



WAGENINGEN UR
For quality of life

Wageningen IMARES

Ruimtelijke verschillen en temporele fluctuaties in het voorkomen van een aantal schelpdieren in de Voordelta

J.A. Craeymeersch, J.W.M. Wijsman

Rapport nr. C013/06
Juli 2006



Wageningen IMARES is een
samenwerkingsverband tussen
Wageningen UR en TNO



Wageningen IMARES

Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Vestiging IJmuiden
Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: 0255 564646
Fax: 0255 564644

Vestiging Yerseke
Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: 0113 672300
Fax: 0113 573477

Vestiging Texel
Postbus 167
1790 AD Den Burg Texel
Tel.: 0222 369700
Fax: 0222 329235

Internet: www.wageningenimares.wur.nl
E-mail: imares@wur.nl

Rapport

Nummer: C013/06

Ruimtelijke verschillen en temporele fluctuaties in het voorkomen van een aantal schelpdieren in de Voordelta

J.A. Craeymeersch, J.W.M. Wijsman

Opdrachtgever: RWS Rijksinstituut voor Kust en Zee
Postbus 8039
4330 AE Middelburg

Project nummer: 3.02.12080.21

Aantal exemplaren:	20
Aantal pagina's:	27
Aantal tabellen:	9
Aantal figuren:	8
Aantal bijlagen:	-

Wageningen IMARES is een samenwerkingsverband tussen Wageningen UR en TNO. Wij zijn geregistreerd in het Handelsregister Amsterdam nr. 34135929 BTW nr. NL 811383696B04



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

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

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Summary.....	3
Samenvatting	4
1 Inleiding.....	5
2 Materiaal en methoden	6
2.1. Studiegebied	6
2.2. Data	7
2.3. Mathematische verwerking	9
2.3.1. Gemiddelde dichtheid en biomassa	9
2.3.2. Ruimtelijke verschillen	9
2.3.3. Temporele fluctuaties	10
3. Resultaten.....	11
3.1. Gemiddelde dichtheid en biomassa.....	11
3.2. Ruimtelijke verschillen.....	11
3.3 Temporele fluctuaties	12
3.3.1. Tijdreeksen.....	12
3.3.2. Rangcorrelatie	13
3.3.3. Trendanalyse	13
4. Discussie	23
5. Referenties.....	26

Summary

A marine reserve is planned in the Voordelta to compensate for the loss of nature due to the construction of the second Maasvlakte (MVII). In order to evaluate the effect of this compensation, a monitoring and evaluation programme has been started (MEP-MV2). As part of this programme, a base-line monitoring for macrobenthos has been conducted in 2004 and 2005 in the area where the marine reserve is planned, the location where MVII is planned and in two reference areas.

The study presented in this report is part of the base-line monitoring programme. The major goal of this study was to evaluate the spatial and temporal differences in macrofauna abundance between the marine reserve area and the reference areas. Historical data (1993-2004) on 5 shellfish species that are a potential food source for birds in the Voordelta have been analysed.

The Voordelta area is characterised by large differences in environmental conditions. Especially the area in front of the Haringvliet (MOND) accommodates a specific macrobenthos community. Cockles are almost explicitly found in this area of the Voordelta, while other species are rarely found. This difference between the area MOND and the other areas within the Voordelta has been confirmed by the present study.

The other areas show similar patterns in both in average biomass and density, as well as the historical patterns. Differences can be found between the Southern reference area and the two search areas for the marine reserve (ZRA and ZRB). The average density of *Spisula subtruncata* is higher in the search areas. Also the trends in both density as biomass of the other shellfish species observed in the search areas differ in the from the trends observed in the other areas.

It is concluded that the autonomous developments within the Southern reference area differ from the developments within the marine reserve areas. It would be better if the reference area will be located within the same outer delta as the marine reserve area. The feasibility of this depends on the dimensions and the location of the reserve area. Due to the specific macrobenthos community in front of the Haringvliet, this area cannot be used as a reference area.

Samenvatting

In de Voordelta wordt een zeereservaat ontwikkeld als compensatie voor het verlies aan natuur door de aanleg van de tweede maasvlakte. Een Monitoring- en Evaluatieprogramma (MEP-MV2) is ingesteld om deze compensatie te evalueren. In 2004 en 2005 zijn in dit kader metingen uitgevoerd naar de huidige situatie, o.a. aan bodemdieren. Deze nulmetingen zijn uitgevoerd in het gebied waarin het zeereservaat gepland is, het gebied waar de landaanwinning zal gebeuren, en twee referentiegebieden. In voorliggend rapport zijn ten behoeve van een evaluatie van de nulmetingen gegevens uit het verleden (1993-2004) geanalyseerd. De studie is gericht op potentiële voedselbronnen (schelpdieren) voor zee-eenden. Het voornaamste doel is om inzicht te verkrijgen in ruimtelijke en temporele gelijkenissen en verschillen tussen de referentiegebieden en gebieden in het zeereservaat.

De Voordelta wordt gekenmerkt door grote verschillen in abiotische omstandigheden. Met name het mondingsgebied van het Haringvliet heeft een voor de Voordelta specifieke bodemdiergemeenschap. Kokkels worden praktisch uitsluitend in dit gebied gevonden. Andere soorten worden er praktisch nooit gevonden. Dit verschil wordt ook in deze studie bevestigd: dit gebied verschilt zowel met de overige in het MEP-MV2 onderzochte deelgebieden als de gebieden die niet in de MEP-MV2-nulmetingen onderzocht worden.

De overige deelgebieden zijn zowel in de gemiddelde dichtheid en biomassa als in het verloop ervan vrij gelijkend. Verschillen zijn er met name tussen het zuidelijke referentiegebied en twee zoekgebieden ZRA en ZRB. De gemiddelde dichtheid van strandschelpen is er hoger dan in de gebieden waar het zeereservaat gepland is. De trends in de gemiddelde dichtheid en biomassa van alle schelpdieren op strandschelpen na verschillen van deze in de andere deelgebieden. Ook de trends die over de perioden 1993 – 2004 en 2000 – 2004 worden gevonden in de zoekgebieden ZRB en ZRA kunnen in veel gevallen niet worden aangetoond, of zijn soms zelfs omgekeerd in het referentiegebied.

Er kan daarom geconcludeerd worden dat de autonome ontwikkeling binnen het zuidelijk referentiegebied anders is dan in het gebied waar het zeereservaat gepland is. Idealiter zou het referentiegebied daarom in dezelfde buitendelta's als het zeereservaat moeten liggen. Of dat kan, hangt af van de grootte en de uiteindelijke ligging van het zeereservaat. Een referentiegebied voor het mondingsgebied van het Haringvliet lijkt niet mogelijk, gezien de specifieke bodemdiergemeenschap in dit gebied.

1 Inleiding

Als onderdeel van het Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PMR) wordt een zeereservaat ontwikkeld dat het verlies aan beschermde natuur door de aanleg van de tweede Maasvlakte compenseert. Het zeereservaat is voorzien voor een gebied ter grootte van ongeveer 25.000 hectare. De locatie is bepaald voor de kust van Schouwen-Duiveland, Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten (<http://www.mainport-pmr.nl>).

Nederland moet verder controleren of er voldoende natuur wordt gecompenseerd. Daarvoor is een Monitoring- en Evaluatieprogramma Maasvlakte 2 (MEP-MV2) ingesteld, waarvan de resultaten gerapporteerd worden aan de EU in Brussel, die de compensatie bewaakt. In het kader van dit programma is in het najaar van 2004 gestart met een studie naar de huidige situatie (nulmetingen). Voor de bodemfauna is een programma voorzien waarbij in het najaar van 2004 en 2005 gemonsterd is (Asjes *et al.*, 2004). De eerste resultaten van de studie van de bodemdieren zijn beschreven en gerapporteerd door Craeymeersch *et al.* (Craeymeersch *et al.*, 2005).

Vanwege de dynamiek in schelpdierbestanden is het zinvol om bodemdiergegevens uit het verleden te betrekken bij een evaluatie van de nulmetingen. Uit de historische ontwikkeling kan inzicht verkregen worden in de temporele variabiliteit en in eventuele trends in dichtheid en biomassa. Dit laat een beoordeling toe van de waardes vastgesteld tijdens de nulmetingen: in hoeverre zijn de nulmetingen afwijkend van andere jaren, en dus in hoeverre kunnen de uitgevoerde nulmetingen echt als basis dienen voor het inschatten van de effecten van landwinning en instellen van zeereservaat. Zo'n analyse kan tevens inzicht geven in a) verschillen en gelijkenissen in trends in dichtheid en biomassa tussen de in de baseline gekozen referentiegebieden en gebieden in het zeereservaat, en b) het belang van de in de baseline onderzochte gebieden binnen de Voordelta en meer specifiek de Speciale Beschermingszone (Vogel- en Habitatrichtlijngebied nr 17, "Voordelta"). Dit laat een evaluatie van de gekozen referentiegebieden toe, en kan als basis dienen voor de definitieve keuze van referentiegebieden tijdens de monitoring na aanleg van het zeereservaat.

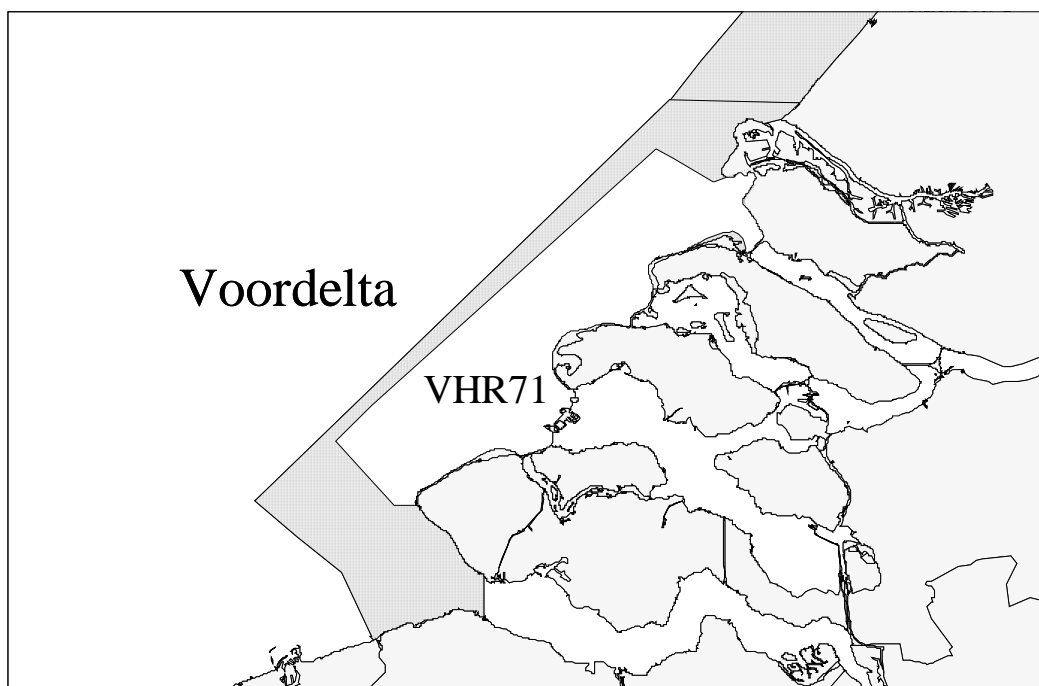
In dit rapport worden de historische gegevens (1993-2004) van vijf schelpdieren op een rij gezet: de kokkel (*Cerastoderma edule*), de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*), het zaagje (*Donax vittatus*), de rechtsgestreepte plaatschelp (*Tellina fabula*) en mesheften (*Ensis* sp.). De betreffende soorten zijn geselecteerd omdat zij potentieel voedsel voor zee-eenden (Zwarte zee-eend, Eidereend, Grote Toppereend) zijn.

2 Materiaal en methoden

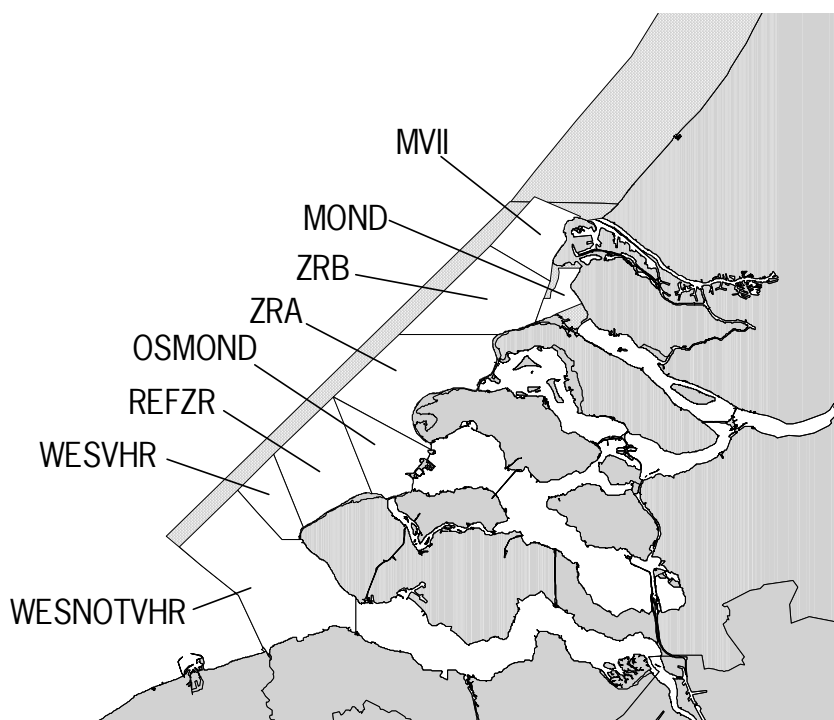
2.1. Studiegebied

Het studiegebied beslaat de Voordelta, het kustgebied voor de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden. In dit rapport is de noordelijke begrenzing ter hoogte van Hoek van Holland gelegd, conform begrenzingen gebruikt in rapportages over het bestand aan strandschelpen (Craeymeersch, 1999b; Craeymeersch & Perdon, 2004) (Figuur 1). Binnen dit gebied ligt het Vogelrichtlijngebied Voordelta (VHR71). In het kader van het Evaluatie- en Monitoringprogramma MV2 (MEP-MV2) worden vijf deelgebieden binnen de Voordelta nulmetingen uitgevoerd: Haringvlietmond (MOND), landaanwinningsgebied en referentiegebied noord (MVII), open wateren Voordelta (ZRB), ondiepe banken (ZRA) en referentiegebied zuid (REFZR) (Figuur 2, Tabel 1).

Om na te gaan in hoeverre de deelgebieden onderzocht in het kader van het MEP-MV2 een volledig en/of voldoende beeld geven van de trends van de geselecteerde soorten, is het totale bestand in deze gebieden vergeleken met het bestand en verloop in de gehele Voordelta en het Vogelrichtlijngebied "Voordelta" (VHR71). Daarbij is verder onderscheid gemaakt tussen het mondingsgebied van de Oosterschelde (OSMOND), de buitendelta van de Westerschelde dat grenst aan het referentiegebied zuid en binnen het VHR-gebied valt (WESVHR) en dat deel van de Westerscheldemonding dat buiten het VHR-gebied valt (WESNOTVHR). Als zeewaartse begrenzing is dezelfde lijn genomen als de begrenzing bij de nulmetingen MEP-MV2 (Figuur 2, Tabel 1).



Figuur 1: Studiegebied met begrenzing Voordelta naar Craeymeersch (1999b) en ligging speciale beschermingszone "Voordelta" (VHR71).



Figuur 2: Ligging van de deelgebieden in de Voordelta die zijn gebruikt in deze studie.

Tabel 1: Overzicht van de onderzoeksgebieden in de Voordelta. De gebieden MVII, MOND, ZRB, ZRA en REFZR zijn specifiek bemonsterd in het kader van het Evaluatie en Monitoringsprogramma MV2. Tijdreeksen uit de gebieden OSMOND, WESVHR en WESNOTVHR zijn gebruikt in deze studie, maar zijn niet bemonsterd in het kader van het Evaluatie en Monitoringsprogramma MV2

Code	Beschrijving	Onderdeel MEP-MV2
MVII	Landaanwinningsgebied en referentiegebied noord	Ja
MOND	Haringvlietmonding	Ja
ZRB	Open wateren Voordelta	Ja
ZRA	Ondiepe Zandbanken	Ja
OSMOND	Oosterscheldemonding	Nee
REFZR	Referentiegebied zuid	Ja
WESVHR	Westerscheldemonding binnen VHR	Nee
WESNOTVHR	Westerscheldemonding buiten VHR	Nee

2.2. Data

Er is gebruik gemaakt van de gegevens uit de bestandsopnames van schelpdieren die het RIVO uitgevoerd heeft in het kader van het DLO-programma Wettelijke Onderzoek Visserijonderzoek. In de Voordelta is in het 1993 met deze opnames gestart. De onderzochte data betreft de periode 1993-2004¹. De bemonsteringen zijn primair gericht op kokkels (*Cerastoderma edule*) en halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*).

De bemonsteringen zijn steeds uitgevoerd in het voorjaar (april – juni). Er is gemonsterd met twee vistuigen: een bodemschaaf en, in het ondiepe gebied van de Voordelta, een aangepaste zuigkor. De bodemschaaf is een soort kooi die aan de onderzijde is voorzien van een schaaft van 10 cm breed. De kooi fungeert als zeef (maaswijdte 0.5 cm). De vissende breedte van de

¹ De gegevens van 2005 zijn nog niet volledig gecheckt en daarom niet bij de analyses meegenomen.

zuigkor bedraagt 20 cm. Zowel de kor als de spoelmolen zijn voorzien van gaas met een maaswijdte van 0.5 cm. Beide vistuigen bemonsteren de bovenste 7 cm van het sediment. Vissen gebeurde over een afstand van ongeveer 150 meter. De exacte afstand wordt ofwel bepaald door middel van een elektronische teller die verbonden is met een meetwiel dat over de bodem gaat ofwel aan de hand van de met DGPS vastgelegde positie en route van het schip tijdens het vissen. De bemonsterde oppervlakte was daardoor $\pm 15 \text{ m}^2$ met de bodemschaaf en $\pm 30 \text{ m}^2$ met de zuigkor.

De monsterpunten werden over het onderzoeksgebied verdeeld volgens een grid, waarbij voor een efficiënte verdeling van de onderzoeksinspanning het gebied verdeeld is in een aantal strata: gebieden met een verschillende kans of verwachting op het voorkomen van strandschelpen en kokkels. In strata waar zich mogelijk schelpdieren bevinden, is een fijner grid bemonsterd dan in gebieden waar lage dichtheden verwacht werden. In strata waar geen schelpdieren verwacht werden, is het minst intensief bemonsterd. Gezien de geomorfologie van de Voordelta (geulen en platen) wordt daar standaard een fijner grid bemonsterd dan in de rest van de Nederlandse kustzone. De oppervlakte van het gridvlak waarvoor iedere locatie representatief is, is dus afhankelijk van het stratum. Als gevolg van deze procedure variëren het aantal monsterpunten, de monsterlocaties en de gebruikte strata over de jaren. In totaal werden in de Voordelta (sensu Figuur 1) jaarlijks 340 – 518 locaties bemonsterd (Tabel 2). In de afzonderlijke deelgebieden varieerde het jaarlijks aantal bemonsteringen tussen de 2 en 119 per deelgebied (Tabel 3).

Tabel 2: Overzicht van het aantal bemonsterde locaties in de Voordelta en het VHR71 gebied (Figuur 1)

Jaar	VHR71	Voordelta
1993	266	346
1994	381	518
1995	273	407
1996	313	450
1997	316	467
1998	341	517
1999	326	505
2000	243	320
2001	255	343
2002	226	313
2003	271	358
2004	292	380
2005	252	340
Totaal	3755	5264

Tabel 3: Overzicht van het aantal bemonsterde locaties per deelgebied (Figuur 2)

Jaar	MOND	MVII	REFZR	ZRA	ZRB	WESVHR	OSMOND	WESNOTVHR	Totaal
1993	45	21	55	61	42	2	36	62	324
1994	51	27	45	110	68	26	37	101	465
1995	23	27	38	96	54	20	25	97	380
1996	25	32	49	105	66	19	32	100	428
1997	21	44	46	107	62	21	39	88	428
1998	40	49	49	105	61	20	44	110	478
1999	18	46	54	108	60	20	47	119	472
2000	19	9	35	93	30	12	43	63	304
2001	33	10	33	90	32	13	40	65	316
2002	20	10	30	86	29	11	39	63	288
2003	60	10	30	87	28	12	40	64	331
2004	72	10	32	92	29	12	40	64	351
2005	41	9	32	85	29	12	40	65	313
Totaal	468	304	528	1225	590	200	502	1061	4878

Van alle schelpdiersoorten¹ werd de dichtheid (aantal per vierkante meter) en biomassa (gram versgewicht per vierkante meter) bepaald. Enkel voor een aantal dieper levende soorten is de biomassa niet bepaald. Van soorten als strandgapers (*Mya*) en mesheften (*Ensis*) worden veelal enkel de sifons of kapotte exemplaren gevonden, en is een biomassabepaling niet mogelijk.

2.3. Mathematische verwerking

De uitgevoerde analyses zijn zoveel mogelijk hetzelfde gehouden als bij een eerdere analyse (Craeymeersch, 1999a).

2.3.1. Gemiddelde dichtheid en biomassa

Voor alle in dit rapport onderzochte deelgebieden in de Voordelta zijn de gemiddelde dichtheid en biomassa bepaald aan de hand van de berekende bestandsgroottes en de totale oppervlakte van de gridvlakken van de monsterlocaties binnen elk deelgebied. Voor deze schattingen zijn geen standaardfouten berekend. Daarvoor zou per jaar de oppervlakte van ieder stratum (binnen ieder gebied of deelgebied) bepaald moeten worden en daar was in het kader van dit project geen tijd voor.

2.3.2. Ruimtelijke verschillen

De ruimtelijke verschillen tussen de deelgebieden zijn geanalyseerd vanuit de gemiddelde dichtheid per jaar, per soort, per deelgebied. Met behulp van een enkelvoudige variantieanalyse is nagegaan in hoeverre de gemiddelde dichtheid van de geselecteerde soorten in de deelgebieden van het MEP-MV2 verschillen. Jaar is als co-variabele meegenomen. Omdat is uitgegaan van gemiddelde dichtheden en biomassa per jaar per deelgebied was het niet mogelijk om interactie tussen jaar en deelgebied mee te nemen. De variantie-analyse is gevolgd door een Tukey-test. Zo'n post hoc test laat na te gaan welke groepen (deelgebieden) onderling

¹ Onderscheid tussen *Tellina tenuis* en *Tellina fabula* pas vanaf 1996.

significant verschillen in gemiddelde dichtheid. Met behulp van Brown & Forsythe test is nagegaan of de varianties binnen de deelgebieden homogeen zijn, een assumptie voor variantie-analyses. Deze test is robuuster dan de door Craeymeersch (1999) gebruikte Levene's test (www.stat.sc.edu). Over het algemeen is deze aanname echter niet erg kritisch. Wel is nog nagegaan of het gemiddelde en de variantie al of niet gecorreleerd zijn. Is dit namelijk het geval, dan kunnen de resultaten van een variantie-analyse erg misleidend zijn. De analyses zijn uitgevoerd met getransformeerde waarden ($\log(x+1)$). Omdat de fluctuaties van dichtheden en biomassa's gelijkend zijn, zijn de analyses enkel uitgevoerd met de (getransformeerde) dichtheden als responsvariabele. De analyses zijn uitgevoerd in SAS v 9.1.

2.3.3. *Temporele fluctuaties*

De temporele verschillen zijn geanalyseerd vanuit de gemiddelde dichtheid per jaar, per soort, per deelgebied. Met behulp van een rangcorrelatietest (Spearman)¹ is nagegaan in hoeverre de fluctuaties van de gemiddelde dichtheid per deelgebied in de tijd synchroon zijn. Om een eerste beeld te krijgen over de grootte van de fluctuaties is voor iedere soort per deelgebied de variatiecoëfficiënt² van de gemiddelde getransformeerde waarde over de tijd berekend. Omdat de fluctuaties van dichtheden en biomassa's gelijkend zijn, zijn de analyses enkel uitgevoerd met de (getransformeerde) dichtheden als responsvariabele. Jaar is als continue variabele meegenomen. De analyses zijn uitgevoerd in SAS v 9.1. Ook hier zijn zowel de gebieden waar nulmetingen uitgevoerd worden in het kader van MER-MV2 als de drie hierboven genoemde gebieden die niet in de baseline studie meegenomen worden, vergeleken.

Trendanalyses zijn uitgevoerd op de ln-getransformeerde ($\ln x+1$) dichtheden door middel van lineaire regressie. Per soort, per deelgebied is er een regressie uitgevoerd over de volledige tijdreeks van (1993 – 2004) en over de laatste 5 jaar (2000 – 2004). Voor *T. fabula* is zijn er slechts gegevens beschikbaar vanaf 1996. Significantie van de regressie is bepaald aan de hand van de R^2 -waarde. De kritische waarden voor R^2 bij een groot aantal waarnemingen liggen op 0.117 (5%), 0.164 (1%) en 0.217 (0.1%). (Snedecor & Cochran, 1989). De richting coëfficiënt van de regressie geeft de gemiddelde relatieve jaarlijkse verandering aan over de betreffende periode.

¹ Een rangcorrelatie (Spearman's rho) is een maat om samenhang te berekenen. Deze maat kan een waarde aannemen van maximaal -1 of +1 en minimaal 0.

² De variatiecoëfficiënt is een maat voor de spreiding van de waarnemingen rond het gemiddelde. Het is de standaardafwijking uitgedrukt als percentage van het gemiddelde.

3. Resultaten

3.1. Gemiddelde dichtheid en biomassa

Figuren 4 t/m 8 geven het verloop van de gemiddelde dichtheid (aantal per vierkante meter), de $\log(\text{dichtheid} + 1)$ - getransformeerde waarden en biomassa (gram versgewicht per vierkante meter) van de 5 geselecteerde soorten voor de Voordelta, het VHR-gebied 'Voordelta' en de deelgebieden MEP-MV2. De paragrafen 3.2 en 3.3. bespreken respectievelijk de ruimtelijke en temporele fluctuaties.

3.2. Ruimtelijke verschillen

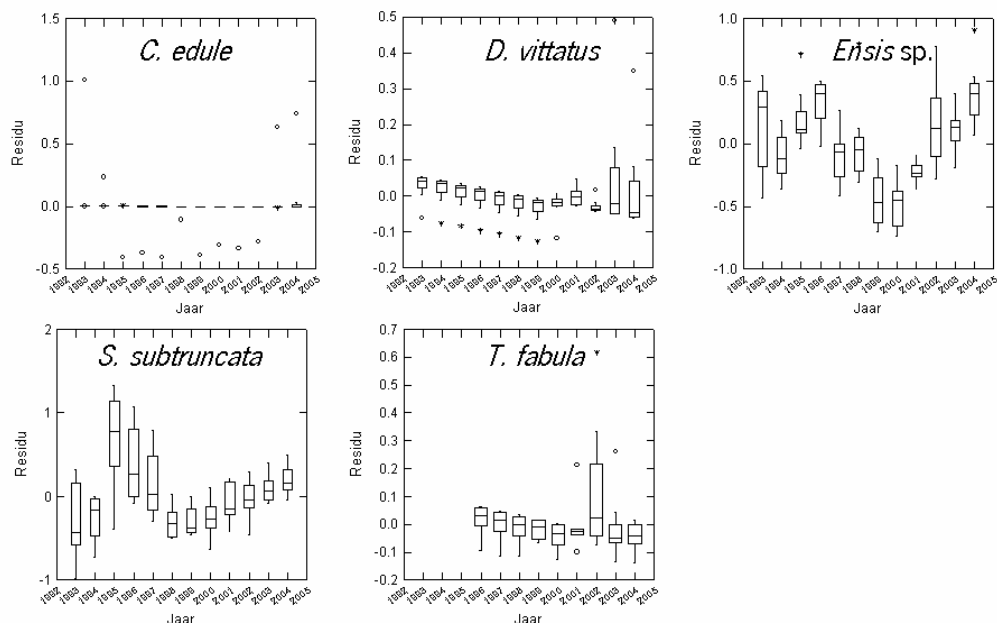
Voor alle soorten op *Tellina fabula* na blijken er significante verschillen tussen de deelgebieden (Tabel 4). Tabel 5 geeft aan welke gebieden onderling verschillen (post-hoc Tukey test). In Figuur 3 zijn per soort de verdeling van de residuen uitgezet tegen de tijd.

Gezien de kokkel praktisch uitsluitend in het mondingsgebied van het Haringvliet gevonden wordt, is het niet verwonderlijk dat dit gebied met alle andere deelgebieden verschilt. Deze gebieden zelf verschillen onderling weer niet.

Mesheften daarentegen komen in het mondingsgebied van het Haringvliet veel minder en in lagere dichtheden voor. Ook hier is er alleen een significant verschil tussen dit gebied en alle andere deelgebieden (op MVII na), die onderling niet significant verschillen.

Voor strandschelpen is er een significant verschil tussen het deelgebied MVII (landaanwinningsgebied en referentiegebied noord) en het mondingsgebied van het Haringvliet (MOND) en het referentiegebied zuid (REFZR). In beide gebieden komen strandschelpen gemiddeld in veel lagere dichtheden voor. De overige deelgebieden verschillen onderling niet. Voor zaagjes verschilt het deelgebied ZRB met alle andere deelgebieden (op ZRA na). De dichtheden zijn er significant hoger. De overige deelgebieden verschillen onderling niet significant.

Geconcludeerd kan dus worden dat vooral het mondingsgebied (deelgebied MOND) in faunasamenstelling verschilt met de overige deelgebieden. De deelgebieden MVII, ZRA en ZRB verschillen onderling weinig. Het referentiegebied zuid (REFZR) verschilt voor de onderzochte soorten enkel in de gemiddelde dichtheid van strandschelpen met een van de deelgebieden ZRA, ZRB en MVII (met name met het laatste).



Figuur 3: Residuen van de variantieanalyse uitgezet tegen de co-variabele jaar.

3.3 Temporele fluctuaties

3.3.1. Tijdreeksen

Er zijn grote overeenkomsten in temporele variaties van zowel de dichtheid als biomassa van de soorten tussen de verschillende deelgebieden (Figuur 4 tot en met Figuur 8). Enkel in een aantal gevallen neemt de biomassa nog iets toe terwijl de dichtheid al afneemt (zie bijv. *Donax vittatus*). Voor de overzichtelijkheid zijn ook de getransformeerde dichtheden ($\log(\text{dichtheid}+1)$) waarmee gerekend is in de analyses in de figuren aangegeven

De hoogste dichtheden en biomassa's aan kokkels werden er in de eerste helft van de negentiger jaren en de laatste jaren gevonden, zowel in MOND als in ZRA. In MOND kwamen steeds kokkels voor, in ZRA 8-maal, in de overige deelgebieden slechts 1- tot 3-maal.

Zaagjes werden in de eerste jaren praktisch nergens gevonden. De laatste jaren is het bestand toegenomen, met name in de deelgebieden 'open wateren Voordelta' en 'ondiepe zandbanken', mindere mate in deelgebied MVII. In MOND is de soort slechts eenmaal aangetroffen, in REFZR slechts 4-maal (1993,1994, 2000, 2001).

Mesheften komen in alle deelgebieden de laatste twee jaar in hogere aantallen voor dan voorheen. Eerder was er in REFZR in 1998 gemiddeld een hoge dichtheid gevonden. In alle deelgebieden met uitzondering van MOND zijn ieder jaar mesheften waargenomen.

De dichtheid van de rechtsgestreepte platschelp is nooit erg hoog. De laatste jaren zijn er wat hogere dichtheden gevonden, met name in ZRA, ZRB en MVII. In MOND is de soort nooit aangetroffen, in ZRA steeds.

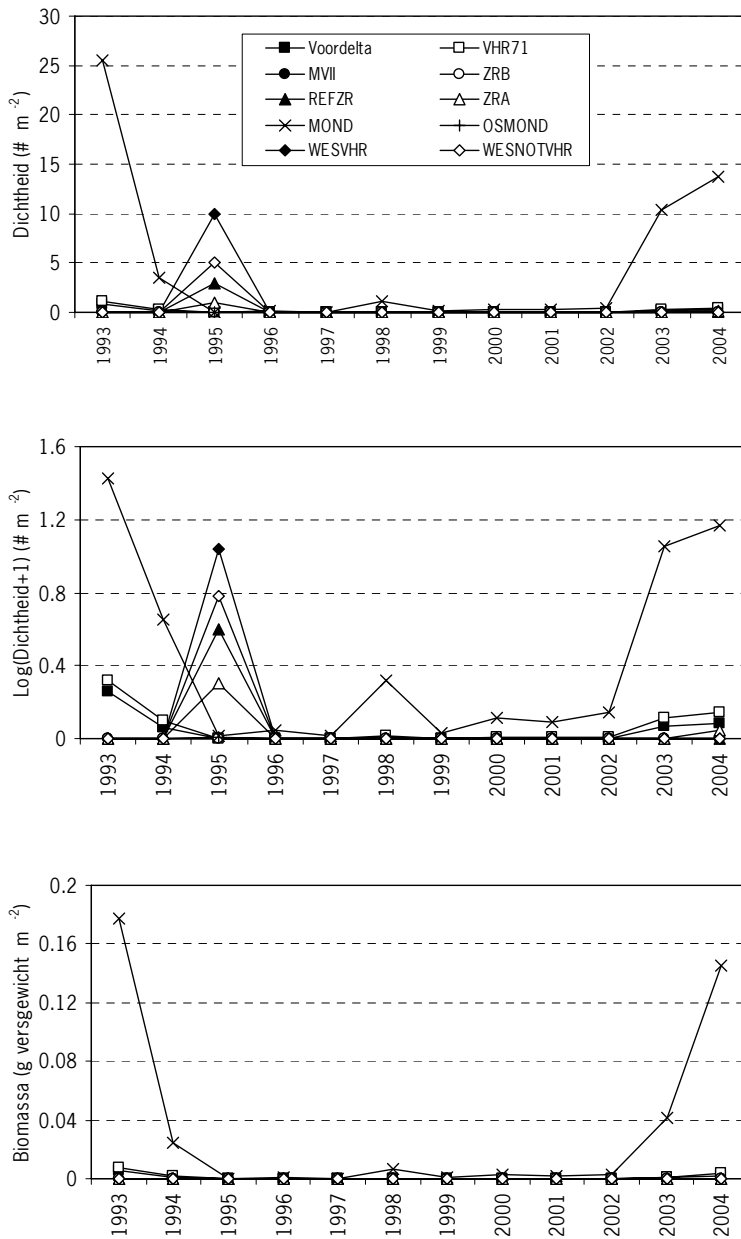
Strandschelpen kenden hun hoogste dichtheden en biomassa's met name in de eerste helft van de onderzochte periode. In alle deelgebieden met uitzondering van MOND zijn op een enkele keer na altijd mesheften waargenomen.

3.3.2. Rangcorrelatie

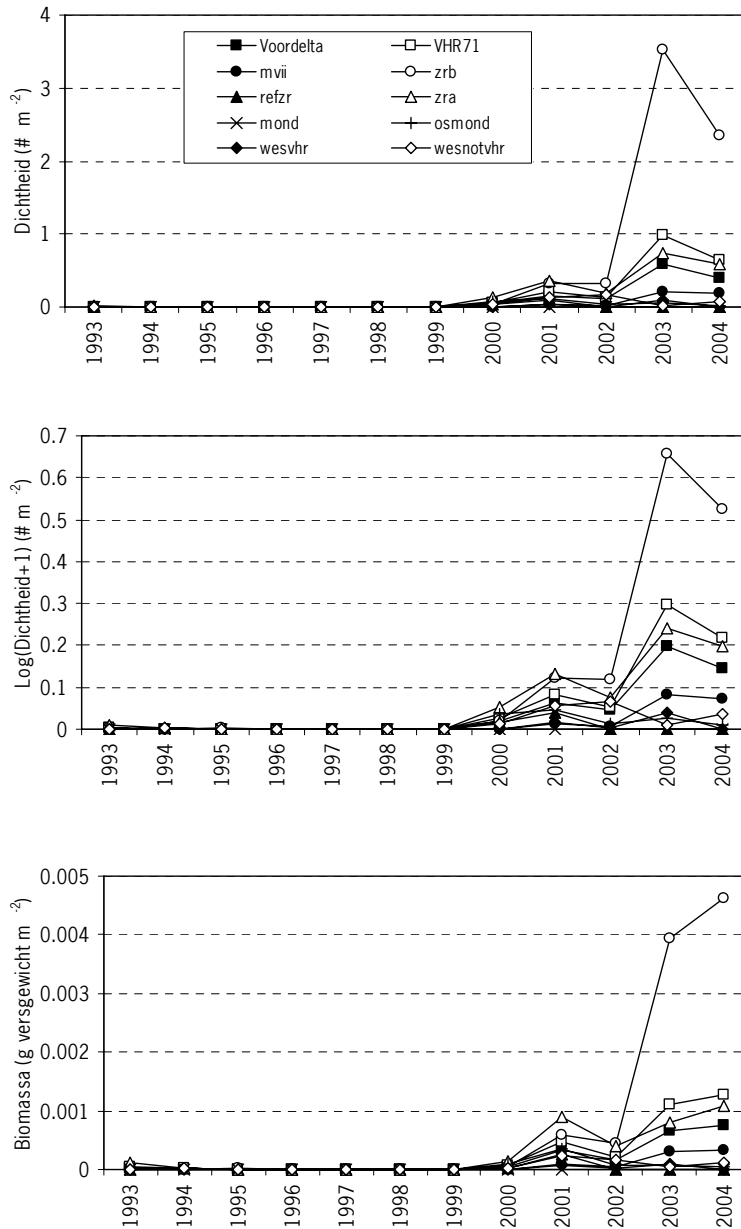
Tabel 6 geeft de rangcorrelaties voor het dichtheidsverloop tussen de MEP-MV2-deelgebieden en de drie gebieden die niet in kader van MEP-MV2 bemonsterd worden (OSMOND, WESVHR, WESNOTVHR). Voor kokkels, die zoals eerder gezegd praktisch enkel in het deelgebied 'MOND' voorkomen, zijn er praktisch geen significante correlaties. Enkel tussen MOND en ZRA, en tussen MVII en OSMOND. Voor strandschelpen is het verloop in alle deelgebieden op het mondingsgebied Haringvliet – waar praktisch geen strandschelpen gevonden zijn – en het deel van de Westerscheldemonding dat binnen het VHR-gebied valt na meestal significant gecorreleerd. Voor zaagjes geldt dat het verloop in de deelgebieden ZRA, ZRB, MVII, OSMOND, WESVHR en WESNOTVHR significant gecorreleerd is. Er is geen significante correlatie tussen het verloop in deze gebieden en het verloop in de deelgebieden MOND en REFZR. Voor platschelpen is er een significante correlatie tussen het verloop in de deelgebieden MVII, ZRA, ZRB en OSMOND. Het verloop verschilt er van de twee zuidelijke gebieden waar platschelpen voorkomen: REFZR en WESNOTVHR. Het verloop van mesheften is in REFZR gecorreleerd met dat van de zuidelijke gebieden OSMOND, WESVHR en WESNOTVHR, niet met de noordelijker gelegen gebieden. Ook het verloop in ZRA, ZRB, MVII en OSMOND is gecorreleerd. Het verloop in deze gebieden is ook gecorreleerd met dat in het mondingsgebied van de Westerschelde (WESNOTVHR). De grootte van de fluctuaties kan erg verschillen, maar lijken in de meeste gebieden het kleinst voor mesheften (Tabel 7).

3.3.3. Trendanalyse

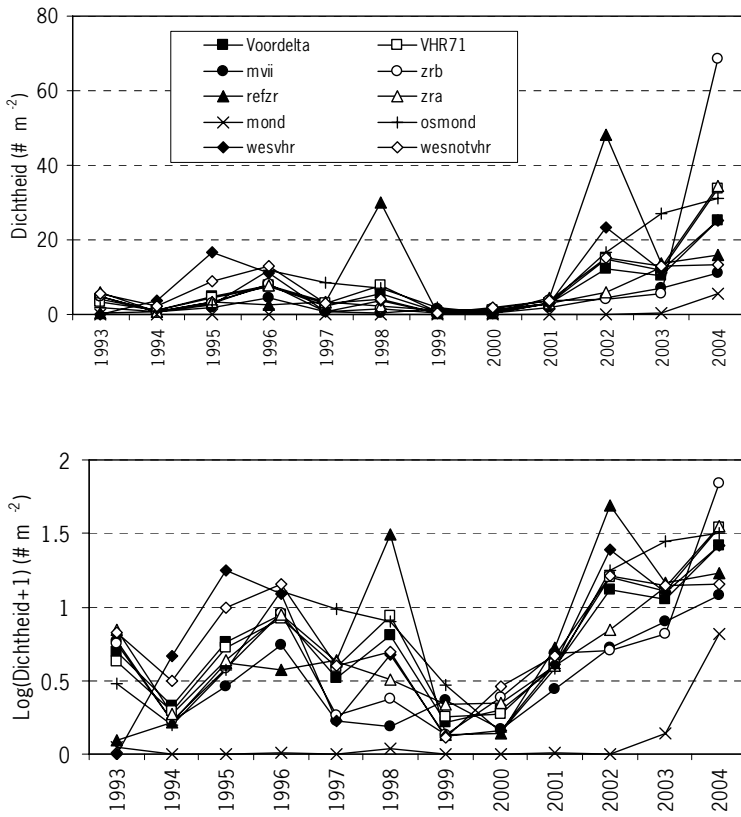
In Tabel 8 en Tabel 9 is een overzicht gegeven van de resultaten van de trendanalyse over respectievelijk de hele periode en de laatste 5 jaar. De kokkel wordt slechts weinig aangetroffen in de voordelta en er worden dan ook weinig significante trends waargenomen. Alleen in het deelgebied ZRA (ondiepe zandbanken) is er sprake van een significante toename in dichtheden over de hele periode. In de Haringvlietmonding is er een significante toename over de laatste 5 jaar. Mesheften laten een duidelijke toename zien in alle deelgebieden van de voordelta over de afgelopen 5 jaar, terwijl de halfgeknotte strandschelpen een duidelijke afname vertonen over de hele periode. Over de periode 2000 tot 2004 lijkt de afname in *Spisula* sp. te zijn gestagneerd en is er zelfs sprake van een lichte toename in diverse deelgebieden. Voor het zaagje is er over de hele periode sprake van een lichte, maar significante toename. In de meeste deelgebieden is deze toename ook in de periode 2000 – 2005 nog significant. In de deelgebieden referentiegebied zuid (REFZR) en Oosterschelde monding (OSMOND) is er een echter sprake van een significante afname van zaagjes na de relatief goede jaren 2000 en 2001 voor deze soort in deze gebieden. Voor de rechtgestreepte platschelp is er over de hele periode (vanaf 1996) sprake van een significante toename, behalve in de gebieden WESVHR en REFZR waar deze soort slechts sporadisch wordt aangetroffen en in het gebied MOND waar deze soort nog nooit is aangetroffen.



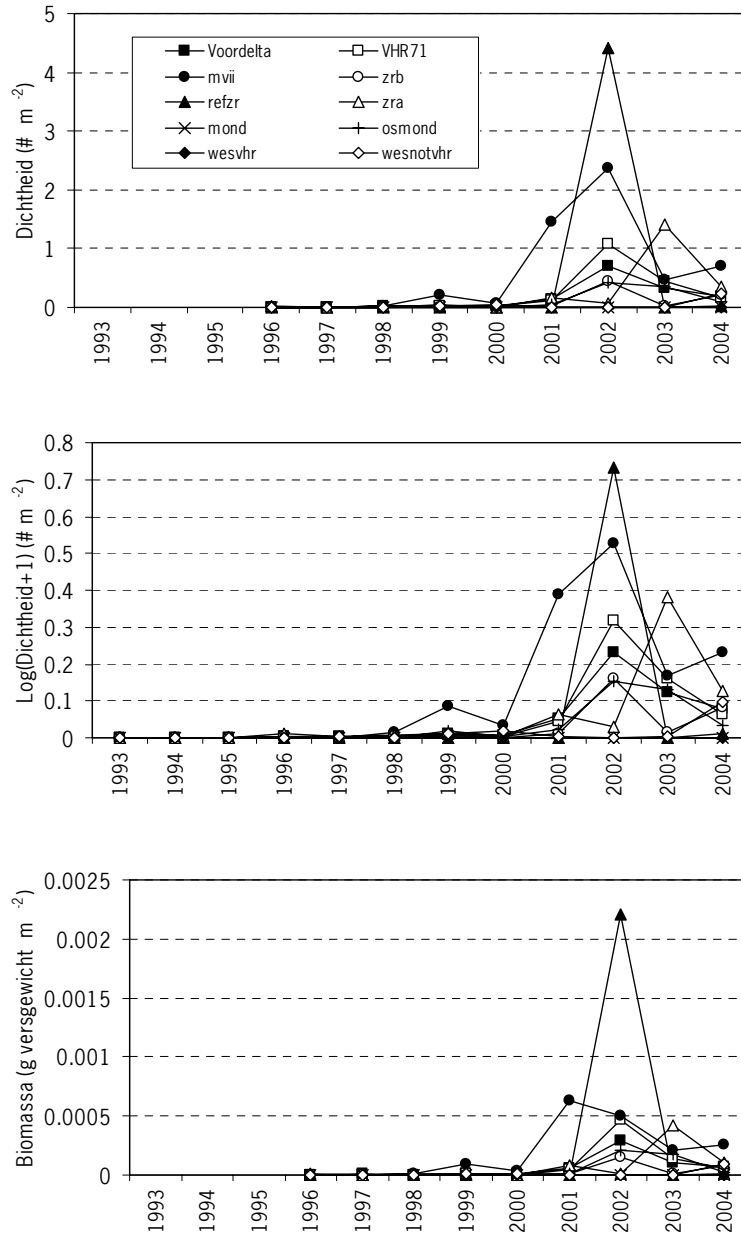
Figuur 4: Boven: gemiddelde dichtheid (# Ind m⁻²); Midden: Log[gemiddelde dichtheid + 1] (# m⁻²); Onder: biomassa (gram versgewicht m⁻²) van de kokkel, *Cerastoderma edule*, in de Voordelta, het VHR-gebied 'Voordelta' en de zeven deelgebieden van het MEP-MV2.



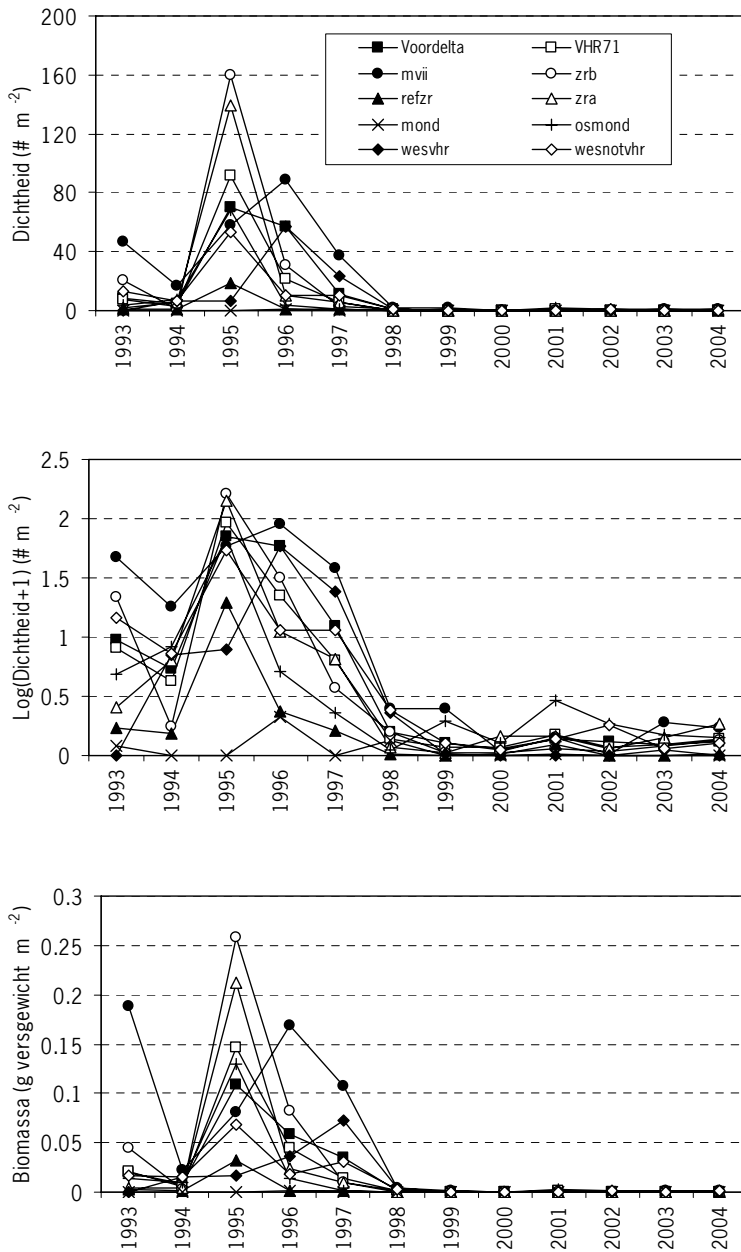
Figuur 5: Boven: gemiddelde dichtheid (# Ind m⁻²); Midden: Log[gemiddelde dichtheid +1] (# m⁻²); Onder: biomassa (gram versgewicht m⁻²) van het zaagje, *Donax vittatus*, in de Voordelta, het VHR-gebied 'Voordelta' en de zeven deelgebieden van het MEP-MV2



Figuur 6: Boven: gemiddelde dichtheid (# Ind m⁻²); Midden: Log[gemiddelde dichtheid +1] (# m⁻²); Onder: biomassa (gram versgewicht m⁻²) van mesheften, *Erisis* sp. in de Voordelta, het VHR-gebied 'Voordelta' en de zeven deelgebieden van het MEP-MV2



Figuur 7: Boven: gemiddelde dichtheid (# Ind m²); Midden: Log[gemiddelde dichtheid +1] (# m²); Onder: biomassa (gram versgewicht m²) van de rechtsgestreepte platschelp, *Tellina fabula*, in de Voordelta, het VHR-gebied 'Voordelta' en de zeven deelgebieden van het MEP-MV2



Figuur 8: Boven: gemiddelde dichtheid (# Ind m⁻²); Midden: Log[gemiddelde dichtheid +1] (# m⁻²); Onder: biomassa (gram versgewicht m⁻²) van de halfgeknotte strandschelp, *Spisula subtruncata*, in de Voordelta, het VHR-gebied 'Voordelta' en de zeven deelgebieden van het MEP-MV2

Tabel 4: Overzicht variantie-analyses (p-waarde; deelgebieden verschillen significant als $p < 0.05$) (jaar als co-variabele) en de Brown-Forsythe-test voor homogeniteit van varianties (p-waarde; varianties zijn niet homogeen als $p < 0.05$) [vergelijking van de gemiddelde dichtheid in de deelgebieden van MEP-MV2].

soort	ANOVA	Brown-Forsythe-test
<i>C. edule</i>	<.0001***	< 0.0001
<i>D. vittatus</i>	0.0038**	0.0119
<i>Ensis sp.</i>	0.0001***	0.0274
<i>T. fabula</i>	0.0641	0.1307
<i>S. subtruncata</i>	0.0041**	0.1299

Tabel 5: Probabiliteit dat gemiddelde dichtheid van 2 deelgebieden van elkaar verschillen (Tukey-test) [deelgebieden MEP-MV2]. Gegeven zijn de p-waarden voor de nulhypothese dat er geen verschillen zijn. * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.0001$.

<i>C. edule</i>		Mvii	Zra	Zrb	mond	osmond	refzr	wesnotvhr	wesvhr
	Mvii		1.0000	1.0000	<0.0001***	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	Zra	1.0000		1.0000	<0.0001***	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	Zrb	1.0000	1.0000		<0.0001***	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	mond	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***		<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***
	osmond	1.0000	1.0000	1.0000	<0.0001***		1.0000	1.0000	1.0000
	refzr	1.0000	1.0000	1.0000	<0.0001***	1.0000		1.0000	1.0000
	wesnotvhr	1.0000	1.0000	1.0000	<0.0001***	1.0000	1.0000		1.0000
	wesvhr	1.0000	1.0000	1.0000	<0.0001***	1.0000	1.0000	1.0000	
<i>D. vittatus</i>		Mvii	Zra	Zrb	mond	osmond	refzr	wesnotvhr	wesvhr
	Mvii		0.8630	0.0313*	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	Zra	0.8630		0.5594	0.5972	0.8081	0.6972	0.8689	0.7001
	Zrb	0.0313*	0.5594		0.0079**	0.0226*	0.0127*	0.0325*	0.0129*
	mond	0.9998	0.5972	0.0079**		1.0000	1.0000	0.9998	1.0000
	osmond	1.0000	0.8081	0.0226*	1.0000		1.0000	1.0000	1.0000
	refzr	1.0000	0.6972	0.0127*	1.0000	1.0000		1.0000	1.0000
	wesnotvhr	1.0000	0.8689	0.0325*	0.9998	1.0000	1.0000		1.0000
	wesvhr	1.0000	0.7001	0.0129*	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
<i>Ensis sp.</i>		Mvii	Zra	Zrb	mond	osmond	refzr	wesnotvhr	wesvhr
	Mvii		0.8988	0.9937	0.0965	0.5968	0.8855	0.6455	0.8858
	Zra	0.8988		0.9996	0.0020**	0.9994	1.0000	0.9998	1.0000
	Zrb	0.9937	0.9996		0.0108*	0.9639	0.9993	0.9757	0.9993
	mond	0.0965	0.0020**	0.0108*		0.0003**	0.0017**	0.0004**	0.0017**
	osmond	0.5968	0.9994	0.9639	0.0003**		0.9996	1.0000	0.9996
	refzr	0.8855	1.0000	0.9993	0.0017**	0.9996		0.9999	1.0000
	wesnotvhr	0.6455	0.9998	0.9757	0.0004**	1.0000	0.9999		0.9999
	wesvhr	0.8858	1.0000	0.9993	0.0017**	0.9996	1.0000	0.9999	
<i>S. subtruncata</i>		Mvii	Zra	Zrb	mond	osmond	refzr	wesnotvhr	wesvhr
	Mvii		0.7229	0.7984	0.0018**	0.6951	0.0282*	0.9096	0.4892
	Zra	0.7229		1.0000	0.2000	1.0000	0.7070	0.9999	1.0000
	Zrb	0.7984	1.0000		0.1518	1.0000	0.6225	1.0000	0.9997
	mond	0.0018**	0.2000	0.1518		0.2188	0.9892	0.0847	0.3813
	osmond	0.6951	1.0000	1.0000	0.2188		0.7344	0.9999	1.0000
	refzr	0.0282*	0.7070	0.6225	0.9892	0.7344		0.4563	0.8912
	wesnotvhr	0.9096	0.9999	1.0000	0.0847	0.9999	0.4563		0.9957
	wesvhr	0.4892	1.0000	0.9997	0.3813	1.0000	0.8912	0.9957	

Tabel 6: Spearman rangcorrelatie (en significantie in cursief) voor dichtheidsverloop tussen de MEP-MV2-deelgebieden. Significante rangcorrelaties (p<0.05) aangegeven in grijs.

Cerastoderma edule

	MVII	ZRA	ZRB	REFZR	MOND	OSMOND	WESVHR	WESNOTVHR
MVII	1	-0.39582 <i>0.2028</i>	0.40126 <i>0.1961</i>	-0.09091 <i>0.7787</i>	-0.48038 <i>0.1139</i>	1 <i><.0001</i>	.	-0.09091 <i>0.7787</i>
ZRA	-0.39582 <i>0.2028</i>	1	0.05546 <i>0.8641</i>	-0.39582 <i>0.2028</i>	0.71833 <i>0.0085</i>	-0.39582 <i>0.2028</i>	.	-0.04398 <i>0.892</i>
ZRB	0.40126 <i>0.1961</i>	0.05546 <i>0.8641</i>	1	-0.17197 <i>0.593</i>	-0.16522 <i>0.6078</i>	0.40126 <i>0.1961</i>	.	0.5159 <i>0.086</i>
REFZR	-0.09091 <i>0.7787</i>	-0.39582 <i>0.2028</i>	-0.17197 <i>0.593</i>	1	-0.39304 <i>0.2063</i>	-0.09091 <i>0.7787</i>	.	-0.09091 <i>0.7787</i>
MOND	-0.48038 <i>0.1139</i>	0.71833 <i>0.0085</i>	-0.16522 <i>0.6078</i>	-0.39304 <i>0.2063</i>	1	-0.48038 <i>0.1139</i>	.	-0.21836 <i>0.4954</i>
OSMOND	1 <i><.0001</i>	-0.39582 <i>0.2028</i>	0.40126 <i>0.1961</i>	-0.09091 <i>0.7787</i>	-0.48038 <i>0.1139</i>	1	.	-0.09091 <i>0.7787</i>
WESVHR	.	.	.	.	.	.	.	.
WESNOTVHR	-0.09091 <i>0.7787</i>	-0.04398 <i>0.892</i>	0.5159 <i>0.086</i>	-0.09091 <i>0.7787</i>	-0.21836 <i>0.4954</i>	-0.09091 <i>0.7787</i>	.	1

Donax vittatus

	MVII	ZRA	ZRB	REFZR	MOND	OSMOND	WESVHR	WESNOTVHR
MVII	1	0.86625 <i>0.0003</i>	0.87864 <i>0.0002</i>	-0.02665 <i>0.9345</i>	0.41955 <i>0.1746</i>	0.62309 <i>0.0304</i>	0.87045 <i>0.0002</i>	0.62696 <i>0.0291</i>
ZRA	0.86625 <i>0.0003</i>	1	0.97695 <i><.0001</i>	0.3007 <i>0.3423</i>	0.4001 <i>0.1975</i>	0.88406 <i>0.0001</i>	0.83009 <i>0.0008</i>	0.82671 <i>0.0009</i>
ZRB	0.87864 <i>0.0002</i>	0.97695 <i><.0001</i>	1	0.25007 <i>0.4331</i>	0.39373 <i>0.2054</i>	0.86286 <i>0.0003</i>	0.81688 <i>0.0012</i>	0.80629 <i>0.0015</i>
REFZR	-0.02665 <i>0.9345</i>	0.3007 <i>0.3423</i>	0.25007 <i>0.4331</i>	1	-0.20786 <i>0.5168</i>	0.56328 <i>0.0565</i>	0.00743 <i>0.9817</i>	0.31924 <i>0.3118</i>
MOND	0.41955 <i>0.1746</i>	0.4001 <i>0.1975</i>	0.39373 <i>0.2054</i>	-0.20786 <i>0.5168</i>	1	0.13337 <i>0.6795</i>	0.25982 <i>0.4148</i>	0.31698 <i>0.3154</i>
OSMOND	0.62309 <i>0.0304</i>	0.88406 <i>0.0001</i>	0.86286 <i>0.0003</i>	0.56328 <i>0.0565</i>	0.13337 <i>0.6795</i>	1	0.6988 <i>0.0115</i>	0.90052 <i><.0001</i>
WESVHR	0.87045 <i>0.0002</i>	0.83009 <i>0.0008</i>	0.81688 <i>0.0012</i>	0.00743 <i>0.9817</i>	0.25982 <i>0.4148</i>	0.6988 <i>0.0115</i>	1	0.74633 <i>0.0053</i>
WESNOTVHR	0.62696 <i>0.0291</i>	0.82671 <i>0.0009</i>	0.80629 <i>0.0015</i>	0.31924 <i>0.3118</i>	0.31698 <i>0.3154</i>	0.90052 <i><.0001</i>	0.74633 <i>0.0053</i>	1

Ensis spp

	MVII	ZRA	ZRB	REFZR	MOND	OSMOND	WESVHR	WESNOTVHR
MVII	1	0.9021 <i><.0001</i>	0.83916 <i>0.0006</i>	0.1958 <i>0.5419</i>	0.57044 <i>0.0528</i>	0.68531 <i>0.0139</i>	0.46853 <i>0.1245</i>	0.76923 <i>0.0034</i>
ZRA	0.9021 <i><.0001</i>	1	0.92308 <i><.0001</i>	0.36364 <i>0.2453</i>	0.59156 <i>0.0428</i>	0.81119 <i>0.0014</i>	0.55245 <i>0.0625</i>	0.86014 <i>0.0003</i>
ZRB	0.83916 <i>0.0006</i>	0.92308 <i><.0001</i>	1	0.31469 <i>0.3191</i>	0.56339 <i>0.0564</i>	0.68531 <i>0.0139</i>	0.53147 <i>0.0754</i>	0.83916 <i>0.0006</i>
REFZR	0.1958 <i>0.5419</i>	0.36364 <i>0.2453</i>	0.31469 <i>0.3191</i>	1	0.20423 <i>0.5243</i>	0.76224 <i>0.004</i>	0.76224 <i>0.004</i>	0.60839 <i>0.0358</i>
MOND	0.57044 <i>0.0528</i>	0.59156 <i>0.0428</i>	0.56339 <i>0.0564</i>	0.20423 <i>0.5243</i>	1	0.54227 <i>0.0685</i>	0.12676 <i>0.6946</i>	0.35212 <i>0.2616</i>
OSMOND	0.68531 <i>0.0139</i>	0.81119 <i>0.0014</i>	0.68531 <i>0.0139</i>	0.76224 <i>0.004</i>	0.54227 <i>0.0685</i>	1	0.72727 <i>0.0074</i>	0.81818 <i>0.0011</i>
WESVHR	0.46853 <i>0.1245</i>	0.55245 <i>0.0625</i>	0.53147 <i>0.0754</i>	0.76224 <i>0.004</i>	0.12676 <i>0.6946</i>	0.72727 <i>0.0074</i>	1	0.7972 <i>0.0019</i>
WESNOTVHR	0.76923 <i>0.0034</i>	0.86014 <i>0.0003</i>	0.83916 <i>0.0006</i>	0.60839 <i>0.0358</i>	0.35212 <i>0.2616</i>	0.81818 <i>0.0011</i>	0.7972 <i>0.0019</i>	1

Tabel 6: vervolg

Tellina tenuis

	MVII	ZRA	ZRB	REFZR	MOND	OSMOND	WESVHR	WESNOTVHR
MVII	1	0.6862 <i>0.0412</i>	0.86975 <i>0.0023</i>	0.54686 <i>0.1276</i>	.	0.91922 <i>0.0005</i>	.	0.07531 <i>0.8473</i>
ZRA	0.6862 <i>0.0412</i>	1	0.82846 <i>0.0058</i>	0.16833 <i>0.6651</i>	.	0.76282 <i>0.0168</i>	.	-0.06667 <i>0.8647</i>
ZRB	0.86975 <i>0.0023</i>	0.82846 <i>0.0058</i>	1	0.46235 <i>0.2102</i>	.	0.88518 <i>0.0015</i>	.	-0.08368 <i>0.8305</i>
REFZR	0.54686 <i>0.1276</i>	0.16833 <i>0.6651</i>	0.46235 <i>0.2102</i>	1	.	0.55389 <i>0.1218</i>	.	0.23764 <i>0.5381</i>
MOND	.	.	.	.	.	.	.	.
OSMOND	0.91922 <i>0.0005</i>	0.76282 <i>0.0168</i>	0.88518 <i>0.0015</i>	0.55389 <i>0.1218</i>	.	1	.	0.11866 <i>0.7611</i>
WESVHR	.	.	.	.	.	.	.	.
WESNOTVHR	0.07531 <i>0.8473</i>	-0.06667 <i>0.8647</i>	-0.08368 <i>0.8305</i>	0.23764 <i>0.5381</i>	.	0.11866 <i>0.7611</i>	.	1

Spisula subtruncata

	MVII	ZRA	ZRB	REFZR	MOND	OSMOND	WESVHR	WESNOTVHR
MVII	1	0.70629 <i>0.0102</i>	0.86713 <i>0.0003</i>	0.76224 <i>0.004</i>	0.3899 <i>0.2102</i>	0.69231 <i>0.0126</i>	0.62937 <i>0.0283</i>	0.78322 <i>0.0026</i>
ZRA	0.70629 <i>0.0102</i>	1	0.81818 <i>0.0011</i>	0.93007 <i><.0001</i>	0.17935 <i>0.577</i>	0.67133 <i>0.0168</i>	0.55245 <i>0.0625</i>	0.6993 <i>0.0114</i>
ZRB	0.86713 <i>0.0003</i>	0.81818 <i>0.0011</i>	1	0.9021 <i><.0001</i>	0.42109 <i>0.1728</i>	0.65734 <i>0.0202</i>	0.53147 <i>0.0754</i>	0.90909 <i><.0001</i>
REFZR	0.76224 <i>0.004</i>	0.93007 <i><.0001</i>	0.9021 <i><.0001</i>	1	0.42889 <i>0.1642</i>	0.72028 <i>0.0082</i>	0.43357 <i>0.1591</i>	0.84615 <i>0.0005</i>
MOND	0.3899 <i>0.2102</i>	0.17935 <i>0.577</i>	0.42109 <i>0.1728</i>	0.42889 <i>0.1642</i>	1	0.23394 <i>0.4643</i>	0.10917 <i>0.7356</i>	0.44449 <i>0.1477</i>
OSMOND	0.69231 <i>0.0126</i>	0.67133 <i>0.0168</i>	0.65734 <i>0.0202</i>	0.72028 <i>0.0082</i>	0.23394 <i>0.4643</i>	1	0.32168 <i>0.3079</i>	0.72727 <i>0.0074</i>
WESVHR	0.62937 <i>0.0283</i>	0.55245 <i>0.0625</i>	0.53147 <i>0.0754</i>	0.43357 <i>0.1591</i>	0.10917 <i>0.7356</i>	0.32168 <i>0.3079</i>	1	0.35664 <i>0.2551</i>
WESNOTVHR	0.78322 <i>0.0026</i>	0.6993 <i>0.0114</i>	0.90909 <i><.0001</i>	0.84615 <i>0.0005</i>	0.44449 <i>0.1477</i>	0.72727 <i>0.0074</i>	0.35664 <i>0.2551</i>	1

Tabel 7: Variatiecoëfficiënten voor de tijdseries in de MEP-MV2-deelgebieden

	mvii	zrb	refzr	zra	mond	osmond	wesvhr	wesnotvhr
C. edule	346.41	247.36	346.41	288.94	121.95	346.41		346.41
D. vittatus	201.01	186.77	242.74	144.13	346.41	145.49	231.68	156.77
Ensis sp.	59.3	71.28	76.1	51.31	259.71	57.61	71.24	43.76
T. fabula	117.67	179.79	294.57	174.28		147.44	300.00	205.27
S. subtruncata	94.09	137.95	179.43	121.52	215.68	99.68	141.42	98.27

Tabel 8: Richtingscoëfficiënten van de trendanalyses per soort per deelgebied over de volledige periode (1993 - 2004). N.B. voor *T. fabula* zijn de gegevens pas beschikbaar vanaf 1996. Aangegeven zijn de richtingscoëfficiënten van de significante regressies (* = $p < 5\%$; ** = $p < 1\%$; *** = $p < 0.1\%$). De richtingscoëfficiënten geven de relatieve jaarlijkse veranderingen in dichtheid aan.

	<i>C. edule</i>	<i>D. vittatus</i>	<i>Ensis sp</i>	<i>T. fabula</i>	<i>S. subtruncata</i>
Mvii	n.s.	0.013***	0.080*	0.106***	-0.408***
Zrb	n.s.	0.106***	0.137***	0.026***	-0.315***
refzr	n.s.	n.s.	0.212***	n.s.	-0.120***
Zra	0.004***	0.045***	0.113***	0.065***	-0.229***
mond	n.s.	0.000***	0.077***	n.s.	-0.021*
osmond	n.s.	0.003***	0.076***	0.014***	-0.088***
wesvhr	n.s.	0.002***	0.061**	n.s.	-0.094***
wesnotvhr	n.s.	0.004***	n.s.	0.006***	-0.129***

Tabel 9: Richtingscoëfficiënten van de trendanalyses per soort per deelgebied over de periode 2000 - 2004. Aangegeven zijn de richtingscoëfficiënten van de significante regressies (* = $p < 5\%$; ** = $p < 1\%$; *** = $p < 0.1\%$). De richtingscoëfficiënten geven de relatieve jaarlijkse veranderingen in dichtheid aan.

	<i>C. edule</i>	<i>D. vittatus</i>	<i>Ensis sp</i>	<i>T. fabula</i>	<i>S. subtruncata</i>
Mvii	n.s.	0.050***	0.529***	n.s.	0.124***
Zrb	0.001*	0.356***	0.700***	0.038*	0.054***
refzr	n.s.	-0.017***	0.601***	n.s.	n.s.
Zra	0.020***	0.091***	0.678***	0.130***	0.044**
mond	0.707***	0.000***	0.406***	n.s.	-0.001*
osmond	n.s.	-0.007***	0.359***	0.017*	n.s.
wesvhr	n.s.	n.s.	0.302***	n.s.	0.004*
wesnotvhr	n.s.	n.s.	0.188***	0.016***	n.s.

4. Discussie

Doel van dit onderzoek was inzicht te verkrijgen in de trends in dichtheid en biomassa van een aantal schelpdieren in de Voordelta, en met name de deelgebieden die in het kader van het Monitorings- en Evaluatieonderzoek Maasvlakte 2 (MEP-MV2) bemonsterd worden. De vraag was onder meer of er verschillen waren in trends in de gebieden in het (toekomstig) zeereservaat, de referentiegebieden en de buitendelta's niet bemonsterd in de MEP-MV2-studie.

Verschillen tussen gebieden zijn getest met een variantie-analyse. Aanname bij een dergelijke analyse is dat de varianties homogeen verdeeld zijn. Voor strandschelpen en platschelpen was de p-waarde van de test (Brown-Forsyth test, Tabel 4) groter dan 0.05 en kon dus niet worden aangetoond dat de varianties verschilden tussen de gebieden. Voor kokkels en zaagjes kon de nul-hypothese (homogene varianties) zeker verworpen worden ($p < 0.05$). Maar deze aanname is meestal niet kritisch. Voor strandschelpen, kokkels en zaagjes blijkt er echter ook een sterke correlatie tussen de (getransformeerde) gemiddelde dichtheid en de variantie (Pearson correlatie > 0.9). Voor de overige soorten bleek er niet zo'n correlatie (Pearson correlatiecoëfficiënt 0.74 voor *T. fabula*, 0.63 voor *Ensis* sp.). De waargenomen correlatie tussen dichtheid en variantie kan leiden tot uitbijters in de data. Daarbij is de *F* ratio in de test gebaseerd op de gepoolde variantie binnen gebieden. In het geval dat er correlatie is tussen de gemiddelde dichtheid en de variantie zal de gepoolde variantie kleiner zijn dan de variantie van de waarnemingen binnen het gebied. Hierdoor zal de *F* ratio in de test worden overschat.. Als gevolg daarvan zijn een aantal verschillen mogelijk ten onrechte als significant beschouwd (<http://www.statsoft.com/textbook/stanman.html#assumptions>).

Zoals in eerdere rapportages aangegeven (Craeymeersch, 1999a; Craeymeersch & van der Land, 1998) blijken er significante verschillen tussen de deelgebieden. De oorzaak moet gezocht worden in verschillen in abiotische omstandigheden (sedimentstructuur, sedimentstabiliteit, hydrodynamische omstandigheden, fluctuaties in saliniteit). Soorten als de halfgeknotte strandschelp, zaagje, rechtsgestreepte platschelp en mesheft worden daardoor bijvoorbeeld niet of praktisch nooit gevonden in het mondingsgebied van het Haringvliet (deelgebied MOND). Kokkels daarentegen komen praktisch uitsluitend in dit gebied voor.

Bij de opzet van de nulmetingen is het onderzoeksgebied op basis van de ruimtelijke verspreiding van bodemdiergemeenschappen verdeeld in drie geografische gebieden: noord, zuid en oost (Asjes *et al.*, 2004). Oost komt overeen met deelgebied MOND. Noord omvat de deelgebieden MVII en ZRB, zuid de deelgebieden ZRA en REFZR. Ook in het voorkomen en/of dichtheden en biomassa's van de potentiële voedselsoorten voor vogels blijkt het oostelijk gebied van de twee andere gebieden te verschillen. De twee zuidelijke deelgebieden verschillen bij geen enkele soort. Hetzelfde geldt voor de twee noordelijke deelgebieden, met uitzondering van de gemiddelde dichtheid van zaagjes die in het deelgebied. Opvallend is ook dat de twee noordelijke deelgebieden verder ook niet verschillen van de twee zuidelijke deelgebieden, met uitzondering van de gemiddelde dichtheid van strandschelpen (verschil tussen REFZR en MVII). Ook met de gebieden niet bemonsterd bij de nulmetingen van de MEP-MV2-studie zijn er weinig verschillen.

Niet alleen de gemiddelde waarden in de deelgebieden MVII, ZRA en ZRB lijken sterk op elkaar, ook het verloop is veelal synchroon (alle soorten met uitzondering van kokkels). Net zoals bij de gemiddelde waarden zijn het vooral de gemiddelde waarden van een of meerdere soorten in de deelgebieden MOND en REFZR die niet synchroon verlopen met deze in de andere deelgebieden. Dat is deels te wijten aan het feit dat niet alle soorten in alle gebieden voorkomen (strandschelpen, kokkels). Verder is de populatiedynamiek in het zuidelijk referentiegebied blijkbaar anders dan in de andere gebieden. Redenen moeten

hoogstwaarschijnlijk gezocht worden in verschillen in habitat resulterend in verschillen in broedvalsucces. Opvallend is dat in deelgebied REFZR in 1998 een piek in de dichtheid van mesheften waargenomen is (Figuur 6) Het betrof zowel grote als kleine dieren (op het oog onderscheiden met als grens een breedte van ongeveer 14 mm¹).

Er zijn duidelijke trends gevonden in het voorkomen van de voor vogels belangrijke schelpdieren in de Voordelta. En voor de meeste soorten zijn de trends dezelfde voor de verschillende deelgebieden. Uitzondering is de trend voor *D. vittatus*, die in de periode 2000 – 2004 in de gebieden REFZR en OSMOND lijkt af te nemen, terwijl deze soort juist toeneemt in de gebieden MVII, ZRB, ZRA en MOND. Voorzichtigheid is geboden bij het extrapoleren van de geobserveerde trends naar de toekomst. De analyses zijn vooral gericht op een beschrijving van trends in de gegevens. Er is geen onderzoek gedaan naar de onderliggende processen die deze trends veroorzaken. Men zou kunnen beginnen met het zoeken naar overeenkomsten in geobserveerde trends tussen de verschillende soorten. Zo lijkt het bijvoorbeeld dat de afname in de ene dominante soort in termen van biomassa, de halfgeknotte strandschelp, overeenkomt met de toename van een andere dominante soort mesheften. Deze verschuivingen kunnen belangrijke effecten hebben voor zee-eenden die in sterke mate afhankelijk zijn van deze soorten.

In dit onderzoek zijn verschillende methoden gebruikt voor de analyse van gebiedsverschillen als de analyse van ontwikkeling in de tijd. Mogelijk kan een dergelijke studie ook worden uitgevoerd met een eenduidige statistische analyse waarin zowel de gebiedsverschillen als de tijdsontwikkeling meegenomen wordt. Bij een dergelijke analyse dienen duidelijke en onderbouwde keuzes gemaakt te worden t.a.v. de afhankelijkheid van de data. Bij een volgende analyse zou dit verder kunnen worden uitgewerkt.

Er is bij de trendanalyse gekozen voor een relatief eenvoudige aanpak door middel van lineaire regressies uit te voeren op de log-getransformeerde data. Strikt genomen wordt er niet aan alle voorwaarden voldaan voor de uitvoering van lineaire regressies. Zo zijn de residuen niet altijd normaal verdeeld en kan er niet overal hetzelfde model worden gebruikt. Om dit te overkomen kunnen er mixed modelling of additive modelling technieken worden toegepast. Het is echter niet waarschijnlijk dat dit tot een andere interpretatie van de gegevens of andere conclusies zal leiden.

De gegevens die zijn gebruikt in dit onderzoek zijn ingewonnen om een totaalschatting te maken van het bestand aan kokkels en strandschelpen in de kustzone. Daarop is ook de toegepaste stratificatie gebaseerd. De in deze studie gebruikte deelgebieden zijn hierbij niet van invloed geweest. Daarom is er ook gebruik gemaakt van de gemiddelde dichtheid/biomassa en is er niet gewerkt met de individuele gegevens. De fout op de schatting per gebied kan door het gebruik van de gegevens op deze manier vrij groot zijn, zeker in kleine gebieden als OSMOND en WESNOTVHR.

Voor mesheften dient nog opgemerkt te worden dat de gepresenteerde dichtheden waarschijnlijk sterk onderschat zijn. Dat blijkt ondermeer uit de nulmetingen in het kader van het MEP-MV2. In deze studie worden zowel monsters genomen met de bodemschaaf als met een box-corer. Uit een vergelijking van de dichtheden in 2004 blijkt van de aantallen met op basis van de bodemschaaf een onderschatting van 61%. Deze onderschatting geldt zeker niet zondermeer ook voor andere jaren en kan ook tussen deelgebieden verschillen. De mate van onderschatting zal afhankelijk zijn van de leeftijdsopbouw van de populatie. Oudere, grotere dieren zullen zich dieper in het sediment kunnen terugtrekken dan kleinere, jonge dieren en worden daardoor minder goed gevangen. Hierdoor is er waarschijnlijk geen eenduidige verhouding tussen het geschatte bestand en het werkelijk aanwezige bestand. De onderschatting zal vooral gelden voor de grotere mesheften. Kleinere mesheften worden relatief beter bemonsterd door de huidige methoden (Wijsman *et al.*, 2006). Als de broedval, en

¹ Gebaseerd op lengte-breedte relatie vastgesteld tijdens de inventarisatie in 1996 (Craeymeersch & van der Land 1998) betekent dit een lengte van ongeveer 87 mm

dus de leeftijdsopbouw, in de verschillende deelgebieden niet gelijk is, zal dit een grote invloed gehad hebben op de waargenomen dichtheden. De conclusies met betrekking tot de temporele en ruimtelijke fluctuaties moeten daarom met de nodige omzichtigheid gebruikt worden.

Uit de gepresenteerde resultaten blijkt dat er grote gelijkenissen maar ook verschillen zijn tussen de deelgebieden in dichtheid (en biomassa) van de geselecteerde schelpdieren en het verloop in de tijd. Deze verschillen beperken zich niet tot een verschil tussen het mondingsgebied van het Haringvliet en de overige deelgebieden van de MEP-MV2 studie. Ook tussen de andere gebieden zijn er verschillen. Dat geldt vooral voor het gekozen referentiegebied, dat niet alleen verschilt met het mondingsgebied, maar voor meerdere variabelen ook met de andere deelgebieden waarin landwinning en zeereservaat gepland zijn. Afhankelijk van de uiteindelijke grootte en ligging van het zeereservaat, wordt daardoor de studie naar de effecten van de aanleg van met name het zeereservaat sterk bemoeilijkt. Idealiter zou het referentiegebied in dezelfde buitendelta's als het zeereservaat moeten liggen. Dat zal de kans dat populatiedynamiek in zeereservaat en referentiegebied gelijk is, sterk vergroten. Of dit zal kunnen, hangt sterk af van de uiteindelijke ligging van het zeereservaat. Voor het mondingsgebied is dat zeker niet mogelijk, gezien dit gebied qua fauna uniek is binnen de Voordelta.

5. Referenties

- Asjes, J., Craeymeersch, J., Escaravage, V., Griff, R., Tulp, I., Bult, T., & Villars, N. (2004) Strategy of approach for the baseline study Maasvlakte 2, Lot 2: benthic fauna and Lot 3: fish and fish larvae.
- Craeymeersch, J.A. (1999a) Ruimtelijke verschillen en temporele fluctuaties in het voorkomen van bodemdieren in het Deltagebied: een verkennende studie. In Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden. RIVO Rapport C056/99. 75 pp.
- Craeymeersch, J.A. (1999b). Uitwerking graadmeter 'stapelvoedsel': *Spisula subtruncata* in de Nederlandse kustzone (1993-1997), Rep. No. Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, RIVO Rapport C061/99. 25 pp.
- Craeymeersch, J.A., Escaravage, V., & Perdon, J. (2005). Baseline study MEP-MV2. Lot 2: bodemdieren. Voortgangsrapportage juni 2005. Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden. Rapport C027/05. 46 pp.
- Craeymeersch, J.A. & Perdon, J. (2004) De halfgeknotte strandschelp, *Spisula subtruncata*, in de Nederlandse kustwateren in 2004. Met een bijlage over de ontwikkeling van het bestand aan mesheften (*Ensis* sp.). Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden. Rapport nr. C073/04. 27 pp.
- Craeymeersch, J.A. & van der Land, M.A. (1998) De schelpdierbestanden in de Voordelta 1993-1997. In Rijksinstituut voor Visserijonderzoek RIVO-DLO. Rapport C056/98. 37 pp.
- Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. (1989) *Statistical methods*, 6 edn. Iowa State University Press, Iowa.
- Wijsman, J., Kesteloo, J., & Craeymeersch, J. (2006) Ecologie, visserij en monitoring van mesheften in de Voordelta. Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden. RIVO Rapport nr. C009/06. 39 pp.

Handtekening:

H.W. van der Mheen
Teamleider Aquacultuur



b.a. *[Handwritten signature]*

Datum:

7 juli 2006