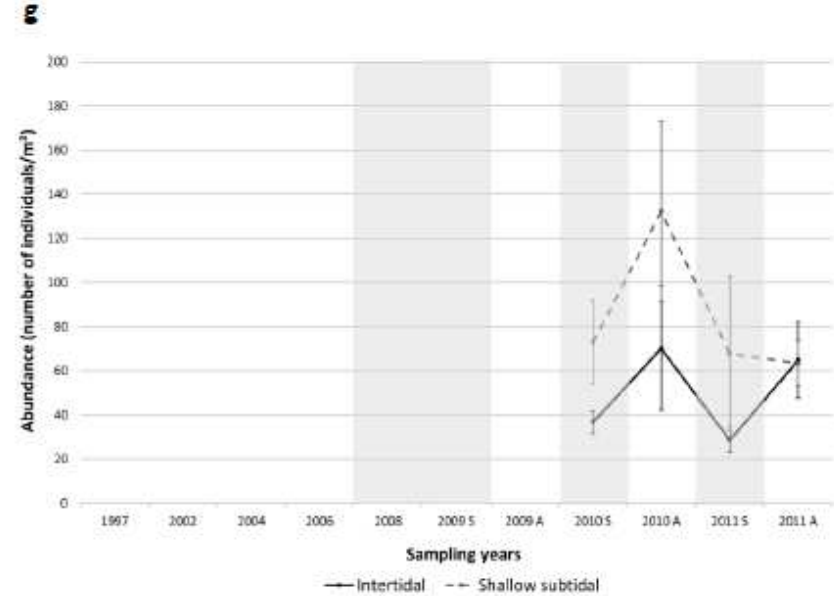
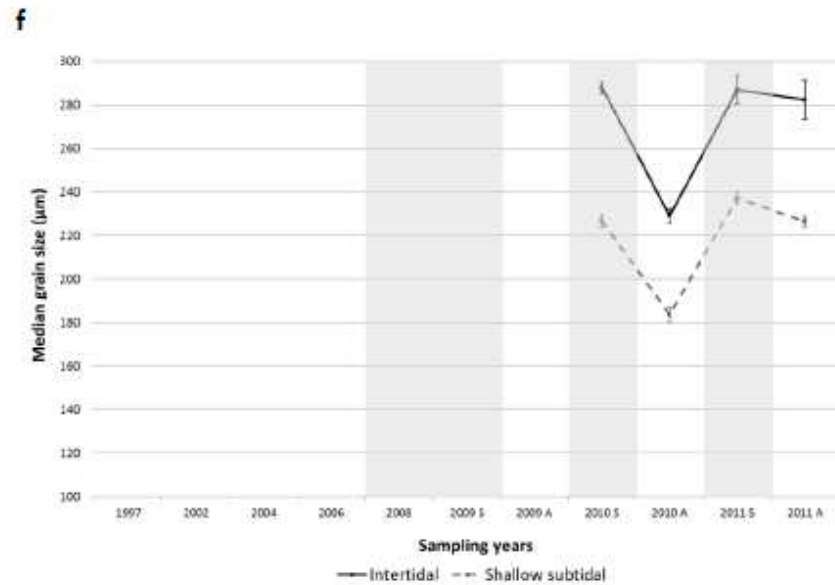
c

d

Bredene	INTERTIDAL					
	2010		2011		minimum	maximum
Beach elevation (m versus MLW)	1.76 ± 0.18	2.00 ± 0.19	1.85 ± 0.28	1.89 ± 0.20	0.00	5.41
Median grain size (µm)	287.92 ± 2.80	229.02 ± 3.22	287.00 ± 6.52	282.42 ± 8.98	175.00	464.00
Silt fraction (%)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00	2.25
Total organic matter (%)	0.50 ± 0.02	0.49 ± 0.02	0.39 ± 0.03	0.57 ± 0.04	0.00	1.84
Total organic carbon (%)	0.14 ± 0.02	0.06 ± 0.03	0.11 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.00	19.00
Carbonate content (%)	9.31 ± 0.59	9.04 ± 0.83	10.26 ± 1.30	8.67 ± 0.75	0.00	36.68
Species richness (number of species)	3.09 ± 0.36	4.57 ± 0.51	3.50 ± 0.59	4.20 ± 0.60	0.00	19.00
Abundance (number of individuals.m ⁻²)	36.85 ± 5.10	70.18 ± 28.06	28.75 ± 5.45	64.82 ± 17.17	0.00	3988.75
Biomass (g AFDW.m ⁻²)	0.28 ± 0.09	0.46 ± 0.14	0.20 ± 0.04	0.50 ± 0.11	0.00	6.95
	SHALLOW SUBTIDAL					
	2010		2011		minimum	maximum
Beach elevation (m versus MLW)	-2.02 ± 0.30	-2.02 ± 0.27	-2.41 ± 0.26	-2.50 ± 0.25	0.00	5.41
Median grain size (µm)	226.84 ± 2.86	183.66 ± 3.56	237.30 ± 2.60	226.51 ± 2.35	175.00	464.00
Silt fraction (%)	0.58 ± 0.58	0.54 ± 0.53	0.09 ± 0.09	0.00 ± 0.00	0.00	2.25
Total organic matter (%)	1.16 ± 0.07	0.88 ± 0.10	1.33 ± 0.10	0.80 ± 0.05	0.00	1.84
Total organic carbon (%)	0.12 ± 0.02	0.07 ± 0.03	0.18 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.00	19.00
Carbonate content (%)	7.11 ± 0.67	8.19 ± 0.62	7.10 ± 0.64	6.32 ± 0.22	0.00	36.68
Species richness (number of species)	4.87 ± 0.34	10.80 ± 0.81	6.87 ± 0.72	10.20 ± 0.79	0.00	19.00
Abundance (number of individuals.m ⁻²)	72.88 ± 19.06	132.22 ± 40.77	67.79 ± 35.18	63.45 ± 10.03	0.00	3988.75
Biomass (g AFDW.m ⁻²)	5.65 ± 1.75	23.37 ± 7.75	2.99 ± 0.64	9.65 ± 3.61	0.00	6.95

e

Species list Bredene		
Intertidal	Shallow subtidal	
<i>Bathyporeia pelagica</i>	<i>Abra alba</i>	<i>Haustorius arenarius</i>
<i>Bathyporeia pilosa</i>	<i>Ampharetidae species</i>	<i>Heteromastus filiformis</i>
<i>Bathyporeia sarsi</i>	<i>Atylus falcatus</i>	<i>Jassa species</i>
<i>Cumopsis goodsir</i>	<i>Bathyporeia pelagica</i>	<i>Lanice conchilega</i>
<i>Ensis juveniles</i>	<i>Bathyporeia sarsi</i>	<i>Macoma balthica</i>
<i>Eteone longa</i>	<i>Capitella capitata</i>	<i>Macoma balthica juveniles</i>
<i>Eurydice affinis</i>	<i>Cirratulidae species</i>	<i>Magelona species</i>
<i>Eurydice pulchra</i>	<i>Cumopsis goodsir</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>
<i>Haustorius arenarius</i>	<i>Diastylis bradyi</i>	<i>Nephtys hombergii</i>
<i>Macoma balthica</i>	<i>Diastylis rathkei</i>	<i>Oligochaeta species</i>
<i>Macoma balthica juveniles</i>	<i>Diogenes pugilator</i>	<i>Owenia fusiformis</i>
<i>Nemertea species</i>	<i>Donax vittatus</i>	<i>Pholoe minuta</i>
<i>Nephtys caeca</i>	<i>Donax vittatus juveniles</i>	<i>Phyllodoce species</i>
<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Ensis juveniles</i>	<i>Pontocrates altamarinus</i>
<i>Owenia fusiformis</i>	<i>Ensis species</i>	<i>Pygospio elegans</i>
<i>Scolecopsis squamata</i>	<i>Eteone flava</i>	<i>Scoloplos armiger</i>
<i>Spiophanes bombyx</i>	<i>Eteone longa</i>	<i>Scolecopsis squamata</i>
<i>Spio species</i>	<i>Eumida sanguinea</i>	<i>Spiophanes bombyx</i>
	<i>Eurydice pulchra</i>	<i>Spio species</i>
	<i>Glycera species</i>	<i>Urothoe poseidonis</i>



Contact

Gert Van Hoey, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Dier
Ankerstraat 1
8400 Oostende
T +32 59 56 98 47
gert.vanhoey@ilvo.vlaanderen.be

Liesbet Colson, Wetenschappelijk onderzoeker
Universiteit Gent
groep Mariene Biologie
Krijgslaan 281 Campus Sterre - S8
9000 Gent
T +32 9 264 85 15
liesbet.colson@ugent.be

Deze publicatie kan ook geraadpleegd worden op aanvraag bij Gert Van Hoey of Liesbet Colson

Vermenigvuldiging of overname van gegevens toegestaan mits duidelijke bronvermelding.
Liesbet Colson, Ellen Pecceu, Maartje Steenkamer, Jan Wittoeck, Carl Van Colen, Kris Hostens, Gert Van Hoey, 2016.
Ecologische monitoring strand- en vooroever in functie van suppletie activiteiten. ILVO-mededeling 219, 109p.



Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.



Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Burg. Van Gansberghelaan 92
9820 Merelbeke - België

T +32 9 272 25 00
ilvo@ilvo.vlaanderen.be
www.ilvo.vlaanderen.be