

Plaagalgen in het Grevelingenmeer

Louis Peperzak

Maart 2002

Plaagalgen in het Grevelingenmeer

Louis Peperzak

Maart 2002

Inhoudsopgave

	Inhoudsopgave	3
1	Inleiding	4
2	De Phaeocystis-voorjaarsbloei in 2001	6
3	Beschrijving van de meetgegevens.	8
4	Conclusies:	17
5	Aanbevelingen:	18
6	Literatuur	19

1 Inleiding

Incidenteel komen in het Grevelingenmeer plaagalgen voor. Deze microscopisch kleine algen kunnen een bedreiging vormen voor mens en dier omdat ze gifstoffen maken of omdat ze leiden tot zuurstofloosheid. In de zomer van 1994 trad diarretische schelpdierversgiftiging (DSP) op nadat campinggasten wilde mosselen aten die *Dinophysis* bevatten (Wattel 1996). Plaagalgen van het geslacht *Chrysochromulina* waren in de koude winter van 1995-1996 betrokken bij de sterfte van platte oesters (Peperzak en Holland 1997).

Tijdens metingen die werden uitgevoerd in het project MONISNEL van het RIKZ kwamen nog een aantal verdachte soorten boven water. In de eerste plaats was dit *Coolia monotis*, een soort die in subtropische gebieden giftig is. Nader onderzoek dat werd uitgevoerd in Japan toonde echter aan dat uit het Grevelingenmeer geïsoleerde *C. monotis* niet giftig is. Ten tweede werd een op *Prorocentrum lima* gelijkende alg gevonden. Ook *P. lima* is bekend uit subtropische gebieden waar hij, net als *Dinophysis*, DSP veroorzaakt. Er is echter twijfel of de in het Grevelingenmeer gevonden alg inderdaad *P. lima* is; het taxonomisch onderzoek naar de juiste identiteit vindt momenteel plaats in Duitsland.

Tot zover betreft het hier plaagalgen die in het Grevelingenmeer zelf tot bloei kwamen of kunnen komen. Echter, sinds de continue openstelling van de Brouwerssluis met ingang van 1999 is er vrijwel constant een open verbinding met de Noordzee waardoor er, naast diverse onschadelijke en zelfs gewenste planktonorganismen, ook plaagalgbloeien vanuit de Noordzee het meer binnen kunnen dringen. Vóór 1999 was de Brouwerssluis alleen in de winterperiode geopend om water met de Noordzee uit te kunnen wisselen (Rijkswaterstaat 1999). Bloeien van plaagalgen in de Noordzee/Voordelta, die in voorjaar en zomer optreden, werden zo automatisch buiten de deur gehouden.

Negatieve gevolgen voor de waterhuishouding en het bodemleven traden al direct in het voorjaar van 1999 op na de bloei van de plaagalg *Phaeocystis*. Deze verschijnselen bleven echter grotendeels uit in 2000 toen er geen *Phaeocystis*-bloei was (de Kluijver en Dubbeldam 2002). Gewaarschuwd door de Kluijver (UvA) werd in overleg met de directie Zeeland van RWS besloten om de *Phaeocystis*-bloei in het voorjaar van 2001 beter te monitoren. Het RIKZ telde daartoe de *Phaeocystis* concentraties in monsters die dagelijks in de Brouwerssluis genomen werden.

Inderdaad vond er in het voorjaar van 2001 een massale bloei van *Phaeocystis* en de directie Zeeland werd door het RIKZ geadviseerd de Brouwerssluis enige tijd te sluiten. Zo zou worden voorkomen dat via deze sluis de *Phaeocystis*-bloei het Grevelingenmeer in zou trekken. In het stagnante meer zakken de algen uit, mineraliseren en onttrekken zuurstof aan het water. De Brouwerssluis werd echter open gelaten en de uiteindelijke gevolgen daarvan, met name zuurstofloosheid, H₂S-vorming en de negatieve effecten op bentische dieren, worden beschreven door de Kluijver en Dubbeldam (2002).

Hier wordt het ontstaan van de *Phaeocystis*-voorjaarsbloei in 2001 in de Voordelta beschreven. De factoren die leidden tot het ontstaan van deze

bloei worden geanalyseerd. In de toekomst kan aan de hand van deze factoren de grootte van de jaarlijkse *Phaeocystis*-voorjaarsbloei worden geschat, en kan een actieve sluisbeheerder worden geadviseerd wanneer en hoe lang de sluis moet worden gesloten om bloei-intrek te voorkomen. Bloeien van de eerder genoemde plaagalgen (*Chrysochromulina*, *Dinophysis*) treden sporadisch op en ontstaan waarschijnlijk in het meer zelf. Het is daarom onwaarschijnlijk dat voor deze plaagalgen een effectief sluisbeheer te voeren is.

2 De Phaeocystis-voorjaarsbloei in 2001

In het RIKZ-project Monisnel worden jaarlijks de plaagalgen in de Oosterschelde, Grevelingenmeer en Noordzee gemeten in opdracht van drie regionale Rijkswaterstaat directies. Bovendien werd voor de directie Zeeland in april-mei 2001 het bloeiverloop van de kolonievormende plaagalg *Phaeocystis* dagelijks gemeten in de Brouwerssluis. Er zijn namelijk geen monitoringlocaties in de Voordelta die voldoende vaak (minstens 1 x per week) worden bemonsterd om de ontwikkeling van ongewenste bloeien te volgen en om tijdig maatregelen te kunnen nemen. Uit de hoogfrequente sluismetingen werd duidelijk dat *Phaeocystis* in het voorjaar van 2001 in zeer grote hoeveelheden in de Voordelta voorkwam.

In het Grevelingenmeer werd vervolgens in mei 2001 een versnelde zuurstofloosheid gemeten die ook nog eens gepaard ging met een sterke H₂S ontwikkeling. Normaliter vindt zuurstofloosheid pas plaats in de zomer (Wattel 1996). De zuurstofloosheid in mei 2001 leidde tot een sterk verlaagde of verhinderde kolonisatie van het harde substraat (de Kluijver en Dubbeldam 2002).

Begin mei vond er bovendien in de westelijke Oosterschelde een abnormaal hoge mosselsterfte plaats. Op sommige percelen bedroeg de sterfte 60%; de geschatte economische schade was 20 miljoen euro (Collombon en Poelman 2001 en persoonlijke mededelingen van T. de Kok (LNV) en H. van Geesbergen (Mosselkantoor)).

Uit voorgaand onderzoek was vast komen te staan dat *Phaeocystis*-voorjaarsbloeien starten als de lichtintensiteit in de waterkolom een drempel van 100 W h m⁻² dag⁻¹ overschrijdt, en als de nutriënten stikstof (N) en fosfaat (P) in overmaat aanwezig zijn. De *Phaeocystis*-bloei stopt als P op is (Peperzak 2002). Verder was uit BALANS/EOS-onderzoek van het RIKZ, dat eind jaren tachtig was uitgevoerd, bekend dat de *Phaeocystis*-bloei eind april-begin mei vanuit de Voordelta de Zeeuwse zeearmen binnenkomt.

Sedimentatie van *Phaeocystis* is bekend uit de literatuur (Cadée 1996) en kan zelfs leiden tot zuurstofloosheid (Rogers and Lockwood 1990). In de westelijke Oosterschelde was verhoogde mosselsterfte (10-20%) al eens waargenomen in 1989 (Rijkswaterstaat 1991). Daar komt bij dat er voor de jaren 1988-1990 een positieve relatie gevonden was tussen de algenconcentratie in april-mei en mosselsterfte in de Oosterschelde (Rijkswaterstaat 1991). Omdat in april-mei *Phaeocystis* vaak de dominante alg in de westelijke Oosterschelde is (Peperzak 1990), ligt een relatie tussen de *Phaeocystis*-bloei in de Voordelta, *Phaeocystis*-sedimentatie in de westelijke Oosterschelde en het Grevelingenmeer, en zuurstofloosheid voor de hand.

Om de versnelde zuurstofloosheid in het Grevelingenmeer te kunnen verklaren worden op grond van de bovenstaande gegevens de volgende hypothesen gesteld:

1. In de Voordelta bevond zich in april-mei 2001 een goed ontwikkelde bloei van de plaagalg *Phaeocystis* door:

-
- a. hoge rivierafvoeren (nat voorjaar): met de daarmee gepaard gaande hoge nutriëntenvrachten waren voldoende nutriënten voor een bloei aanwezig.
 - b. de wind kwam uit noordelijke richtingen: hierdoor ontstond een 'brakwaterbel' ten gevolge van zoet Maas- en Rijnwater voor de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden. Zo'n scenario, met een periode van noordoostenwind (5 m s^{-1}) en een hoge rivierafvoer ($4500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) is bekend uit modelberekeningen van de Kok (1996): na 3 dagen noordoostenwind bevindt de zuidelijke rand van de 'brakwaterbel' zich ten westen van de Oosterschelde.
 - c. een gemiddelde lichtinstraling in de waterkolom van de Voordelta van meer dan $100 \text{ W h m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$.

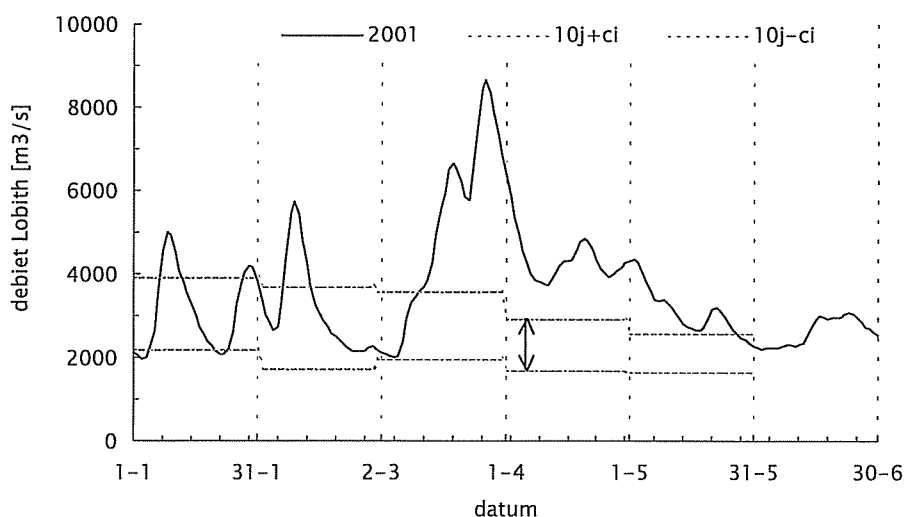
2. De lage zuurstofconcentraties in het Grevelingenmeer zijn te wijten aan het sedimenteren van de *Phaeocystis*-bloei.

In dit hoofdstuk zal beschreven worden hoe de meteorologie, rivierafvoer en *Phaeocystis*-bloei zich in het eerste half jaar van 2001 ontwikkelden. Verder zal een vergelijking worden gemaakt van de zuurstofconcentraties aan het oppervak en bij de bodem op de locatie Scharendijke in 2000 (geen *Phaeocystis*-bloei) en 2001. Hiervoor is gebruik gemaakt van gegevens uit DONAR (zoetwaterafvoer en nutriëntenconcentraties), van het KNMI (windrichting en daginstraling van station Vlissingen), de saliniteit vóór de Brouwerssluis (meetpaal BG8) en *Phaeocystis*-tellingen van Oosterschelde (OS140-Wissekerke), Goeree 6 en de Brouwerssluis die in het kader van Monisnel zijn verwerkt of gemeten. De DONAR- en BG8 gegevens zijn geleverd door G.Wattel (RIKZ) en F.van Balen (DZL).

3 Beschrijving van de meetgegevens.

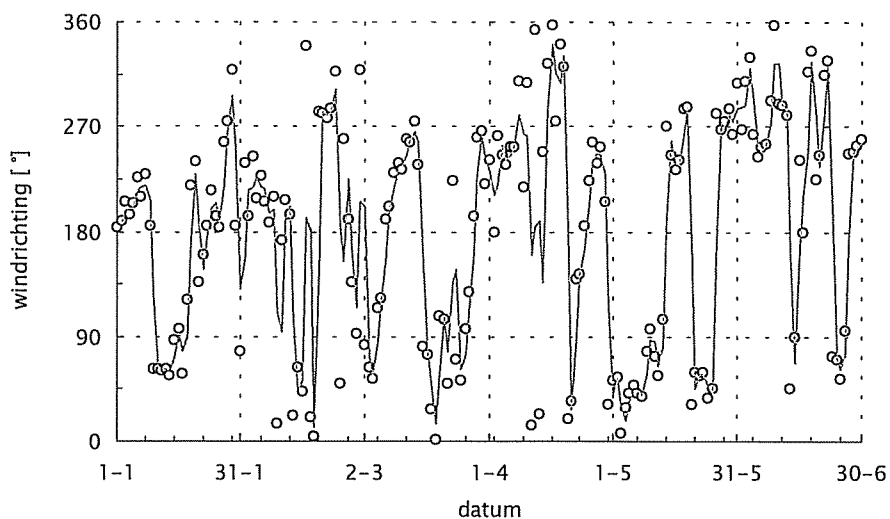
Voor een bloei van *Phaeocystis* zijn veel nutriënten nodig en een hoge rivierafvoer staat daarvoor garant. Het is namelijk niet zo dat meer water in de rivier leidt tot verdunning van de nutriënten; door afspoeling van het land neemt namelijk de totale nutriëntenvrucht toe. Was nu de afvoer van water en nutriënten hoog in het voorjaar van 2001? Omdat de vruchten van 2001 pas in 2002 met een model berekend kunnen worden, is de Rijnaflower bij Lobith als maat genomen; deze getallen zijn wel beschikbaar en er bestaat een redelijk verband met de totale zoetwaterafvoer naar zee.

In Figuur 1 is de maandgemiddelde afvoer van 2001 weergegeven, samen met het langjariggemiddelde en de 95% betrouwbaarheidsintervallen van 1991-2000. Hieruit blijkt dat in maart, april en mei 2001 het debiet bij Lobith significant hoger was (+81%, +91% en +48%) dan normaal.



Figuur 1. Waterafvoer bij Lobith in de eerste helft van 2001. De horizontale lijnen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval rond het maandgemiddelde van de voorgaande 10 jaar aan. Een significant hoge afvoer kwam voor in de periode van half maart tot half mei.

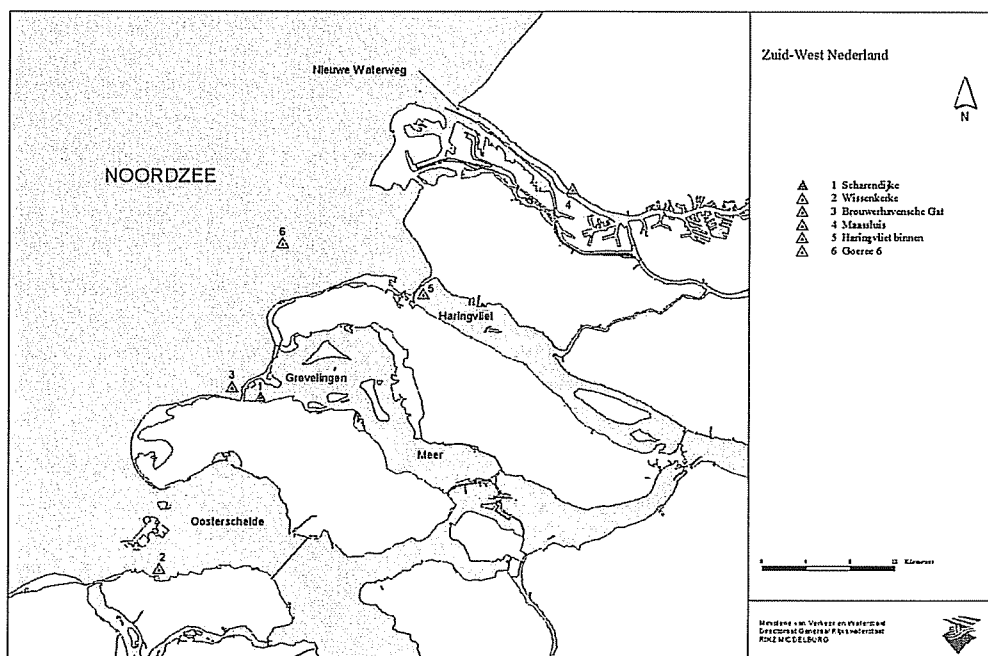
Ten tweede dient naar de windrichting gekeken te worden. Begin april is de wind meest west (270°) en draait dan naar noordwest ($270^\circ - 360^\circ$): zie Figuur 2. Dan ontstaat er eind april een typerend patroon van west tot noordwesten wind ($\sim 270^\circ$) afgewisseld met perioden van noordoosten tot oosten wind ($0-90^\circ$). Met name na 1 mei is er een periode van wel 10 dagen met noordoostenwind (Figuur 2) met een snelheid boven de 5 m s^{-1} .



Figuur 2. De windrichting te Vlissingen in de eerste helft van 2001. De getrokken lijn is het tweedaagse gemiddelde. Met name begin mei was er een langdurige periode van noordoosten (0-90°) wind.

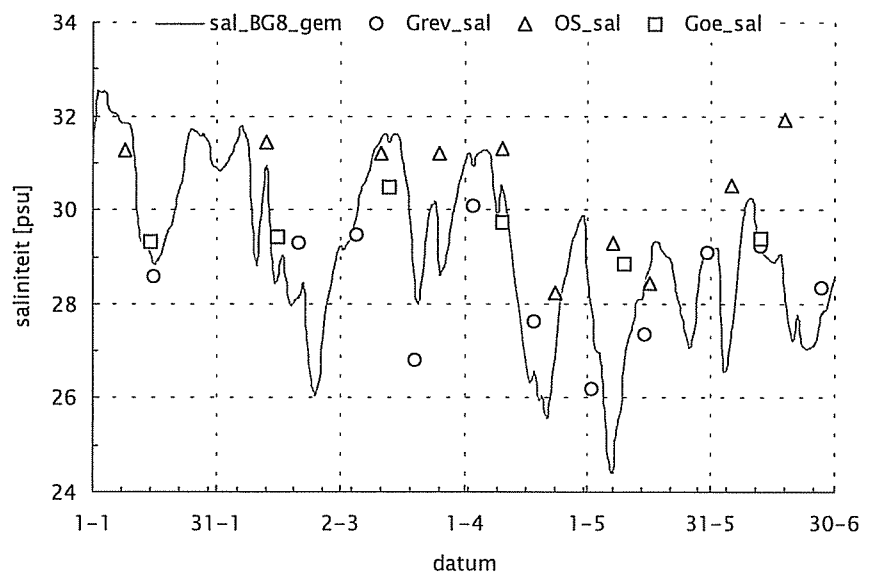
In de 2 weken die aan deze periode van noordoosten wind voorafging was de afvoer bij Lobith hoog met $> 4000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figuur 1). De windrichting, windsterkte en de hoge afvoer voldoen daarmee aan de voorwaarden van de Kok (1996) voor de vorming van een 'brakwaterbel' voor de Zeeuwse kust.

Vervolgens kan het effect van de hoge rivierafvoer en de afwisselende perioden van westnoordwesten met noordoost-oosten winden op de saliniteit van het water in de Voordelta worden bekeken. In de eerste plaats komt hiervoor in aanmerking de reeks met de hoogste meetfrequentie, die van meetpaal BG8 vóór de Brouwerssluis (Figuur 3).



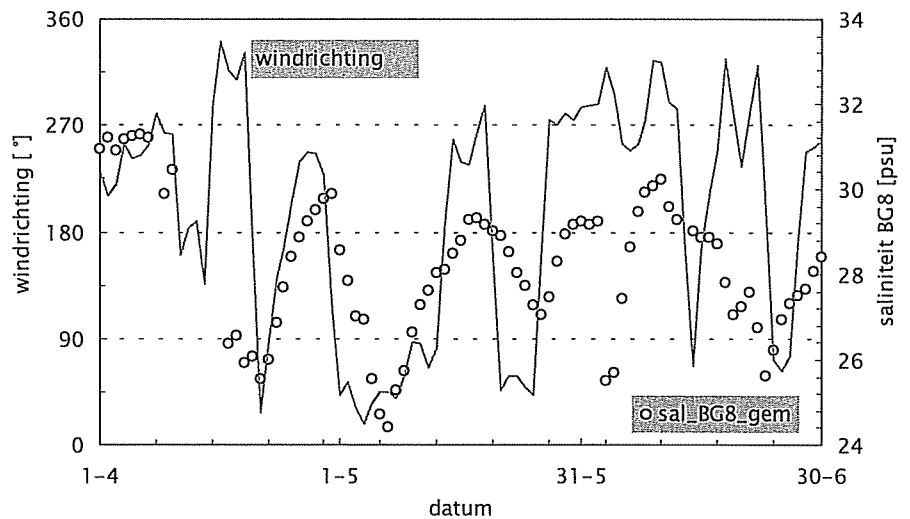
Figuur 3. Overzicht van de meetpunten. De nutriëntenconcentraties in de rivierafvoeren worden gemeten te Maasluis (4) en in het Haringvliet (5). De standaard monitoringlokaties voor nutriëntenconcentraties en plaagalgen zijn Scharendijke (1) in het Grevelingenmeer, Wissenkerke (2) in de Oosterschelde en Goeree 6 (6) in de Noordzee. Continue saliniteitsmetingen vinden plaats op meetpaal BG8 (3). Tussen BG8 (3) en Scharendijke (1) bevindt zich de Brouwerssluis.

Op BG8 varieerde van januari tot begin april de saliniteit tussen de 29 en 31 psu, met de hoogste waarden begin januari en de laagste eind februari (Figuur 4). In de periode april-juni wordt de saliniteit in de Voordelta beduidend lager: tussen de 26 en 29 psu, met een minimum (< 25 psu) in de eerste week van mei (week 19). In deze week 19 was ook de saliniteit in het Grevelingenmeer, de Oosterschelde en op Goeree 6 relatief laag (Figuur 4).



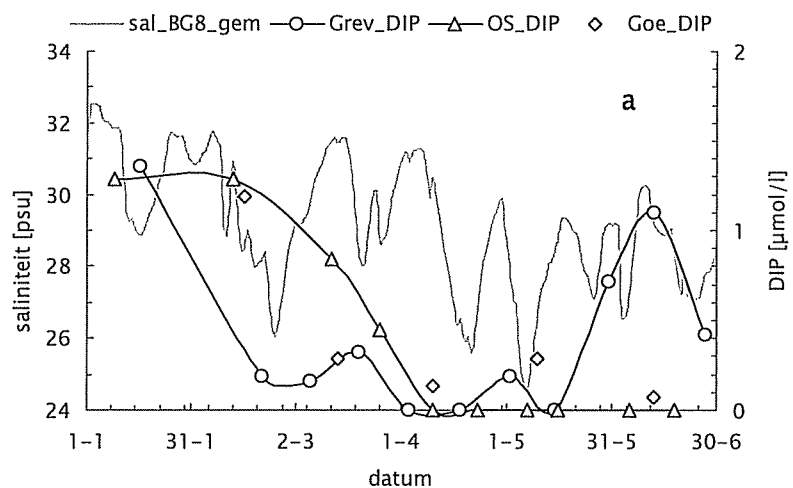
Figuur 4. De saliniteit vóór de Brouwerssluis gemeten aan de meetpaal BG8 in 2001 (gemiddeld over oppervlak en bodem) in vergelijking met de MWTL meetpunten Grevelingen (Grev, Scharendijke), Oosterschelde (OS, Wissenkerke) en Goeree6 (Goe6). De gemiddelde saliniteit van 1 januari tot 1 juli op BG8 was 29 ± 2 psu.

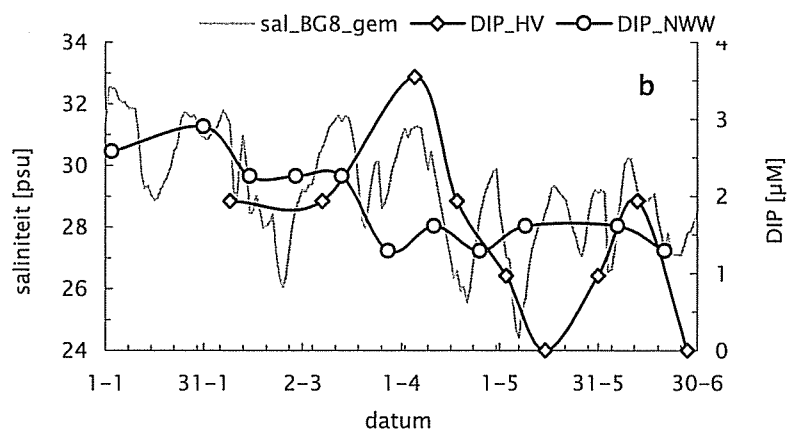
Als nu de saliniteit op BG8 samen met de windrichting in één grafiek wordt uitgezet dan is met name eind april en in mei het effect van de windrichting op de saliniteit duidelijk zichtbaar: hogere saliniteit valt samen met westenwind, lage saliniteit met oostenwind (Figuur 5). Deze samenhang tussen windrichting en saliniteit bevestigt het voorkomen van een 'brakwaterbel' in de Voordelta.



Figuur 5. Windrichting (Vlissingen) en saliniteit bij de Brouwersdam (BG8) in het voorjaar van 2001. Noordoostenwind (0-90°) gaat gepaard met lage saliniteit.

De invloed van het rivierwater in zee zou zich niet alleen moeten laten gelden op de saliniteit maar ook op de nutriëntenconcentraties. Het zoete water in de rivieren is namelijk sterk geëutrofeerd: het bevat hoge gehalten aan stikstof en fosfaat. Een moeilijkheid hierbij is dat deze nutriënten, in tegenstelling tot de saliniteit, geen conservatieve stoffen zijn. In zowel het zoete als het zoute water begint namelijk in het voorjaar het fytoplankton te groeien. De nutriënten worden opgenomen en hun concentraties dalen. Deze 'voorjaarsbloeï' bemoeilijkt de interpretatie van het verloop van de nutriëntenconcentraties in de Voordelta; deze zullen niet alleen een effect zijn van rivierafvoer en windrichting maar dus ook van biologische opname.



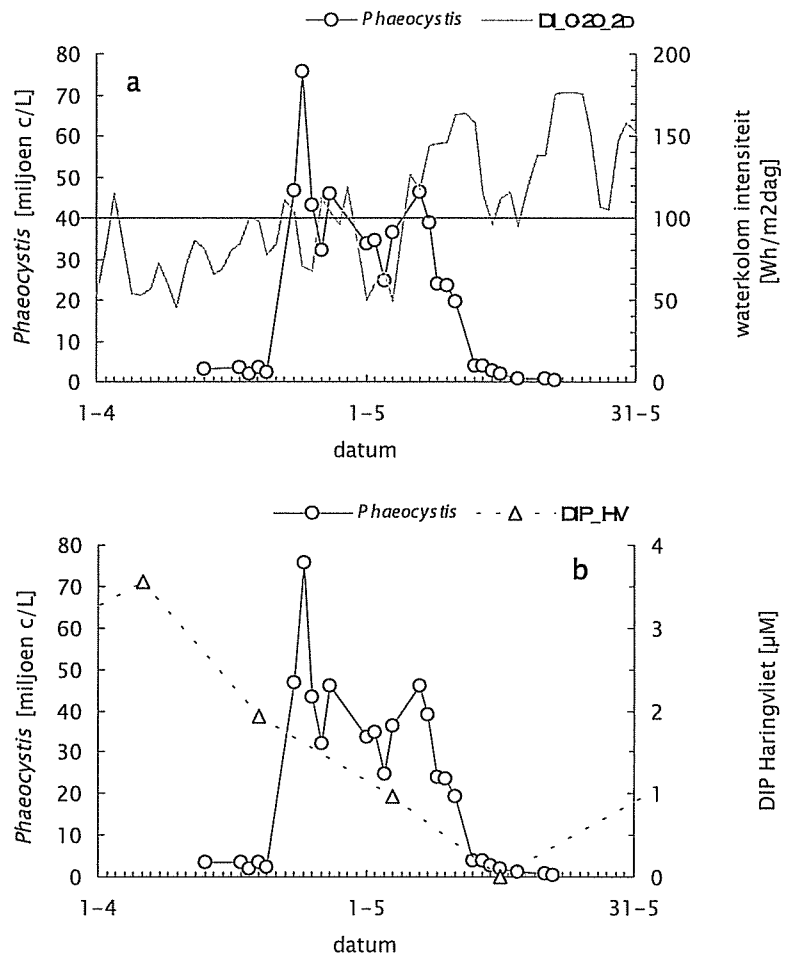


Figuur 6. Verloop in 2001 van de opgelost anorganisch fosfaat (DIP) concentraties in de “Voordelta” (a) en in de zoetwateraanvoer van Maassluis en Haringvliet (b). In beide gevallen is het verloop van de saliniteit op BG8 weergegeven.

In Figuur 6 zijn de fosfaat (DIP) concentraties weergegeven. Er is hier voor fosfaat gekozen omdat uit voorgaand onderzoek gebleken is dat juist deze nutriënt, en niet stikstof (DIN), in het voorjaar de algenbiomassa bepaalt. De concentraties DIN in de zoute wateren bereiken in 2001 pas eind mei en in de loop van juni lage ($< 5\mu\text{M}$) waarden. Daarentegen zijn de DIP concentraties op Goeree 6 en in Grevelingenmeer en Oosterschelde al minimaal in april (Figuur 6a). In het zoete water bereikt alleen DIP in het Haringvliet midden mei een concentratie van $0\ \mu\text{M}$ (Figuur 6b). Er is inderdaad geen verband tussen saliniteit (debieten) en DIP (Figuur 6a).

De lage DIP waarden in de Voordelta in april betekenen dat de biomassa van het fytoplankton inderdaad fosfaat-gelimiteerd was. De eerste planktonbloei maakte het in zee voorradige fosfaat op. De zich later ontwikkelende *Phaeocystis*-bloei werd gevoed door fosfaat dat via het rivierwater werd aangevoerd. Halverwege mei stopte ook deze aanvoer via de Haringvliet: de concentratie DIP werd daar nul (Figuur 6b). De theorie voorspelt nu het einde van de *Phaeocystis*-bloei.

In Figuur 7 worden de factoren voor de start (kolominstraling $100\ \text{W h m}^{-2}\ \text{dag}^{-1}$ en aanvoer van DIP) en het einde (stop aanvoer van DIP) van de *Phaeocystis*-bloei gecombineerd.

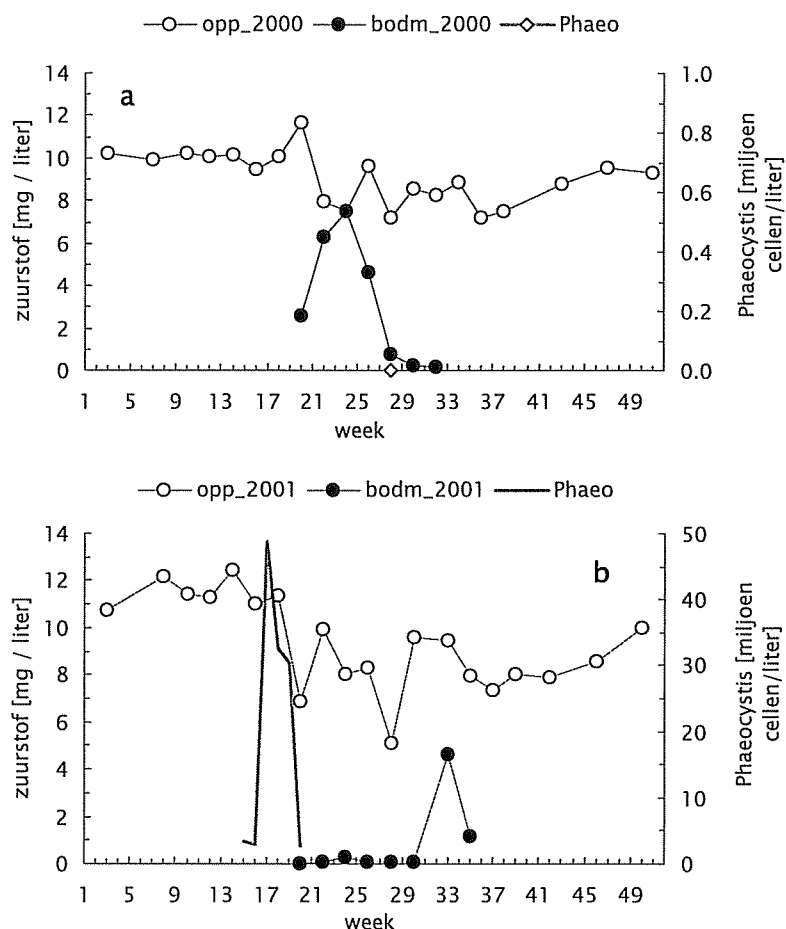


Figuur 7. Start en einde van de *Phaeocystis*-bloei gemeten in de Brouwerssluis in april-mei 2001. De kolominstraling (a) is berekend voor een waterdiepte van 20 meter en een $K_d = 1.0$ (= Noordwijk 2). De horizontale lijn in (a) is de theoretische drempelwaarde ($100 \text{ W h m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$) voor het begin van de bloei. In (b) blijkt dat aan het begin van de bloei de DIP concentratie ca. $2 \mu\text{M}$ in het Haringvliet is; het einde van de bloei wordt bereikt als de aanvoer is gedaald naar nul.

Uit Figuur 7a wordt duidelijk dat de piek van de *Phaeocystis*-bloei begint na een toename van de daginstraling in april tot ca. $100 \text{ W h m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. De totale bloeiduur (> 1 miljoen cellen per liter) is 35 dagen en eindigt op 18 mei. In deze periode daalde de fosfaataanvoer uit de Haringvliet van 2 tot $0 \mu\text{M}$ (Figuur 7b).

Ten slotte kan het effect van de *Phaeocystis*-bloei op de zuurstofconcentraties in de waterkolom worden nagegaan door het jaar 2001 te vergelijken met 2000. In 2000 vond er geen *Phaeocystis*-bloei plaats in het

voorjaar (Peperzak *et al.* 2001). In Figuur 8 worden de zuurstofconcentraties op locatie Scharendijke weergegeven.



Figuur 8. Zuurstof- en *Phaeocystis*-concentraties in 2000 (a) en 2001 (b) in het Grevelingenmeer op locatie Scharendijke. De zuurstofmetingen bij de bodem beginnen ieder jaar pas in week 20. In 2000 werd *Phaeocystis* alleen waargenomen in week 28 (a). In 2001 werd in het voorjaar een langdurige bloei met hoge concentraties gemeten in de Brouwerssluis (b).

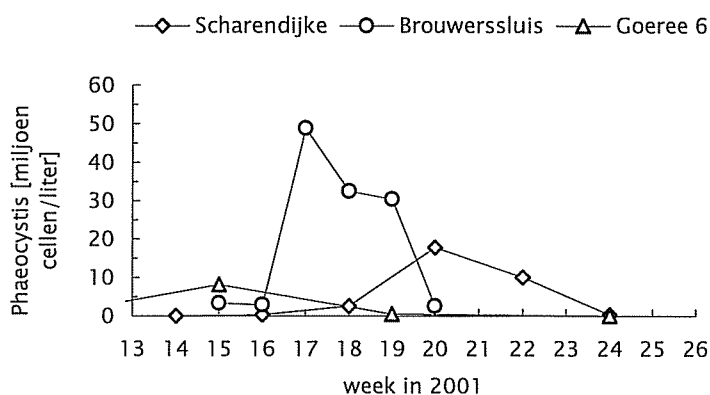
Ieder voorjaar komen lage zuurstofconcentraties bij de bodem blijkbaar voor (Figuur 8 a en b). In 2000 herstelt de situatie zich snel en komen zuurstofloze omstandigheden pas voor in week 32 (begin augustus). Na de *Phaeocystis*-bloei in 2001 wordt bij de eerste meting in week 20 al een zuurstofloze situatie bij de bodem aangetroffen. In week 20 is bovendien de zuurstofconcentratie aan het oppervlak plotseling gedaald van 11 naar 7 mg/l (Figuur 8b). De zuurstofloze situatie bij de bodem duurt tot en met week 30, daarna pas treedt een lichte verbetering op.

Tabel 1 Zuurstofconcentraties in de westelijke Oosterschelde, mei 2001. De RIVO waarden komen uit Collombon en Poelman 2001 en zijn gemeten op 14 mei (week 20) in de waterkolom op locaties met 15-55% mosselmortaliteit (op -3 tot -13 meter). Op locaties met een mortaliteit < 10% was de O₂-verzadiging > 110% (op -4 tot -12 meter)

Locatie	Diepte	Datum	O ₂ [mg/l]	Meting
Wissenkerke	-3 m	7 mei	9.6	RWS
Hammen 182A	-3 m	14 mei	5.9 (71%)	RIVO
Hammen 182C	-10 m	14 mei	6.5 (75%)	RIVO
Hammen 10	-13 m	14 mei	6.2 (69%)	RIVO
Wissenkerke	-3 m	16 mei	8.4	RWS

Ook in de Oosterschelde, waar de sedimentatie van *Phaeocystis* beschouwd wordt als de oorzaak van mosselsterfte, komen in week 20 in de waterkolom relatief lage zuurstofconcentraties voor (Tabel 1). De oppervlakteconcentraties in de Oosterschelde van ca. 6 mg/l (Tabel 1) zijn vergelijkbaar met die in het Grevelingenmeer: 7 mg/l (Figuur 8b). Blijkbaar is de zuurstofvraag van de gesedimenteerde *Phaeocystis*-bloei zo groot dat zowel in een stagnant meer (de Grevelingen) als in de Oosterschelde de zuurstofverzadiging in de waterkolom met zo'n 30% afneemt.

Tot slot is het in het kader van aangepast beheer van belang om na te gaan of de huidige MWTL locaties Goeree 6 en Scharendijke (Figuur 3) geschikt zijn voor een vroegtijdig waarschuwingssysteem. Hiervoor zijn de *Phaeocystis*-waarnemingen op deze locaties (project Monisnel) vergeleken met de waarden in de Brouwerssluis: Figuur 9.



Figuur 9. Het verloop van de *Phaeocystis*-concentraties in 2001 op Scharendijke (meetfrequentie tweewekelijks), Goeree 6 (meetfrequentie maandelijks) en de Brouwerssluis (weekgemiddelden van 5 monsters/week).

Uit Figuur 9 wordt duidelijk dat de eerste *Phaeocystis*-piek is waargenomen op Goeree 6 in week 15. De monsterfrequentie is echter zodanig laag dat pas in week 19 een volgend monster (met < 1 miljoen cellen/liter) kon worden gemeten. In het Grevelingenmeer wordt twee maal per maand gemonsterd, maar nu valt de piek in week 20, als de invoer van *Phaeocystis* door de Brouwerssluis al bijna tot nul is gedaald. Met andere woorden: de frequentie op Goeree 6 is te laag, en de bemonstering op Scharendijke in het Grevelingenmeer is te laat. Om het verloop van *Phaeocystis*-bloeien tijdig en goed te kunnen volgen is dus een meetpunt in de Voordelta nodig dat minstens 1 maal per week kan worden bemonsterd.

4 Conclusies:

- Het is aannemelijk dat een combinatie van hoge rivierafvoer en noordoostelijke winden tot een situatie heeft geleid die gunstig was voor de ontwikkeling van een massale *Phaeocystis*-bloei in de Voordelta.
- De *Phaeocystis*-bloei in de Voordelta trok het Grevelingenmeer en de Oosterschelde in, sedimenteerde en veroorzaakte lage zuurstofconcentraties in de waterkolom (-30% verzadiging) en zuurstofloosheid bij de bodem.
- Er zijn geen frequent bemonsterde MWTL locaties in de Voordelta; dit is de reden dat de jaarlijkse ontwikkeling van de abiotische (o.a. nutriënten) en ecologische variabelen (o.a. planktongroei) in dit gebied niet goed kan worden gemeten.
- De MWTL meetpunten Scharendijke en Goeree6 zijn niet geschikt in een 'early-warning' systeem om *Phaeocystis*-bloeien te monitoren.

5 Aanbevelingen:

- Om de *Phaeocystis*-bloei in de Voordelta goed te kunnen monitoren zijn andere meetpunten en een hogere monsterfrequentie nodig (bijv. continue onderwater-meetinstrumenten).
- Extra vaartochten zijn nodig om de ontwikkeling van (a)-biotische variabelen in de Voordelta te meten; in eerste instantie zou het saliniteit/temperatuur meetnet van directie Zeeland in de Voordelta gebruikt kunnen worden om een indruk te krijgen van de ruimtelijke en temporele variabiliteit.
- De data van de jaren 1999-2002 (meteorologie, nutriëntenvrachten, algenbloei en zuurstofloosheid) dienen gebruikt te worden in het project Harmful Algal Bloom Expert System (HABES) om tot een modelmatige voorspelling van *Phaeocystis*-bloeien te kunnen komen.
- Bij de directie Zeeland dient de procedure om in het geval van een plaagalgenbloei tot een sluiting van de Brouwerssluis te komen, te worden voorbereid.

6 Literatuur

Cadée 1996. Accumulation and sedimentation of *Phaeocystis globosa* in the Dutch Wadden Sea. *J. Sea Res.* **36**: 321-327.

Collombon en Poelman 2001. Mass mortality of *Mytilus edulis* Oosterschelde, Netherlands May 2001. RIVO report number C045/01.

De Kluijver en Dubbeldam 2002. De effecten van een nieuw spuiregiem in het Grevelingenmeer op de waterhuishouding en de waterbodem en de gevolgen daarvan op de kolonisatie van hard-substraat organismen. Aquasense rapport 1777a (concept 02-03-02).

de Kok 1996. A two-layer model of the Rhine plume. *J. Mar. Syst.* **8**: 269-284

Peperzak 1990. Fytoplankton in de Oosterschelde. Notitie RIKZ.

Peperzak en Holland 1997. Sterfte van oesters en het voorkomen van een nieuwe plaagalg in het Grevelingenmeer in de jaren 1996 en 1997. Werkdocument RIKZ/OS97.862X.

Peperzak, Bouma, Peletier en Sandee 2001. Monisnel Jaarrapport 2000. Werkdocument RIKZ/OS-806.X.

Peperzak 2002. The wax and wane of *Phaeocystis globosa* blooms (in press).

Rogers and Lockwood 1990. Observations on coastal fish fauna during a spring bloom of *Phaeocystis pouchetii* in the Eastern Irish Sea. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* **70**: 249-253.

Rijkswaterstaat 1991. Veilig Getij.

Rijkswaterstaat 1999. Waterbeheersplan Grevelingenmeer 1999-2003.

Wattel 1996. Grevelingenmeer: uniek maar kwetsbaar. De ontwikkelingen in de periode 1990-1995. Rapport RIKZ-96.014.