

Definitie van een relevante T0 situatie voor de macrofauna van het Veerse Meer in verband met het Zandkreekdam doorlaatmiddel



Vincent Escaravage, Wil Sijstermans en Herman Hummel

October-2003

Monitoring Taakgroep
Werkgroep Ecosysteem Studies



Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen
Nederlands Instituut voor Ecologie

Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie (NIOO-CEME)
Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke

Dankbetuiging

Deze rapportage is opgesteld in opdracht van het RIKZ als onderdeel van de bekkenrapportage van het Veerse Meer. Jaap Consumelder, Joris Geurts van Kessel, Rick Hoeksema en Ed Stikvoort waren de contactpersonen vanuit RIKZ en hebben waardevolle commentaren gegeven op een eerdere versie van deze rapportage

© Copyright, 2003. Nederlands Instituut voor Ecologie. Yerseke, Nederland.

Alle rechten beschermd. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband, elektronisch of op welke andere wijze ook en evenmin in een opslag systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteurs/directeur van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-CEME).

Definitie van een relevante T0 situatie voor de macrofauna van het Veerse Meer in verband met het Zandkreekdam doorlaatmiddel. V. Escaravage, W. Sijm, H. Hummel (2003), 36 pp met illustraties in de tekst en bijlagen.

NIOO-CEME Rapport 2003-04. KNAW-NIOO, Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie, Yerseke.
ISSN Nummer 1381-6519

Inhoud

1	SAMENVATTING	3
2	INLEIDING	5
2.1	VOORGESCHIEDENIS VAN HET VEERSE MEER.....	5
2.2	DOELSTELLINGEN HUIDIGE STUDIE.....	5
2.3	PLAN VAN AANPAK	5
3	VERANDERINGEN IN DE WATERKWALITEIT VAN HET VEERSE MEER EN GLOBALE EFFECTEN OP BODEMDIEREN	7
3.1	STROMING.....	7
3.2	STRATIFICATIE	7
3.3	ZOUTGEHALTE EN ZOETWATER-LOZINGEN	7
3.4	ZUURSTOF	8
3.5	DOORZICHT	8
3.6	NUTRIËNTEN EN MACROFYTEN.....	8
3.7	TEMPERATUUR	8
3.8	OVERZICHT VERANDERINGEN WATERKWALITEIT VEERSE MEER	9
4	EIGENSCHAPPEN VAN BRAKWATERSYSTEMEN EN HUN FAUNA	11
4.1	ALGEMENE EIGENSCHAPPEN VAN BRAKWATERSYSTEMEN	11
4.2	ALGEMENE EIGENSCHAPPEN VAN HET MACROBENTHOS IN BRAKWATERSYSTEMEN	11
4.3	RESPONSES VAN MACROBENTHOS OP VERANDERINGEN IN ZOUTGEHALTE	13
4.3.1	<i>Healy (1997)</i>	13
4.3.2	<i>Seys & Meire (1988)</i>	15
4.3.3	<i>Malta et al. (1998)</i>	16
5	KARAKTERISTIEKEN VAN HET MACROBENTHOS UIT HET VEERSE MEER	17
5.1	AANTAL SOORTEN IN HET VEERSE MEER EN IN NABIJGELEGEN SYSTEMEN (1992-2003).....	17
5.2	BRIJKBAARHEID VAN DE MONITOR-GEGEVENS BIJ HET VOORSPELLEN VAN EFFECTEN	19
6	EEN MOGELIJKE SCENARIO VOOR HET VEERSE MEER NA 2004	21
6.1	ALGEMENE VERANDERINGEN	21
6.2	VERANDERINGEN OP SOORTENNIVEAU.....	21
7	ALGEMENE CONCLUSIES	23
7.1	PROGNOSE VOOR DE OMGEVINGSFACTOREN.....	23
7.2	PATRONEN EN TRENDS UIT DE BASALE UITWERKING VAN DE MONITORINGSGEGEVENS	23
7.3	TE VERWACHTEN EFFECTEN OP HET MACROBENTHOS	23
7.4	AANVULLENDE INFORMATIE OVER DE DISTRIBUTIEGRENZEN VAN MACROBENTHISCHE SOORTEN	24
7.5	DE MIDDELEN OM DE VERANDERINGEN WAAR TE NEMEN	24
8	WERKPLAN	25
8.1	AUTONOME TRENDS OF EFFECTEN VAN HET DOORLAATMIDDEL?	25
8.2	TEMPERING VAN DE VARIABILITEIT IN DE OMGEVINGSFACTOREN	25
8.3	AFVLAKKING/VERSTERKING VAN DE RUIMTELIJKE GRADIËNTEN	26
8.4	MEER LICHT OP DE BODEM.....	26
8.5	DE DIEPTE IN	26
8.6	VERZWAKKING VAN TYPISCHE EIGENSCHAPPEN.....	26
8.7	INTRODUCÉS EN EXOTEN.....	26
	AANBEVELINGEN	27
	LITERATUUR	28
	BIJLAGE 1. SALINITEIT IN DE OOSTERSCHELDE, WESTERSCHELDE, GREVELINGEN EN VEERSE MEER WAARGENOMEN TUSSEN 1973 EN 1981 (UIT HTTP://WWW.WATERBASE.NL)	29
	BIJLAGE 2. DE MIDDELEN OM VERANDERINGEN IN MACROBENTHOS WAAR TE NEMEN	30

1 Samenvatting

Het Veerse Meer is een brakwatermeer dat in 1961 ontstond na de afsluiting van de Zandkreek en het Veerse Gat. Via een schut- en uitwateringssluis in de Zandkreekdam wordt het waterpeil beheerd. Het waterpeil wordt in de herfst verlaagd om polderwater van het omringende land beter te kunnen lozen, en weer verhoogd in het voorjaar voor de recreatie.

Een effect van het peilbeheer is dat, door de onvolledige menging van (zwaar) zout Oosterscheldewater met (licht) zoet polderwater, grote delen van het Veerse Meer gestratificeerd raken. Rottende algen en zeesla, die in de onderlaag van de waterkolom terechtkomen, zorgen iedere zomer voor zuurstofloosheid in grote delen van het meer.

De hoeveelheid polderwater die er jaarlijks in wordt geloosd is in sommige jaren even groot als de totale inhoud van het meer. Hierdoor komt er een grote hoeveelheid nitraat en fosfaat in het meer terecht, wat regelmatig leidt tot overmatige groei van algen en zeesla.

In een beleidsvoorstel van Rijkswaterstaat uit 1989 werd geadviseerd om een vast waterpeil te handhaven en een doorlaatmiddel te bouwen in de Zandkreekdam. Met het doorlaatmiddel zou het Veerse Meer doorgespoeld kunnen worden met schoon Oosterschelde water. Het doorlaatmiddel zal in het voorjaar van 2004 in gebruik worden genomen.

De bedoeling van de huidige studie was om door middel van een literatuur studie de grote lijnen van de toekomstige ontwikkeling in de bodemdieren-gemeenschap van het Veerse Meer, veroorzaakt door de ingebruikname van een doorlaatmiddel in 2004, te kunnen aangeven. Daarmee wordt een werkplan opgesteld voor een, in een eventuele vervolgoopdracht, uitwerking van de monitoring gegevens. Deze finale uitwerking zal tot de definitie van een relevante T₀ leiden voor de effecten van het doorlaatmiddel op het macrobenthos van het Veerse Meer.

Naast de huidige studie, is er ook een basale uitwerking van de basale monitoring gegevens verricht. Die was bedoeld om de huidige karakteristieken en recente trends van de macrofauna in het Veerse Meer in kaart te brengen.

Een overzicht wordt gegeven van de omgevingsfactoren die in het Veerse Meer mogelijk gaan veranderen, zoals zoutgehalte, doorzicht, zuurstofgehalte of temperatuur. Middels literatuur en de (op het NIOO-CEME) beschikbare expertise is bepaald welke (veranderende) omgevingsfactoren op de bodemdieren van invloed zouden kunnen zijn. Behulpzaam was het gegeven dat meerdere soorten uit het Veerse Meer ook blijken voor te komen in andere brakke systemen van het deltagebied.

De meeste van de door het doorlaatmiddel veranderende omgevingsfactoren, zoals temperatuur, zullen geen merkbare invloed op de bodemdieren hebben. Van enkele factoren, zoals zoetwater-lozingen en doorzicht, kan een indirect effect op de bodemdieren verwacht worden. Op basis van literatuur blijkt de macrobenthos verdeling vooral gecontroleerd te zijn door de saliniteit en de zuurstof concentraties en de variaties daarvan. Alhoewel het door de hoge toleranties van de brakke soorten voor (schommelingen in) het zoutgehalte moeilijk is om een algemene (overal geldige) typologie voor de meeste soorten te definiëren, kan voor een groot aantal dominante soorten aangegeven worden of zij in aantal achteruit gaan of mogelijk zullen expanderen. De Japanse oester (*Crassostrea gigas*) en de gevlochte fuikhoorn (*Nassarius reticulatus*) zullen goed gedijen in het nieuwe Veerse Meer. Voor de brakwater kokkel (*Cerastoderma glaucum*) en de strandgaper (*Mya arenaria*) zou het doorlaatmiddel een sterke achteruitgang van de populaties kunnen betekenen.

In een vervolgstudie kan de informatie over de soorten die ook in de andere bekkens van het deltagebied leven ook gebruikt worden voor het samenstellen van ecoprofielen, die op zich weer te gebruiken zijn voor het maken van meer uitgebreide voorspellingen over de effecten van het doorlaatmiddel.

Daarnaast zal in een vervolgstudie aandacht geschonken kunnen worden aan een adequaat monitoringsysteem dat vereist is om de veranderingen na de ingebruikname van het doorlaatmiddel correct waar te nemen. Dat is te bereiken door het optimaliseren van het onderscheidingsvermogen van het huidige monitorings programma, waarvan in deze studie, in bijlage, een voorzet is gegeven.

2 Inleiding

2.1 VOORGESCHIEDENIS VAN HET VEERSE MEER

Het Veerse Meer is een brakwatermeer dat in 1961 ontstond na de afsluiting van de Zandkreek en het Veerse Gat. Via een schut- en uitwateringssluis in de Zandkreekdam staat het meer in verbinding met de Oosterschelde. Daarmee wordt het waterpeil beheerd: verlaagd in de herfst om polderwater van het omringende land beter te kunnen lozen, en weer verhoogd in het voorjaar voor de recreatie. De hoeveelheid polderwater die jaarlijks in het Veerse Meer wordt geloosd is in sommige jaren even groot als de totale inhoud van het meer. Hierdoor komt er een grote hoeveelheid nitraat en fosfaat in het meer terecht, wat regelmatig leidt tot overmatige groei van algen en zeesla. Bovendien ondervindt het zoutgehalte van het water hevige schommelingen, waardoor veel planten en diersoorten zich niet goed kunnen vestigen. Een ander effect ervan is dat door de onvolledige menging van (zwaar) zout Oosterscheldewater met (licht) zoet polderwater grote delen van het Veerse Meer gestratificeerd raken. Rottende algen en zeesla, die in de onderlaag van de waterkolom terechtkomen, zorgen iedere zomer voor zuurstofloosheid in grote delen van het meer. Veel filterende bodemdieren, zoals mosselen, sterven daardoor af. Jaarlijks is er ook een massale sterfte van drooggevallen zeesla en bodemdieren bij de instelling van het winterpeil in oktober.

In een beleidsvoorstel van Rijkswaterstaat uit 1989 werd geadviseerd om een vast waterpeil te handhaven en een doorlaatmiddel (in de vorm van een spuisluis of goot) te bouwen in de Zandkreekdam. Dan zou het Veerse Meer doorgespoeld kunnen worden met schoon Oosterschelde water. Het doorlaatmiddel zal in het voorjaar van 2004 in gebruik worden genomen.

Het doorlaatmiddel heeft als primaire functie de waterkwaliteit van het Veerse Meer te verbeteren. Van belang voor de flora en fauna is dat door het inlaten van 'vers' Oosterscheldewater het zoutgehalte van het Veerse Meer weer toeneemt. Er zijn nog vele vragen over de toekomstige ontwikkeling van het Meer nadat het doorlaatmiddel in gebruik wordt genomen. Er zijn namelijk nog veel onzekerheden omtrent de effecten op het macrobenthos.

2.2 DOELSTELLINGEN HUIDIGE STUDIE

Het doel van de huidige studie is, door middel van een literatuur studie en raadplegen van beschikbare expertise, om de grote lijnen van de toekomstige ontwikkeling in het zoomacrobenthos, na ingebruikname in 2004 van een doorlaatmiddel, in het Veerse Meer te beschrijven. Op basis van een uitgangs (t_0) situatie, en aan de hand van de verwachte veranderingen in omgevingsfactoren en hun effect op bodemdieren, worden enkele hypothesen over de toekomstige ontwikkeling van de bodemdieren-gemeenschap gemaakt. Daarmee wordt een werkplan opgesteld voor een, in een eventuele vervolgoopdracht, uitwerking van de monitoring gegevens. Deze finale uitwerking zal tot de definitie van een relevante T_0 leiden voor de effecten van het doorlaatmiddel op het macrobenthos van het Veerse Meer.

Naast de huidige studie is er ook een basale uitwerking van de monitoring gegevens verricht. Die was bedoeld om de huidige karakteristieken en recente trend van de macrofauna van het Veerse Meer in kaart te brengen. Dit deel is in een apart verslag verschenen.

2.3 PLAN VAN AANPAK

De volgende aspecten komen in deze studie aan bod:

- Literatuur studie over de te verwachten veranderingen in de omgevingsfactoren (waterkwaliteit) in het Veerse Meer.
- Literatuur studie naar mogelijke veranderingen in het macrobenthos van brakwatersystemen in relatie tot de verwachte veranderingen in de waterkwaliteit van het Veerse Meer.
- Karakterisering van de macrobenthische gemeenschap uit het Veerse Meer in vergelijking met de nabijgelegen systemen, Oosterschelde, Westerschelde en Grevelingen.
- Een werkplan voor een vervolgstudie met een lijst van macrobenthische doelsoorten waarvoor, rekening houdende met hun huidige distributie in het Veerse Meer (de T_0 situatie) en in de andere omliggende systemen, een hypothese over hun ontwikkeling na ingebruikname van het doorlaatmiddel wordt gegeven. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis over de auto-ecologie van die soorten beschikbaar uit de literatuur en de (op het NIOO-CEME) aanwezige expertise.

Als bijlage is een voorlopige schatting gegeven van het onderscheidingsvermogen (Power) van het huidige BIOMON programma voor het Veerse Meer. Daarmee zou gedefinieerd kunnen worden welke veranderingen wel of niet waarneembaar zijn met de huidige inzet van middelen.

3 Veranderingen in de waterkwaliteit van het Veerse Meer en globale effecten op bodemdieren

Het doorlaatmiddel zal de waterkwaliteit van het Veerse Meer sterk veranderen. WL | Delft Hydraulics heeft een modelstudie uitgevoerd naar het effect van het doorlaatmiddel en aanvullende maatregelen op de toekomstige waterkwaliteit van het Veerse Meer (Nolte et al., 2002). Het huidige hoofdstuk (3) is deels op de modelstudie gebaseerd. Aanvullend is de op het NIOO-CEME aanwezige expertise, grotendeels gebaseerd op de in samenwerking met het RIKZ uitgevoerde Bekkenrapportages, aangewend.

Uit de modelstudie van WL | Delft Hydraulics bleek dat het doorlaatmiddel een grote stap ter verbetering van de waterkwaliteit van het Veerse Meer zou kunnen betekenen. Het model voorspelde, na de ingebruikname van het doorlaatmiddel, een zout en licht geëutrofeerd Veerse Meer. Er zou in de winterperiode nog een geringe kans op stratificatie zijn, en in de zomer in beperkte mate zuurstofloosheid in de putten.

3.1 STROMING

Openstellen van het doorlaatmiddel zal een toename van de stroming betekenen. Gevolg zal zijn dat de doormenging van de waterkolom zal verbeteren, waarmee de stratificatie (zie 3.2) en periodes met zuurstofarme condities (zie 3.4) gaan verminderen. Voor bodemdieren heeft het vooral effect op filtrerende organismen, waaronder de meeste tweekleppigen zoals de mossel en kokkel, die een verbeterde voedsel en zuurstoftoevoer zullen ervaren. Een uitbreiding van het areaal voor deze zogeheten “suspension feeders” is te verwachten.

3.2 STRATIFICATIE

In de huidige situatie wordt het peil in het (brakke) Veerse Meer beheerd middels het aanvoeren, in het voorjaar, van (zout) Oosterschelde water, hetgeen een sterke en langdurige zout-stratificatie veroorzaakt. De intensiteit van de stratificatie (zout-verschil tussen bodem- en oppervlaktelaag) is maximaal bij de Zandkreek (10 ‰) en neemt af naar het westen (geen zomerstratificatie bij Vrouwenpolder).

Na de gebruikname van het doorlaatmiddel en de voortdurende instroming van zout water, zal het zoutgehalte in het hele meer fors toenemen (tabel 1). Als gevolg daarvan behoort de chronische zomerstratificatie, in scenario's met of zonder peilbeheer, tot het verleden.

Door het zouter worden van het Veerse Meer zal de zoetwaterbelasting zich in de wintermaanden niet zo goed kunnen mengen met het water in het meer. Het optreden van stratificatie kan bijgevolg verwacht worden in de winter. De sterkte en timing van de winterstratificatie zal nagenoeg gelijk zijn over het hele meer.

Op zich heeft stratificatie geen invloed op bodemdieren: het is vooral door de indirecte effecten, zoals door een ander zuurstof- en zoutgehalte, dat stratificatie effect heeft op bodemdieren.

3.3 ZOUTGEHALTE EN ZOETWATER-LOZINGEN

De aanleg van het doorlaatmiddel zal een aanzienlijk effect hebben op de saliniteit in het Meer (tabel 1). De gemiddelde saliniteit zal stijgen met 11,5 ‰ van 16,5 tot 28,3. De saliniteit waarden zullen ook, over het hele meer, vrij homogeen zijn met 1 ‰ verschil tussen de gemiddelde waarden van Vrouwenpolder en Zandkreek.

Tabel 1

Gemiddelde saliniteit in de oppervlaktelaag voor het hele Veerse Meer gemiddeld en voor de individuele stations Vrouwenpolder, Soelekerkepolder en Zandkreek (uit Tabel 3.1 in Nolte et al. (2002)).

	kental	Veerse Meer	Vrouwenpolder	Soelekerkepolder	Zandkreek
Huidige situatie	Gemiddeld	16,5	16,4	16,6	18,6
	Maximum	20,1	19,9	20,2	24,9
	Minimum	11,0	11,0	10,9	11,6
Doorlaatmiddel	Gemiddeld	28,3	28,0	28,4	29,0
	Maximum	30,7	30,8	30,7	32,1
	Minimum	23,9	23,8	23,9	22,1

De vooral door zoetwaterlozingen veroorzaakte minima in het zoutgehalte gaan na ingebruikname van het doorlaatmiddel van ca 11 ‰ naar 20 ‰. De in feite nagenoeg brakke situatie (vooral nabij zoetwaterlozingspunten) van de huidige situatie zal derhalve vervangen worden door een continu mariene situatie. Vooral voor bodemdieren zal dit een effect hebben aangezien de tolerantiegrens van vele mariene soorten rond 10 a 11 ‰ ligt: mariene soorten zullen beter kunnen overleven, mogelijk ten koste van typische brakwater

soorten. Overgangsgebieden nabij zoetwaterlozingspunten zullen voor de overleving van typische brakwatersoorten, zoals de brakwaterkokkel, van belang zijn.

3.4 ZUURSTOF

Dankzij de vermindering van de zomer stratificatie, zal ook de kans op zuurstofloosheid minder worden (maar niet nihil!). Door de verschuiving van de stratificatie van zomer naar winter, zou zuurstofloosheid ook eerder in de winter-periode kunnen plaatsvinden. De winterperiode is echter door de lage temperatuur en lage (primaire) productie van zuurstof-fragende-stoffen, veel minder kritisch voor zuurstofloosheid dan de voorjaars- en zomerperiode. Bovendien is het risico van langdurige stratificatie met zuurstofloosheid, door de in het algemeen winderige condities, in de winter beduidend kleiner dan in het voorjaar en de zomer (Nolte et al., 2002).

Een verbetering van het zuurstof-regiem zal een toename van het bodemfauna bestand (aantal soorten en abundantie) met zich mee brengen, aangezien bodemdieren langdurige blootstelling aan zuurstofarm water (< 20 tot 50 % verzadiging) niet kunnen doorstaan. Vooral door een stabielere situatie kan een (meerjarige) bodemdierengemeenschap met langer levende (k-)soorten (c.q. minder opportunistische r-strategen) worden verwacht.

3.5 DOORZICHT

Een toename van het doorzicht is voorspeld voor de periode na ingebruikname van het doorlaatmiddel (Nolte et al., 2002). Het gemiddelde doorzicht zou 3m worden i.p.v. 2m nu. Ook de minimum waarden zouden omhoog gaan van 0.9 tot 1.4. Deze verbetering zal een direct effect hebben op de primaire productie.

In analogie met de ontwikkelingen in het Grevelingmeer (waar echter de trend omgekeerd is, d.i. het doorzicht afneemt: Schaub et al 2002) zou de toename van het doorzicht een bevordering van de groei van algen, macrofyten of fytoplankton kunnen geven. Vooral een toename van de epibenthische flora (in de ondiepe strata) zal binnen de bodemdierenfauna kunnen leiden tot een toename van surface deposit feeders en epifytische grazers zoals enkele gastropoden (bijv. wadslakje).

In tegenstelling tot de epibenthische flora, zou het fytoplankton niet kunnen profiteren van de verbetering van het doorzicht. Volgens Nolte et al. (2002) zal het doorlaatmiddel leiden tot het afvoeren van fytoplankton naar de Oosterschelde, waardoor de fytoplanktonische biomassa in het Veerse Meer niet zal toenemen. Er zijn dus weinig effecten te verwachten van het verbeterde lichtklimaat op de Filter-feeders.

3.6 NUTRIËNTEN EN MACROFYTEN

Door de aanleg van het doorlaatmiddel wordt een aanzienlijke afname verwacht in de concentraties van fosfaat en silicaat. De afname van de nitraat concentraties zou minder sterk maar toch aanwezig zijn.

De lagere nutriëntconcentratie zouden de groei van zeegras kunnen bevorderen, weliswaar ten nadele van de zeesla maar zonder dat er sprake is dat het zeesla geheel verdwijnt. Het toenemende doorzicht zou ook beide groepen evenveel kunnen bevorderen, echter zeegras wordt door een hogere saliniteit weer nadelig beïnvloed. Afname van de eutrofiering zou (in analogie met ontwikkelingen in het Grevelingenmeer, Schaub et al 2002) globaal kunnen leiden tot een toename van tweekleppigen en afname van polychaeten.

3.7 TEMPERATUUR

Door de afname van de stratificatie zal de temperatuursverdeling over de waterkolom gelijkmatiger zijn. Bij ontbreken van een stratificatie zal in de zomermaanden het warmere oppervlaktewater ook tot aan de bodem kunnen reiken. In onze gematigde (boreale) gebieden is het echter niet te verwachten dat zo een gematigde verandering van de temperatuur een uitgesproken effect op bodemdieren zal hebben, en zeker niet een ander effect dan al bestaat voor bijv. de Oosterschelde. Zo een effect van een iets hogere temperatuur (in de zomer in het bodemwater) dan toch al een effect op bodemdieren heeft dan zal dit slechts voor de extremere gevallen merkbaar zijn. Zo een extreem geval zou het binnendringen en massaal verspreiden van exoten kunnen zijn, zoals de Portugese oester die in Nederland de (noordelijke) grens van haar areaal kent.

3.8 OVERZICHT VERANDERINGEN WATERKWALITEIT VEERSE MEER

Samenvattend kan gesteld worden dat meerdere omgevingsfactoren in het Veerse Meer gaan veranderen na ingebruikname van het doorlaatmiddel. In algemene termen vinden de volgende veranderingen in omgevingsfactoren en daardoor veroorzaakte globale effecten op bodemdieren plaats (Tabel 2).

Tabel 2

Veranderingen in omgevingsfactoren en veroorzaakte globale effecten op bodemdieren.

Veranderende omgevingsfactor	Sterkte en richting van de verandering	Globaal effect op bodemdieren
Stroming	Toename	Indirecte effecten, vooral door verbeterde toevoer voedsel en zuurstof
Stratificatie	afname (betere doormenging waterlagen)	Indirecte effecten, vooral via zuurstof en zoutgehalte
Zoutgehalte	sterke verhoging	meer mariene, minder brakwatersoorten
Zoetwaterlozingen	geen directe verandering, wel indirect via minimaal zoutgehalte	geen direct effect, zie zoutgehalte
Zuurstof	verhoging (minder en minder lange zuurstofarme periodes)	toename totaal bestand, meer langer levende soorten (K-strategen)
Doorzicht	Verhoging	toename epifytische grazers, afname polychaeten
Nutrienten	Afname	toename totaal bestand (vooral bivalven), afname polychaeten
Temperatuur	geen directe verandering, wel indirect door afname stratificatie: hogere temperatuur in zomer in diepe delen	soorten (en exoten) op noordgrens van areaal kunnen uitbreiden

In het hierna volgende wordt het globale beeld nader uitgewerkt. Vooral voor de omgevingsfactoren waar de sterkste verandering van wordt verwacht, het zoutgehalte, wordt dieper ingegaan op de relatie met bodemdieren en de effecten van veranderingen (hoofdstuk 4).

4 Eigenschappen van brakwatersystemen en hun fauna

4.1 ALGEMENE EIGENSCHAPPEN VAN BRAKWATERSYSTEMEN

De volgende aspecten van de brakwatersystemen zijn beschreven op basis van een artikel van Cognetti & Maltagliati (2000).

Overgangsgebieden. Brakwatersystemen, van estuaria tot lagunes en zoute meren, zijn per definitie overgangsgebieden in dynamisch evenwicht tussen de zee en het continentale domein. De meeste systemen zijn daarom gekenmerkt door veranderlijke fysico-chemische factoren, vooral de saliniteit.

Verwerkingsfabrieken. Brakke systemen transformeren / transporteren het materiaal vanuit het vasteland naar de zee. In ruil daarvoor profiteren ze van de thermische/chemische regulerende actie (buffer) van het zeewater. Om een duurzame schakelfunctie te garanderen moeten wel de in- en afvoeren binnen een redelijke verhouding liggen.

Bezinkingputjes. Brakke systemen met vaak een veel lagere hydrodynamiek dan de kust vangen een grote hoeveelheid deeltjes op vanuit zee en land. Het brakke systeem wordt dan verrijkt door deze accumulatie van fijne deeltjes met een hoge organische inhoud.

Beschutte haven. De bovengenoemde verrijking bevordert de totstandkoming van een macrobenthische gemeenschap, waarvan de meeste elementen mariene soorten zijn die goed gedijen in beschutte omgevingen (Barnes, 1984). Deze mariene soorten, gekenmerkt door hun tolerantie voor veranderlijke omstandigheden, voltooien meestal hun hele levenscyclus binnen het brakke systeem. Vanuit de zoetwater kant zijn de meeste soorten erg gevoelig voor zout water, wat hun migratie in de nabijgelegen brakke systemen beperkt.

4.2 ALGEMENE EIGENSCHAPPEN VAN HET MACROBENTHOS IN BRAKWATERSYSTEMEN

De identiteit van de fauna uit brakwatersystemen

Remane (1940) beschouwde brakke wateren als specifieke ecosystemen met een eigen gemeenschap van soorten voor alle brakke overgangsgebieden. Brakwatersystemen zouden, zoals zoet- en zeewater systemen, behoren tot een exclusieve eenheid met een eigen karakteristieke gemeenschap van soorten en biologische patronen.

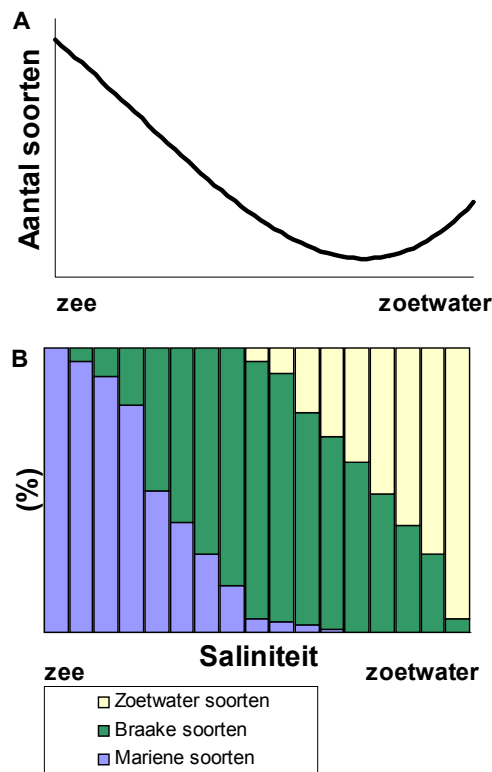
Barnes (1989) sprak dit concept tegen, en stelde dat brakke systemen werden bewoond door een kleine groep van dieren afkomstig uit de lokale mariene soorten: "*The faunas of the brackish water stretches of estuaries are mainly impoverished versions of that marine fauna that inhabits shallow areas of soft sediment. Specifically they comprise those essentially marine species that can withstand low and fluctuating salinities*". Volgens dezelfde auteur zouden ze ook, in het algemeen, relatief slecht kunnen concurreren tegen andere soorten in het mariene domein.

De diversiteit van het macrobenthos in brakwatersystemen

Ondanks de grote verscheidenheid aan omstandigheden, laten alle brakwatersystemen een vergelijkbare afname van de diversiteit zien naarmate de afstand tot de zee toeneemt (Figuur 1A). Deze afname correspondeert met de overgang van de mariene soorten *sensus stricto* naar de kleinere groep van tolerante soorten die in brakwatersystemen kunnen gedijen (Figuur 1B). Nabij de continentale grens vindt een tweede overgang plaats naar de zoetwater soorten.

Figuur 1

Indicatief schema van de soortendistributie in het overgangsgedebied tussen de zee en het zoetwater. (A) relatie tussen het aantal soorten en saliniteit. (B) Percentage van mariene, zoetwater en hypohalobische soorten langs de saliniteitsgradiënt (uit Cognetti & Maltagliati, 2000)



Effect van de stabiliteit van de fysicochemische omstandigheden

Elk van de twee interpretaties (van Remane en Barnes) kan geldig zijn, afhankelijk van de bestudeerde systemen en de schaal gebruikt voor het generaliseren van soortengemeenschappen en biologische patronen (Cognetti & Maltagliati, 2000). In grote bassins, zoals de Baltische of de Zwarte zee, zijn de fysicochemische gradiënten vrij constant. Daar kunnen algemene patronen in de gemeenschap structuur en functies de gelegenheid (tijd x ruimte) krijgen om zich te ontwikkelen.

In kleinere systemen (lagunen, meren), waar de gradiënten vrij onstabiel kunnen zijn, bestaat niet een uniek stelsel van soorten en relaties, maar verschillende *ad hoc* stadia (Cognetti & Maltagliati, 2000). Zo'n hypervariabel systeem valt niet meer te klasseren onder één type van organisatie/structuur. De manier waarop het systeem gestructureerd is, en functioneert, is sterk 'bottom-up' gestuurd door het huidige spectrum van omstandigheden. Naast de granulometrische karakteristieken van het sediment blijken de concentraties en bandbreedte van de saliniteit en het zuurstofgehalte de belangrijkste factoren voor de distributie van het macrobenthos. De manier waarop deze controle wordt uitgeoefend blijkt sterk verbonden te zijn aan de lokale condities en populaties (Cognetti & Maltagliati, 2000). Het is dus voor deze factoren niet mogelijk om algemene grenswaarden, geldig voor alle brakke habitats, op te stellen. Deze specifieke informatie moet gezocht worden in de bestaande observaties uitgevoerd op lokaal niveau.

Voor het Veerse Meer, dat een kleiner systeem is, zou dat voor de huidige bodemdieren-gemeenschappen betekenen dat de informatie verkregen kan worden uit een collage van de aanvoerende zoetwatersystemen en een verarmde vertegenwoordiging van de Oosterschelde. Voor de toekomstige bodemdieren-gemeenschappen zou verwacht mogen worden dat het een meer volledige vertegenwoordiging is van (de mariene soorten in) de Oosterschelde. In hoofdstuk 5 toetsen we deze stelling voor zover het de huidige bodemdierengemeenschap betreft.

4.3 RESPONSES VAN MACROBENTHOS OP VERANDERINGEN IN ZOUTGEHALTE

Eén van de belangrijkste veranderende omgevingsfactoren is het zoutgehalte. In dit hoofdstuk geven we extra aandacht aan deze veranderende factor en de gevolgen voor de bodemdierenfauna.

Er zijn nauwelijks observaties over het effect op het macrobenthos van sterke zeewater binnendringing in een niet-tidaal brakwatersysteem. Uit meerdere literatuur-aanvragen uitgevoerd met on-line bibliografische browsers is er maar één publicatie uitgekomen die dit onderwerp behandelt (Healy, 1997). De bulk van de referenties betreft de ruimtelijke successie van soorten langs estuariene gradiënten of in hypersaline lagunes.

Voor aanvullende informatie over de relaties tussen macrobenthos en zoutgehalte is gebruik gemaakt van eerder verschenen rapportages zoals Seys & Meire (1988) en Malta et al. (1998).

4.3.1 Healy (1997)

De studie van Healy vond plaats in een Ierse lagune (Lady's Island Lake, zuidwest kust) gekenmerkt door opmerkelijke fluctuaties in zoutgehalte. Deze fluctuaties waren voornamelijk veroorzaakt door het met opzet openbreken van een zeeduin. Deze operatie, die in het voorjaar plaatsvond, was bedoeld om het overstromingsgevaar van het achterland binnen de perken te houden. Voor het openbreken van het zeeduin kon het zoutgehalte lager zijn dan 10 ‰ en stijgen tot boven 30 ‰ nadien.

Tijdens deze 17 jaar lange monitoringstudie vonden dergelijke veranderingen plaats om de twee à vier jaar. Macro-fauna en flora werden gevolgd op een semi-kwantitatieve wijze door het noteren van de aanwezigheid en algemeenheid van de soorten. Twee alternatieve macrobenthische gemeenschappen werden geïdentificeerd op basis van een saliniteitregime.

Bij saliniteiten lager dan 18 ‰ vormden insecten een grote fractie van het macrobenthos. De meeste daarvan waren soorten die ook goed in zoet water kunnen leven. Bij de "niet-insect" soorten waren zoetwater soorten met een tolerantie voor zout en typische brakke soorten (*Gammarus zaddachi*, *Neomysis integer*, *Idotea chelipes*).

Tijdens perioden van verhoogde saliniteit werden soorten met een affiniteit voor lage saliniteit vervangen door algemene kust en estuariene soorten (*Arenicola marina*, *Crangon crangon*, *Idotea baltica*, *Carcinus maenas*) en brakke soorten uit gebieden waar uitwisseling mogelijk was met zeewater (*Cerastoderma glaucum*, *Hydrobia ventrosa*).

Er waren slechts enkele soorten die ongeacht het saliniteitregime steeds aanwezig waren, waaronder *Hediste diversicolor* en *Palaemonetes varians*.

Uit deze observaties is een soortenlijst opgesteld met een indeling in ecologische categorieën die direct afgeleid zijn van de observaties (Tabel 3).

Een opmerkelijk punt van deze studie was de dynamische aanpassing van de lagune aan de enorme verschuivingen in saliniteit. Een verklaring daarvoor is dat de meeste waargenomen soorten uit de mariene omgeving afkomstig zijn. Na elk regimeverandering konden blijkbaar de geschikte soorten uit het mariene gebied de lagune snel gaan koloniseren.

Tabel 3

Macrobenthische soorten waargenomen in Lady's Island lake (Healy, 1997) met bijbehorende ecologische categorisering afgeleid uit de observaties. Een selectie is hier gemaakt van soorten met enige relevantie voor de situatie in het Veerse Meer.

Soorten	Ecologische Categorie	Saliniteit voorkeur	LEGENDA
Annelida			Ecologische Categorieën: M2 : tijdelijke mariene soorten (<1 jaar) M3 : tolerante mariene soorten M4 : permanente mariene soorten M5 : ter plaatse reproducerende mariene soorten B : brakke soorten ook in getijde gebieden L2 : lagune soorten met wijde tolerantie Saliniteit Voorkeur: - : Laag (< 10 ‰) + : Gemiddeld (10 – 25 ‰) ++ : Hoog (>25 ‰)
<i>Arenicola marina</i>	M4	+ / ++	
<i>Capitella capitata</i>	M3	++	
<i>Hediste diversicolor</i>	M5	- / +	
<i>Polydora ligni</i>	B	++	
Cirripedia			
<i>Balanus improvisus</i>	B	++	
Mysidacea			
<i>Neomysis integer</i>	B	- / +	
<i>Praunus flexuosus</i>	M5	+ / ++	
Isopoda			
<i>Idotea baltica</i>	M4	++	
<i>Idotea chelipes</i>	L2	- / +	
Amphipoda			
<i>Gammarus locusta</i>	M2-3	++	
<i>Gammarus zaddachi</i>	B	- / ++	
Decapoda			
<i>Carcinus maenas</i>	M4	+ / ++	
<i>Crangon crangon</i>	M4	+ / ++	
<i>Palaemon serratus</i>	M2	++	
<i>Palaemon varians</i>	L2	- / ++	
Mollusca			
<i>Hydrobia ulvae</i>	M2	++	
<i>Littorina littorea</i>	M3	++	
<i>Mya arenaria</i>	M4-5	+ / ++	
<i>Mytilus edulis</i>	M4-5	+ / ++	

4.3.2 Seys & Meire (1988)

Seys en Meire (1988) beschreven, in hun rapportage over het macrozoöbenthos uit het Veerse Meer, o.a. de saliniteitsniveaus die het voorkomen van de belangrijkste soorten bepalen. Hun bevindingen zijn samengevat in de volgende tabel (Tabel 4).

Tabel 4

Saliniteitstolerantie en stromingsvoorkeur van sommige belangrijke soorten uit het Veerse Meer (1987/1988) samengesteld door Seys en Meire (1988) (.. = niet vermeld, < = negatieve effect, > = positieve effect). Ook daarbij aanvullende commentaren van de auteurs en een prognose (tussen haakjes) over de mogelijke effecten van verhoogde zoutgehalte en stroming/wateruitwisseling.

Volksnaam	Soort en species namen	Familie	Saliniteit (ppt)		Stroming	Aanvullende commentaren van Seys en Meire (1988) [verwachting]
			Min.	Max.		
Brakwaterkokkel	<i>Cerastoderma glaucum</i>	Mollusca	5	38	..	Werd in de Grevelingen vervangen door <i>C. edule</i> na het stijgen van het zoutgehalte en wateruitwisseling [afname]
Strandgaper	<i>Mya arenaria</i>	Mollusca	4	29	<	Optimum zoutgehalte zou meer aan de brakke kant liggen. <i>M. arenaria</i> aanwezig na de afsluiting. [afname]
Mossel	<i>Mytilus edulis</i>	Mollusca	16	..	>	Naast de stroming, zou voedsel-aanvoer ook een grote rol moeten spelen in zijn voorkomen [toename]
Gevlochten Fuikhorn	<i>Nassarius reticulatus</i>	Mollusca				Ontwikkelde zich explosief in de Grevelingen na de stijging van het zoutgehalte [toename]
	<i>Polydora ligni</i>	Polychaeta				Euryhalien, voorkeur voor brak water, nam af in de Grevelingen na de stijging van het zoutgehalte [afname]
	<i>Polydora quadriloba</i>	Polychaeta				Nam toe in de Grevelingen na de stijging van het zoutgehalte [toename]
..	<i>Pygospio elegans</i>	Polychaeta	5	27	>	Voor 1975 was <i>P. elegans</i> schaars. [?]
..	<i>Tharyx marioni</i>	Polychaeta	11	..	..	Lijkt ook afhankelijk te zijn van het hoge eutrofiëringsniveau: densiteit veelal lager in Grevelingen [afname]
..	<i>Heteromastus filliformis</i>	Polychaeta	5	..	..	Ook te vinden in gebieden met hogere saliniteit [?]
..	<i>Alkmaria romijni</i>	Polychaeta	..	..	..	Beperkt tot de Zandkreek bij hoge saliniteit en variatie daarvan [toename]
	<i>Gammarus locusta</i>	Crustacea	5	29	..	Afhankelijk van de wervelden [?]
	<i>Corophium insidiosum</i>	Crustacea	..	..	..	Gebonden aan de aanwezigheid van zeesla, mesohaline soort [afname]
	<i>Corophium volutator</i>	Crustacea				Beperkt tot het oostelijke deel bij hoge saliniteit [toename]

In zijn huidige vorm kan deze tabel rechtsreeks gebruikt worden voor het voorspellen van de mogelijke effecten van het doorlaatmiddel op het macrobenthos (zie voorts Hoofdstuk 6).

4.3.3 Malta et al. (1998)

De bedoeling van de rapportage van Malta *et al.* (1998) was om de effecten van een verhoogde zoetwaterinlaat in de Oosterschelde op het macrobenthos in kaart te brengen. Er is daarvoor een literatuuronderzoek uitgevoerd dat heeft geleid tot het samenstellen van een soortenlijst met voorkomen in relatie tot o.a. de chloriniteit. In deze soortenlijst kregen de soorten een score van 0 tot 2 afhankelijk van hun voorkomen: 0 = soorten die niet of nauwelijks voorkomen, 1 = lage abundantie, 2 = hoge abundantie. De chloriniteit (‰) klassen waren >15, 15-10, 10-5 en 5-2 die overeenkomen met respectievelijk de volgende saliniteit (‰) klassen >27, 27-18, 18-9 en 9-4. Soorten met een optimum representatie (2) in 27-18, 18-9 en een lagere score in klasse >27 (Tabel 5) zouden dus, volgens de prognose van Nolte et al. (2002) last kunnen krijgen van het doorlaatmiddel. Dit wordt verder bediscussieerd onder Hoofdstuk 6.

Tabel 5

Het voorkomen van soorten in de Oosterschelde in relatie tot chloriniteit (uit tabel 2 in Malta et al (1998)). 0= komt niet of nauwelijks voor, 1= komt voor maar niet abundant, 2= komt abundant voor. De soorten in deze tabel behoren tot een selectie van soorten met een optimum in saliniteit klassen 27-18 en lager.

Soorten	Saliniteit			
	>27 ‰	27-18 ‰	18-9 ‰	9-4 ‰
Mollusca				
<i>Cerastoderma glaucum</i>	1	2	2	1/0
Polychaeta				
<i>Boccardiella ligerica</i>	1	1	2	2
<i>Marenzelleria viridis</i>	1	2	2	1
<i>Polydora ligni</i>	1	2	2	2/1
<i>Streblospio shrubsolii</i>	1	2	2	1

5 Karakteristieken van het Macrobenthos uit het Veerse Meer

Vanaf 2004 wordt door de ingebruikname van een doorlaatmiddel een dagelijkse uitwisseling tussen het Veerse Meer en de Oosterschelde bewerkstelligd. Daarom is het van belang om een overzicht te krijgen van de karakteristieken van deze systemen inclusief hun macrobenthische gemeenschappen.

5.1 AANTAL SOORTEN IN HET VEERSE MEER EN IN NABIJGELEGEN SYSTEMEN (1992-2003)

De BIOMON gegevens geëxporteerd uit het BIS programma zijn gebruikt om een vergelijking te maken tussen de macrobenthische gemeenschappen van de Westerschelde, Oosterschelde, Grevelingen en Veerse Meer over de periode 1992-2003.

Tabel 6

Aantal macrobenthische soorten aangetroffen in vier gebieden uit de delta wateren.

Gebied	Aantal soorten	Totaal aantal soorten
Oosterschelde	221	255
Westerschelde	145	
Grevelingen	138	
Veerse Meer	89	

Het aantal soorten laat een dalende trend zien volgens de gradiënt Oosterschelde > Westerschelde > Grevelingen > Veerse Meer (Tabel 6).

Om verder te gaan met een vergelijking tussen de vier gebieden is het wenselijk om een selectie te maken van de, voor deze systemen, kwantitatief representatieve soorten. Daarvoor is er, per gebied, een selectie gemaakt van de soorten die de drempelwaarde van 5% (aanwezigheid in monsters per gebied) in frequentie overschrijden. Om rekening te houden met de ruimtelijke en temporele variatie in de soortendistributie zijn de soortenfrequentie afzonderlijk berekend per campagne (seizoen) en deelgebied binnen elk gebied: Na verwerking bestaat de 5% frequentietabel uit 271 soorten waarvan 25 gemeenschappelijk voorkomen in de vier systemen (Tabel 7).

Tabel 7

Aantal macrobenthische soorten aangetroffen in meer dan 5% van de monsters (op basis van observatie op het niveau van Campagne en deelgebied, zie tekst) in elk van de vier gebieden uit de delta wateren.

Gebied	Aantal soorten (>5%)	Aantal gebieds-gebonden soorten (>5%)	Gezamenlijke soorten (>5%)	Totaal aantal soorten (>5%)
Oosterschelde	163	48	25	206
Westerschelde	87	17		
Grevelingen	103	11		
Veerse Meer	61	12		

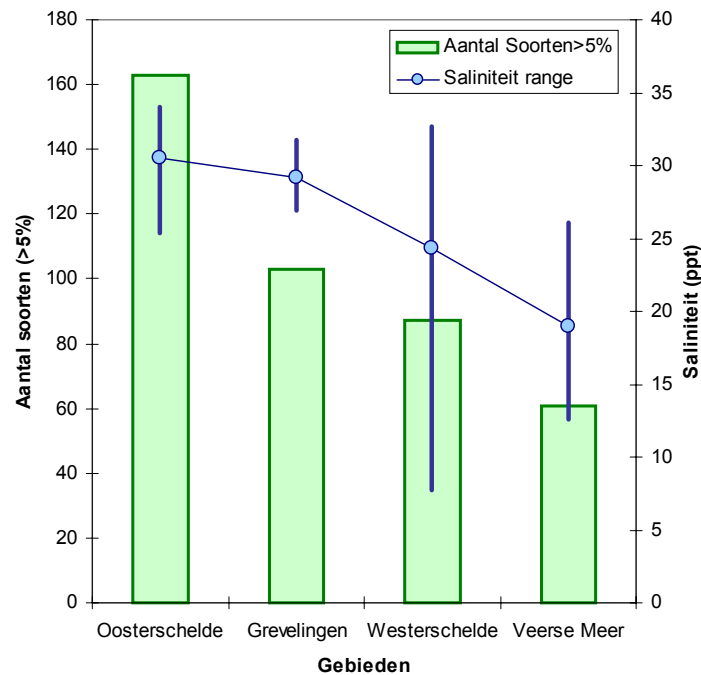
Het laagste aantal soorten boven 5% werd gevonden in het Veerse Meer. Daarentegen werd het laagste aantal gebieds-gebonden soorten waargenomen in de Grevelingen.

De grote verschillen in diversiteit van de verschillende bekkens (voor zowel het totaal aantal soorten als voor de frequent (> 5%) aangetroffen soorten) weerspiegelt mogelijk de afnemende uitwisseling van deze systemen met het open kustgebied. Door een afname van de mariene invloed en een mogelijke toename van continentale invloed kunnen nutriënten, die met het zoete water zijn meegekomen, zich meer in een systeem accumuleren. Deze situatie kan tot een verhoging van de eutrofiëring leiden die vaak gepaard gaat met een vermindering van de diversiteit (Pearson et al., 1978).

De afname van uitwisseling met het kustgebied kan geïllustreerd worden met de gemiddelde saliniteit (uit <http://www.waterbase.nl>) voor de verschillende systemen (Bijlage 1).

Figuur 2

Aantal soorten met een aanwezigheid frequentie groter dan 5% (afzonderlijk berekend per campagne en deelgebied) en gemiddelde saliniteit (met extreme waarden) in Oosterschelde, Grevelingen, Westerschelde en Veerse Meer.



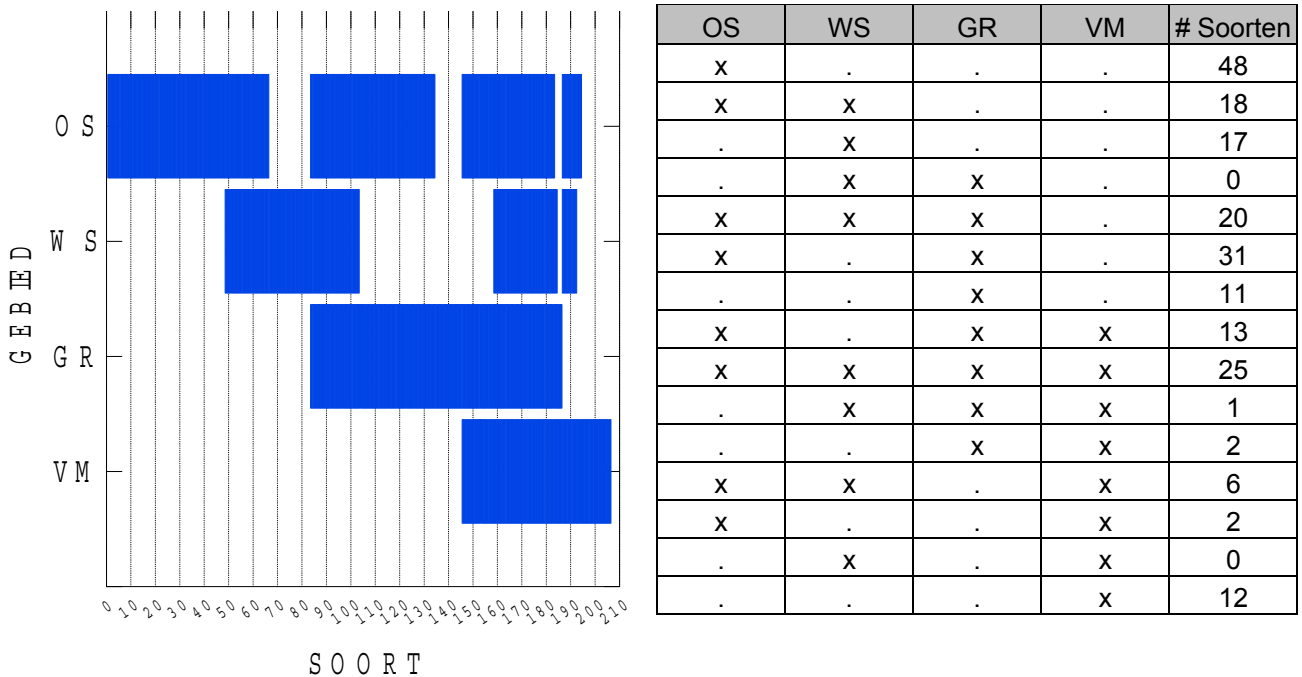
Inderdaad volgt de afname in aantal soorten in grote lijnen de mate van verzoeting (d.i. afnemende mariene invloed) binnen de verschillende bekkens (Oosterschelde, Westerschelde, Grevelingen, Veerse Meer) (Figuur 2). De hoge saliniteit in het Grevelingenmeer is niet te danken aan een overheersende uitwisseling met het kustgebied, maar eerder aan de geringe belasting met zoetwater (Withagen, 2000). De mate van uitwisseling (c.q. de verblijftijd of stabiliteit) is daarom mogelijk ook een factor die de soortendiversiteit beïnvloedt. De gebieden met een minder variabele saliniteit (Figuur 2, Bijlage 1) hebben de hogere diversiteit. De Westerschelde wijkt enigszins af van deze trend met een grotere variabiliteit en toch meer soorten dan het Veerse Meer. Dat komt omdat de variatie in saliniteit in de Westerschelde verspreid is over een brede ruimtelijke gradient met in ieder deelgebied een geringere variatie. In het Veerse Meer zijn het temporele variaties die het hele meer treffen.

Een overzicht van welke soorten waar voorkomen (Figuur 3) laat zien dat vooral de Oosterschelde een grote groep gebiedsgebonden (in feite voor die bekkens unieke) soorten kent. Duidelijk is ook dat het Veerse Meer een soortensamenstelling heeft die het meest op een deel van die van de Oosterschelde lijkt, echter dan soorten-artermer. Toch kent het Veerse Meer ook nog een redelijk aantal gebieds-gebonden (unieke) soorten.

Samenvattend kan voor het Veerse Meer gesteld worden dat door een lage saliniteit en geringe lange-termijn stabiliteit van omgevingsfactoren de diversiteit van de bodemdieren gering is. De bodemdierengemeenschap lijkt het meest op een verarmde versie van die in de Oosterschelde. Openstellen van het doorlaatmiddel zal én de saliniteit én de stabiliteit laten toenemen waarmee verwacht mag worden dat de diversiteit zal toenemen in de richting van die van de Oosterschelde.

Figuur 3

Grafiek: Aanwezigheid van de 206 soorten (X-as) met een aanwezigheid frequentie groter dan 5% (afzonderlijk berekend per campagne en deelgebied) binnen in de vier gebieden OS=Oosterschelde, WS=Westerschelde, GR=Grevelingen en VM=Veerse Meer (Y-as). Een blauw balk staat voor de aanwezigheid van de soort rechtsonder op de X-as. Tabel: Aantal soorten gevonden (>5%) in de verschillende gebieden. De aangekruiste cellen in de vier eerste kolommen staan voor de gebieden waar de soorten gevonden zijn.



5.2 BRUIKBAARHEID VAN DE MONITOR-GEGEVENS BIJ HET VOORSPELLEN VAN EFFECTEN

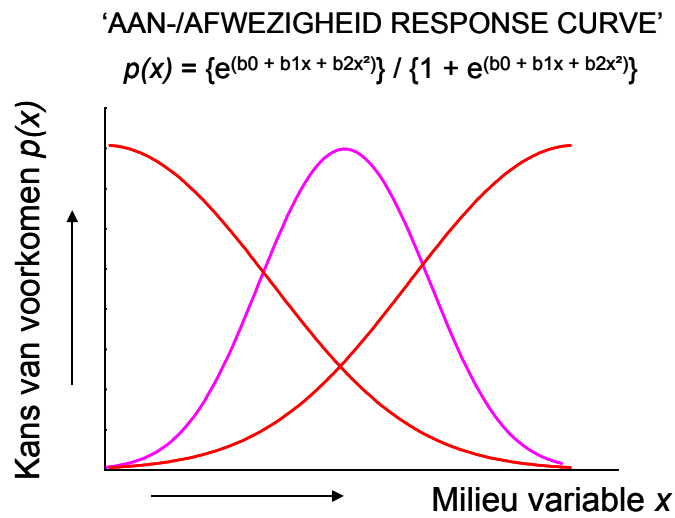
De gegevens maken de sterke overeenkomsten tussen de vier systemen Westerschelde / Oosterschelde / Veerse Meer / Grevelingenmeer duidelijk. Bijvoorbeeld van 64 de 79 waargenomen soorten (>5%) in het Veerse Meer zijn ook aanwezig in de andere systemen.

Met de toenemende uitwisseling door het doorlaatmiddel en de daardoor veroorzaakte veranderingen in het Veerse Meer zullen hoogwaarschijnlijk soortverschuivingen plaatsvinden. Op basis van de BIOMON dataset, (>10 jaar observaties) kunnen tendensen en variaties in het bodemdieren-bestand, na ingebruikname van het doorlaatmiddel, nog gedetailleerder dan in H 3 en 6, geschat worden. Dit kan gebeuren door middel van logistische regressie zoals door Ysebaert & Meire (1999) voor de Westerschelde.

Logistische regressies zijn gebruikt om soortenspecifieke patronen te extraheren uit de dataset. De logistische regressie is een niet-lineaire variant van regressie-analyse, een zogenaamd gegeneraliseerd lineair model. Zoals de naam al suggereert vormen gegeneraliseerde lineaire modellen (GLM) een uitbreiding van lineaire modellen (McCullagh & Nelder 1989). Bij logistische regressie is de responsvariabele een binaire variabele met waarden 'aanwezig' (1) of 'afwezig' (0). Het logistische regressiemodel modelleert de response van een bepaalde bodemdiersoort (in dit geval dus de aan- of afwezigheid van de soort) als een functie van één of meerdere omgevings- of milieuvariabelen. De binaire respons variabele wordt hierbij gerelateerd aan de verklarende variabelen door de 'logistische link' functie. Dit kunnen we visualiseren aan de hand van de 'aan-/afwezigheid respons curve', welke de kans dat een soort aanwezig is ($p(x)$) weergeeft in functie van een gemeten omgevingsvariabele, bijv. zoutgehalte (Figuur 4). De parameters b_0 , b_1 en b_2 zijn de regressiecoëfficiënten, waarbij b_0 de intercept of constante term is. De response curve kan symmetrisch en 'klokvormig' zijn (dit is het geval wanneer de kwadratische term in het model staat), of een sigmoidale toename of afname vertonen (dit is het geval wanneer de term b_2 naar nul gaat).

Figuur 4

Voorbeeld van een aan/afwezigheid response curve, standaard uitvoer van een logistische regressie waar de kans dat een soort aanwezig is, $p(x)$, weergegeven is als een functie van een gemeten omgevingsvariabele (vergelijking in graffitel).



Voor zowel de soorten die al aanwezig zijn in het Veerse Meer, als voor de soorten in de omliggende wateren, kan bekeken worden of zij gelijk blijven in aantal, zich uitbreiden, nieuw binnen komen, of verdwijnen.

6 Een mogelijke scenario voor het Veerse Meer na 2004

6.1 ALGEMENE VERANDERINGEN

Op basis van de voorliggende documentatie (Lambeck, 1982; Seys en Meire 1988, Healy, 1997; Malta et al., 1998, Nolte 2002, Schaub et al., 2002) en de beschikbare expertise kunnen de volgende algemene voorspellingen gedaan worden:

- De waterkwaliteit van het Veerse Meer zal verbeteren door het doorlaatmiddel. De voorspelling is dat het Veerse Meer een zout, licht geëutrofeerd meer zal worden, met een sterke afname van de zuurstofloosheid in de zomer.
- Het totaal aantal soorten zal toenemen door een stijging van de saliniteit en een verbetering van de wateruitwisseling in het meer. Echter door de hogere saliniteit zal het aandeel echte brakwatersoorten, zoals de brakwaterkokkel, achteruitgaan.
- Door het terugdringen van de stratificatie, waardoor zuurstofloosheid minder zal optreden, zullen diepere delen van het meer door meer bodemdieren gekoloniseerd kunnen worden.
- De verbetering van de waterkwaliteit (lagere nutriënten concentraties) en de grotere stabiliteit van het watersysteem zal gepaard gaan met een toename van het aantal soorten met een levenscyclus van meerdere jaren (zoals mollusken) en achteruitgang van korte-termijn strategen (kleinere polychaeten).
- Door een toename van het doorzicht kunnen surface deposit feeders en grazers in aantallen toenemen.
- Door een mogelijk evenwichtiger verdeling van temperaturen over de diepte, waardoor ten opzichte van de huidige situatie in de zomer ook in de diepere delen water met relatief hogere temperaturen voor zal komen, kunnen soorten aan de noordgrens van hun areaal en exoten, zoals de Japanse oester, zich sterker gaan uitbreiden.
- De mogelijke achteruitgang van de bestaande zeesla-velden, in het voordeel van zeegras-velden, wordt niet beschouwd als een bedreiging van de macrobenthische soorten. De auteurs constateerden namelijk dat zowel in zeesla- als in zeegrasvelden een zelfde gemeenschap aanwezig was. Deze constatering was gebaseerd op een vergelijking tussen de epi- en infauna van zeegrasvelden (*Zostera marina*) in het Grevelingenmeer en de zeeslavevegetaties (*Ulva sp.*) van het Veerse meer. In beide gevallen was er sprake van een groot aantal soorten en individuen, en dit vooral onder de kleinere Crustacea.

6.2 VERANDERINGEN OP SOORTENNIVEAU

Voor meerdere belangrijke soorten is het mogelijk om een indicatie te geven van hoe ze zullen reageren (in biomassa en dichtheid) op het doorlaatmiddel (Tabel 8). Over de exacte omvang van deze veranderingen is echter geen uitspraak te doen. Daarvoor is meer informatie nodig over de auto-ecologie van de lokale populaties.

In enkele gevallen zijn er sterke indicaties dat veel zou kunnen veranderen. Dat is bijvoorbeeld het geval voor de Japanse oester *Crassostrea gigas*. De soort is nu bekend om zijn explosieve ontwikkeling in de Oosterschelde met een verdubbeling van het bestand over de laatste tien jaar (Kater & Baars, 2003). In de Zandkreek is volgens deze auteurs, tussen 1990 en 2002, de oppervlakte van de oesterbanken gestegen van 12 tot 73 ha. Niets zou de opmars van de oesters kunnen stoppen als het doorlaatmiddel in gebruik genomen zal worden.

De gevlochten Fuikhoorn is ook een van de soorten waarvan een explosieve toename te verwachten is in het Veerse Meer met de ingebruikname van het doorlaatmiddel. Dit scenario wordt sterk ondersteund door de sterke toename van deze soort waargenomen in het Grevelingenmeer na de afsluiting (Lambeck, 1982). De verklaring voor deze toename leek een combinatie te zijn van de lage waterbeweging en de hoge saliniteit in het meer na de sluiting. Dat zijn precies de omstandigheden die zullen gaan heersen in het Veerse Meer door de ingebruikname van het doorlaatmiddel.

Definitie van een relevante T₀ situatie voor de macrofauna van het Veerse Meer

Tabel 8

Samenvatting van de beschikbare informatie op soortniveau over het mogelijke effect van het doorlaatmiddel (– sterke afname of verdwijnen van de soort, - = afname, 0 = geen verandering, + geringe toename, ++ = toename, +++ expansieve toename, (n) nieuwe soort voor Veerse Meer; voorspellingen gebaseerd op gegevens van 1 = Seys & Meire (1988), 2 = Malta et al. (1998), 3 = Lambeck 1982, 4 = Schaub et al 2002, 5 = Healy 1997, 6 = NIOO-CEME expertise (Hummel, Escaravage, Sistermans, Ysebaert)).

Soort	Familie	Beïnvloedende factor(en)	Verwachte ontwikkeling	Bron
<i>Abra nitida</i>	Mollusca	stratificatie, zuurstof, zout	+++	6
<i>Cerastoderma glaucum</i>	Mollusca	zoutgehalte	--	1,6
<i>Cerastoderma edule</i>	Mollusca	zoutgehalte, stroming	+	6
<i>Corbula gibba</i>	Mollusca	zoutgehalte	+	6
<i>Crassostrea gigas</i>	Mollusca	zoutgehalte, temperatuur	++	6
<i>Crepidula fornicata</i>	Mollusca	zoutgehalte	+	6
<i>Hydrobia ulvae</i>	Mollusca	doorzicht, nutrienten	+ / +++	4,5 / 6
<i>Hydrobia ventrosa</i>	Mollusca	zoutgehalte	--	6
<i>Littorina littorea</i>	Mollusca	zoutgehalte	0 / +	6 / 5
<i>Mya arenaria</i>	Mollusca	zoutgehalte	- (aantal) / 0 (biomassa)	1,6 / 5,6
<i>Mytilus edulis</i>	Mollusca	zoutgehalte, stroming	0 / +	5 / 1,6
<i>Nassarius reticulatus</i>	Mollusca	zoutgehalte	++ / 0	1,3 / 6
<i>Alkmaria romijni</i>	Polychaeta	zoutgehalte, zuurstof	+ / --	1 / 6
<i>Ampharetidae</i>	Polychaeta	zoutgehalte	-	6
<i>Arenicola marina</i>	Polychaeta	zoutgehalte	0	5,6
<i>Boccardiella ligerica</i>	Polychaeta	zoutgehalte	- / 0	2 / 6
<i>Capitella capitata</i>	Polychaeta	zoutgehalte	+	5,6
<i>Eteone longa</i>	Polychaeta	zoutgehalte	+ (n)	6
<i>Exogone naidina</i>	Polychaeta	zoutgehalte	+ (n)	6
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Polychaeta	stroming	-	6
<i>Harmothoe impar</i>	Polychaeta	zoutgehalte	+ (n)	6
<i>Hediste diversicolor</i>	Polychaeta	zoutgehalte, stroming	-	5,6
<i>Hediste succinea</i>	Polychaeta	zoutgehalte	+	6
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta	zoutgehalte	0 / -	1 / 6
<i>Manayunkia aestuarina</i>	Polychaeta	zoutgehalte	--	6
<i>Marenzelleria viridis</i>	Polychaeta	?	0 /	2,6
<i>Nereis (Hediste) diversicolor</i>	Polychaeta	stroming	-	6
<i>Polydora cornuta</i>	Polychaeta	zoutgehalte	- / 0 / +	1 / 2,6 / 5
<i>Polydora quadriloba</i>	Polychaeta	zoutgehalte	+	1
<i>Pygospio elegans</i>	Polychaeta	stroming, zoutgehalte	- / +	6
<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta	zoutgehalte	+	6
<i>Streblospio benedicti</i>	Polychaeta	doorzicht, nutrienten	++	6
<i>Syllidia armata</i>	Polychaeta	zoutgehalte	+ (n)	6
<i>Tharyx marioni</i>	Polychaeta	zoutgehalte, nutrienten	-	1
<i>Chironomus salinarius</i>	Insecta	zoutgehalte	--	6
<i>Aora typica</i>	Crustacea	zoutgehalte	+ (n)	6
<i>Atylus swammerdami</i>	Crustacea	zoutgehalte	+ (n)	6
<i>Autolytus langerhansi</i>	Crustacea	zoutgehalte	+ (n)	6
<i>Cheirocratus sundevallii</i>	Crustacea	zoutgehalte	+ (n)	6
<i>Corophium insidiosum</i>	Crustacea	zoutgehalte, nutrienten (zeesla)	-	1,6
<i>Corophium volutator</i>	Crustacea	zoutgehalte	- / +	6 / 1
<i>Cyathura carinata</i>	Crustacea	zoutgehalte	--	6
<i>Eurydice pulchra</i>	Crustacea	nutrienten (zeesla)	-	6
<i>Gammarus locusta</i>	Crustacea	zoutgehalte	- / +	6 / 5
<i>Gammarus salinus</i>	Crustacea	zoutgehalte	-	6
<i>Gammarus zaddachi</i>	Crustacea	zoutgehalte	0 / --	5 / 6
<i>Idotea chelipes</i>	Crustacea	zoutgehalte, stroming	-	5,6
<i>Jaera albifrons</i>	Crustacea	zoutgehalte	-	6
<i>Microdeutopus anomalous</i>	Crustacea	stroming	+ (n)	6
<i>Microdeutopus damnoniensis</i>	Crustacea	stroming	+ (n)	6
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	Crustacea	zoutgehalte	-	6
<i>Praunus flexuosus</i>	Crustacea	zoutgehalte	0 / --	5 / 6
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	Crustacea	zoutgehalte	--	6
<i>Sphaeroma hookeri</i>	Crustacea	zoutgehalte, nutrienten (zeesla)	-	6
<i>Sphaeroma rugicauda</i>	Crustacea	zoutgehalte, nutrienten (zeesla)	-	6

7 Algemene conclusies

7.1 PROGNOSE VOOR DE OMGEVINGSFACTOREN

In het Veerse Meer zal door ingebruikname van een doorlaatmiddel vanaf 2004 het milieu sterk veranderen. De voor de bodemdieren belangrijkste veranderende omgevingsfactoren zijn (in volgorde van prioriteit):

- het zoutgehalte, met een sterke verhoging van gemiddeld 11.5 ‰, dat ruimtelijk (horizontaal en verticaal) meer homogeen verdeeld zal zijn
- het zuurstofgehalte dat, mede door verminderde stratificatie en toename van de stroming, zal toenemen in vooral ook de diepere strata
- de stratificatie, die zal afnemen door toenemende stroming en verminderde zoutgehalte verschillen, hetgeen bijdraagt aan een vermindering van ruimtelijke gradienten
- de nutriëntenconcentraties die zullen afnemen door een betere doormenging
- het doorzicht, dat zal toenemen
- de temperatuur, die in de diepere delen zomers zal toenemen door een betere doormenging vanwege verminderde stratificatie.

In vervolganalyses behoren de effecten van veranderingen in het zout- en zuurstof-gehalte centraal te staan en kunnen (de meer indirecte) effecten van veranderingen in de doormenging, de nutriëntenconcentratie, doorzicht en temperatuur in de marge meegenomen worden.

7.2 PATRONEN EN TRENDS UIT DE BASALE UITWERKING VAN DE MONITORINGSGEGEVENS

De ontwikkeling van het bodemdierenbestand laten gedurende de laatste 13 jaren sterke veranderingen zien. Op basis van diverse classificaties zoals:

- taxon (bijv. wormen versus tweekleppigen)
- voedings-type (bijv filter-feeders versus subsurface deposit feeders)
- preferenties (bijv. brakwater versus mariene soorten)

zijn algemene patronen, en globale veranderingen, in het bodemdierenbestand te schetsen. De belangrijkste patronen en veranderingen in het bodemdierenbestand waren:

- er zijn 123 taxonomische eenheden, wat vergeleken met de omringende bekkens een gering aantal is.
- wormen vormen 80 % van de dichtheid. Het aandeel van de wormen stijgt geleidelijk.
- weekdieren vormen 83 % van de biomassa. Het aandeel van de weekdieren daalt.
- in de diepere delen van het Veerse Meer zijn de bestanden van de meeste soorten afgestorven dan wel gedecimeerd,
- in het algemeen nemen totale dichtheden en biomassa van de bodemdieren af. Ook voor de meeste soorten die wel een toename over de hele periode laten zien, is.

De globale schets uit dit rapport is verwerkt in het werkplan te gebruiken voor het definiëren van de T₀ situatie (Hoofdstuk 8).

De trends doortrekkende kan middels uni- en multivariate technieken in meer detail nagegaan worden wat de samenstelling van het benthos zal/zou zijn op het moment dat het doorlaatmiddel in gebruik wordt genomen als aanvulling op de T₀ situatie. Dit punt is meegenomen in de Aanbevelingen (Hoofdstuk 9).

7.3 TE VERWACHTEN EFFECTEN OP HET MACROBENTHOS

De belangrijkste te verwachten veranderingen in omgevingsfactoren, en bijgevolg bodemdieren, ten gevolge van ingebruikname van het doorlaatmiddel, zijn:

- een stijgend zoutgehalte, dat ruimtelijk (horizontaal en verticaal) meer homogeen verdeeld zal zijn.

Het macrobenthos van brakwatersystemen, wat een deel van het Veerse Meer nu is, wordt gekenmerkt door zijn hoge tolerantie voor veranderingen in abiotische parameters. Daardoor zijn de soorten meestal over brede ruimtelijke gradiënten gedistribueerd. Desondanks, zal de verhoging van het zoutgehalte dusdanig hoog zijn dat kenmerkende brakwatersoorten, zoals de brakwaterkokkel, naar verwachting toch uit het grootste deel van het Veerse Meer zullen verdwijnen.

- een betere doordringing van het zuurstofgehalte in de diepere delen

Vooraf in de diepere delen van het Meer zal in het algemeen de sterk dalende trend voor biomassa en dichtheden van bodemdieren omgebogen kunnen worden in een positieve trend.

- een afname van de stratificatie, in combinatie met een hogere stroming en sterkere uitwisseling met de Oosterschelde, en daardoor een meer homogene ruimtelijke verdeling van de omgevingsfactoren (zoals zoutgehalte en zuurstof)

Het duidelijke onderscheid tussen het westelijke en oostelijke deel (westen hogere biomassa vooral van weekdieren, maar in oosten relatief en absoluut hoge bijdrage van wormen in biomassa; oosten hogere totale dichtheden vooral door wormen) zal minder scherp worden door een meer homogene verdeling.

Daarenboven kunnen de biomassa en dichtheden van het bodemdierenbestand in de diepere delen (die nu nagenoeg genihileerd zijn) meer gelijk worden aan die van de bovenste strata. Bijgevolg zullen vooral ook de Japanse oester en de gevlochte fuikhoorn goed gaan gedijen in het nieuwe Veerse Meer.

- een afnemende nutriëntenconcentratie, een toenemend doorzicht, en in diepere delen stijgende zomer-temperatuur.

Gevolgen in de marge zijn te verwachten, waarbij door een toenemende temperatuur in de diepere strata alle soorten kunnen toenemen, en door de afnemende nutriëntenconcentratie en het toenemend doorzicht vooral polychaeten zullen afnemen en enkele weekdiersoorten, zoals epifytische grazers als het wadslakje, zullen toenemen.

De verzameling van te verwachten effecten op het macrobenthos door de ingebruikname van het doorlaatmiddel is verwerkt in het werkplan te gebruiken voor het definiëren van de T₀ situatie (Hoofdstuk 8).

7.4 AANVULLENDE INFORMATIE OVER DE DISTRIBUTIEGRENZEN VAN MACROBENTHISCHE SOORTEN

De geschetste opsomming van globale veranderingen in het bodemdierenbestand is nog verder te verfijnen. Vele soorten blijken gemeenschappelijk voor te komen in de vier grote brakke/mariene bekkens van het deltagebied. Bijgevolg, is er veel informatie beschikbaar over de distributie van deze soorten voor uiteenlopende abiotische omstandigheden. Deze informatie kan gebruikt worden voor het samenstellen van ecoprofielen specifiek voor de belangrijkste soorten van het deltagebied op basis waarvan de reactie van deze bodemdieren op de effecten van het doorlaatmiddel (middels logistische regressies) beter is te voorspellen. Dit punt is meegenomen in de Aanbevelingen (Hoofdstuk 9).

7.5 DE MIDDELEN OM DE VERANDERINGEN WAAR TE NEMEN

Een correcte toetsing, en waarneming in het veld, van de veranderingen in de macrobenthische gemeenschap vereist een adequaat monitoringsysteem (Bijlage 2). Meer aandacht zou besteed kunnen worden aan het onderscheidingsvermogen van het huidige monitoringprogramma. Dit is nodig voor een correcte waarneming van de effecten van het doorlaatmiddel op het Veerse Meer. Dit punt is meegenomen in de Aanbevelingen (Hoofdstuk 9).

8 Werkplan

Op basis van de onderhavige rapportage en van een reeds uitgevoerde basale uitwerking van de monitoring gegevens van het Veerse Meer (1990-2003) geven wij hier richtlijnen voor een mogelijke uitwerking van de basale monitoring gegevens in een relevante T₀ situatie van het Veerse Meer voor het doorlaatmiddel.

8.1 AUTONOME TRENDS OF EFFECTEN VAN HET DOORLAATMIDDEL?

Om de effecten van het doorlaatmiddel op het Veerse Meer te kunnen bepalen is besloten om de huidige toestand van het meer in een zogenaamde T₀ situatie vast te leggen. Een T₀ situatie kan niet beperkt worden tot een moment-opname van een systeem, maar moet ook rekening houden met de trends aanwezig voor de T₀ situatie. Met andere woorden, het Veerse Meer zou ook zonder het doorlaatmiddel blijven veranderen ten opzichte van de huidige toestand. De effecten van het doorlaatmiddel gaan dus eerder waarneembaar zijn als een trendbreuk dan als een verandering *sensus stricto*.

Uit de basale uitwerking van de monitoring gegevens van het Veerse Meer in de periode 1990-2003 bleken sterke trends aanwezig te zijn in de macrofauna gemeenschap. De waargenomen trends in dichtheid of biomassa waren niet lineair over de studie periode (1990-2003) maar meestal wel over kortere perioden van 1, 2 tot drie jaar. In het Veerse Meer is waargenomen dat in het algemeen voor de ontwikkeling van de (biomassa en dichtheid) van de bodemdieren er een dalende trend was. Voor die soorten die over de hele periode een stijgende trend lieten zien, bleek dat veelal vanaf 2000 er toch een sterke daling was.

Voor de bepaling van een T₀ situatie moet dan een keuze gemaakt worden of we uitgaan van de trend over de gehele periode (1990-2003) of uitgaan van de laatste (lineaire) korte periode. In deze wordt door het CEME gekozen voor een benadering van de T₀ situatie vanuit de trend die verkregen wordt uit de totale observatie-periode, daar waar voor enkele soorten een "bandbreedte" in de voorspelling wordt aangehouden overeenkomend met de afwijkende trend over de laatste korte periode.

Om de veranderingen in de kortdurende trends causaal te kunnen duiden zou een multivariate analyse nodig zijn. Dit zou een voorspelling van een T₀ situatie, en de ontwikkeling na ingebruikname van het doorlaatmiddel, meer onderbouwing geven. Echter gezien de tijdsspanne waarin gewerkt wordt zal dit geen onderdeel van dit werkplan uitmaken (zie ook de aanbevelingen).

Daarom wordt voorgesteld aandacht te schenken aan:

- A. *Extractie van de lange termijn en actuele trends in dichtheid en biomassa van functionele groepen en soorten per deelgebied en dieptestratum, en extrapolatie van de trends naar 2004, te noemen de T₀ situatie, met inbegrip van een "bandbreedte" voor soort(groep)en met kortdurende tegengestelde trends.***

8.2 TEMPERING VAN DE VARIABILITEIT IN DE OMGEVINGSFACTOREN

De basale uitwerking van de monitoring gegevens liet de chaotische ontwikkeling van het macrobenthische bestand (soorten, dichtheid en biomassa) door de jaren heen zien. Dat werd voornamelijk toegeschreven aan de extreme variabiliteit van de abiotische factoren saliniteit en zuurstof. Met de ingebruikname van het doorlaatmiddel zullen de omvang van deze variaties drastisch afnemen. Het doorlaatmiddel zou dus ook tot een stabielere macrobenthische gemeenschap kunnen leiden. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld om aandacht te schenken aan:

- B. *Kwantificering van de temporele variabiliteit in soorten dichtheid en biomassa van functionele groepen en soorten per deelgebied en dieptestratum***

Hypervariabele systemen zijn vaak gekenmerkt door een dominantie van kleine en kortlevende over zwaarlijvige en traag-groeiende organismen (Pearson & Rosenberg, 1978). Uit de basale uitwerking bleken de wormen een dominante en toenemende fractie van de macrofauna voor hun rekening te nemen. Een afname van de *verworming* is te verwachten door het temperen van de systeemvariabiliteit. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld specifiek aandacht te schenken aan:

- C. *Vaststelling van de verworming (intensiteit en trend) in het Veerse Meer (per deelgebied en dieptestratum)***

Een hogere soortendiversiteit wordt verwacht in meer stabiele systemen (Pearson & Rosenberg, 1978). Het in gebruik nemen van het doorlaatmiddel zou een verhoging van de soortendiversiteit kunnen betekenen. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld om aandacht te schenken aan:

- D. *Afbakening van de soortendiversiteit in het Veerse Meer (per deelgebied en dieptestratum)***

8.3 AFVLAKKING/VERSTERKING VAN DE RUIMTELIJKE GRADIËNTEN

Het doorlaatmiddel zal zorgen voor meer homogeniteit van de waterkwaliteit over het gehele Veerse Meer. De verschillen waargenomen tussen de westelijke en oostelijke deelgebieden zullen dus ook waarschijnlijk meer gering worden. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld om aandacht te schenken aan:

- E. Kenmerken van de meeste saillante verschillen tussen de oostelijke en westelijke gebieden (per diepestratum)**

Door de verhoging van de saliniteit in het gehele meer zouden de gebieden dicht bij de lozingspunten van polderwater een ultieme toevlucht kunnen worden voor de typische brakke soorten. De actuele distributie van deze soorten zou kunnen gebruikt worden om dergelijke verschuivingen aan te duiden. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld om aandacht te schenken aan:

- F. Aanduiding van de typische brakke soorten in het Veerse Meer (per deelgebied en diepestratum)**

8.4 MEER LICHT OP DE BODEM

Door de voorspelde verbetering van het lichtklimaat is voornamelijk in de ondiepe strata een toename van de surface-deposit feeders verwacht. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld om aandacht te schenken aan:

- G. Abundantie en verspreiding van de surface deposit feeders in de ondiepe strata van beide deelgebieden**

8.5 DE DIEPTE IN

Na de ingebruikname van het doorlaatmiddel zal de zuurstofgehalte aanzienlijk toenemen in de diepere strata. In de basale uitwerking van de monitoring gegevens laten de meeste soorten met de toenemende diepte afnemende dichtheden en biomassa's zien. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld om aandacht te schenken aan een:

- H. Weergave van de aanwezigheid van soorten in de diepe strata (per deelgebied)**

8.6 VERZWAKKING VAN TYPISCHE EIGENSCHAPPEN

Het Veerse Meer kan getypeerd worden op basis van gebiedsgebonden soort (alleen in het Veerse Meer te vinden voor de Zeeuwse wateren) en van dominante soorten. De ingebruikname van het doorlaatmiddel zou een forse druk op deze organismen kunnen uitoefenen. Om de veranderingen beter te kunnen volgen moet hun huidige distributie goed in kaart worden gebracht. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld om aandacht te schenken aan:

- I. Verspreiding van de gebieds-gebonden en dominante soorten (per deelgebied en diepestratum)**

8.7 INTRODUCÉS EN EXOTEN

Vanuit het perspectief van het Veerse Meer lijkt het erg kunstmatig om een scheiding te hanteren tussen soorten die al een poosje in de Oosterschelde aanwezig zijn en de 'nieuwkomers'. Bij de opening van het doorlaatmiddel zullen ze allemaal hun kans krijgen om deze nieuwe vrijgegeven omgeving te koloniseren (zie Tabel 8). Daarbij is er geen reden om te denken dat exoten het beter zullen doen dan de, voor de Oosterschelde, inheemse soorten. De macrofauna gegevens uit Oosterschelde gebieden met vergelijkbare abiotische omstandigheden als in het nieuwe Veerse Meer (in de Kom of Keeten-Zijpe) kunnen gebruikt worden om een selectie te maken uit Tabel 8 van de potentiële succesvolle kolonisten. Voor de vaststelling van de T₀ situatie wordt daarom ook voorgesteld om aandacht te schenken aan:

- J. Selectie van potentiële nieuwkomers uit soortenlijsten van vergelijkbare gebieden in de Oosterschelde**

Aanbevelingen

Grote veranderingen zullen hoogwaarschijnlijk plaatsvinden in het Veerse Meer door de ingebruikname van het doorlaatmiddel. Om deze veranderingen beter te kunnen voorspellen en om ze later goed te kunnen waarnemen zijn er naast de definitie van een relevante T_0 situatie nog enkele acties te ondernemen.

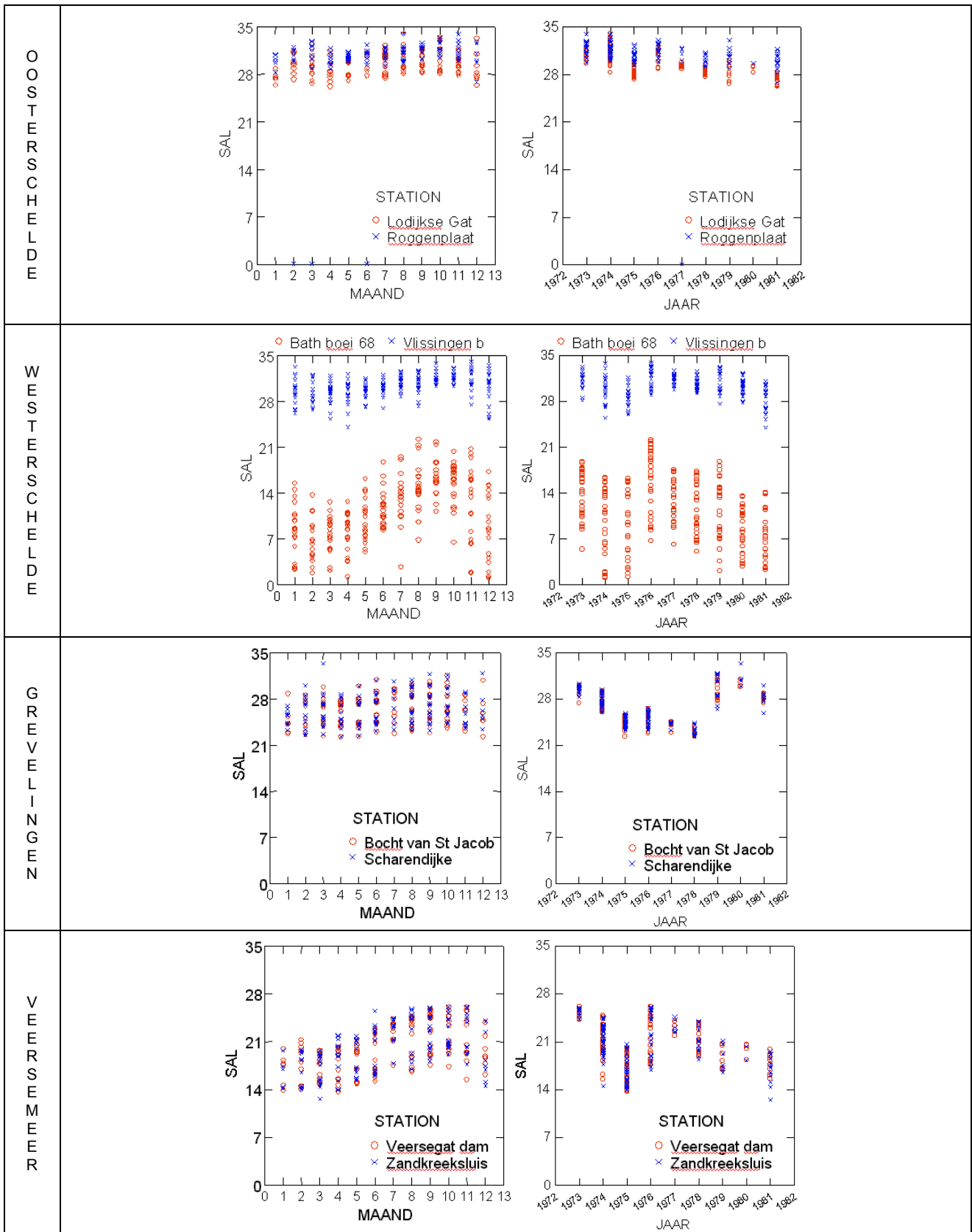
- ✓ De eerste actie gaat om een betere definitie van de ecoprofielen van de soorten aanwezig in het deltagebied. Dit kan gebeuren door het toepassen van statistische technieken op de BIOMON database, zoals door Ysebaert & Meire (1999) uitgevoerd voor de Westerschelde. Door het analyseren van de waargenomen soortendistributie is het, met logistische regressies, mogelijk om voor elke soort de responses op de omgevingsfactoren te bepalen. Deze responses worden direct verkregen vanuit de naastliggende bekkens wat pleit voor hun representativiteit bij het voorspellen van processen op lokaal niveau. De voorspellingen, gemaakt op basis van gegevens uit de literatuur en aanwezige expertise, zouden dan harder gemaakt kunnen worden met deze nieuwe input. Bovendien zou de informatie over de abiotische controle van de macrofauna de reeds waargenomen trends kunnen verklaren. Daarmee zou de scheiding tussen autonome ontwikkelingen en doorlaatmiddel effecten gemakkelijker worden gemaakt.
- ✓ De tweede actie betreft het monitoringprogramma. Volgens een voorlopige studie (Bijlage 2) blijkt het huidige monitoringsprogramma niet gevoelig te zijn voor geringe variaties in dichtheid. Deze studie zou verdiept moeten worden om goed in kaart te brengen wat wij met het huidige bemonsterings-systeem van de toekomstige veranderingen wel of niet kunnen waarnemen. Eventuele aanpassingen voor het optimaliseren van de monitoring zullen dan voorgesteld kunnen worden.
- ✓ Aangezien vanuit het beschikbare monitoringsprogramma slechts een overzicht van een deel van het Veerse Meer bekend is, kan een extrapolatie van de gegevens naar het gehele meer, zoals de aanwezigheid van typische brakwatersoorten, niet altijd uitgevoerd worden. Middels de toepassing van GIS technieken en/of door een uitgebreidere (eenmalige) survey zouden betere schattingen gemaakt kunnen worden.

Pas na de voltooiing van deze acties zouden wij in staat moeten zijn om de veranderingen beter te kunnen voorspellen en volgen.

Literatuur

- Attrill MJ (2002) A testable linear model for diversity trends in estuary. *J Anim Ecol* 71: 262-269
- Barnes RSK (1984) *Estuarine Biology*. Arnold, London
- Barnes RSK (1989) What, if anything, is a brackish water fauna. *Earth Sciences* 80: 235-240
- Cohen J (1988) *Statistical power analysis for the behavioural sciences*, 2nd ed.. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
- Cognetti G, Maltagliati F (2000) Biodiversity and Adaptive Mechanisms in Brackish Water Fauna. *Marine Pollution Bulletin* 40: 7-14
- Healy B (1997) Long-term changes in a brackish lagoon, Lady's Island Lake, South-East Ireland. *Biol & Envir* 97B: 33-51
- Holme NA, McIntyre (1971) *Methods for the study of Marine Benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p 80-130.
- Kinne O (1971) Ch. 4 Salinity. In: Kinne O (ed) *Marine Ecology, Environmental factors*. p 821-996
- Lambeck, R.H.D. (1982) Colonization and distribution of *Nassarius reticulatus* (Mollusca: Prosobranchia) in the newly created saline Lake Grevelingen. *Neth. J. Sea Res.* 16: 67-79.
- Malta E-J, Stikvoort E, Craeymeersch J (1998) Herstel van estuarine gradiënten in de Oosterschelde: een verkenning naar effecten op de bodemdieren van het zachte substraat. In: NIOO/CEMO, Yerseke, p 69
- Nolte A (2002) Onderzoek naar de toekomstige waterkwaliteit en ecologie van het Veerse Meer. Deel 3: Toekomstige ontwikkeling en mogelijkheden. In: WL| delft hydraulics, Delft, p 40
- Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic Succession in Relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16: 229-311
- Peterman RM (1990) Statistical power analysis can improve fisheries research and management. *Can. J. Fish. Aquat.Sci.* 47, p 2-15.
- Remane A (1940) Einführung in die Zoologische Ökologia der Nord u. Oostsee. *Die Tierwelt der Nord u Oostsee* 1: 1-80
- Rees HL, Moore DC, Pearson TH, Elliott M, Service M, Pomfret J, Johnson D (1990). Procedures for the monitoring of marine benthic communities at UK sewage sludge disposal sites. *Scottish Fisheries Information Pamphlet*, 18: 78pp.
- Rumohr H (1999) Soft bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples. *ICES Techniques in Marine Environmental Sciences*, 27 (Revision of No. 8). 19 pp.
- Schaub B, Oevelen D van, Sijm W, Rietveld M, Herman P & Hummel H (2002) Veranderingen in de samenstelling van het macrobenthos van het Grevelingenmeer (periode 1990-2000) en mogelijke oorzaken. NIOO-CEMO rapport 2002-01, Yerseke, 109 pp.
- Seys J, Meire P (1988) Macrozoobenthos van het Veerse Meer. In: Rijksuniversiteit Gent, Gent, p 61
- Ysebaert T, Meire P (1999) Macrobenthos of the Schelde estuary: predicting macrobenthic species responses in the estuarine environment. A statistical analysis of the Schelde estuary macrobenthos within the ECOFLAT project. In: Institute of nature conservation, Brussel, p 178
- Withagen L (2000) Delta 2000. In: Inventarisatie huidige situatie deltawateren. RIKZ, Middelburg, p 144

Bijlage 1. Saliniteit in de Oosterschelde, Westerschelde, Grevelingen en Veerse Meer waargenomen tussen 1973 en 1981 (uit <http://www.waterbase.nl>).



Bijlage 2. De middelen om veranderingen in macrobenthos waar te nemen

Het probleem

De ingebruikname van het doorlaatmiddel in het Veerse Meer zal naar verwachting de macrobenthos distributie beïnvloeden (Tabel 8). Om deze veranderingen te kunnen waarnemen zullen vergelijkingen gemaakt worden in de tijd, tussen de huidige t_0 en een toekomstige situatie, of in de ruimte, tussen locaties.

Om tijdig tendensen waar te kunnen nemen, is het nuttig om stil te staan bij het onderscheidingsvermogen van de huidige monitoring. Met andere woorden, welke veranderingen kunnen herkend worden als zodanig, en welke zullen beschouwd worden als ruis?

Op basis van de reeds uitgevoerde bemonsteringsreeks is het al mogelijk om een idee te krijgen van dit probleem. Hier volgt een voorbeeld van een dergelijke studie uitgevoerd op gegevens uit het Veerse Meer.

Basis principes voor het vergelijken van gegevensreeksen

Bij de vergelijking van twee series van data wordt in de nul hypothese gesteld dat de twee series niet verschillend zijn. De alternatieve hypothese is dus dat de twee series wel verschillen. De statistische test omvat het bepalen van de kans dat de twee series afkomstig zijn uit éénzelfde populatie (H_0 : hypothese van gelijkheid).

Er kunnen twee soorten van mogelijke fouten bij zo'n toets gemaakt worden: een type 1 fout (α) is de waarschijnlijkheid om de juiste nul hypothese te verwerpen, een type 2 fout (β) is de waarschijnlijkheid om de onjuiste nul hypothese te behouden. De statistische 'power' ($1-\beta$) is de waarschijnlijkheid dat een onjuiste nul hypothese verworpen wordt voor een aangenomen waarde van α (type 1 fout).

De huidige vraag is:

- hoe gevoelig is het huidige bemonsteringschema voor (temporele/ruimtelijke) dichtheidsveranderingen van macrofauna soorten? of,
- hoe groot moet de verandering in dichtheid zijn om gedetecteerd te worden binnen het huidige bemonsteringschema?

In de praktijk gaat het om een vergelijking tussen de gemiddelden van de populaties voor en na de te toetsen verandering. De afstand tussen de gemiddelden wordt gemeten met de niet-centraliteitsparameter δ :

$$\delta = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

met \bar{x}_1, \bar{x}_2 , de dichtheidsgemiddelden van de populatie voor en na de verandering, s de samengevoegde variantie en n_1, n_2 , de aantallen observaties in beide groepen.

De bijbehorende waarde van β kan rechtsreeks gelezen worden in een tabel van de niet-centrale t verdeling voor [$v=(n_1+n_2)-2$] vrijheidsgraden en het gekozen risico α (type 1 fout). Het kan ook berekend worden met behulp van de Z_β parameter:

$$z_\beta = \frac{t_{(1-\alpha, v)} - \delta}{\sqrt{1 + \left[\frac{t_{(1-\alpha, v)}^2}{2v} \right]}} \quad (2)$$

met $t_{(1-\alpha, v)}$, kritische waarde voor een tweezijdige t-test (Excel functie TINV(α, v)).

Het oppervlak onder de normale curve links van Z_β (Excel functie NORMDIST($z_\beta, 0, 1, \text{true}$)) is een maat voor β en dus voor de 'Power' ($P=1-\beta$).

De Power van een test is een functie van het niveau gekozen voor α , het toegelaten risico om de alternatieve hypothese (verandering) te accepteren terwijl geen verandering optreedt. Hoe strikter deze voorwaarde (lage α), hoe kleiner de kans om geringe maar juiste veranderingen te detecteren. Echter, waarden van α hoger dan 0.1 (>10% kans om ruis te interpreteren als een verandering) zorgen voor een overmatige verzwakking van de toetsingnauwkeurigheid.

Cohen (1988) beschrijft de keuze voor α en β als een afweging tussen de (ecologische/ matschappelijke) gevolgen van de begane fouten van type I of II. In het geval van een biologische monitoring kunnen de

effecten (op de natuurlijke omgeving) van type II fouten (veranderingen over het hoofd zien) rampzaliger zijn dan van type I fouten. Daarvoor lijkt het verstandig om er voor te zorgen dat β waarden ten minste gelijk zijn aan die van α (Peterman, 1990). Echter, een onderscheidingsvermogen met een probabiteit lager dan 80% ($\beta > 0.2$) wordt door vele auteurs beschouwd als irrelevant (Cohen 1977).

De combinatie $a=0.1$, $b=0.2$ lijkt een goed compromis te zijn tussen een te strikt ($\alpha \gg \beta$) of te gevoelig ($\beta \gg \alpha$) toetsings-instrument. In het huidige geval van een *ad hoc* 'Power' analyse wordt de bereikte Power berekend na toepassing van een α waarde gelijk aan 0.1. Power waarden lager dan 80% zullen kenmerkend zijn voor soorten waarvan de huidige bemonsteringstrategie niet toereikend is voor het detecteren van de getoetste dichtheidsverandering.

Voorbeeldanalyse

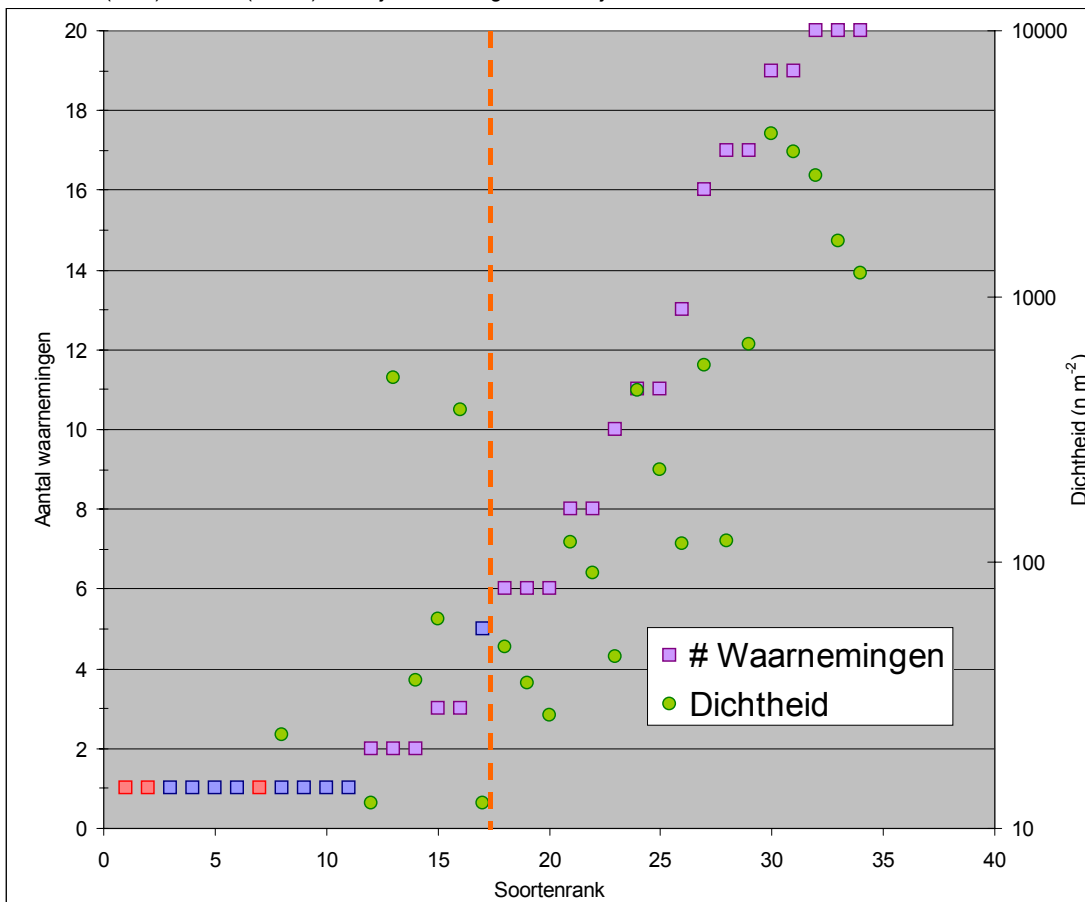
De volgende analyse is gebaseerd op een twintigtal monsters genomen tijdens de Voorjaar 1995 campagne in het deelgebied Veerse gat-Middelplaat Plot 12.

Relatie tussen de dichtheid en het aantal waarnemingen

Het uitzetten van het aantal waarnemingen per soort tegen hun volgnummer op basis van de frequentie waarin ze aangetroffen zijn ("soortenrank", Figuur 5) geeft de distributie weer van de soorten over de 20 monsters (Monsternummer x replica). Er zijn elf soorten die enkel op één monsterpunt in een replica voorkomen. Er is een grote heterogeniteit in de soorten-samenstelling van de 20 monsters; enkel drie soorten (van 34) komen voor in alle 20 monsters.

Figuur 5

Het aantal waarnemingen (vierkanten) en gemiddelde dichtheid (cirkels) als functie van de soortenrank. De stippellijn scheidt soorten die minder (links) of meer (rechts) dan vijf keer waargenomen zijn.



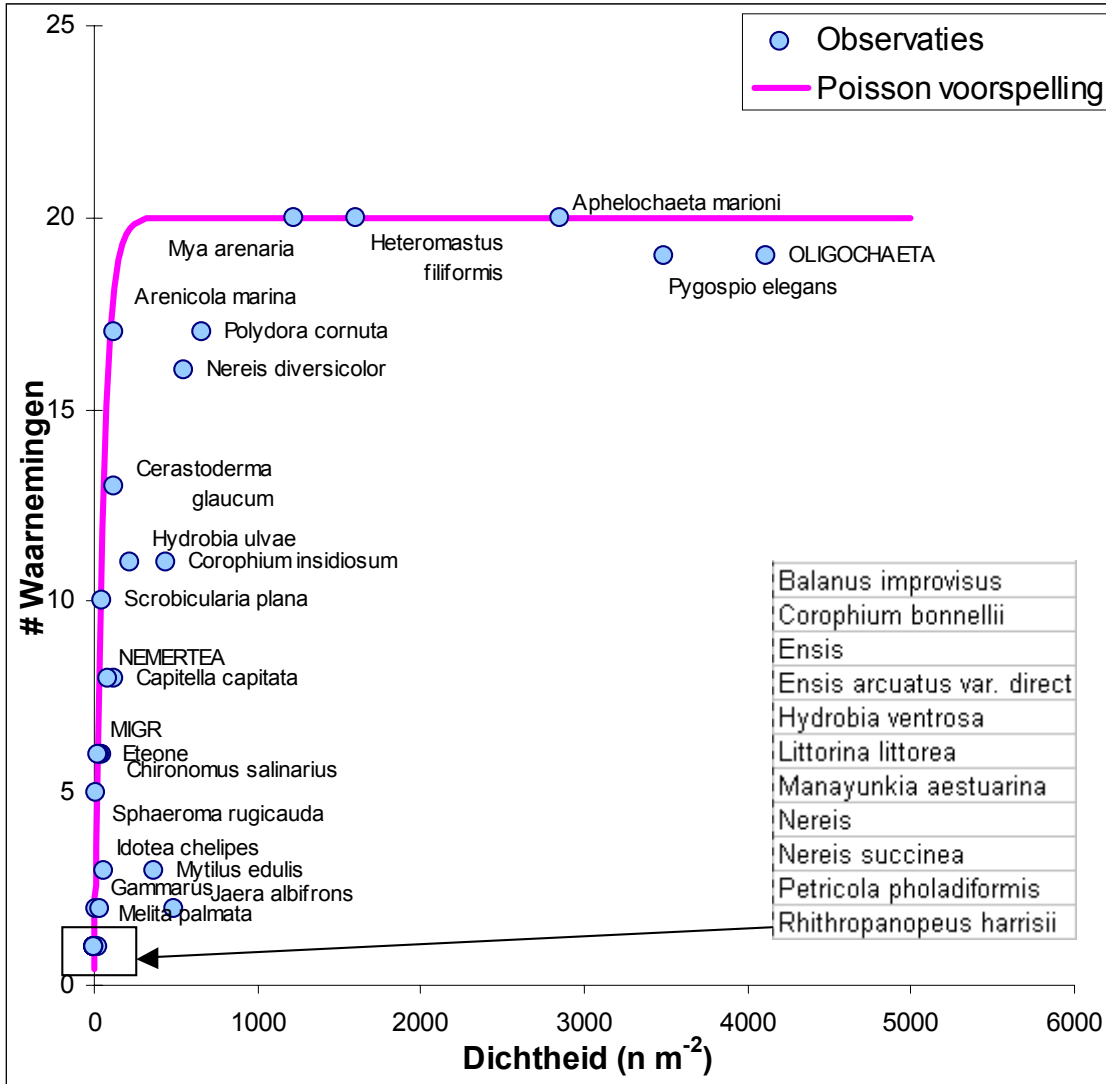
De verdeling van de dichtheden tegen de "soortenrank" (Figuur 5) staat een verdere interpretatie toe van het eerder beschreven patroon tussen de soortenrank en het aantal waarnemingen. Hoge dichtheden (>300 m⁻²) komen zowel voor bij soorten die zeldzaam (<5 waarnemingen) als die frequent zijn (>10 waarnemingen).

Daarentegen, soorten met een lage dichtheid ($<100 \text{ m}^{-2}$) komen niet vaak voor (<5 waarnemingen). Twee groepen kunnen onderscheiden worden:

- Soorten met hoge dichtheden die zelden aangetroffen zijn horen bij 'patches' die niet representatief bemonsterd worden met de huidige bemonsteringsmethodes.
- Voor de andere soorten, wijst het verband tussen de dichtheid van de soorten en het bijbehorende aantal waarnemingen naar een statistische bepaling van de trefkans. Voor deze soorten is de kans om bemonsterd te worden een functie van hun dichtheid. Op basis van het bemonsteringsoppervlak is het mogelijk om een voorspelling te doen van de te verwachten waarnemingen onder aanname van een Poisson distributie van de individuen (Figuur 6).

Figuur 6

Aantal waarnemingen van macrofauna soorten als functie van hun dichtheid. De ingelaste tabel geeft de namen weer van de soorten met een lage dichtheid en weinig waarnemingen.



De meeste soorten met een hoog aantal waarnemingen blijven in de buurt van de Poisson distributie (Fig. 5). De grootste afwijkingen ten opzichte van de Poisson distributie zijn waargenomen voor de soorten die niet vaak voorkomen. Soorten met een hoge dichtheid en weinig waarnemingen zijn *Mytilus edulis* en *Jaera albifrons*.

De afwijking ten opzichte van de Poisson distributie is berekend voor iedere soort als de verhouding tussen de Poisson voorspellingen en de observaties (in Log-schaal)(Fig. 6). De meestal positieve afwijkingen wijzen op een aggregatie van de individuen die hoger is dan wat verwacht werd voor een willekeurige distributie. Wanneer we de afwijkingen uitzetten tegen de waarnemingen (Figuur 7) dan blijkt dat de soorten gescheiden kunnen zijn in drie groepen:

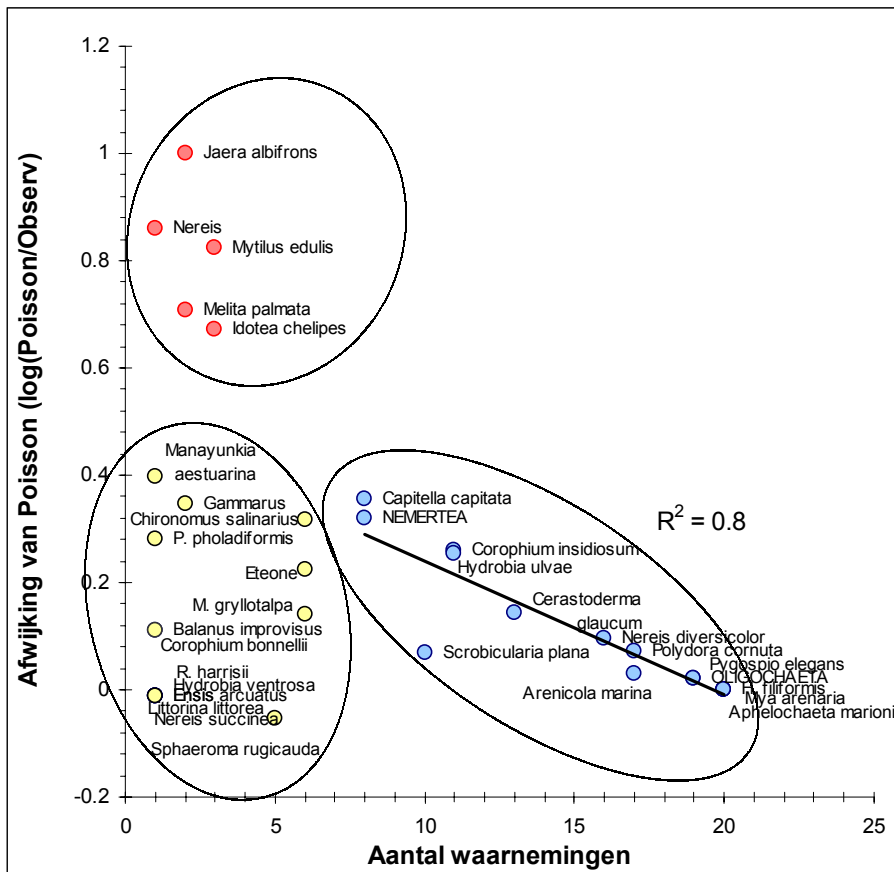
- 1.-Soorten met een grote afwijking en weinig waarnemingen (<4). Deze soorten zijn zeer heterogeen gedistribueerd over de 10 monsterlocaties. Zij komen voor in dichte 'patches' gescheiden door dichtbevolkte zones.
- 2.-Soorten met een geringe afwijking en weinig waarnemingen (<7). Deze soorten komen voor in lage dichtheden met een aantal waarnemingen dat dicht bij de verwachting ligt voor een willekeurige distributie.
- 3.-Soorten met een geringe afwijking en veel waarnemingen (>7). Deze soorten komen in hoge dichtheden voor en zijn vaak aangetroffen. Bij hoge dichtheden voorspelt de Poisson distributie dat het aantal waarnemingen nadert tot 20 (aanwezigheid in alle monsters).

Bij toenemende dichtheden neemt de kans op aanwezigheid in alle monsters toe zoals geïllustreerd door het negatieve verband ($r^2=0.8$) tussen het aantal waarnemingen en de afwijking ten opzicht van de Poisson distributie (van de derde groep).

Binnen deze groep vormt de soort *Scrobicularia plana* een uitschieter met een gemiddelde dichtheid van 44 m^{-2} voor 10 waarnemingen, terwijl 11.7 waarnemingen voorspeld was door de Poisson distributie.

Figuur 7

Afwijking ten opzicht van een Poisson distributie van het aantal waarnemingen per soort als functie van het aantal waarnemingen. De regressie lijn en bijbehorend coëfficiënt zijn weergegeven voor soorten met meer dan 7 waarnemingen.

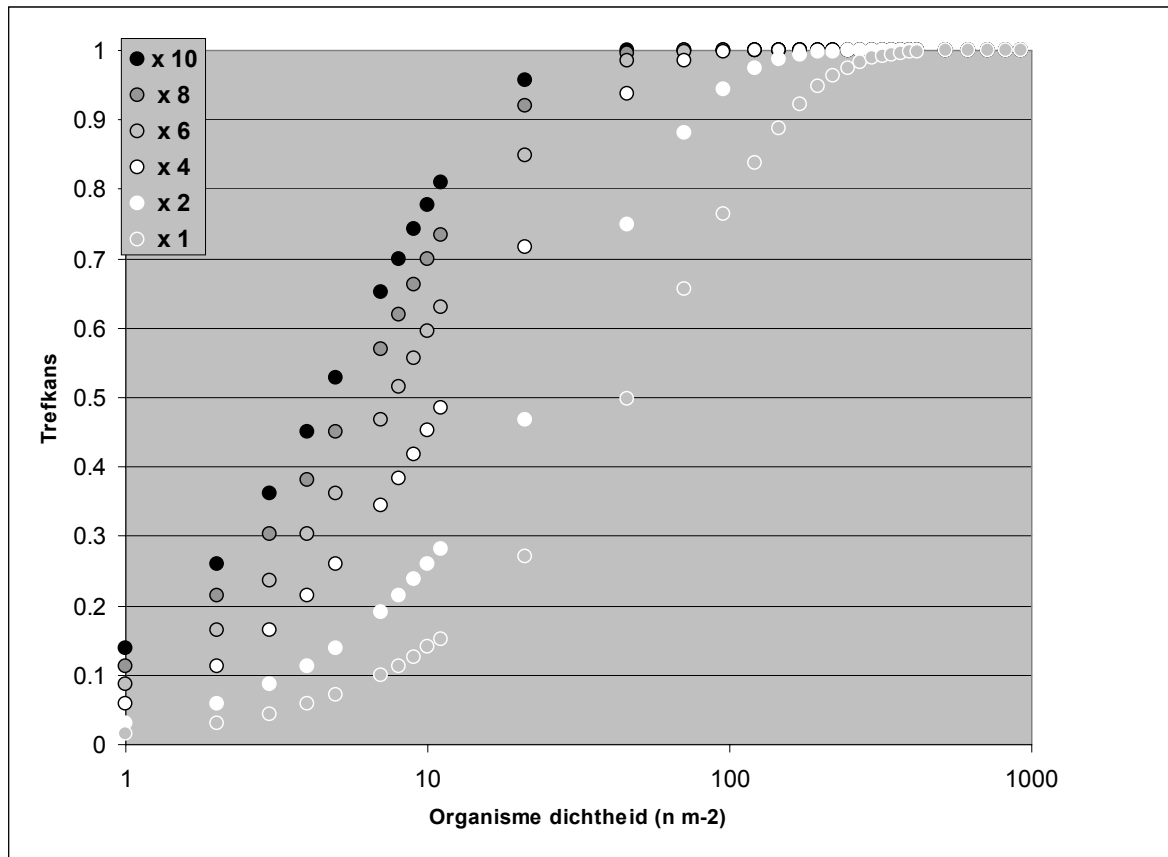


Statistische trefkans van dunbevolkte populaties

Uit het vorige hoofdstuk blijkt dat de meeste soorten aanwezig zijn in slechts een kleine fractie van het totaal aantal waarnemingen (Figuur 6). Inderdaad, de trefkans van een soort is een functie van de bemonsteringsoppervlakte en van de werkelijke dichtheid. Bijvoorbeeld met één bemonsteringsapparaat van 0.015 m^2 , en onder de aanname van een Poisson distributie, is de trefkans voor soorten met dichtheden van 10, 50, 100 en 200 ind. m^{-2} , respectievelijk 14, 53, 78 en 95% (Figuur 8, x1).

Figuur 8

Trefkans van macrobenthische individuen als functie van hun dichtheden voor verschillende aantallen bemonsteringen (met een oppervlakte van 0.015 m^2).



Individuele core-bemonsteringen leveren dus een representatief beeld ($p > 95\%$) op bij werkelijke dichtheden hoger dan 200 ind.m^{-2} , hetgeen waargenomen is voor ca 11 van de 34 soorten in de huidige dataset. Ter vergelijking, wanneer tien monsters zijn genomen wordt de individuele trefkans van 95% overschreden bij dichtheden hoger dan $20 \text{ individuen m}^{-2}$, wat voor de meeste soorten is waargenomen.

Power analyse

De (stochastische/spatiele) variatie aanwezig tussen de 10 monsters binnen één deelgebied kan gebruikt worden om een schatting te maken van het statistische onderscheidingsvermogen of 'Power' van de bemonstering. Met andere woorden, welke graad van dichtheidsveranderingen is waarneembaar met het huidige design: 5, 10, 20 of 50%?

Uit formule 2 blijkt dat de Power een inverse functie is van de dichtheidsvariatie tussen de replica's. Deze relatie is duidelijk te zien op de grafieken waar de Power waarden geplot zijn tegen de variatie coëfficiënt (Figuur 9).

Uit de figuur blijken de Power waarden bijzonder laag te zijn voor de meeste soorten. Slechts vijf soorten vertoonden Power waarden hoger of gelijk aan 80% voor een 50% dichtheidsverandering (Tabel 9, Figuur 9).

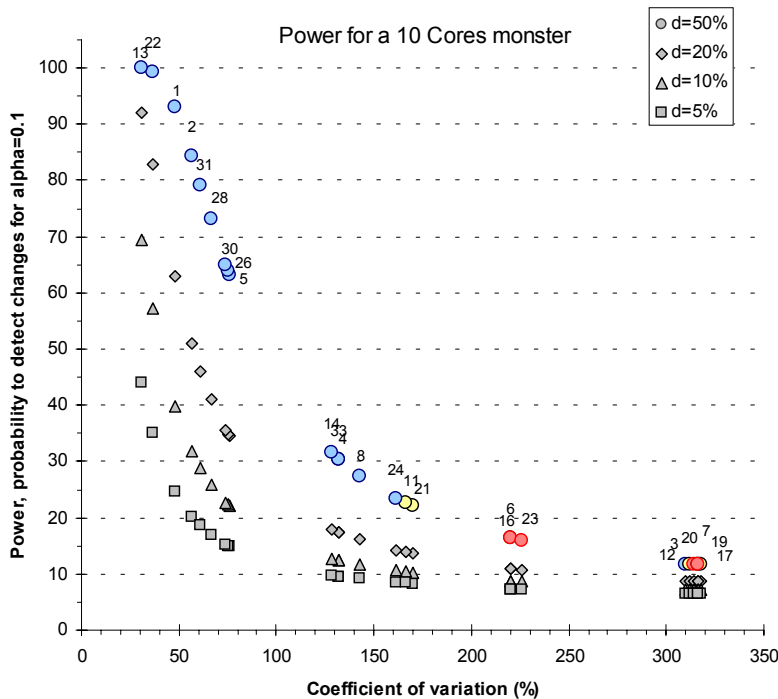
Tabel 9

Soortenlijst gesorteerd op onderscheidingsvermogen ('Power') uitgedrukt als de % kans om een 50 % verandering in dichtheid waar te nemen op basis van een tien-CORES monster. Alfabetische rank en %CV zijn ook vermeld.

Rank	Soorten	CV%	%Power50%
13	Heteromastus filiformis	31.19	99.93
22	Mya arenaria	36.75	99.32
1	Aphelochaeta marioni	48.14	93.17
2	Arenicola marina	56.75	84.38
31	Pygospio elegans	61.31	79.14
28	OLIGOCHAETA	66.58	73.08
30	Polydora cornuta	74.03	65.01
26	Nereis diversicolor	75.14	63.88
5	Cerastoderma glaucum	75.81	63.21
14	Hydrobia ulvae	128.24	31.51
33	Scrobicularia plana	131.91	30.34
4	Capitella capitata	132.03	30.31
8	Corophium insidiosum	142.58	27.40
24	NEMERTEA	161.34	23.44
11	Eteone	166.34	22.58
21	Microdeutopus gryllotalpa	169.63	22.05
6	Chironomus salinarius	220.08	16.46
16	Idotea chelipes	220.08	16.46
23	Mytilus edulis	226.11	16.01
12	Gammarus	316.23	11.79
3	Balanus improvisus	316.23	11.79
7	Corophium bonnellii	316.23	11.79
17	Jaera albifrons	316.23	11.79
19	Manayunkia aestuarina	316.23	11.79
20	Melita palmata	316.23	11.79

Figuur 9

Onderscheidingvermogen (Power) als functie van de variatie coëfficiënt berekend per soort uit de CORES monster. Nummers naast de symbolen staan voor soortennamen (zie kolom Rank in Tabel 9).



Voor een dichtheidsverandering van 20% bleven slechts twee soorten over met Power waarden hoger dan 80%: Heteromastus filiformis en Mya arenaria. Voor dichtheidsveranderingen van 10 of 5% werd geen Power waarden gevonden hoger dan 80%.

Conclusie voor de Power Analyse

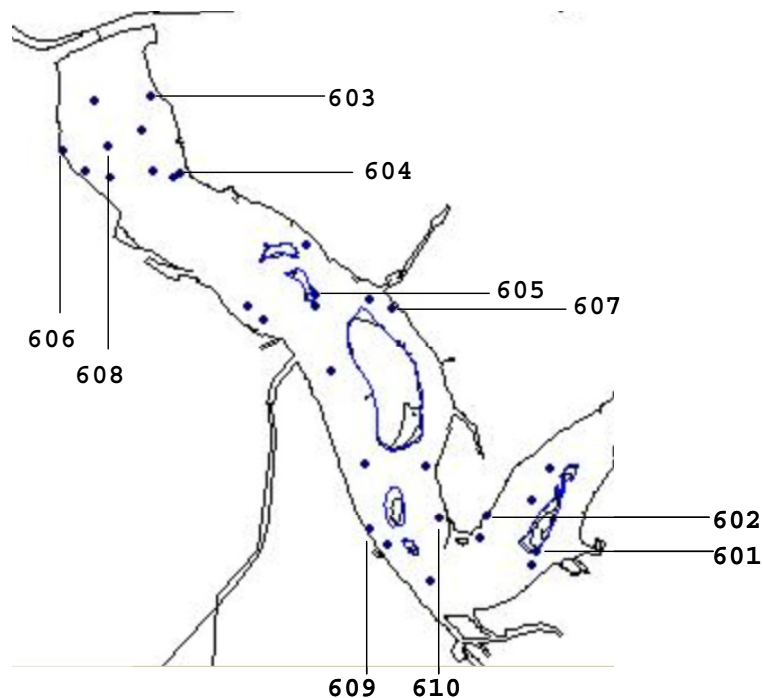
Onder de aanname dat 1) de tien monsters een homogene populatie beschrijven met 2) een Poisson verdeling, blijkt het huidige bemonsteringsdesign in staat te zijn (ca 70% kans) om veranderingen in dichtheid van meer dan 50% waar te nemen voor de vijf dominante soorten.

Aangezien de Power een positieve functie is van δ (vergelijking 1), induceert een verhoging van de variatie binnen een monster een verlaging van de Power. Om een representatieve oppervlakte te verzamelen (zie individuele trefkans distributie in Figuur 8) was het noodzakelijk om de tien monsters van het hele deelgebied (Veersegat-Middelplaat Plot 12) samen te voegen.

Één monster was dus een samenstelling van replica's verdeeld over een gebied van ca 8 km (Figuur 10). De vermoedelijke heterogeniteit tussen deze replica's heeft kunnen bijdragen aan het lage niveau van de Power waargenomen in de huidige studie.

Figuur 10

Westelijk deel van het Veerse Meer met vermelding van de monsterpunten betrokken in de huidige studie.



Voorlopige aanbevelingen voor het huidige bemonsteringsdesign

De representatieve (kwantitatieve) bemonstering van de minder algemene soorten vereist het samenvoegen van minimaal 10 monsters (zie Figuur 8), in het huidige geval verdeeld over ca 8 km. Ter vergelijking, Holme & McIntyre (1971) stellen een vijfvoudige 0.1 m² grab monster per station voor als een minimaal design voor het verkrijgen van representatieve data over de minder algemene soorten.

Echter, voor een monitoring tijdreeks wordt een drievoudige monster per station geadviseerd (Rees et al., 1990). Dat is altijd nog 0.3 m² voor één station, te vergelijken met de 0.2 m² voor een heel deelgebied binnen Biomon.

Een station is gedefinieerd als een homogeen gebied, d.w.z. zonder duidelijke gradiënt (diepte, substraat, enz.) (Holme & McIntyre, 1971). Het hele deelgebied *Veersegat-Middelplaat Plot 12* kan waarschijnlijk niet beschouwd worden als één station zoals bedoeld in deze definitie.

Een verdere studie naar de wenselijke aanpassing van de huidige monitoringsprogramma blijkt dus hard nodig om de toekomstige veranderingen in het macrobenthos van het Veerse Meer op een betrouwbare manier te kunnen waarnemen.