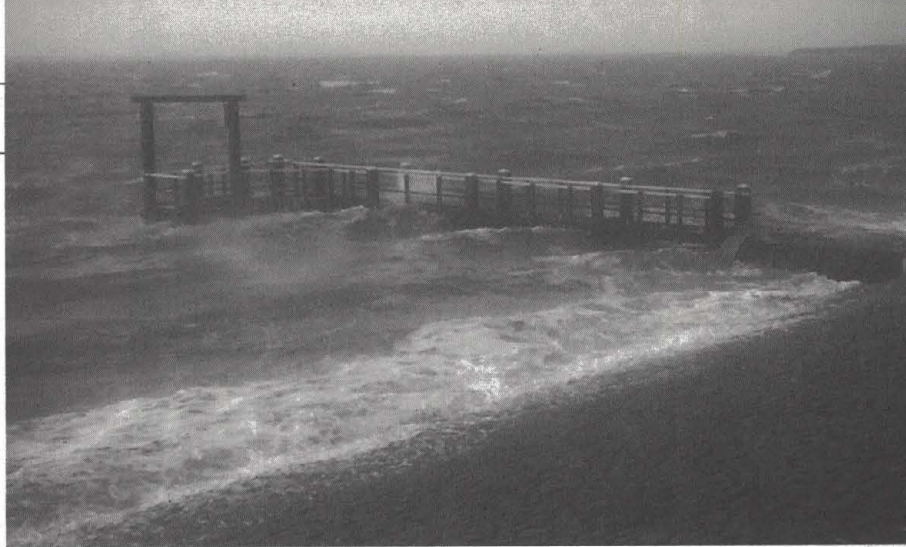


Gerhard C. Cadée &
Wim van Raaphorst

Wordt de Waddenzee voedselarmer?



Sinds enkele jaren dalen de hoeveelheden fosfaat en nitraat die door de Rijn naar zee worden gebracht. Dit artikel gaat in op de vraag of dit leidt tot lagere gehalten aan voedingsstoffen in de Waddenzee en in hoeverre dit ook consequenties heeft voor de algengroei en eventueel ook voor de vis- en vogelstand van dit gebied.

Al enige jaren is er een discussie gaande over mogelijke effecten van de verlaagde afvoer van vooral fosfaat door de Rijn (fig. 1a) op ons kustwater. Boddeke & Hagel (1991) brachten de recente afname van de stand van garnalen en tweekleppigen, als Mossel (*Mytilus edulis*) en Kokkel (*Cerastoderma edule*), in de Waddenzee en van bodemvis uit de zuidelijke en centrale Noordzee in verband met deze verlaagde

fosfaatafvoer. Nog onlangs herhaalde Boddeke (1993) zijn standpunt, zij het dat de Garnaal (*Crangon crangon*) niet meer voorkwam in zijn verhaal. Voor onze Noordzeekustzone hebben de regelmatig verzamelde gegevens van Rijkswaterstaat (een onschatbare bron!) aangetoond dat daar nog niet of nauwelijks een afname van voedingsstoffen meetbaar is (Anon., 1993; De Vries & Zevenboom, 1993).

Alleen in een enkele kilometers brede kustzone, waar de invloed van rivierwater het sterkst is, kan een afnemende trend in de fosfaatconcentraties worden geconstateerd. Verder op zee zijn de concentraties minder door rivierafvoer beïnvloed en is er geen afname te meten. De metingen van Rijkswaterstaat geven tevens duidelijk aan dat de afname in de Rijn bij Lobith veel groter is dan die bij Maassluis: m.a.w. Nederland (en dan vooral de kunstmestindustrie in het Rijnmondgebied) vult weer aardig de hoeveelheid fosfaat aan die juist door Duitse inspanning was verminderd. Het is dus weinig aannemelijk dat verlagening van de fosfaatafvoer bij Lobith nu al enig effect kan hebben op het leven in de

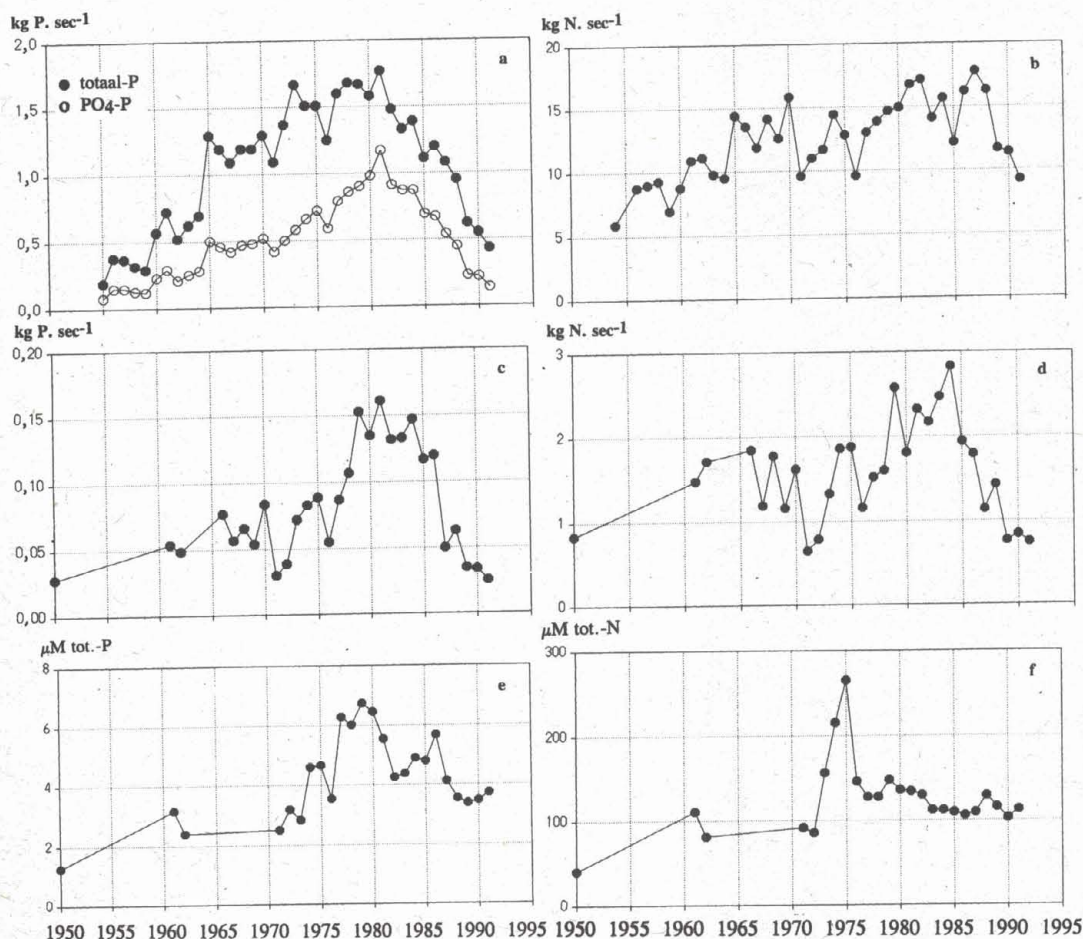


Fig. 1. Jaargemiddelden voor de afvoer van fosfaat en stikstof door de Rijn bij Lobith (a en b) en het IJsselmeer (c en d) en winterconcentraties in de westelijke Waddenzee (e en f), gebaseerd op Rijkswaterstaatsmetingen, naar Van Raaphorst & Mom (1994). Er is weinig direct verband tussen concentraties in de Waddenzee en de afvoer.



Foto 1. De NIOZ-steiger in het Marsdiep fungeert als meetpunt in de westelijke Waddenzee.

Noordzee. Voor de hoeveelheid fytoplankton (gemeten als chlorofyl) geven de metingen van Rijkswaterstaat over de jaren 1983 tot 1992, overeenkomstig de verwachtingen, dan ook een gelijkblijvende hoeveelheid aan in het groeiseizoen, ook in de kustzone (Anon., 1993). Voor de rest van ons verhaal zullen we ons beperken tot de Waddenzee, waar wel een verlaging in concentraties van voedingsstoffen geconstateerd is (Anon., 1993; Cadée & Hegeman, 1993; Van Raaphorst & Mom, 1994).

Voedingsstoffen in de Waddenzee

Voedingsstoffen in de Waddenzee komen van diverse bronnen: uit zoetwater van het land (IJsselmeer, Eems, gespuid polderwater), uit de Noordzee en door mineralisatie van organisch materiaal geproduceerd in de Waddenzee of aangevoerd vanuit de Noordzee of het IJsselmeer. Ook depositie vanuit de atmosfeer levert een bijdrage aan de hoeveelheid voedingsstoffen. Langs twee wegen komt Rijnwater in de Waddenzee: via het Noordzee kustwater door de zeegaten, en dan vooral via het Marsdiep (dat het dichtste bij de Rijnmond ligt) en via het spuiwater van het IJsselmeer.

De aanvoer van voedingsstoffen vanuit het IJsselmeer is goed bekend, ook alweer vooral dankzij metingen van Rijkswaterstaat sinds 1970, aangevuld met oudere metingen van individuele onderzoekers als Postma (NIOZ) en De Kloet

(Limnologisch Instituut, Nieuwersluis) (fig.1 c en d). Totaal-fosfaat (al het opgeloste en aan deeltjes gebonden fosfaat tezamen) toont een trend vergelijkbaar aan die van de Rijn bij Lobith: een afname sinds het begin van de jaren tachtig. Terwijl de Rijnafoer pas sinds 1987 een afname in totaal-stikstof laat zien (fig. 1b), treedt in de gespuide hoeveelheid stikstof vanuit het IJsselmeer al eerder, in 1984, een daling op (fig. 1d). Dit kan niet anders betekenen dan dat er tussen Lobith en de sluisen in de Afsluitdijk nog veranderingen optreden.

Vertonen nu de concentraties van deze voedingsstoffen in de Waddenzee een patroon dat met de verminderde aanvoer in overeenstemming is? Hiervoor kunnen we de door Rijkswaterstaat berekende gemiddelden nemen voor het eerste kwartaal van ieder jaar, er vanuit gaande dat er in de winterperiode geen voedingsstoffen gebruikt worden door algen (er is te weinig licht voor groei). De concentraties van totaal-fosfaat in de Waddenzee blijken sinds 1979 af te nemen (fig.1 e), dus al vóór de afname in aanvoer bij Lobith en vanuit het IJsselmeer. De concentratie van totaal-stikstof (fig.1f) toont nog minder overeenkomst met de aanvoercijfers van Lobith en IJsselmeer: na een piek in 1974 en 1975 blijven de waarden praktisch constant.

De conclusie is dat de concentraties van totaal-fosfaat en -stikstof in de Waddenzee niet eenvoudig te verklaren zijn uit aanvoer via Rijn/IJsselmeer, maar dat andere processen in de Waddenzee dit beeld vertroebelen. Wel blijkt duidelijk dat totaal-fosfaat nu is afgenomen tot ongeveer het niveau van begin jaren zeventig.

Fytoplankton in de Waddenzee

Metingen van primaire produktie (algen-groei) geven een indicatie voor het voedselaanbod voor de volgende schakels in de voedselketen. Algen hebben net als alle planten voedingsstoffen en licht nodig voor hun groei. Veranderingen in voedingsstoffen (of licht) kunnen dus veranderingen in algengroei tot gevolg hebben. Voor het Marsdiep is een reeks metingen beschikbaar van de primaire produktie door het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ). Deze gaat terug tot begin jaren zestig, toen Postma & Rommets (1970) de eerste metingen deden. Met onderbrekingen zijn deze metingen voortgezet tot op heden, waarbij als monsterpunt (foto 1) de NIOZ-steiger in het Marsdiep is gekozen (bv. Cadée, 1986, 1992; Cadée & Hegeman, 1993). Het Marsdiep-meetpunt ligt strategisch tussen Noordzee en Waddenzee in (en natuurlijk gemakkelijk dichtbij het NIOZ, fig. 2). De metingen worden steeds op hetzelfde tijdstip in de getijfase gedaan, nl. bij hoogwater om effecten van de vaak grote getijvariatie in fytoplankton en andere parameters uit te schakelen. Bij deze metingen wordt ook de concentratie van het chlorofyl gemeten als maat voor de algenbiomassa, terwijl algentellingen een inzicht in de samenstelling van het fytoplankton geven. Figuur 3 toont de gegevens van deze metingen voor het jaar 1991. In de winter was er, zoals gewoonlijk, weinig fytoplankton; de produktie was dus ook laag. In het voorjaar, in 1991 al in maart, trad een voorjaarspiek op in de hoeveelheid fytoplankton bestaande uit kiezelwieren (diatomeeën, foto 2), gevolgd door een piek van de schuimalg *Phaeocystis* (foto 3 en 4) in april/mei. De hoogste chlorofyl- en produktie-waarden vallen in deze *Phaeocystis*-piek, maar ook in de zomer liep de produktie nog op tot 2 gram koolstof per vierkante meter per dag.

Tijdens de voorjaarspiek van het fytoplankton dalen de voedingsstoffenconcentraties altijd. Alleen tijdens de voorjaarspiek treden lage fosfaatwaarden op, zó laag dat de produktie erdoor beperkt kan zijn. Na dit dal treedt echter spoedig weer een toename op, die Postma (1954) reeds verklaarde uit een belangrijke mineralisatie van organisch materiaal in de Waddenzee. De Waddenzee fungeert zelf als een belangrijke bron van voedingsstoffen. Recente metingen hebben aangetoond dat vooral in juli de wadbodem als fosfaat-bron fungeert. Zomer-

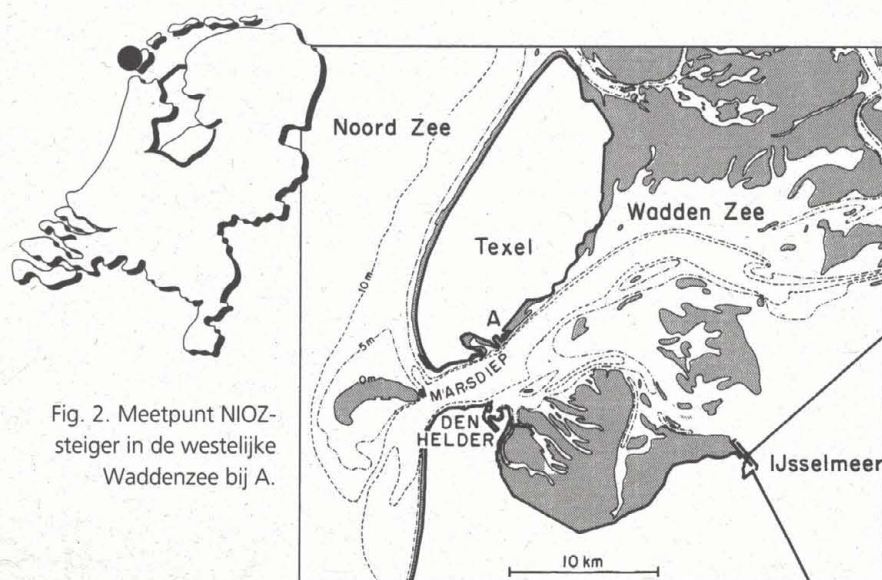


Fig. 2. Meetpunt NIOZ-steiger in de westelijke Waddenzee bij A.

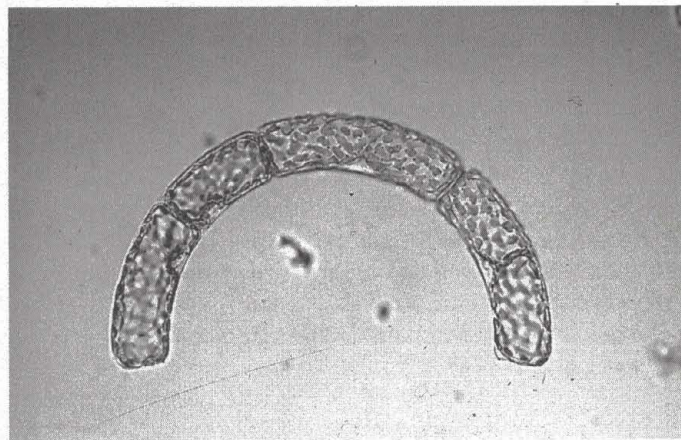
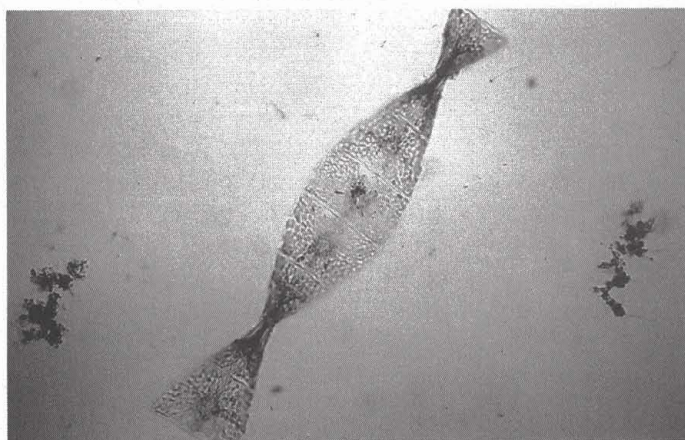
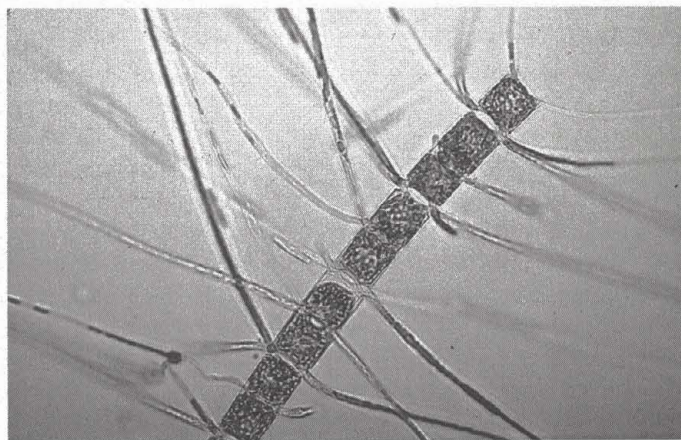
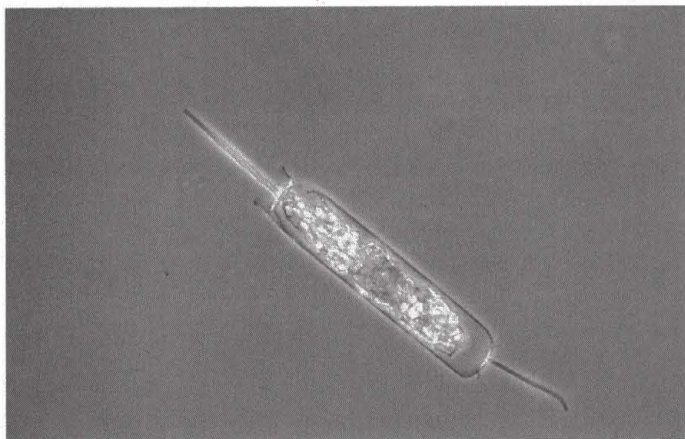


Foto 2. Enkele diatomeeën of kiezelwieren, eencellige algen met een kiezelskelet, die vroeg in het voorjaar in grote hoeveelheden kunnen voorkomen in het Marsdiep. 's Zomers is de soortenrijkdom groter, maar zijn de aantallen geringer. Links boven *Ditylum brightwellii*, rechts boven *Chaetoceros densus*, links onder *Streptotheca thamensis*, rechts onder *Rhizosolenia stolterfothii*.

waarden van fosfaat zijn zo hoog dat dan van een beperking van de fytoplankton-groei door fosfaat-gebrek geen sprake kan zijn. Af en toe treedt 's zomers wel stikstofbeperking op (Helder, 1974). Een voortzetting van de verlaging van stikstofaanvoer zal ook de stikstofconcentraties in de Waddenzee kunnen verlagen (nu is dat nog niet het geval, zie fig. 1f). Dit kan een verlaging van de primaire produktie in het Marsdiepgebied tot gevolg hebben.

Trends in het fytoplankton

Laten de bestaande metingen van primaire produktie in het Marsdiep (fig. 4a) een trend zien? In het begin van de jaren zestig en zeventig lag de produktie op een niveau van 150-200 gC.m⁻², in begin jaren tachtig maten we plotseling een tweemaal zo hoge produktie, in 1990 was

de produktie wat lager, maar in 1991 en 1992 maten we weer een even hoge produktie als eind jaren tachtig. De toename van het niveau van de jaren zeventig naar het twee keer zo hoge niveau in de jaren tachtig hing hoogstwaarschijnlijk samen met de toegenomen eutrofiëring (zie de fosfaatpiek in 1979 in fig. 1e!). Van enig effect van de huidige lagere fosfaatwaarden op de primaire produktie in de Waddenzee is echter op dit moment nog geen sprake. Hetzelfde geldt voor de chlorofylwaarden waar we jaargemiddelden hebben voor een groter aantal jaren: een plotselinge toename eind zeventiger jaren, waarna de jaargemiddelden op een hoger niveau blijven dan in de zeventiger jaren (fig. 4b).

We kunnen de Marsdiep chlorofylcijfers vergelijken met uitkomsten van metingen van Rijkswaterstaat, die thans alleen al in de westelijke Waddenzee op vijf stations 30-40 keer per jaar fytoplanktonbiomassa meet (naast voedingsstoffen en andere parameters, maar geen primaire produktie). Hiervan worden regelmatig de resultaten gepubliceerd (bv. Anon., 1993), verwerkt (bv. De Wit et al., 1982; Janssen, 1993; De Vries & Zevenboom, 1993) en gebruikt in de recente "Quality Status Reports" voor Waddenzee (De

Jong et al., 1993) en Noordzee kustzone (North Sea Task Force, 1993). Deze gegevens van Rijkswaterstaat laten evenmin een afname zien in chlorofylconcentraties voor stations in de westelijke Waddenzee, dus voor de primaire produktie is dit ook niet te verwachten.

Conclusie

Er zijn nog geen veranderingen in de aantallen herbivoren en predatoren in de Waddenzee te verwachten als gevolg van lagere nutriëntenconcentraties. Pas als het voedselaanbod (algenbiomassa, primaire produktie) af gaat nemen, mogen we effecten verwachten. Niettemin kan bij voortgaande verlaging van fosfaat en stikstof wel een lagere primaire produktie verwacht worden, met mogelijke gevolgen voor de rest van de voedselketen. Zoals we een toename van het macrobenthos op de wadden constateerden tegelijkertijd met de toename van primaire produktie en fytoplankton biomassa in het begin van de jaren tachtig (Beukema & Cadée, 1986), zo zouden we nu weer een afname mogen verwachten als er minder algen zouden komen. Op dit moment is de Waddenzee echter nog niet voedselarm. Jammer is natuurlijk dat er geen goede kwantitatieve gegevens zijn over fyto-



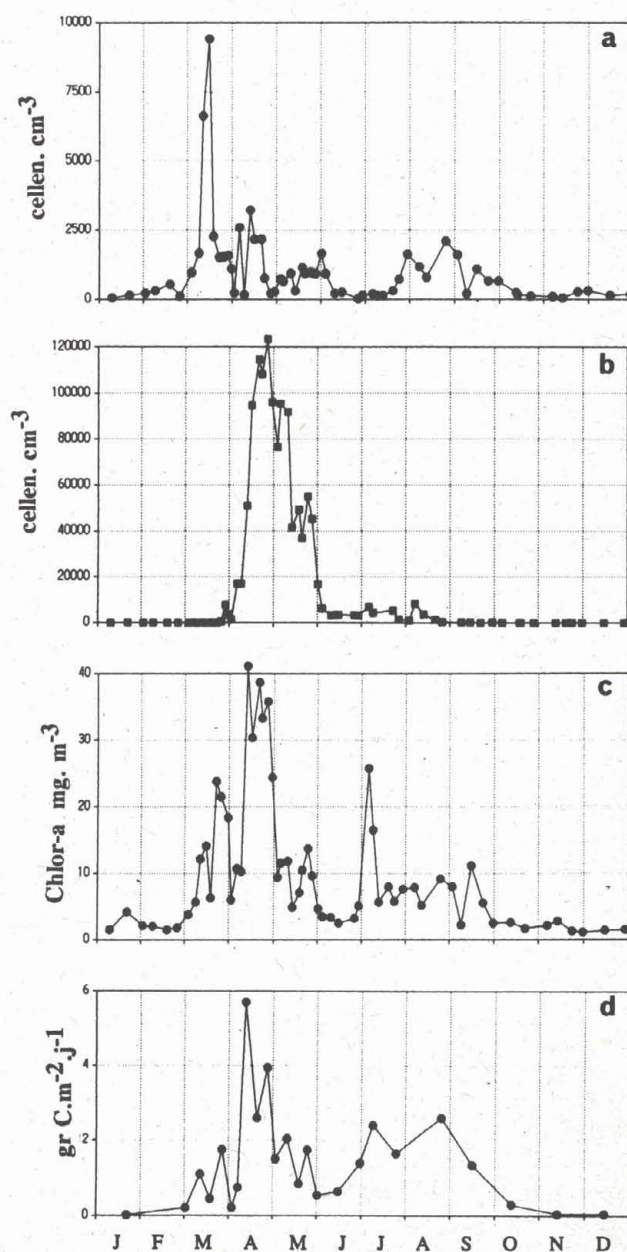
Foto 3. De schuimalg *Phaeocystis* is een kolonie-vormende flagellaat, die in april/mei vaak in grote concentraties voorkomt in het Marsdiep. De kolonies kleuren het water bruin en zijn met het blote oog zichtbaar. Als zij aan het eind van hun bloei afsterven kan dit schuimvorming op onze stranden veroorzaken.

Foto 4. Schuim op het strand: de afbraak van de voorjaarspiek van de schuimalg *Phaeocystis* kan met aanlandige wind leiden tot schuimophoping op het strand, ongevaarlijk maar onaangenaam.

plankton en bodemfauna uit de tijd dat de Waddenzee nog niet geëutrofeerd was en dus mogelijk wél voedselarm. Vast staat wel dat in het begin van deze eeuw duizenden zehonden in de Waddenzee leefden. Voor deze dieren was toen kenmerkend voldoende voedsel aanwezig.

De waargenomen sterke afname van Mossel en Kokkel in de Waddenzee (Boddeke & Hagel, 1991) moet dan ook andere oorzaken hebben dan een voedselarmoede. Beukema (1992) wijst op de grote invloed die de winter heeft op de fauna in de Waddenzee. Niet alleen strenge winters, ook warme winters hebben een invloed. De winters van 1988, 1989 en 1990 waren bijzonder zacht. Het gevolg hiervan was een slechte broedval van schelpdieren (meer predatoren en meer parasieten op het wad, waardoor broedval geen kans krijgt). In 1990 ging de visserij op Kokkel en Mossel echter ondanks de lage stand onbeperkt door. Kokkelvisseren vangen per jaar 6 à 7 miljoen kg (vleesgewicht) aan kokkels; vanwege hun verplichtingen proberen ze deze hoeveelheid ook te vangen in jaren

Fig 3. Jaarcyclus fytoplankton in het Marsdiep in 1991 (Cadée & Hegeman, 1993). De seizoenscyclus van het fytoplankton laat een voorjaarspiek zien bestaande uit kiezelwieren (a) gevolgd door een flinke "bloei" van de schuimalg *Phaeocystis* (b); biomassa gemeten als chlorofyl (c) vertoont de hoogste waarden in deze voorjaarspiek, de primaire produktie (d) bereikt na de voorjaarspiek ook in de zomer nog relatief hoge waarden.



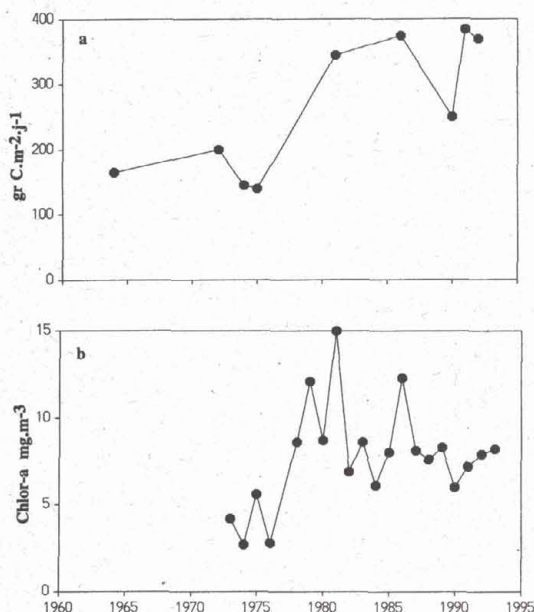


Fig. 4. Trend in primaire produktie (a) en chlorofyl (b) in het Marsdiep (Cadée & Hegeman, 1993). Primaire produktie van het fytoplankton in het Marsdiep verduubelde eind zeventiger jaren en bleef sindsdien op een hoger niveau ook in 1991/1992. Hetzelfde geldt voor chlorofyl, een maat voor de hoeveelheid fytoplankton; ook hier zijn de jaargemiddelden nog steeds hoger dan in het begin van de zeventiger jaren.

met weinig kokkels. De laatste jaren vullen ze het 'tekort' aan met strandschelpen, *Spisula*, uit de Noordzee kustzone, waarmee ze niet alleen de door voedseltekort uit de Waddenzee verdreven Eideereenden (*Somateria mollissima*), maar ook ruim 100.000 Zwarte zeeëenden (*Melanitta nigra*) het foerageren onmogelijk maken (Leopold, 1993). De mosselvisser vernietigden het merendeel van de mosselbanken op zoek naar "mosselzaad" waarmee de mosselpercelen "bezaaid" worden; jaarlijks hebben ze daar zo'n 14 miljoen kg (vleesgewicht) mossels voor nodig. Geen wonder dat de Eideereenden de mosselpercelen opzochten, de enige plek waar ze nog mossels konden vinden. Rond 15.000 eiders stierven desondanks; een deel week uit naar de Noordzee, waar ze echter ook niet ongestoord bleven. Pas in 1991 werd de schelpdiervisserij in de Waddenzee enigszins aan banden gelegd en in 1993 werd een (te) klein deel (26%) van de Waddenzee gesloten voor schelpdiervisserij. In jaren met een laag

bestand aan schelpdieren (minder dan 60% van wat de vogels nodig hebben) zal de visserij helemaal verboden worden. Deze regels gelden voorlopig tot 1998. Voor de Noordzee- schelpdiervisserij bestaan (nog) geen beperkingen.

Met de titel "fosfaatreductie kan visvangst aantasten" van Boddeke (1993) kunnen we het eens zijn. De tijd zal moeten leren of het ook werkelijk gebeurt. Vooralsnog zijn er geen bewijzen voor. Continuering van het monitoren van voedingsstoffen, fytoplankton, bodemfauna, garnalen, vissen en vogels in de Waddenzee is noodzakelijk om mogelijke veranderingen als gevolg van fosfaatreductie op te sporen. Voedingsstoffen zijn echter niet de enige sturende factor; milde winters en visserij blijken ook grote effecten te hebben.

Literatuur

- Anonymus, 1993. Jaarboek monitoring rijkswateren. RIKZ/RIZA, Den Haag en Lelystad.
- Beukema, J.J., 1992. Expected changes in the Wadden Sea benthos in a warmer world: lessons from periods with mild winters. *Netherlands Journal of Sea Research* 30: 73-79.
- Beukema, J.J. & G.C. Cadée, 1986. Zoobenthos responses to eutrophication of the Dutch Wadden Sea. *Ophelia* 26: 55-64.
- Boddeke, R., 1993. Fosfaatreductie kan visvangst aantasten. *Bionieuws* 3(18): 5.
- Boddeke, R. & P. Hagel, 1991. Eutrophication, a blessing in disguise. *ICES C.M./1991/E:7*.
- Cadée, G.C., 1986. Increased primary production in the Marsdiep. *Netherlands Journal of Sea Research* 20: 285-290.
- Cadée, G.C., 1992. Variation in Marsdiep phytoplankton. *ICES Marine Science Symposium* 195: 213-222.
- Cadée, G.C. & J. Hegeman, 1993. Persisting high levels of primary production at declining phosphate concentrations in the Dutch coastal area (Marsdiep). *Netherlands Journal of Sea Research* 31: 147-152.
- Helder, W., 1974. The cycle of dissolved inorganic nitrogen compounds in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 8: 154-173.
- Janssen, G.M., 1993. De eutrofiëring van de Noordzee en Waddenzee, een tussenbalans. Zien we al resultaten van het saneringsbeleid? *H2O* 26: 86-91.
- Jong, F. de, J.F. Bakker, K. Dahl, N. Dankers, H. Farke, W. Jäppelt, K. Koszmagk-Stephan & P.B. Madsen, 1993. Quality Status Report of the North Sea, subregion 10, The Wadden Sea. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- Leopold, M.F., 1993. *Spisula*'s, zeeëenden en kokkelvisser: een nieuw milieuprobleem op de

Noordzee. *Sula*, Tijdschrift van de Nederlandse Zeevogelgroep, 7: 24-28.

North Sea Task Force, 1993. Quality Status Report of the North Sea, subregion 4.

Postma, H., 1954. Hydrography of the Dutch Wadden Sea. *Archives néerlandaises de Zoologie* 10: 405-511.

Postma, H. & J.W. Rommets, 1970. Primary production in the Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 4: 470-493.

Raaphorst, W. van & B. Mom, 1994. Eutrophication of the western Dutch Wadden Sea, a short review. NIOZ Intern Verslag.

Vries, I. de & W. Zevenboom, 1993. Sanering fosfaatbelasting kan visvangst niet hebben aangetast. *Bionieuws* 3(19): 2.

Wit, J.A.W. de, F.M. Schotel & L.E.J. Bekkers, 1982. De waterkwaliteit van de Waddenzee. RWS/RIZA notanr 82-065.

Summary

Does food supply in the Wadden Sea decrease?

The question has been raised whether the recent successful lowering of inputs of nutrients, particularly phosphate, from the Rhine already affects life in the North Sea coastal waters. In the North Sea coastal zone nutrient concentrations have hardly decreased, phytoplankton biomass remained the same, so no effects on marine life are to be expected. In the western Wadden Sea concentrations of phosphate have decreased and are now again at the level of the early 1970s. P-limitation of phytoplankton, however, does occur only during a short period of the phytoplankton spring peak, after which phosphate concentration rapidly increases above limiting values due to mineralization processes in the Wadden Sea. As a result phytoplankton biomass and annual primary production have not decreased yet. Food supply, therefore, is still as high as during the peak of eutrophication of the Wadden Sea. Decreases observed in organisms higher in the food chain, therefore, must be due to other causes than scarcity of food supply caused by lowered phosphate inputs. For instance, three mild winters in succession (1988, 1989 and 1990) might have caused recruitment failure in mussels and cockles in the Wadden Sea. Because fishery on these bivalves continued unrestricted, a food shortage for birds like Eider and Oystercatcher was the result. This had nothing to do with the decreased P-inputs. Monitoring has to continue to demonstrate possible future effects of de-eutrophication of the Wadden Sea.

Dr. G.C. Cadée & Dr. W. van Raaphorst
Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ)

Postbus 59, 1790 AB Den Burg, Texel