



**MOVE microfytobenthos,
Effecten van de verruiming
van de Westerschelde op
de biomassa en primaire
productie van het
microfytobenthos
1989-2001.**

WERKDOCUMENT RIKZ/AB/2003.809x
Juni 2003

Auteur: M.A. Lievaart

Aan
projectgroep Zeemove

Contactpersoon	Doorkiesnummer
Marjo Lievaart	0118-672220
Datum	Bijlage(n)
12 juni 2003	-
Nummer	Product
RIKZ/AB/2003.809x	Zeemove
Onderwerp	
MOVE microfytobenthos, Effecten van de verruiming van de Westerschelde op de biomasa en primaire productie van het microfytobenthos 1989-2001.	

1. Inleiding	2
2. Hypothesen	2
2.1. Causale relaties	3
2.2. Ecotooparealen in de Westerschelde	5
2.3. Hypothese formulering	6
3. Methode	7
3.1. Interpretatie hypothesen	7
3.2. Data gebruikt voor toetsing	7
3.3. Methode van toetsing	9
3.4. Nadere onderbouwing van de aannames die ten grondslag liggen aan de hypothese	11
4. Resultaten	12
4.1. Tijdreeks benadering, methode a	12
4.2. biomassa microfytobenthos volgens de ecotoopbenadering	14
4.3. Verandering microfytobenthos biomassa volgens de ecotoopbenadering.	16
5. Conclusie	17
6. Discussie	18
6.1. Weersinvloeden	18
6.2. Methode van bemonsteren	18
6.3. Menselijke verstoring door baggeren en storten.	19
6.4. Berekeningsmethode	19
6.5. Ecotoopbenadering	19
7. Aanbevelingen	20
8. Literatuur:	21

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 0118 672200
Telefax 0118-651046
E-mail M.A.Lievaart@rikz.rws.minvenw.nl

1. Inleiding

Het microfytobenthos bestaat uit de microscopisch kleine plantjes (algen) die op en in de bovenste centimeters van de bodem leven. In de Westerschelde vormen deze organismen een belangrijk onderdeel van het ecosysteem en komen vooral op de bij laagwater droogvallende platen en slikken voor. Het gaat dan voornamelijk om kiezelwieren (diatomeeën). Microfytobenthos is samen met het fytoplankton verantwoordelijk voor de primaire productie. Primaire productie is het proces waarbij anorganische stoffen (stikstof, fosfaat en silicium) onder invloed van zonlicht worden omgezet in organische stof. Dit nieuw gevormde organische materiaal is de basis van de voedselketen. Als voedselbron is het microfytobenthos voornamelijk van belang voor bodemdieren en filtreerders (evertebraten) zoals schelpdieren, wadslakjes, wormen en tal van andere geleedpotigen en bepaalde groepen vissen en vogels. Voor vogels en vissen in directe zin omdat zij prederen op het microfytobenthos en ook in indirecte zin omdat deze groepen ook prederen op bodemdieren en filtreerders. Naast het belang als voedselbron bevorderen benthische diatomeeën de stabiliteit van het sediment doordat zij slijmerige polysaccharide verbindingen op de korrels aanbrengen en op deze wijze een algenmat vormen. De vorming van een algenmat is een factor die de kritische schuifspanning sterk kan verhogen. De mate van stabiliserende werking is afhankelijk van het soort sediment en de soort diatomee.

Door met name de natuurbeschermingsorganisaties is de vrees geuit dat door de verruiming de bodem-samenstelling in delen van de Westerschelde grover zal worden, waardoor de mogelijkheden voor microfytobenthos zullen verminderen. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor bijvoorbeeld vogels en vissen, maar mogelijk ook voor de stabiliteit van de slikken en platen.

2. Hypothesen

Het microfytobenthos komt voornamelijk voor op de platen en slikken van de Westerschelde. Met name op de laagdynamische gebieden worden hoge biomassa's microfytobenthos aangetroffen. Door De Jong et al. (1997) worden de verwachte effecten van de verdieping worden weergegeven in een drietal hypothesen:

E3: De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10 % toenemen.

Toelichting: Een toename van het areaal aan platen en slikken, waarbij er een verschuiving van slibrijke naar slibarme platen optreedt, heeft een geringe toename van de totale jaarproductie tot gevolg.

E4: De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het middendeel van de Westerschelde met ca. 20 % toenemen.

Toelichting: Een kleine toename van het totale areaal aan platen en slikken en een sterke verschuiving van hoogdynamisch naar laagdynamische hooggelegen intergetijdegebieden, heeft een toename van de totale jaarproductie tot gevolg.

E5: De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 5 % toenemen.

Toelichting: Ondanks het feit dat het intergetijdegebied ietwat afneemt, zal de totale jaarproductie in zeer geringe mate toenemen door de sterke verschuiving van hoogdynamische naar laagdynamische hooggelegen platen.

Tussentijds zijn deze hypothesen niet bijgesteld (Liek, 2002).

De hypothesen zijn gebaseerd op de aanname dat er een relatie bestaat tussen het type ecotoop en de primaire productie door het microfytobenthos op een bepaalde locatie. De primaire productie is vooral afhankelijk van de biomassa microfytobenthos die per oppervlakte eenheid in de bodem zit en de lichtcondities. In de troebele Westerschelde zijn de lichtcondities sterk gerelateerd aan de droogvalduur en dus hoogteligging. Nutriënten zijn doorgaans van ondergeschikt belang. De productie van het microfytobenthos, zoals gebruikt in dit document, is niet gebaseerd op productiemetingen in het veld, maar afgeleid uit chlorofyl biomassa waarden.

2.1. Causale relaties

Op basis van metingen in 1996 is bepaald welk ecotooptype het meest geschikte (100%) is voor microfytobenthos (Verschoore de la Houssaye, 1998) Bekeken zijn de parameters:

Droogvalduur

Stroming

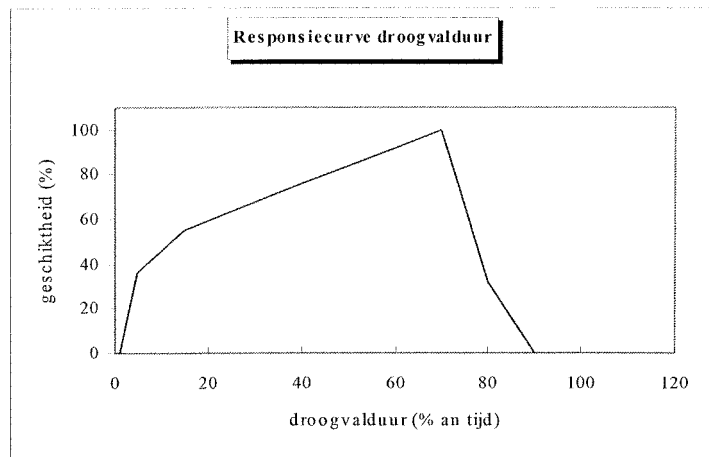
Slib

Geografische verspreiding over de Westerschelde.

Droogvalduur:

Diatomeeën zijn afhankelijk van licht om te groeien. Door het troebele water van de Westerschelde is er voor benthische diatomeeën nagenoeg geen mogelijkheid om onder water te groeien (Stapel en de Jong, 1998). Hoe langer de droogvalduur hoe meer tijd een diatomee heeft om te produceren en hoe hoger de biomassa in zo'n gebied kan zijn. Een te lange droogvalduur maakt een gebied ongeschikt omdat de diatomeeën problemen krijgen met de vocht- en nutriëntenhuishouding.

Met behulp van de responsiecurvie droogvalduur is de meest geschikte droogvalduur voor het microfytobenthos bepaald: figuur 1 (Verschoore de la Houssaye, 1998).

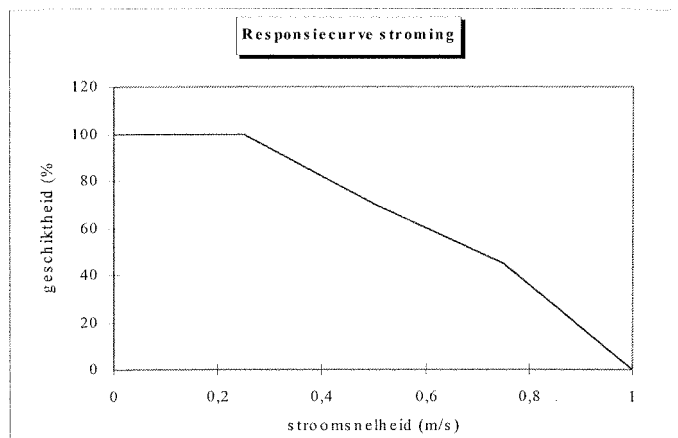


Figuur 1: responsiecurve droogvalduur

Uit de responsiecurve blijkt dat het meest geschikte areaal de boven NAP gelegen gebieden zijn, de arealen onder NAP zijn ook geschikt, maar in mindere mate.

Stroming:

Hydrodynamiek is weer te geven middels stroomsnelheid. Een te grote hydrodynamiek zorgt ervoor dat de diatomeeën los van de hen omringende zandkorrels worden gemaakt en van de plaat af worden gespoeld. Dit impliceert dat de afvoer van diatomeeën groter wordt dan de productie. Middels de responsiecurve stroming is het areaal met de meest geschikte stroomsnelheid bepaald, zie figuur 2.

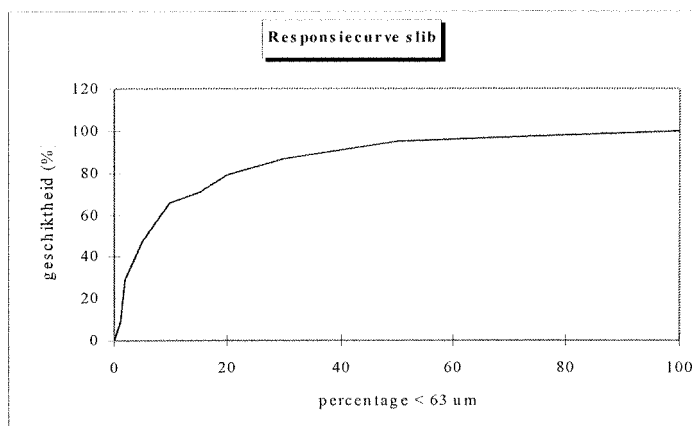


Figuur 2: Responsie curve stroming.

De gebieden met een stroomsnelheid van <math><0,50\text{ m/s}</math> (laagdynamisch) zijn de meest geschikte gebieden voor het microfytobenthos, gebieden met een stroomsnelheid >math>0,50\text{ m/s}</math> (hoogdynamisch) zijn minder geschikt.

Slib:

Het slibgehalte heeft een duidelijke relatie met het voorkomen en de biomassa van diatomeeën, zie tabel 5 en figuur 3.



Figuur 3: responsiecurve slib.

Gebieden met een lage fractie aan slib zijn al geschikt voor het microfytobenthos, er zal daarom geen onderscheid in voorkeur voor slibgehalte worden gemaakt. Zowel slibarme als slibrijke gebieden hebben eenzelfde geschiktheidsfactor.

Geografische verspreiding over de Westerschelde:

In Stapel en de Jong (1998) worden diverse curven getoond met de geografische verspreiding van microfytobenthos biomassa. Uit deze curven blijkt dat er een voorkeur voor het midden gebied van de Westerschelde is, en een lichtere voorkeur voor achtereenvolgens het westen en oosten gebied.

2.2. Ecotooparealen in de Westerschelde

De hypothesen zoals ze door de Jong (1997) zijn geformuleerd, zijn gebaseerd op de aanname dat er een relatie bestaat tussen het type ecotoop, het normgetal per ecotooptype en de primaire productie door het microfytobenthos.

Door Huijs en Krijger (1998) zijn met behulp van GIS de oppervlakten (ha.) berekend van de ecotopen gelegen in de drie deelgebieden oost, midden en west in het jaar 1996, zie tabel 1. Daarnaast is een prognose gemaakt voor het jaar 2021, welke is gebaseerd op de hypothese met betrekking tot de verandering in ecotoop-arealen, zie tabel 2.

	Prognose 1996			Totaal
	Oost	Midden	West	
Platen en slikken				
Hoog dynamisch	1076	870	1291	3237
Laag dynamisch				
<NAP zand	159	173	188	520
<NAP slib	215	235	488	938
>NAP zand	585	318	296	1199
>NAP slib	784	213	1227	2244
Totaal	2819	1809	3490	8118

Tabel 1: Prognose ecotooparealen in de Westerschelde (ha) voor het jaar 1996. Naar Huijs en Krijger.

	Prognose 2021			Totaal
	Oost	Midden	West	
Platen en slikken				
Hoog dynamisch	816	754	1293	2863
Laag dynamisch				
<NAP zand	136	188	296	620
<NAP slib	190	188	406	784
>NAP zand	625	377	555	1557
>NAP slib	952	377	1145	2474
Totaal	2719	1884	3695	8298

Tabel 2: Prognose ecotooparealen in de Westerschelde (ha) voor het jaar 2021. Naar Huijs en Krijger

De prognose gaat uit van een lichte toename aan arealen, opgebouwd uit een afname in hoogdynamische arealen en een toename in laagdynamische arealen. Verspreid over de drie deelgebieden in de Westerschelde is de voorspelling dat er een afname in arealen in het Oostelijk deel van de Westerschelde te verwachten is en een toename in zowel het Midden als het Westelijk deel.

2.3. Hypothese formulering

Vanuit de bovengenoemde geschiktheids percentages is een ecotoop aan te wijzen die, op basis van de gegevens uit 1996, als meest geschikte ecotoop aan te wijzen is. Deze krijgt als normgetal 100 toegewezen. Het meest geschikte ecotoop is laagdynamisch, boven NAP gelegen en gesitueerd in het midden gebied, er is geen invloed van het slibgehalte. De overgebleven ecotooptypen worden volgens dezelfde methode gerangschikt en krijgen vervolgens een geschiktheidspercentage toegewezen. Huijs en Krijger (1998) geven in tabel 6 de geschiktheidspercentages per ecotooptype weer.

	normgetal %		
	oost	midden	west
Platen en slikken			
Hoog dynamisch	15	15	15
Laag dynamisch			
<NAP zand	45	75	60
<NAP slib	45	75	60
>NAP zand	70	100	80
>NAP slib	70	100	80
Ondiep water			
v>0,50 m/s	0	0	0
v<0,50 m/s	0	0	0
Schor	0	0	0
Geul			

Tabel 3: Normgetal (%) per ecotooptype. Naar Huijs en Krijger (1996).

Per deelgebied zijn de ecotooparealen, tabel 1 voor het jaar 1996 en tabel 2 voor het jaar 2021 vermenigvuldigd met de relatieve normgetallen (tabel 3) en gesommeerd per deelgebied. Uit deze berekeningen volgt dat de jaargemiddelde biomassa aan microfytobenthos in het oosten, midden en westen met respectievelijk 7%, 19% en 9% gaat toenemen als gevolg van de verruiming en de nulontwikkeling in de Westerschelde. In het hypothese document (Liek, 2002) zijn deze getallen geformuleerd als toename in het oosten met 5%, midden 20% en in het westen met 10%.

3. Methode

3.1. Interpretatie hypothesen.

De hypothesen doen uitspraken over de totale jaarproductie van het microfytobenthos. In diverse MOVE-datarapportages zijn de jaarlijkse primaire producties berekend, uitgedrukt als tonnen koolstof (C) per jaar. In deze rapportage zijn die producties per deelgebied gepresenteerd voor de periode 1989-2001. Die getallen zijn bepaald door op basis van veldgegevens per deelgebied de gemiddelde primaire productie ($gC/m^2/jr$) door microfytobenthos slik en plaat te schatten en deze per jaar te vermenigvuldigen met het totale areaal slikken en platen in dat jaar (methode a, zie verder).

Daarnaast is de primaire productie per deelgebied ook op een andere wijze berekend. Hierbij is de totale primaire productie per deelgebied berekend door de arealen van de verschillende ecotopen te vermenigvuldigen met de preferentie (normgetal %) van microfytobenthos voor het betreffende ecotoop. Deze preferentie is de relatieve primaire productie per ecotooptype, waarbij het ecotoop met de maximale primaire productie een preferentie van 100% heeft. (methode b, zie verder).

Bij deze studie gaan wij ervan uit dat de autonome ontwikkeling minimaal is en dat een waargenomen verandering het gevolg is van de verruimingswerkzaamheden die voornamelijk hebben plaatsgevonden van juni 1997 tot en met juni 1998.

3.2. Data gebruikt voor toetsing

In het lopende monitoringsprogramma: MWTL van het RIKZ zijn ook de bemonsteringen van het microfytobenthos opgenomen. Maandelijks bemonsteringen worden uitgevoerd door de Meet en Informatie Dienst te Vlissingen. Elke maand

worden telkens 111 locaties van in totaal 20 raaien (tabel 4), verspreid over de slikken en platen van de Westerschelde bemonsterd. Het aantal bemonsteringen per ecotoop over de gedefinieerde jaren is vermeld in tabel 5. Op iedere monsterlocatie worden telkens met steekbuisjes microfytobenthosmonsters van de bovenste centimeter van de bodem genomen. De chlorofyl-a analyses gebeuren op het chemisch laboratorium van het RIKZ te Middelburg. Vanuit het chlorofyl-a gehalte is de biomassa (mg/m^2) berekend middels vermenigvuldiging met de gemiddelde sedimentdichtheid van $1,55 \text{ g}/\text{cm}^3$

De primaire productie is berekend uit het chlorofyl-a gehalte middels (Van Berchum en Stikvoort 1999):

$$P = 8.23 + 1.13 \cdot B$$

B = biomassa chlorofyl-a ($\text{mg}/\text{m}/\text{jaar}$)

P = primaire productie ($\text{gC}/\text{m}/\text{jaar}$)

LOKATIE	LOKATIE	VAK	plaat/slik
2011	Hooge Platen	W	P
2012	Hooge Springer	W	P
2040	Paulinapolder	W	S
2050	Rammekenshoek	W	S
2072	Staatse Nol	W	S
2080	Middelplaat	W	P
2100	Zuidgors (Slikken van Everingen)	W	S
2120	Plaat van Baarland	W	P
2130	Pas van Terneuzen	W	S
2140	Platen van Hulst	M	S
2161	Rug van Baarland	M	P
2162	Molenplaat	M	P
2170	Platen van Ossensisse	M	P
2220	Waarde	O	S
2241	Plaat van Valkenisse West	O	P
2242	Plaat van Valkenisse Oost	O	P
2250	Baalhoek	O	S
2260	Saeftinge	O	S
2272	Bath	O	S
2280	Appelzak	O	S

Tabel 4: Bemonsterde lokaties

Aantal bemonsteringen	1995-1997			1999-2001		
	Oost	Midden	West	Oost	Midden	West
Platen en slikken						
Hoog dynamisch	623	235	207	554	397	227
Laag dynamisch						
<NAP zand	35	138		102	102	32
<NAP slib	35	65	298	67	68	231
>NAP zand	390	230	36	99	164	97
>NAP slib	665	239	508	233	699	231
Ondiep water						
v>0,50 m/s				34		
v<0,50 m/s						
Schor				66		
Geul				24		32

Tabel 5: Aantal microfytobenthos bemonsteringen in de verschillende ecotopen.

Voor de berekening van de totale jaarlijkse primaire productie per deelgebied zijn voor:
 methode a: de gemiddelde jaarlijkse primaire producties (gC/m²) berekend door per
 deelgebied te middelen over alle gegevens.

methode b: zijn de bemonsterde locaties van 1996 en 2001 op door Twisk (2003)
 vervaardigde ecotopenkaarten geprikt en zijn per ecotoop per deelgebied gemiddelde
 jaarlijkse primaire producties (gC/m²) berekend.

arealen

-methode a: Door K. van der Male (RIKZ) zijn de oppervlakten platen en slikken per
 deelgebied over de gemeten jaren bepaald met behulp van de GIS-applicatie VAKGIS.
 Dit leverde de oppervlakten aan platen en slikken per deelgebied van elk gewenst jaar.

-methode b: De arealen van de ecotopen per deelgebied zijn berekend uit de
 ecotopenkaarten van 1996 en 2001 (Twisk, 2003).

Totale jaarlijkse primaire productie door microfytobenthos

De vermenigvuldiging van gemiddelde primaire productie per oppervlakte-eenheid met
 het areaal slikken en platen levert de totale productie (kg C/jaar) op per deelgebied van
 de Westerschelde.

3.3. Methode van toetsing

Zoals uit het voorgaande verwacht mocht worden is de hypothese op twee manieren
 getoetst:

- trendanalyse op de via methode a verkregen totale jaarlijkse primaire producties
 per deelgebied over de jaren 1989-2001
- Ecotoopbenadering: vergelijking van de via methode b verkregen totale
 jaarlijkse primaire producties per deelgebied van de jaren 1996 en 2001

Trendanalyse: Als t_0 zijn de methode-a-gegevens uit de jaren 1989-1996 gebruikt. Van
 de totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied is over die periode een gemiddelde
 berekend, inclusief een maat voor de spreiding (5- en 95-percentielen). Voor de toetsing
 is als nulontwikkeling gehanteerd dat de totale primaire producties gelijk blijven. De
 totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied vanaf 1998 zullen ten opzichte van
 deze nulontwikkeling beschouwd worden.

Ecotoopbenadering: Als t_0 zijn de volgens methode b berekende, mogelijke totale
 jaarlijkse primaire producties per deelgebied van 1996 gebruikt. Ook hier is als

nulontwikkeling gehanteerd dat de totale primaire producties gelijk blijven. De volgens methode b berekende totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied van 2001 zullen vergeleken worden met die van 1996.

*Ruimtelijke verspreiding van de ecotopen in de Westerschelde
methode b:*

Met de ecotopenkaart zoals door de Haan is gedefinieerd, is de ligging van de diverse ecotopen aan te geven en ook zijn de oppervlakten(ha) te berekenen. Van de jaren 1996 en 2001 is een ecotopenkaart gemaakt, en zijn de oppervlakten berekend, 1996 is weergegeven in tabel 6 en 2001 in tabel 7. Helaas zijn bij deze kaarten een verschillend stromingsmodel en een verschillende bodemkaart gebruikt. Vervolgens is de ligging van de diverse ecotopen in de 1996 kaart aangegeven en vergeleken met de kaart van 2001. Beide kaarten zijn gescreend op gelijkblijven dan wel verschuiven van het ene ecotoop naar het andere. Indien er verschuiving plaats vond, dan is aangegeven welk type ecotoop naar een ander is verschoven, alsmede de toe- of afname in oppervlak (ha.)(tabel 7 en Twisk, 2003). In de oppervlakten aan ecotopen is de grootste afname in oppervlak waar te nemen in de hooggelegen intergetijdgebieden in het oosten en midden gebied van de Westerschelde. De grootste toename is in de ondiepwatergebieden met een lage stroomsnelheid en in de laagdynamische, hooggelegen delen (waaronder ook het schor) in met name het middengebied en ook in het westen.

	1996			Totaal
	oost	midden	west	
Platen en slikken				
Hoog dynamisch	1079	849	1232	3160
Laag dynamisch				
<NAP zand	153	178	153	484
<NAP slib	231	245	474	950
>NAP zand	621	330	298	1249
>NAP slib	748	181	1128	2057
Totaal	2832	1783	3285	7900
Ondiep water				
v>0,50 m/s	825	485	1470	2780
v<0,50 m/s	34	47	152	233
Totaal	859	532	1622	3013
Schor	2364	19	105	2488
Geul	3347	3189	10895	17431

Tabel 6: Arealen(ha) van de verschillende ecotopen in de verschillende deelgebieden van de Westerschelde in 1996.

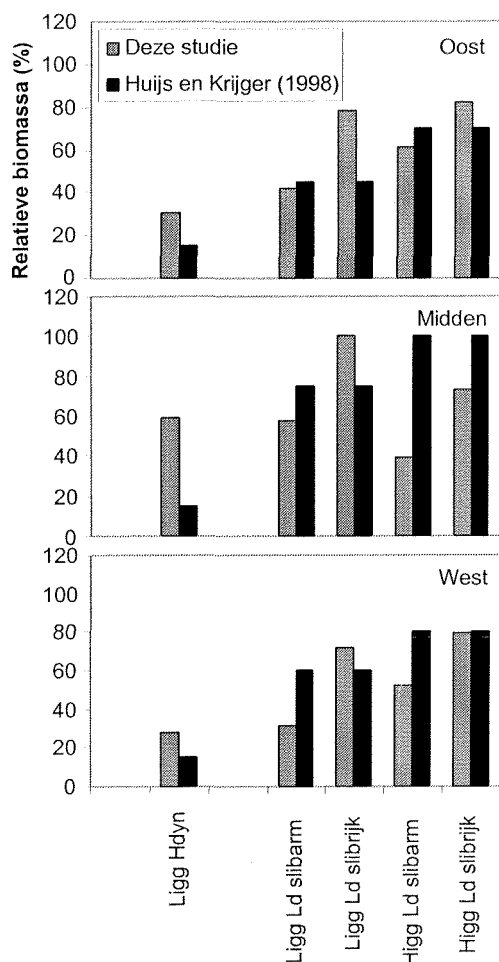
	2001			Totaal
	oost	midden	west	
Platen en slikken				
Hoog dynamisch	1289 (19%)	880 (4%)	1233 (0%)	3402 (8%)
Laag dynamisch				
<NAP zand	182 (19%)	155 (-13%)	227 (48%)	564 (17%)
<NAP slib	195 (-16%)	330 (35%)	645 (36%)	1170 (23%)
>NAP zand	372 (-40%)	130 (-61%)	476 (60%)	978 (-22%)
>NAP slib	783 (5%)	297 (64%)	819 (-27%)	1899 (-8%)
Totaal	2821 (0%)	1792 (1%)	3400 (4%)	8013 (1%)
Ondiep water				
v>0,50 m/s	731 (-11%)	312 (-36%)	1372 (-7%)	2415 (-13%)
v<0,50 m/s	88 (159%)	197 (319%)	216 (42%)	501 (115%)
Totaal	819 (-5%)	509 (-4%)	1588 (-2%)	2916 (-3%)
Schor	2313 (-2%)	33 (74%)	120 (14%)	2466 (-1%)
Geul	3410 (2%)	3210 (1%)	10855 (0%)	17475 (0%)

Tabel 7: Arealen(ha) van de verschillende ecotopen in de verschillende deelgebieden van de Westerschelde in 2001. Tussen haakjes de relatieve verschillen met 1996 (%).

3.4. Nadere onderbouwing van de aannames die ten grondslag liggen aan de hypothese

Door Huijs en Krijger (1996) zijn de arealen van de ecotopen in de drie deelgebieden van de Westerschelde in 1996 berekend en voor 2021 op basis van geprognosticeerde veranderingen geschat. Op basis van toen bekende gegevens is aan de verschillende ecotopen per deelgebied zijn ecotoop preferenties (normgetal) voor het microfytobenthos bepaald (figuur 4). De hypothesen zijn opgesteld door de geprognosticeerde veranderingen in ecotooparealen te vermenigvuldigen met de ecotoop preferenties.

Aan de hand van nieuwe meetgegevens onderzocht wat de relatieve belangrijkheid van de verschillende ecotopen voor primaire productie door microfytobenthos in de drie deelgebieden van de Westerschelde is. Dit is gedaan door de voor microfytobenthos bemonsterde locaties op die kaarten te 'prikken' op de ecotopenkaarten van 1996 en 2001 (Twisk, 2003). De ecotopenkaart van 1996 is gebruikt als input voor de monsterlocaties uit 1995, 1996 en 1997. De ecotopenkaart van 2001 is gebruikt als input voor de monsterlocaties uit 1999, 2000 en 2001. De overige jaren zijn buiten beschouwing gelaten. De preferentie van het ecotoop met de hoogste gemiddelde biomassa over alle jaren is op 100% gesteld, en de anderen naar verhouding daarvan. Gezien het geringe aantal bemonsteringen zijn de 'ondiep watergebieden', 'schor' en 'geul' buiten beschouwing gelaten bij de 100% definitie. Figuur 4 laat zien hoe de relatieve belangrijkheid van ecotopen volgens Huijs & Krijger (1998) en de nieuwste gegevens (deze studie) zich tot elkaar verhouden.



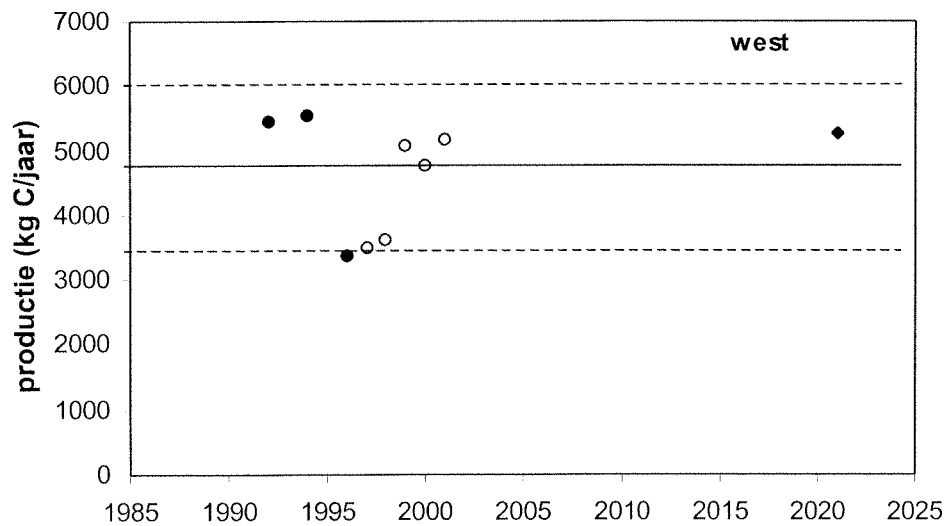
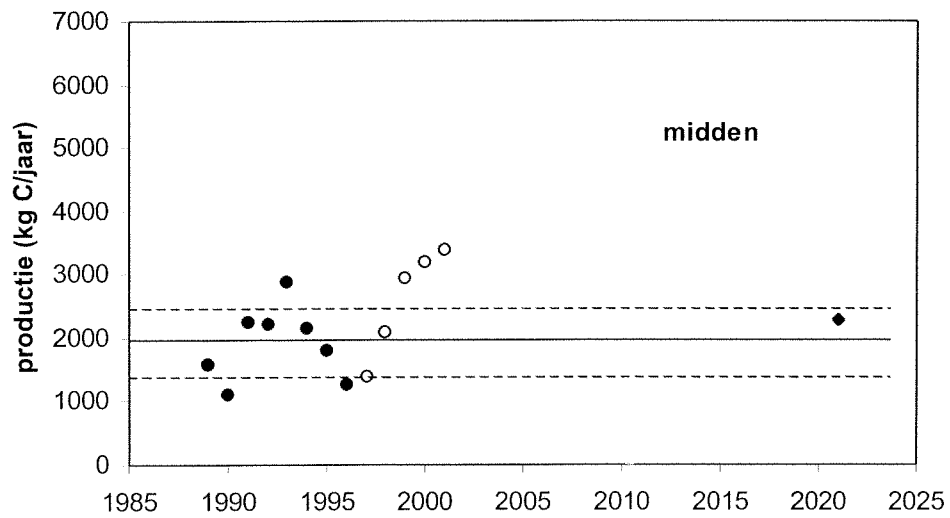
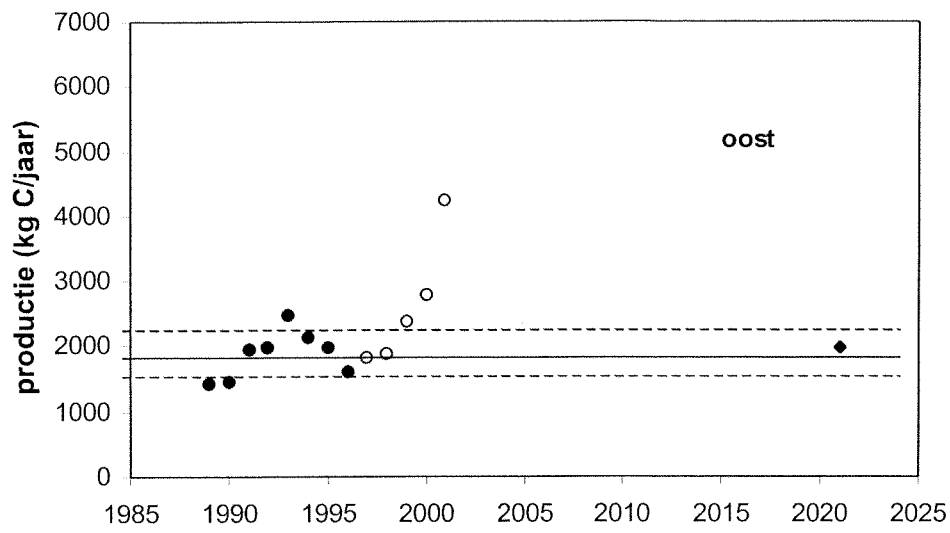
Figuur 4: Relatieve biomassa microfytobenthos (normgetal%) per ecotoop per deelgebied van de Westerschelde volgens Huijs en Krijger (1998) en deze studie (periodes 1995-1997 en 1999-2001).

Ligg: laaggelegen intergetijdengebied
 Higg: hooggelegen intergetijdengebied
 Ld: laag dynamisch
 Hdyn: hoog dynamisch

4. Resultaten

4.1. Tijdreeks benadering, methode a

Figuur 5 geeft de resultaten van de tijdreeks. De zwarte gevulde bolletjes staan voor de situatie voor de verruiming, de open bolletjes staan voor de situatie tijdens en na de verruiming, het zwarte vierkant is de prognose voor 2021. De gemiddelde situatie van de jaren 1989 tot en met 1996 wordt gezien als nulontwikkeling en is weergegeven middels de getrokken lijn. De onderbroken lijn geeft de spreiding in de gegevens weer (5- en 95-percentielen). Helaas zijn er voor het westelijk deel slechts drie jaren met gegevens vóór de verruiming beschikbaar, omdat niet van alle jaren oppervlakgegevens beschikbaar zijn. Dit resulteert in een relatief grote spreiding rond de nulontwikkeling in dit deelgebied.



Figuur 5: Verloop van de jaarlijkse primaire productie van microfytobenthos in het oosten, midden en westen van de Westerschelde (conform methode a). Getrokken lijn: nulontwikkeling (gemiddelde T_0). Onderbroken lijnen 5/95% percentielen.

Voor de verdiepingswerkzaamheden is de primaire productie (kg/jr) gemiddeld over de jaren 1989-1996 respectievelijk voor oost 1878 (st.dev 361), midden 1905 (st.dev 577) en west 4791 (st.dev 1236). Tijdens de verdieping is de primaire productie (kg/jr) gemiddeld over de jaren 1997 en 1998 voor oost 1850 (st.dev. 35), midden 1742 (st. dev. 475) en west 3557 (st.dev. 83). Na de verdiepingswerkzaamheden is de primaire productie (kg/jr) gemiddeld over de jaren 1999-2001 voor oost 3141 (st. dev. 975), midden 3180 (st.dev. 219) en west 5005 (st. dev. 222).

De totale jaarlijkse primaire productie door microfytobenthos in het oosten en middendeel lijkt toe te nemen ten opzichte van de periode voor 1997, terwijl in het westelijke deel geen duidelijke trend is waar te nemen. Middels een t-toets is getoetst of de berekende totale producties vóór 1997 verschillen van die na de verruiming, namelijk 1999-2001. De jaren tijdens de verruiming (1997 en 1998) zijn buiten beschouwing gelaten. In het westelijke deel is er geen significant verschil ($p > 0,1$). In het midden- en oostelijke deel zijn de toenames echter wel significant ($p = 0,0002$ en $p = 0,08$).

4.2. biomassa microfytobenthos volgens de ecotoopbenadering

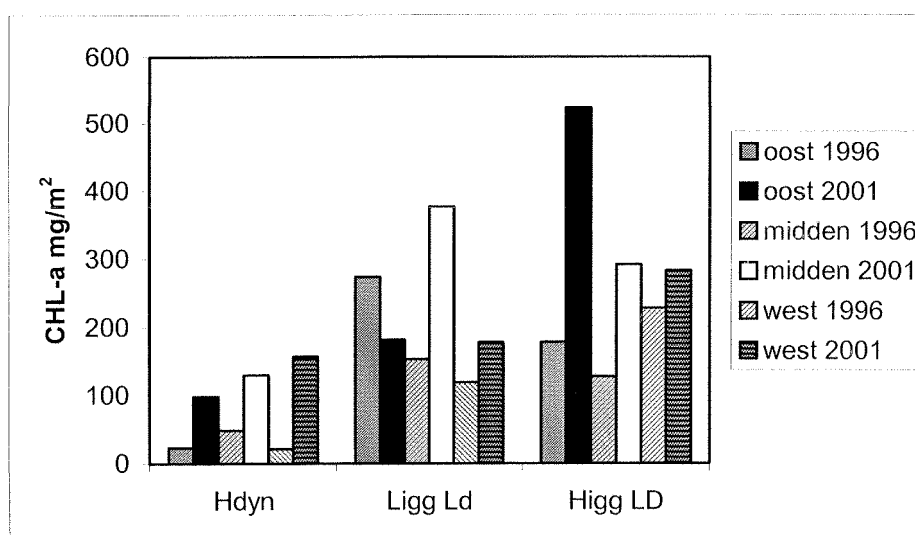
Per ecotoopkaart is de biomassaverdeling over de verschillende ecotopen berekend (tabel 8). Op een enkele uitzondering na liggen de gemiddelde biomassa waarden in de jaren 1999-2001 hoger dan die in 1995-1997. Daarnaast is er een verschuiving in benutting van ecotooptype waar te nemen. Het meest opvallend is dat er in '99 – '01 biomassa is aangetroffen op het schor en in de geul. Waarschijnlijk gaat het hier om gebieden die aan de rand van een ecotoop zijn gelegen en hierdoor een verkeerde classificatie krijgen. Het ecotooptype met de hoogste biomassa is in de beide jaren niet gelijk, evenals het ecotooptype met de laagste biomassa. Tussen de gefinieerde jaren zijn verschillen in ecotoopverdeling. Tabel 9 en figuur 6 geven een samenvoeging in biomassa naar hoogteligging. De geul en ondiepwatergebieden ($v > 0,50$ m/s) zijn bij het hoogdynamische gebied gevoegd en het schor is bij het laagdynamische, hooggelegen gebied gevoegd.

biomassa CHL-a mg/m ²	1995-1997			1999-2001		
	Oost	Midden	West	Oost	Midden	West
Platen en slikken						
Hoog dynamisch	23,21	48,77	21,27	84,93	129,96	69,87
Laag dynamisch						
<NAP zand	165,54	91,10		37,51	105,03	53,03
<NAP slib	108,40	62,07	118,94	144,37	271,95	124,98
>NAP zand	76,20	39,07	128,61	166,69	132,18	73,04
>NAP slib	102,19	88,67	99,88	173,79	159,74	209,87
Ondiep water						
v > 0,50 m/s			48,07	19,69		
v < 0,50 m/s						
Schor				182,47		
Geul				13,14		87,22

Tabel 8: gemiddelde microfytobenthos biomassa per ecotooptype.

biomassa CHL-a mg/m ²	1995-1997				1999-2001			
	Oost	Midden	West	Totaal	Oost	Midden	West	Totaal
Platen en slikken								
Hoog dynamisch	23,21	48,77	21,27	93,25	98,07	129,96	157,09	385,12
Laag dynamisch laaggelegen	273,94	153,17	118,94	546,05	181,88	376,98	178,01	736,87
hooggelegen	178,39	127,74	228,49	534,62	522,95	291,92	282,91	1097,78
Totaal	475,54	329,68	368,70	1173,92	802,90	798,86	618,01	2219,77

Tabel 9: microfytobenthosbiomassa naar hoogteligging.



Figuur 6: Biomassa naar hoogteligging en dynamiek per deelgebied

De hoogste biomassa (mg/m²) komt voor in het oostelijk deel van de Westerschelde (kaart 2001) en op laagdynamische delen. Worden de jaren 1995-1997 vergeleken met de jaren 1999-2001 dan is er in alle categoriën een toename in microfytobenthosbiomassa, in totaal resulterend in een verdubbeling. De hoogste biomassa (mg/m²) komt voor in de jaren 1999-2001 in de laagdynamische hooggelegen gebieden in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Door Twisk (2003) zijn de oppervlakten van de ecotooparealen berekend. De vermenigvuldiging van oppervlakten met de biomassa (mg/m²) geeft de hoeveelheid biomassa in kg microfytobenthos per ecotoop. Deze handeling is verricht voor de jaren 1996 en 2001 (tabel 10). Hieruit kan de toe- of afname aan biomassa worden bepaald (tabel 11). Opgemerkt dient te worden dat de bemonsteringsmethode hier niet op gericht is. Er is namelijk niet ad-random bemonsterd binnen een ecotoop.

biomxopp Chl-a (kg)	1996				2001			
	Oost	Midden	West	Totaal	Oost	Midden	West	Totaal
Platen en slikken								
Hoog dynamisch	250	414	262	927	1095	1144	861	3100
Laag dynamisch								
<NAP zand	253	162		415	68	163	120	351
<NAP slib	250	152	564	966	282	897	806	1985
>NAP zand	473	129	383	985	620	172	348	1140
>NAP slib	764	160	1127	2052	1361	474	1719	3554
Totaal	1992	1018	2336	5345	3425	2850	3854	10130
Ondiep water								
v>0,50 m/s			707	707	144			144
v<0,50 m/s								
Totaal			707	707	144			144
Schor					4221			4221
Geul					448		9467	9915
Totaal	1992	1018	3042	6052	8238	2850	13322	23316

Tabel 10: biomassa in kg per ecotoopareaal voor de jaren 1996 en 2000

toe/af name Chl-a (kg)	Verschil 1996-2000			Totaal
	Oost	Midden	West	
Platen en slikken				
Hoog dynamisch	844	730	599	2173
Laag dynamisch				
<NAP zand	-185	1	120	-64
<NAP slib	31	745	242	1019
>NAP zand	147	43	-36	154
>NAP slib	596	314	592	1502
Totaal	1434	1832	1519	4785
Ondiep water				
v>0,50 m/s	144		-707	-563
v<0,50 m/s				
Totaal	144		-707	-563
Schor	4221			4221
Geul	448		9467	9915
Totaal	6246	1832	10279	17264

Tabel 11: Toe- of afname in biomassa microfytobenthos tussen de jaren 1996 en 2000.

4.3. Verandering microfytobenthos biomassa volgens de ecotoopbenadering.

Huijs en Krijger (1998) gaan uit van de stelling "elk ecotoop heeft zijn eigen bodem levensgemeenschap met een bepaalde biomassa per oppervlakte-eenheid en soortsaanstelling". Op basis van deze veronderstelling zijn uitspraken gedaan en prognoses gebaseerd. De preferentie van het microfytobenthos is vermenigvuldigd met de ecotooparealen. Dit resulteert in een relatief gesommeerde maat per groep, die voor T0 en T1 (na 25) jaar kan worden vergeleken. Op basis van hun inschattingen zijn zij gekomen tot een percentage verwachte ontwikkeling, hetgeen voor microfytobenthos in een toename resulteert; 7% in Oost, 19% in Midden en 9% in West. Door dezelfde handeling te verrichten wordt op dit moment de verandering na circa 4 jaar bekeken. Ervan uitgaande dat de biomassa per ecotooptype constant is, is de preferentie of normgetal per ecotooptype per deelgebied berekend en weergegeven in tabel 12 en figuur 4. Het ecotoop met de hoogste biomassa wordt op 100% gesteld: in dit geval het laagdynamisch, <NAP, slibrijke gebied in het midden van de Westerschelde. Vanwege het geringe aantal bemonsteringen zijn de ecotooptypen 'ondiep watergebied', 'schor' en 'geul' bij deze benadering buiten beschouwing gelaten. Vervolgens zijn de relatieve biomassa's vermenigvuldigd met de arealen van de jaren 1995-1997 en 1999-2001, waar vanuit de relatieve toe- of afname berekend is (tabel 13). Middels de

ecotoopbenadering komt deze studie tot de conclusie dat vier jaar na de verdieping er een relatieve toename van het microfytobenthos is in het middengebied met ca. 9%, in het westelijk gebied blijft de biomassa nagenoeg gelijk en in het oostelijk gebied neemt de biomassa af met ca. 5%

normgetal (%)	oost	midden	west
Platen en slikken			
Hoog dynamisch	31	59	28
Laag dynamisch			
<NAP zand	42	58	31
<NAP slib	78	100	72
>NAP zand	61	40	52
>NAP slib	82	73	80

Tabel 12: Relatieve biomassa (normgetal%) microfytobenthos per ecotooptype per deelgebied in de Westerschelde voor de jaren 1995-1997 en 1999-2001. Het ecotoop met de hoogste biomassa is op 100% gesteld. Dit is het laagdynamisch, <NAP gelegen slibrijke gebied in het Midden van de Westerschelde.

% verandering	deze studie	Huijs en Krijger
Deelgebied		
oost	-4,7%	7%
midden	8,6%	19%
west	-0,4%	9%

Tabel 13: relatieve verandering in microfytobenthos biomassa tussen 1996 en 2000

5. Conclusie

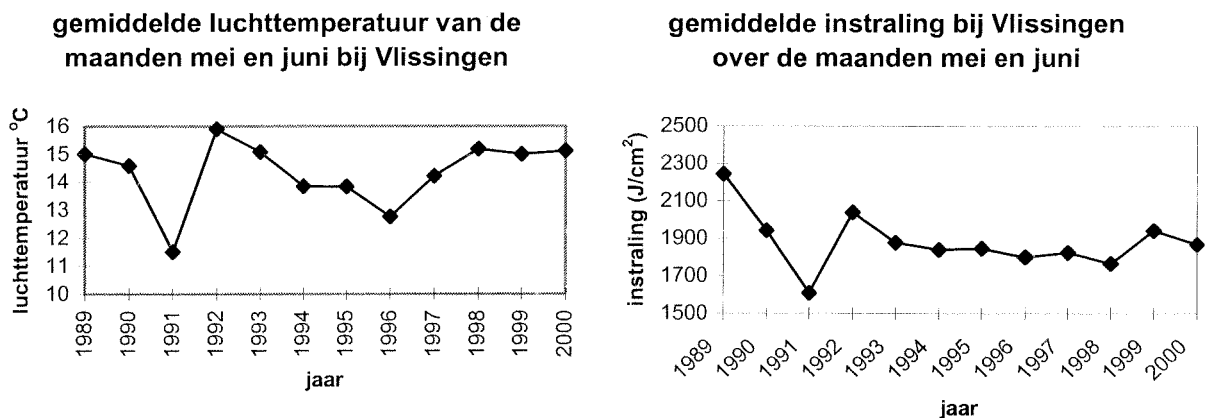
Volgens de trendanalyse zijn de gemiddelde productie-gegevens voor de verzuiming: oost, midden, west respectievelijk: 1878, 1905 en 4791 kg C/jaar. Na de verzuiming is er een significante toename waarneembaar in oost en midden. In west is er geen significante toename waarneembaar. De toename in oost is niet te wijten aan een toename in de geschiktheid van de Westerschelde voor microfytobenthos. Mogelijk zijn de geobserveerde veranderingen het gevolg van dynamische ontwikkelingen in het systeem die niets te maken hebben met de verzuiming (meteorologische omstandigheden, graasdruk). Er is dan ook geen reden om aan te nemen dat de geprognosticeerde waarden voor 2021 niet worden gehaald. De conclusie van dit onderzoek is als volgt:

Er is geen reden om de hypothesen die betrekking hebben op de veranderingen in microfytobenthos productie in het westelijk, midden en oostelijk deelgebied (Hypothese E3, E4 en E5) van de Westerschelde te verwerpen.

6. Discussie

6.1. Weersinvloeden

De hypothesen zijn uitgegaan van aannamen op basis van waarnemingen uit 1996. De meest relevante parameters zijn bekeken op geschiktheid. Echter, voor het microfytobenthos spelen nog meer factoren een belangrijke rol, die in de ecotopenkaart 'de Haan' niet zijn meegenomen. Zo zijn daginstraling en temperatuur parameters waar nu geen rekening mee is gehouden en die wel degelijk van relevant belang zijn. De Boer (2000) vindt significante correlaties voor microfytobenthos met sedimentsamenstelling, droogvalduur, weersvariabelen en waterkwaliteit. In zijn studie blijkt dat er een significante relatie is tussen gemiddelde jaartemperatuur en gemiddelde biomassa. Vooral de maanden mei en juni zijn belangrijk voor het microfytobenthos. In deze periode vindt de meeste groei en productie plaats. Figuur 7 toont de gemiddelde temperatuur en daginstraling in de maanden mei en juni over de verschillende jaren.



Figuur 7: Gemiddelde temperatuur en daginstraling gemeten bij Vlissingen

Gemiddelde lichtinstraling en luchttemperatuur zijn factoren die niet door de mens beïnvloedbaar zijn maar die wel degelijk effect op de microfytobenthos biomassa en primaire productie hebben. De primaire productie neemt toe naarmate er een hogere lichtinstraling en hogere temperatuur is, totdat er een zeker optimum bereikt is. Mogelijk zijn deze veranderingen een gevolg van weersinvloeden, met name in de maanden mei en juni waarin de grootste primaire productie plaats vindt. De jaren na de verdieping: 1998, 1999 en 2000 zijn over het algemeen warmere jaren geweest dan de jaren voor de verdieping. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de primaire productie toeneemt ten opzichte van de jaren daarvoor.

6.2. Methode van bemonsteren

De methode volgens de trendanalyse middels een tijdsreeks wijkt af van de ecotopen benadering. De tijdsreeks zegt iets over de biomassa per oppervlakte-eenheid en een gemiddelde biomassa over een aantal jaar. Dit in tegenstelling tot de ecotopen benadering, die ook de oppervlakte verandering per ecotooptype meeneemt. Nadeel van de laatste methode is dat er maar 2 oppervlakten bepalingen zijn. Bij de trendanalyse verdient echter wel de voorkeur om de bemonsteringen per ecotooptype te analyseren op geschiktheid voor een bepaald ecotooptype. Bijvoorbeeld: vallen er niet teveel bemonsteringen aan de rand van een ecotooptype, is de verdeling over hoog- en

laaggelegen gebieden representatief, wordt er juist bemonsterd op plaatsen waar een hoge microfytobenthos dichtheid is? Daarnaast verdient het de voorkeur om binnen een ecotooptype random te bemonsteren. In deze studie is geen verdere analyse gedaan naar de verdeling van monsterlokaties in een ecotooptype. Het verdient de aanbeveling om de monsterlokaties te analyseren en eventueel te heroverwegen.

6.3. Menselijke verstoring door baggeren en storten.

De Westerschelde heeft de afgelopen jaren een hoge dynamiek gekend. Tijdens het baggeren en storten zijn er nogal wat veranderingen opgetreden in de hydrogeologische settingen en daaraan gekoppeld de biologische component. Immers, een type diatomee van het microfytobenthos zit vastgehecht aan een zandkorrel middels polysaccharide verbindingen en een ander type van het microfytobenthos bevindt zich los tussen de zand- en slibkorrels en kan zich daartussen actief bewegen. Het is daarom te verwachten dat vanwege het bagger- en stort beleid, de verschillen in ecotoopverdeling zich in de komende tijd zullen voordoen. Het percentage slib kan alleen toenemen op plaatsen waar de fysische verstoring relatief laag is en waar de hydrodynamische energie de sedimentatie van slib toelaat. Het zijn deze laagdynamische lokaties waar de diatomeeënbiomassa kan toenemen tot hoge waarden, zonder dat deze door omwoeling in suspensie wordt gebracht en er een herdistributie plaats vindt.

6.4. Berekeningsmethode

In de drie voorgaande datarapportages (van Berchum en Stikvoort, 1999; Stikvoort en Vink, 2001 en Lievaart en Stikvoort, 2002) en deze rapportage wordt middels een formule de biomassa aan microfytobenthos omgerekend naar primaire productie. Dit is een constante factor waardoor een verandering in biomassa direct doorvertaald kan worden in een navenant grote verandering in primaire productie. De Boer, 2000 concludeert dat deze formule goed gebruikt kan worden voor de berekening van primaire productie. Het verdient dan ook de aanbeveling om de reeds toegepaste formule te handhaven.

6.5. Ecotoopbenadering

De hypothesen met betrekking tot het microfytobenthos hebben een sterke relatie met ecotopen. Het meest geschikte ecotoop zoals dit door Huijs en Krijger wordt geformuleerd (hooggelegen, laagdynamische intergetijdengebied in het deelgebied midden) wordt niet als zodanig teruggevonden. Uit de studie van Lievaart (2003) blijkt dat het laaggelegen, laagdynamische intergetijdengebied minstens zo geschikt is voor het microfytobenthos. Mogelijk komt dit omdat de gekozen grenzen bij deze ecotoopbenadering 'hard' zijn (NAP-lijn), en meer gebaseerd zijn op pragmatische dan op ecologische overwegingen. Bouma en de Jong (in prep) beschrijven een alternatieve ecotopenindeling, 'de Zes', waarin meer wordt uitgegaan van ecologische grenzen. Deze benadering sluit beter aan op de natuurlijke leefomstandigheden van organismen. Hier wordt de grens gesteld op 'permanent onder water'-'elk tij overspoelt'-'niet elk tij overspoelt'. Aanbevolen wordt om bij de volgende evaluatie zowel de huidige ecotoopkartering te gebruiken als de benadering volgens 'de Zes' methode en beide benaderingen onderling te vergelijken.

Naast de 'ZES'methode bestaat ook de habitat benadering die specifiek inzoomt op het meest geschikte habitat voor het microfytobenthos. Ook deze benadering zou zeer geschikt zijn om te gebruiken bij een volgende evaluatie.

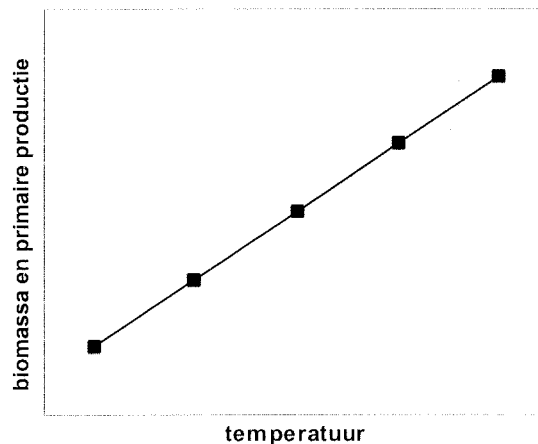
Het feit dat de ecotoop benadering juist een afname in de mogelijkheden voor microfytobenthosproductie in het oostelijk deelgebied laat zien komt voornamelijk door een afname van hooggelegen, slibrijke gebieden in het oosten. Daarnaast is er een veel kleinere afname in het laaggelegen, laagdynamisch gebied in het oosten. De afname van productie komt in de trendanalyse over de diverse jaren niet tot uiting, integendeel,

de trendanalyse laat een toename zien in productie van het microfytobenthos na de verruiming. De beide benaderingen kijken dan ook naar andere variabelen. Waar in de trendanalyse is gekeken naar primaire productie (of eigenlijk biomassa chlorofyl-a), is in de ecotopenbenadering gekeken naar een maat voor de geschiktheid van de deelgebieden van de Westerschelde voor microfytobenthos. Afgezien van het feit dat de gekozen ecotopen-indeling mogelijk niet de meest geschikte is voor het microfytobenthos, geven deze twee benaderingen niet hetzelfde weer. De uiteindelijk gemeten biomassa (en primaire productie) wordt namelijk in hoge mate mede gestuurd door de weersomstandigheden in een bepaald jaar.

7. Aanbevelingen

Na overleg met Drs. D.J. de Jong wordt de volgende aanbeveling gedaan om de preferentie (normgetal) van het microfytobenthos te verfijnen en aan de hand daarvan de verandering per deelgebied te bepalen:

1. Biomassa en primaire productie van het microfytobenthos is sterk afhankelijk van weersomstandigheden, dit blijkt uit onderzoek gedaan in de Eems (de Boer, 2000), Oosterschelde en Westerschelde (Stapel et al, 1998). Een voorbeeld van deze relatie wordt in figuur 8 gegeven.



Figuur 8: voorbeeld relatie biomassa (PP) microfytobenthos en weersinvloed.

2. De meetgegevens, bijvoorbeeld gemiddelde/jr, moeten gecorrigeerd worden naar een gemiddeld jaar qua temperatuur.
 3. daarna bepalen of de preferentie (normgetal) per ecotooptype (of habitatklasse) veranderd. Dit is het geval indien bijvoorbeeld het water helderder of troebeler wordt of het bodemslibgehalte systematisch verandert.
 4. areaal per deelgebied per ecotoop (of habitatklasse) bepalen.
 5. uit 3+4 volgt echte verandering in microfytobenthos per deelgebied.
- Opgemerkt dient te worden dat de bovengenoemde punten 1 en 2 nog verder uitgewerkt moeten worden naar een standaard methode, dit is een eerste gedachten aanzet

Een tweede aanbeveling is om de bemonsterde lokaties nader te bekijken op verdeling over de diverse ecotooptypen en binnen elk ecotoop een random bemonstering toe te

passen. Een probleem hierbij is dat de ecotoopkaarten meestal niet gereed zijn ten tijde van de bemonstering.

De derde aanbeveling betreft de gebruikte omrekeningsformule van microfytobenthos biomassa naar primaire productie. Deze kan gehandhaafd blijven bij de komende studies.

Tabel 1. Oorsprong en onderliggende aannames van hypothesen.

Hypothese	kwantitatief				kwantitatief	
	Fysische denkmodel	Ecotopen benadering	Bagger-stortstrategie	Expert judgement	Model berekening	Expert judgement
E3		x		X		
E4		x		X		
E5		x		x		

8. Literatuur:

- De Boer, 2000. Ontwikkeling van de biomassa van het microfytobenthos in het Eems-Dollard estuarium in de periode 1992-1999. Koeman en Bijkerk. Rapport 2000-31.
- De Jong, J., G. Krijger, L. Nijse & S. Huijs, zonder datum. Beoordeling van de effecten van de verdieping 48'/43'. Plan van aanpak - MOVE-rapport 2. RWS directie Zeeland, Middelburg
- Krijger, G., 1999. Monitoring van de effecten van de veruiming 48'/43'. Voortgangsrapportage periode 1997-1998. MOVE-rapport 3. RWS Directie Zeeland Nota AXW-99.005, Middelburg.
- Kromkamp, J. et al, 1995. nutrients, light and primary production by phytoplankton and microphytobenthos in the eutrophic, turbid Westerschelde estuary. Hydrobiologia 311: 9-19.
- Lievaart, M.A. & E.C. Stikvoort, 2002. Datarapportage ecologie veruiming Westerschelde (T3 t/m 2001). RWS Rijksinstituut voor Kust en Zee werkdocument RIKZ/AB/2002.834x.
- Stapel, J. & D. de Jong, 1998. Ontwikkelingen in de biomassa van het microfytobenthos in de Oosterschelde en Westerschelde in de periode 1981-1996. RWS Rijksinstituut voor Kust en Zee Rapport RIKZ-98.023.
- Stikvoort, E.C. & M. Vink, 2001. Datarapportage ecologische monitoring veruiming Westerschelde T₂ (t/m 2000). RWS Rijksinstituut voor Kust en Zee werkdocument RIKZ/AB/2001.817x.
- Van Berchum, A.M. & E.C. Stikvoort, 1999. Monitoring van de effecten van de veruiming 48'/43'. Werkdocument met betrekking tot chemie en biologie, periode 1997 en 1998. Project Monitoring Verruiming Westerschelde. Behorend bij voortgangsrapportage april 1999 - rapport 3. Werkdocument RIKZ/AB-99.811x, Middelburg