



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

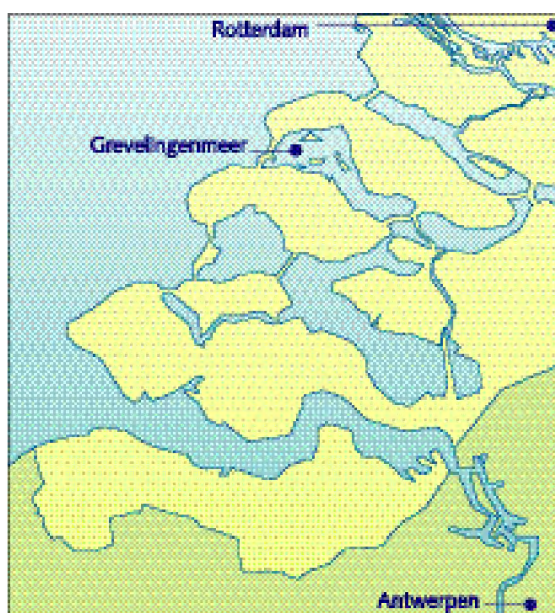
# Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar?

Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996  
tot 2001 en een toetsing aan het beleid

drs. H.J. Hoeksema

12 juli 2002

Rapport RIKZ/2002.033, inclusief cd-rom



# Inhoudsopgave

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Inleiding</b>                                                    | <b>4</b>  |
| <b>Samenvatting</b>                                                 | <b>5</b>  |
| <b>1 Gebiedsbeschrijving Grevelingenmeer</b>                        | <b>7</b>  |
| 1.1 Van laagveenmoeras naar estuarium                               | 7         |
| 1.2 Van estuarium naar meer                                         | 7         |
| 1.3 Inrichting van het Grevelingenmeer                              | 7         |
| 1.4 Waarom een spuisluis                                            | 7         |
| 1.5 Natuur en recreatie – vriend of vijand?                         | 9         |
| 1.6 Hoe ziet het Grevelingenmeer er op ruim 30 jarige leeftijd uit? | 9         |
| 1.7 Het streefbeeld                                                 | 10        |
| <b>2 De waterhuishouding</b>                                        | <b>11</b> |
| 2.1 Het waterpeil                                                   | 11        |
| 2.2 Belastingen en onttrekkingen                                    | 13        |
| 2.3 Het zoutgehalte                                                 | 13        |
| 2.4 Het zuurstofgehalte                                             | 13        |
| 2.5 De waterkwaliteit                                               | 15        |
| 2.6 Het doorzicht                                                   | 15        |
| 2.7 Organotinverbindingen (TBT) bedreigen het systeem?              | 16        |
| 2.8 Zware metalen                                                   | 16        |
| 2.9 Overige giftige stoffen                                         | 17        |
| 2.10 Bodemkwaliteit                                                 | 17        |
| 2.11 Conclusies                                                     | 18        |
| <b>3 Stratificatie en zuurstofdeficiëntie</b>                       | <b>19</b> |
| 3.1 Stratificatie, een ademloos fenomeen                            | 19        |
| 3.2 Ontwikkeling van 'diepe putten'                                 | 19        |
| 3.3 Zuurstofloosheid in de diepe putten                             | 21        |
| 3.4 Oppervlakte zuurstofarme bodem                                  | 22        |
| 3.5 Consequenties van het veranderde spuieregime                    | 22        |
| 3.6 Bodemdiergemeenschap                                            | 23        |
| 3.7 Nalevering van de bodem                                         | 23        |
| 3.8 Conclusies                                                      | 24        |
| <b>4 Organismen van het harde substraat</b>                         | <b>25</b> |
| 4.1 Onderwatertuin                                                  | 25        |
| 4.2 Zorgen                                                          | 26        |
| 4.3 Exoten: lust of last                                            | 27        |
| 4.4 Kunstriffen                                                     | 27        |
| 4.5 Spuieregime: lichtpunt voor bodemfauna                          | 28        |
| 4.6 Geplaagd door algen                                             | 28        |
| 4.7 Oprukken van zuidelijke soorten?                                | 28        |
| 4.8 Conclusies                                                      | 29        |
| <b>5 Organismen van het zachte substraat</b>                        | <b>30</b> |
| 5.1 Verborgen leven                                                 | 30        |
| 5.2 Ter kennismaking                                                | 30        |
| 5.3 Geen evenwicht                                                  | 31        |
| 5.4 De invloed van de omgevingsfactoren                             | 33        |
| 5.5 Conclusies                                                      | 33        |

|           |                                                       |           |
|-----------|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6</b>  | <b>Fytoplankton, van bloei tot bloei</b>              | <b>34</b> |
| 6.1       | Successiepatroon fytoplankton                         | 34        |
| 6.2       | Kiezelwieren                                          | 35        |
| 6.3       | Pantserwieren                                         | 35        |
| 6.4       | Restgroep                                             | 36        |
| 6.5       | Conclusie                                             | 36        |
| <b>7</b>  | <b>De verloren waarden van het Zeegras</b>            | <b>38</b> |
| 7.1       | De zeegrasontwikkeling in Nederland                   | 38        |
| 7.2       | De teloorgang van Zeegras in het Grevelingenmeer      | 39        |
| 7.3       | De ecologische waarde van Zeegras                     | 39        |
| 7.4       | Conclusies                                            | 40        |
| <b>8</b>  | <b>Slikken van Flakkee</b>                            | <b>41</b> |
| 8.1       | Een prachtig oeverlandschap                           | 41        |
| 8.2       | De vegetatie van Flakkee-noord                        | 41        |
| 8.3       | Slikken van Flakkee-zuid                              | 43        |
| 8.4       | Oevers: op de overgang van zout naar zoet (1993-2001) | 43        |
| 8.5       | Conclusies                                            | 45        |
| <b>9</b>  | <b>Problemen met oeverafslag</b>                      | <b>46</b> |
| 9.1       | De oevers van Veermansplaat                           | 46        |
| 9.2       | De oevers bij de Slikken van Flakkee                  | 46        |
| 9.3       | Stabilisatie van oeverafslag en ondiepwatergebied     | 47        |
| 9.4       | Beheersdilemma rond de Slikken van Flakkee            | 48        |
| 9.5       | Conclusies                                            | 48        |
| <b>10</b> | <b>De vogels in en om de Grevelingen</b>              | <b>49</b> |
| 10.1      | Alarmerende afname viseters                           | 49        |
| 10.2      | Mediterrane nieuwkomer                                | 50        |
| 10.3      | Een rustig hoekje voor de Kanoetstrandloper           | 51        |
| 10.4      | Het Grevelingenmeer: de redding voor kustbroedvogels? | 51        |
| 10.5      | Conclusies                                            | 53        |
| <b>11</b> | <b>Recreatie op en rond de Grevelingen</b>            | <b>54</b> |
| 11.1      | Recreatie                                             | 54        |
| 11.2      | Genieten op het water                                 | 54        |
| 11.3      | Ook catamaran en surfplank zijn populair              | 54        |
| 11.4      | Grevelingen: unieke duiklocatie                       | 55        |
| 11.5      | Sportvisserij stelt niet veel meer voor               | 55        |
| 11.6      | Oever- en strandrecreatie blijft in trek              | 55        |
| 11.7      | Fietsmogelijkheden nemen toe                          | 56        |
| 11.8      | Natuurrecreatie in de lift                            | 56        |
| 11.9      | Conclusies                                            | 56        |
| <b>12</b> | <b>Toetsing aan het beleid</b>                        | <b>57</b> |
| 12.1      | De Grevelingen door de ogen van de onderzoeker        | 57        |
| 12.2      | Beleid                                                | 57        |
| 12.3      | Toetsing aan het beleid                               | 57        |
|           | <b>Bronnen</b>                                        | <b>60</b> |
|           | <b>Colofon</b>                                        | <b>61</b> |

# Inleiding

Wie eenmaal heeft genoten van het heldere water, de ruimte van de grote waterplas en het natuurschoon van de oevers van het Grevelingenmeer, is voorgoed verkocht. Dit zoutwatermeer achter de Brouwersdam, op de grens van Zeeland en Zuid-Holland, is een uniek natuur- en recreatiegebied.

Sinds het ontstaan van het meer in 1973, door sluiting van de Brouwersdam, wordt het Grevelingenmeer beheerd door Rijkswaterstaat. Voor dit beheer is een beheersvisie opgesteld over hoe het meer eruit zou moeten zien. Zo'n visie wordt na overleg met belanghebbenden in het Grevelingenmeer vastgelegd in een streefbeeld.

Dit bekkenrapport wil inzicht geven in de ontwikkelingen van de afgelopen vijf tot soms tien jaar, zodat bekeken kan worden of het streefbeeld van het Grevelingenmeer nog gehaald wordt. De beheerder heeft voor deze grondige analyse gevraagd om een accent te leggen op de problematiek rond stratificatie en de meerwaarde van het vernieuwde spuibeheer.

Voor dit rapport zijn door het RIKZ en een aantal andere onderzoeksinstituten onderzoeken uitgevoerd en meetgegevens van de afgelopen vijf jaar verwerkt. De gegevens en kennis die hiermee verzameld en toegankelijk gemaakt zijn, moeten

een gefundeerde discussie over het beheer van het Grevelingenmeer mogelijk maken. Dit is vooral van belang gezien de vele, vaak grootse, plannen die het afgelopen jaar door verschillende partijen zijn gepresenteerd. Het gaat om plannen over een opening in de Brouwersdam, het herstel van een doorgang naar het Haringvliet en het openen van de Grevelingendam richting het Volkerak. Rijkswaterstaat vindt dat de verschillende actoren en betrokkenen op basis van juiste informatie hun mening moeten kunnen vormen over dergelijke plannen voor de toekomst van het meer. Dit was ook de reden om het rapport zo toegankelijk mogelijk te schrijven en alle achterliggende rapporten en gebruikte onderzoeksresultaten te verzamelen als bijlage op cd-rom.

In het vorige Bekkenrapport, Het Grevelingenmeer, uniek maar kwetsbaar, staat uitgelegd dat het meer aan de ene kant uniek is doordat het een afgesloten zout meer is. Aan de andere kant is het hierdoor juist kwetsbaar. Diersoorten in het meer die een strenge winter niet overleven, kunnen niet makkelijk vanuit de Noordzee het meer opnieuw gaan bevolken. Zo zijn er meer kwetsbare punten waar de beheerder graag een oplossing voor zou willen hebben. In feite gaat het erom het meer vitaal te houden en weerbaar en veerkrachtig te krijgen.





# Samenvatting

Dit Grevelingen Bekkenrapport 'Van kwetsbaar naar weerbaar' geeft een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen in het functioneren van het systeem over de laatste vijf tot tien jaar. Uit de beschrijvingen in het rapport en de veelheid van gegevens die terug te vinden zijn op de bijgeleverde cd-rom, wordt duidelijk dat het meer goed functioneert, maar dat er zorgpunten zijn over een aantal ontwikkelingen.

Het water is helder, ondanks de daling van het doorzicht van vijf naar twee meter. De meeste kwaliteitsnormen worden gehaald. De fosfaatconcentratie was lange tijd te hoog, maar voldoet nu ook aan de norm. Er is een grote diversiteit aan flora en fauna en natuur en recreatie blijken goed samen te gaan. Ook is er een beter beeld gekomen van de kwetsbaarheid van het meer.

Het onderzoek van met name de bodemfauna laat een aantal ontwikkelingen zien waarover de onderzoekers ongerustheid uiten. Bij de organismen van het harde substraat zet de geleidelijke verandering van soortensamenstelling door, waardoor per saldo de soortdiversiteit is toegenomen, maar 'typische Grevelingensoorten' nemen in aantal af. De toename van de soortdiversiteit wordt versterkt door het vernieuwde spuieregime. Ook de samenstelling van de bodemfauna van het zachte substraat verandert. Zo is van een zestal weekdieren de biomassa aantoonbaar achteruit gegaan, terwijl tien soorten wormen in biomassa zijn toegenomen. Dit zijn verschuivingen in de bodemfauna die enigszins verontrustend zijn, maar waar nog geen sluitende verklaring voor is.

Er is meer inzicht gekregen over de soorten algen die in het Grevelingenmeer aanwezig zijn. Ook is er meer inzicht in het verloop van de algenconcentraties.

Het Zeegras is vermoedelijk door de hoge zoutconcentratie, geheel uit het meer verdwenen. Gezien de belangrijke ecologische waarde van Zeegras als 'kraamkamer', schuilplaats en voedselbron voor vele vissen, vogels en andere organismen in het meer, zal zorgvuldig bekeken moeten worden of herintroductie gewenst en haalbaar is.

De oevers van het Grevelingenmeer zijn over het algemeen goed verdedigd, op twee plekken na. Vooral opvallend is de grote afslag ter grootte van 72 voetbalvelden droog oppervlak bij de Slikken van Flakkee. De beheerder staat hier voor het dilemma dat het verdedigen van de twee onbeschermde delen ten koste zal gaan van de toename van ondiep gebied. Beiden zijn volgens het streefbeeld van grote waarde voor het gebied.

De aantallen kustbroedvogels zijn gestabiliseerd. De opkomst van de Kleine Zilverreiger en de frequente aanwezigheid van de Kanoet zijn positief, terwijl de Fuut en Middelste Zaagbek sterk in aantal afnamen. Om de waarde van de Grevelingen voor kustbroedvogels te vergroten, worden een aantal maatregelen voorgesteld.

Wat betreft de waterrecreatie is er al jaren een stabiele situatie. Wel zijn de populariteit van het duiken en de mogelijkheden voor fietserstoegenomen. Om overlast voor surfers te voorkomen is in 2001 400 ton Japanse oester weggevestigd.

Het nieuwe spuibeheer heeft een positief effect op de stratificatie en zuurstofloosheid van de diepe putten van Scharendijke en Den Osse. De algenbloei van *Phaeocystis* die vanuit de Noordzee door de spuisluis in het Grevelingenmeer is gekomen, heeft de positieve effecten sinds de openstelling van de spuisluis in 1999 al tweemaal teniet gedaan. De sedimenterende resten van deze bloeien veroorzaakten een grote zuurstofloosheid in de diepe putten. Een doordacht spuibeheer tijdens de *Phaeocystis*bloei of het weghalen van slib uit de diepe putten zijn mogelijke oplossingen die nog verder uitgewerkt moeten worden.

Om de ontwikkelingen op hun waarde te schatten, zijn deze getoetst aan het streefbeeld. Op basis daarvan zijn specifieke aanbevelingen geformuleerd. Omdat het streefbeeld niet meer geheel aansluit bij het veranderende waterbeleid, is ook getoetst aan drie nieuwe beleidslijnen. Deze zijn erop gericht de natuurlijke stabiliteit en weerbaarheid terug te brengen. Het gaat hier om:

*1) Het herstel van natuurlijke processen, vertaalt in meer uitwisseling met omliggende wateren*

Voor het herstel van de natuurlijke processen is destijds de spuisluis ook in de zomer open gesteld. Het openstellen van de spuisluis heeft een positief effect gehad op een aantal natuurlijke processen, zoals de toegenomen diversiteit van de onderwaterfauna nabij de sluis en een positief effect op stratificatie. Een negatief gevolg is de vergroting van de zuurstofloosheid in de diepe putten als gevolg van het binnenlaten van algenbloei vanuit de Noordzee.

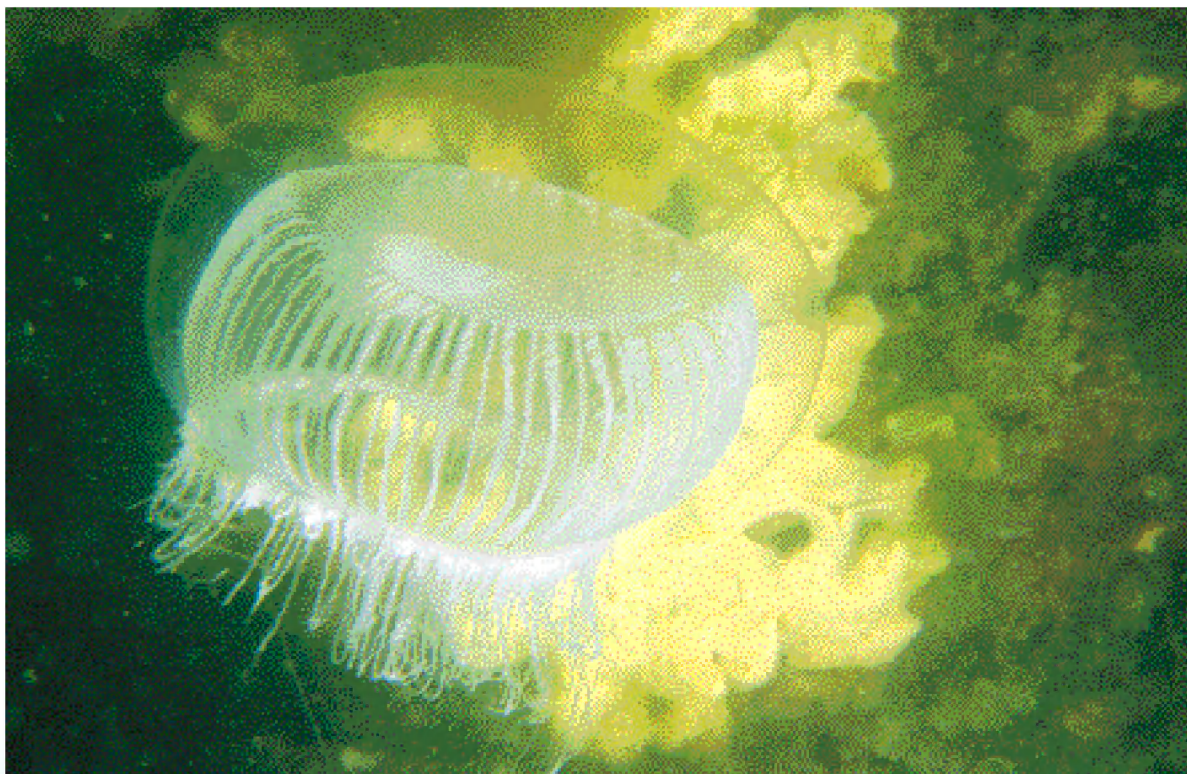
*2) Natuurlijk verloop peilfluctuaties*

Er is nog geen natuurlijk peilverloop in de Grevelingen. Een natuurlijk peilbeheer zou mogelijk een meerwaarde hebben voor de zone met zoute landvegetatie, maar wellicht negatieve consequenties voor kustbroedvogels en heeft waarschijnlijk nauwelijks invloed op een verbetering in het functioneren van het aquatisch ecosysteem. De vraag kan gesteld worden of een natuurlijke peilfluctuatie in het Grevelingenmeer moet

worden nagestreefd en zo niet, welk kunstmatig peilbeheer dan gewenst is. Hiervoor is een integrale afweging nodig waarin alle aspecten die voor het meer van belang zijn worden meegenomen.

*3) Herstel natuurlijke, geleidelijke, zoet-zout-overgang*

De zoet-zoutgradiënt zou een positieve ontwikkeling kunnen betekenen voor de weerbaarheid en de stabiliteit van het meer. De terugkeer van Zee gras en het daarbij behorende ecosysteem is hierbij een grote meerwaarde. Een doorlaatmiddel in de Grevelingendam richting het Volkerak in combinatie met een doordacht spuieregime is de meest voor de hand liggende mogelijkheid om deze zoet-zoutgradiënt te realiseren.



# 1 Gebiedsbeschrijving Grevelingenmeer

## 1.1 Van laagveenmoeras naar estuarium

In de Romeinse tijd was het Grevelingengebied een laagveenmoeras waarin de veenstromen afwaterden op de grote rivieren. De zeespiegel rees toen ook en vóór de vroege middeleeuwen is het veengebied verdrongen in het instromende water vanuit zee en het uitstromende water van voornamelijk de Maas en de Rijn. Het Grevelingengebied werd een estuarium.

Eeuwenlang brachten de rivieren sediment naar het gebied en de getijstromen bepaalden waar het zand en de klei werden afgezet. Geleidelijk ontstonden zo slikken, platen en schorren.

## 1.2 Van estuarium naar meer

De Grevelingen is een estuarium gebleven tot de watersnoodramp van 1953. Toen bleek dat er iets moest gebeuren om de veiligheid van het (Delta) gebied te kunnen waarborgen. In het kader van het Deltaplan werd in 1965 de Grevelingendam aangelegd, die de verbinding van de Grevelingen met de grote rivieren afsloot. Het estuariene karakter van het gebied verdween en maakte plaats voor een zeearm. Toen in 1971 de Brouwersdam de Grevelingen afsloot van de zee ontstond een meer met een lengte van ongeveer 23 km, een breedte van 4-10 km en een wateroppervlakte van 10.800 ha. Een meer zonder getij en met een vast peil dat tot op heden op NAP-0.20 m wordt gehouden.

|                                   |                              |
|-----------------------------------|------------------------------|
| wateroppervlak                    | 10800 ha                     |
| oppervlakte buitendijkse gebieden | 3120 ha                      |
| oppervlakte afwateringsgebied     | ca. 9900 ha                  |
| inhoud                            | $557 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ |
| lengte                            | 23 km                        |
| breedte                           | 4-10 km                      |
| gemiddelde diepte                 | 5,4 m                        |
| maximale diepte                   | 48 m                         |

Tabel 1.1 Afmetingen en grootheden van het Grevelingenmeer

## 1.3 Inrichting van het Grevelingenmeer

Eind jaren zestig en in de jaren zeventig van de vorige eeuw veranderde de politieke visie op natuur- en milieuwaarden. Nieuw was dat de gronden die droogvielen na de afdamming (3120 ha) geen landbouwbestemming kregen. Het inrichtingsplan van het Grevelingenmeer (1967) gaat uit van een zoet meer, waarin natuur en recreatie de belangrijkste functies zijn. Een kans die ontstond doordat het vroeger zo geïsoleerde Grevelingengebied nu via de dammen bereikbaar was geworden.

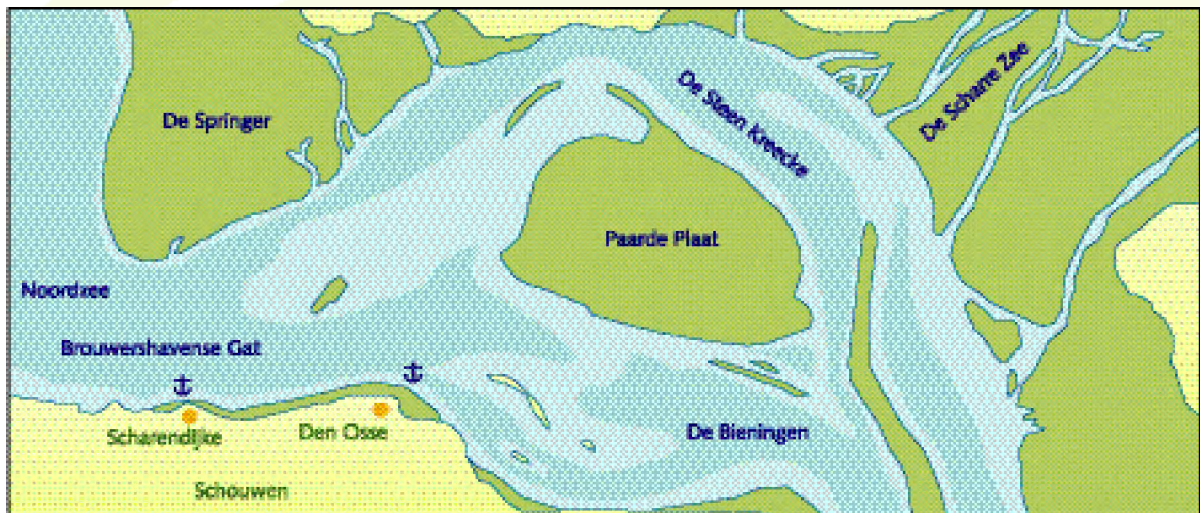
De natuur werd als factor in het afwegingsproces steeds belangrijker geacht en al twee jaar na het eerste plan werd opdracht gegeven voor een nieuwe inrichtingsschets (NISG, 1975). In deze schets werd het accent verlegd van een defensief natuurbeluid (vasthouden en vastleggen) naar een beleid van gebruikmaken van natuurlijke processen. Zo zouden in het oorspronkelijke plan bijvoorbeeld grootschalige bossen worden aangelegd, maar dat verviel in het nieuwe plan. Ook het vastleggen van stuivend zand met stro en dergelijke zou voortaan niet meer toegepast worden. Nog later (1988) werd natuur als hoofdfunctie gezien. In die tijd werden bijvoorbeeld vooroeververdedigingen aangelegd om afslag van de waardevolle oevers te voorkomen.

## 1.4 Waarom een spuisluis

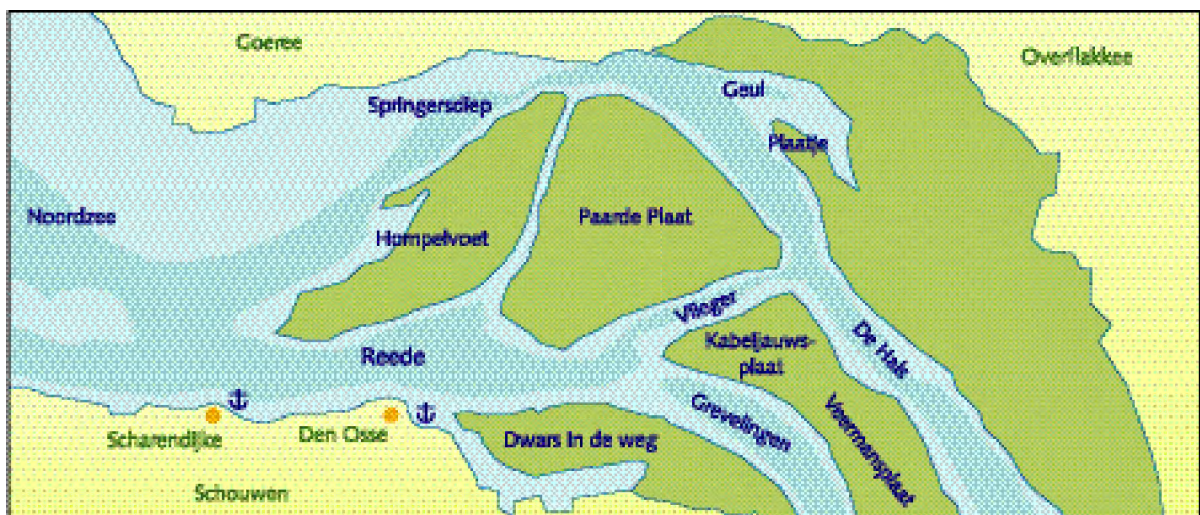
Na 1971 werd het meer langzaam steeds minder zout door een neerslagoverschot en de lozing van relatief zoet polderwater in het meer. Deze verzoe-ting had een slechte invloed op de flora en fauna van de Grevelingen. De landbouw had echter baat bij een zoet meer. Toch werd in 1979 besloten in de Brouwersdam een sluis te bouwen om de uitwisseling met de Noordzee weer mogelijk te maken. In 1986 is definitief besloten de milieufactoren zwaarder te laten wegen dan economische en het Grevelingenmeer zout te laten.

Vanaf 1980 stond in de periode oktober-april de spuisluis open, vanaf april werd de sluis gesloten om de kans op stratificatie (zie hoofdstuk 3) en zuurstofloosheid in diepe putten in het meer te

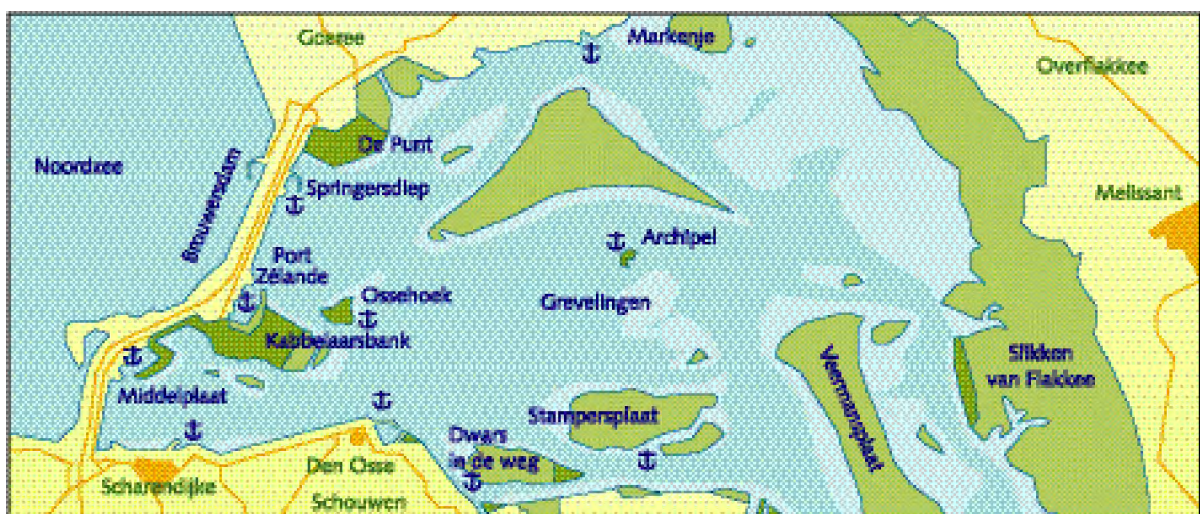




1730



1850



1990

Figuur 1.1: De historische ontwikkeling van het Grevelingenmeer (uit: Visser J. 1995, zie bronnen)



verminderen. De inzichten rond het proces van stratificatie veranderden en vanaf april 1999 staat de spuiscuis jaarrond open met een maximale sluiting van 30 dagen tussen september en december op verzoek van de palingvisser, om te voorkomen dat de paling het meer uittrekt.

### 1.5 Natuur en recreatie – vriend of vijand?

Natuur en recreatie zijn geen functies die zonder meer naast elkaar kunnen bestaan. Met inrichtingsmaatregelen zijn deze functies zoveel mogelijk gescheiden. Daarnaast zijn ook aanvullende maatregelen genomen op het gebied van vaarsnelheid en betredingsregels.

In 1967 werd bepaald hoeveel mensen van het recreatiegebied Grevelingenmeer gebruik moesten kunnen maken. In de nieuwe inrichtingsschets was

dit aantal gelijk gebleven, maar de aan te leggen recreatievoorzieningen (dagrecreatieterrain, jachthavens en Port Zélande - een verblijfsrecreatiecomplex) werden nu voornamelijk rond de dammen geconcentreerd. Natuur heeft baat bij rust. Om de natuurlijke eilanden te ontzien werd tot aanleg van watersporteilanden besloten. In het beleidsvoornemen van 1988 werd in het middengebied van het Grevelingenmeer een natuurzone ingesteld en langs beide dammen een recreatiezone. De aanleg van recreatievoorzieningen in deze zones heeft als doel de bezoekers ook daadwerkelijk binnen deze zones te laten recreëren.

### 1.6 Hoe ziet het Grevelingenmeer er op ruim 30 jarige leeftijd uit?

Dankzij het inrichtings- en beheersbeleid hebben de functies natuur en recreatie zich uitstekend



Figuur 1.2: Overzicht van de huidige functies van het Grevelingenmeer

kunnen ontwikkelen. Een beheer en beleid dat voor het waterbeheer verzorgd wordt door Rijkswaterstaat directie Zeeland en voor het algemene gebiedsbeheer berust bij het Natuur- en Recreatieschap de Grevelingen.

Het Grevelingenmeer is ondertussen een natuurgebied van grote (inter)nationale betekenis geworden. Het zoutwaterecosysteem is uniek in het Deltagebied. In 2002 is het gebied aangewezen in het kader van de internationale Vogelrichtlijn. Het water van het Grevelingenmeer is schoon, vooral dankzij de afsluiting van de grote rivieren voordat de vervuiling daar tot een hoogtepunt kwam. Het zoute water is buitengewoon helder, het licht dringt er diep door. Het is een oligotroof meer geworden, met helder water, weinig nutriënten en weinig algen. Het is dan ook prima zwemwater. Het Grevelingenmeer is daardoor ook een (inter)nationaal bekend en geliefd recreatiegebied. Het trekt ieder jaar ongeveer een miljoen watersporters en een miljoen mensen die de recreatieterrainen bezoeken. Het heldere water met zijn bijzondere onderwaterleven is een duikparadijs.

### 1.7 Het streefbeeld

De hoofddoelstelling voor het Grevelingenmeer is dat het waterbeheer zo verloopt dat het meer duurzaam en gezond functioneert en dat de aan het meer toegekende functies zoals natuur, recreatie, palingvisserij zo goed mogelijk tot hun recht komen. Het streefbeeld beschrijft het Grevelingenmeer als een meer met helder water en een hoog zoutgehalte dat vergelijkbaar is met het gehalte in het kustwater. Het is een matig voedselrijk meer zonder overmatige algengroei in het voorjaar en weinig toxische algen. Het meer zou volgens het streefbeeld een plek moeten bieden aan veel verschillende soorten planten en dieren, met andere woorden een hoge diversiteit herbergen. Het Zeegrasareaal mag volgens het streefbeeld niet kleiner worden dan de situatie in 1997. Het Zeegras en de vele vissoorten die zich daarin thuisvoelen vormen een voedselbron voor waterplanten en vretende vogels. Om het Zeegras te beschermen zou de afwatering van de omliggende polders minimaal de hoeveelheden van 1997 (40 miljoen m<sup>3</sup> per jaar) moeten bereiken. Vissoorten moeten volgens het streefbeeld vrij heen en weer kunnen trekken tussen de Noordzee en het Grevelingenmeer. De oeverzone zou breed, open en bovenal zilt zijn met zouttolerante vegetaties die langzaam overgaan in meer grazige vegetaties van zoetwaterlandplanten. De oevers zouden goed

verdedigd zijn en het areaal aan ondiep water mag in het streefbeeld niet minder worden. Tenslotte zijn er een aantal normen vastgesteld waar het streefbeeld aan zou moeten voldoen. Deze normen staan in tabel 1.2 weergegeven.

Als laatste voor dit Bekkenrapport relevante aandachtspunt gaat het streefbeeld in op de stratificatie. Dit is de gelaagdheid van water die vaak in de diepe putten van het meer zuurstofloosheid veroorzaakt en daarmee het bodemleven ter plekke onmogelijk maakt. Het streefbeeld wil dat hooguit 5% van het bodemoppervlak zuurstofloos is en dat de spronglaag altijd dieper blijft dan 15 meter onder het wateroppervlak.

In het rapport krijgt u stap voor stap een indruk van de werkelijke situatie van het meer over de afgelopen vijf jaar. Het rapport neemt u mee in alle facetten van het systeem, van de morfologische ontwikkelingen rond de oever tot het verdwijnen van het Zeegras en de introductie van de Zilverreiger. In het rapport wordt vaak teruggegrepen op het streefbeeld en aangegeven of de huidige situatie daaraan voldoet. Het beoordelen van de ontwikkelingen kan tenslotte alleen ten opzichte van een streefbeeld.

|                        | streefbeeldwaarden            |
|------------------------|-------------------------------|
| watirpeil              | -0,2 NAP                      |
| zoutgehalte            | 16g Cl/l                      |
| polderwaterafvoer      | 40 miljoen m <sup>3</sup> /jr |
| stratificatie          |                               |
| diepte spronglaag      | >15m                          |
| zuurstofloosheid bodem | 5%                            |
| ondiepe water          |                               |
| zuurstofgehalte        | >7 g/l                        |
| fosfaat                | 0,2<fosfaat<0,3 mg p/l        |
| silicium               | >1,0                          |

Tabel 1.2: Het streefbeeld in cijfers



## 2 De waterhuishouding

De waterhuishouding in het Grevelingenmeer heeft de basis gelegd voor de goede waterkwaliteit en daarmee voor de prachtige natuur en de aantrekkingskracht voor de recreatie. De waterhuishouding heeft echter niet alleen betrekking op de kwaliteit maar ook op de kwantiteit van het water. Waterhuishouding is het geheel van beheer en zorg voor het water. De beheerder van een watersysteem zoals het Grevelingenmeer heeft als taak te zorgen voor het peilbeheer (kwantitatief) en voor een goede kwaliteit van het water (kwalitatief). De waterkwaliteit is in landelijke normen vastgelegd. Deze worden zo goed mogelijk nagestreefd, ondanks het probleem dat de normen vaak opgesteld zijn voor zoetwatermeren.

Door de directie Zeeland van Rijkswaterstaat is voor het Grevelingenmeer een vast peil ingesteld dat door de beheerder wordt nagestreefd.

Alle gegevens over waterkwaliteit en waterkwantiteit zijn voor dit Bekkenrapport verzameld en geanalyseerd.

### 2.1 Het waterpeil

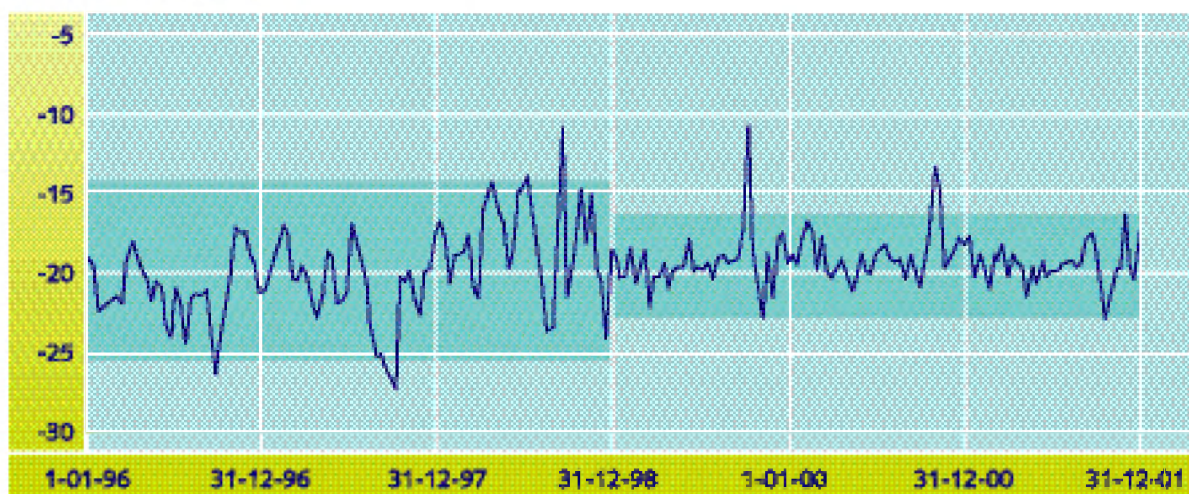
Veel functies van het meer, zoals de recreatie, de landbouw maar ook de kustbroedvogels, worden beïnvloed door het waterpeil. De recreatievoorzieningen zijn bijvoorbeeld afgestemd op een min of

meer vast peil met kleine variaties, terwijl de kustbroedvogels groot belang hebben bij een stabiel laag peil in het voorjaar. Een paar centimeter waterstandsverhoging kan op de vlakke voormalige slikken fataal zijn voor de legfels van deze zogenaamde kale-grond-broedvogels.

Het waterpeil in het Grevelingenmeer is min of meer constant. Sinds 1999 de Brouwersdam permanent is geopend wordt er daadwerkelijk gestuurd op het peil van het Grevelingenmeer. Af en toe wordt er wat korter water ingelaten dan gespuid, omdat bij een permanente openstelling het Grevelingenmeer automatisch de middenstand van de Noordzee (NAP) zou bereiken. Maar door wat te manipuleren met de sluis kan het waterpeil op het streefpeil van NAP-0.20 m worden gehandhaafd. Dit gebeurt met een computerprogramma, waarbij meteorologische gegevens zoals wind en getijafwijking een rol spelen. Aan de hand van de weerkundige gegevens en de waterstand in het meer wordt bepaald hoe lang de sluis bij laag- of hoogwater open moet staan. In het najaar staat de sluis maximaal 30 dagen, waarvan hoogstens 20 dagen achtereen, dicht. Dit gebeurt in samenwerking met de palingvisser.

Figuur 2.1 geeft een indruk van de veranderingen in de waterstanden doordat in 1999 een ander

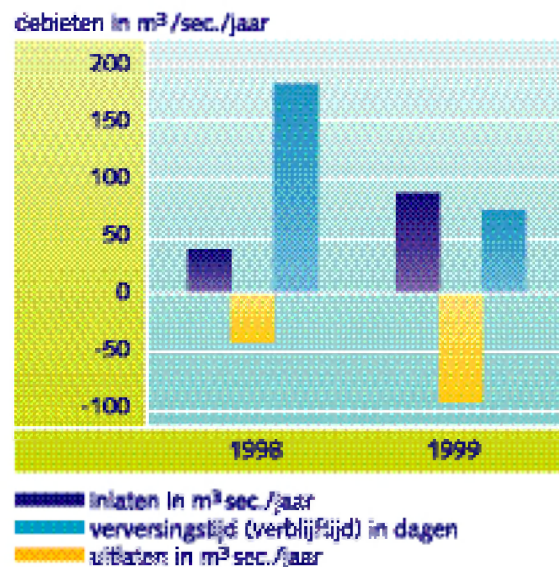
waterstand in cm. t.o.v. NAP



Figuur 2.1: Decadegemiddelde waterstanden van het Grevelingenmeer tijdens de periode 1996 t/m 2001 (Op de cd-rom staan ook grafieken met daggemiddelde waterstanden voor de hele periode 1990 t/m 2001 bij meetpunt de Brouwersdamsluis.)

peilbeheer is ingesteld. In de figuur is te zien dat in de huidige situatie het peilverloop veel strakker wordt gehandhaafd rond het streefpeil dan in het verleden. De gemiddelde marge is nog slechts enkele centimeters, behalve in het najaar als de sluis is gesloten ten behoeve van de palingvisserij. In de periode daarvoor waren de fluctuaties groter, maar ook toen zelden groter dan 5 centimeter. Als het om de mate van natuurlijkheid gaat kan het huidige peilregime worden betiteld als zeer onnatuurlijk. Het vroegere regime was iets natuurlijker, omdat er meer klimatologisch bepaalde variatie in zat. Voor de broedvogels is het huidige regime in principe iets gunstiger, omdat het in het voorjaar en de zomer constanter is, waardoor minder nesten zullen overspoelen. Voor de recreatie zal het betrekkelijk weinig uitmaken, daarvoor zijn de variaties te gering. Wat betreft de ontzilting van de oeverzone (of eigenlijk eerder het voorkomen of vertragen hiervan) is het peil van voor 1999, met grotere schommelingen, waarschijnlijk gunstiger. Bij het opstellen van een nieuw waterbeheersplan zullen de voors en tegens van een meer of

juist minder variabel peilregime voor allerlei aspecten op een rijtje gezet moeten worden.



Figuur 2.2: Debieten van in- en uitlaten Brouwerssluis, verdamping en neerslag plus polder waterlozingen over de periode 1998 t/m 1999

## Wat is een natuurlijk peilverloop?

De discussie over het instellen van een peil begint vaak nadat zich een probleem voordoet. De kustbroedvogels hebben ruimte nodig, de zoute vegetatie zou voor het behoud wat vaker moeten overspoelen. Maar sinds de Vierde Nota Waterhuishouding is er een andere benadering, namelijk het streven naar het herstel van natuurlijke processen, waaronder een natuurlijk peilverloop.

Het natuurlijke peilverloop in de Grevelingen voordat het een meer werd was eb en vloed, zoals overal langs de kust. Streven naar eb en vloed zou het volledig openen van de Brouwersdam betekenen en dat lijkt geen reële optie. Voor het beheer op korte termijn lijkt het veel verstandiger om eens naar andere meren te kijken. In zoete meren wordt bij natuurlijk peilbeheer gedacht aan het zogenaamde regen-model. In de winter is de waterstand hoog door de vele neerslag en in de zomer is deze laag door een verdampingoverschot. Als dit in het Grevelingenmeer zou worden toegepast, betekent dit dat de sluis in principe dicht zou moeten blijven. Dit is echter strijdig met de doelstelling zo veel mogelijk uitwisseling met de Noordzee te hebben.

Het alternatief is oplossingen te bedenken die zo dicht mogelijk de natuurlijke processen benaderen. Bijvoorbeeld door met een kunstmatig peilverloop het natuurlijk getijdenecosysteem zo veel mogelijk te behouden. Een goed onderzochte mogelijkheid is een vorm die enigszins lijkt op het regenmodel. Het waterpeil is hier in de winter gedurende twee maanden 20 cm boven NAP en in de zomer 20 cm onder NAP. Met dit peilbeheer hebben vooral de kustbroedvogels en de zoute oevervegetatie baat. Het onderwater ecosysteem waaronder het zeer waardevolle Zeegras en de bodemfauna, profiteren echter niet mee met deze oplossing.

Een andere mogelijkheid voor natuurlijk peilbeheer in de huidige situatie zou het permanent openstellen van de sluis kunnen zijn. Het peil zou zich dan rond NAP instellen, met schommelingen van enkele decimeters. De voor- en nadelen van dit peilbeheer op het ecosysteem zijn nog niet nader onderzocht.

Een ander peilbeheer dan het huidige vaste peil zal al snel natuurlijker naar overkomen, het is echter niet reëel om bij dergelijke opties van een natuurlijk peilverloop te praten. Het blijft in het Grevelingenmeer altijd het zo goed mogelijk instellen van een kunstmatig beheer.



## 2.2 Belastingen en onttrekkingen

In het Grevelingenmeer worden grote hoeveelheden water heen en weer en in en uit getransporteerd. Alle waterbewegingen zijn gevolgd en staan in figuur 2.2 weergegeven.

De hoeveelheden van verdamping en neerslag plus polderwater zijn zeer gering, zeker ten opzichte van de hoeveelheden die via de Brouwerssluis worden in- en uitgelaten. Dit is met name het geval vanaf 1999, toen de sluis permanent is opengezet. In de grafiek is de verversingstijd van het water in het Grevelingenmeer uitgezet. De verversingstijd is gedaald van 170 naar 70 dagen. Daaruit blijkt dat het meer voor 1999 ongeveer twee maal per jaar werd verversd en dat dit vanaf 1999 ongeveer vier maal per jaar gebeurt.

De hoeveelheden polderwater zijn ten opzichte van de debieten van de Brouwerssluis dan wel gering, maar inzicht in deze hoeveelheden is voor de waterkwaliteit van belang. In het polderwater bevinden zich namelijk vrij grote hoeveelheden fosfaat en stikstof, die in het meer terechtkomen. (Zie 2.5 voor waterkwaliteit en zie voor fosfaat- en stikstofdata van 1990 tot 2000 de cd-rom.)

## 2.3 Het zoutgehalte

Het unieke van het Grevelingenmeer is dat het een stagnant zoutwatermeer is. Dit betekent echter dat voor de in het meer levende organismen het zoutgehalte min of meer constant gehouden dient te worden. Tevens is een 'norm' voor het zoutgehalte vastgesteld van minimaal 16 g Cl/l. Aan deze norm is vrijwel altijd voldaan, op enkele uitzonderingen na, als gevolg van veel neerslag of een laag zoutge-

halte in de Voordelta.

In 1999 is om verschillende redenen besloten de Brouwerssluis permanent open te zetten met uitzondering van  $\pm 6$  weken in het najaar. Dit laatste is gedaan op verzoek van de palingvissers om de uittrek van paling vanuit het Grevelingenmeer tegen te gaan. Zij mogen zelf bepalen wanneer de sluis gesloten moet worden; over het algemeen is dit zo rond november.

Over het verloop van de palingstand en het effect op de palingstand van deze sluiting zijn geen gegevens. Het verloop van het zoutgehalte vanaf 1990 t/m 2001 is uitgezet in figuur 2.3 voor één meetpunt.

In figuur 2.3 is te zien dat het zoutgehalte in het meer (Dreischor) lager is dan het buitenwater (BG8). Vanaf 1999 is te zien dat het zoutgehalte in het meer, zij het met enige vertraging, veel meer synchroon loopt met het zoutgehalte van de Voordelta.

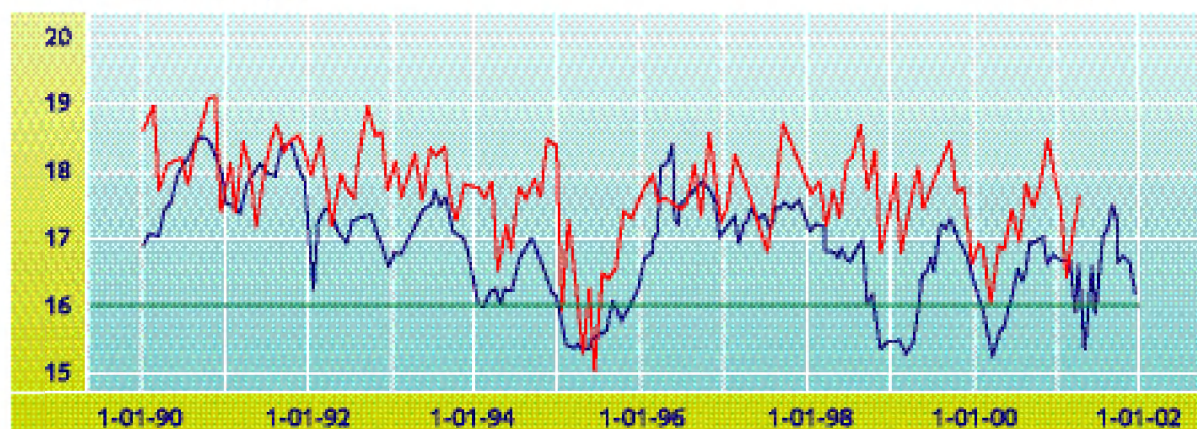
## 2.4 Het zuurstofgehalte

Het zuurstofgehalte in het oppervlaktewater van het Grevelingenmeer varieert van 10 à 11 mg O<sub>2</sub>/l in de winter tot  $\pm 8$  mg O<sub>2</sub>/l in de zomer (zie figuur 2.4). Dit komt voornamelijk omdat water bij hogere temperaturen minder zuurstof kan bevatten.

Tijdens de zomer kan als gevolg van stratificatie (zie ook hoofdstuk 3) het water in de diepere delen van het meer zuurstofarm of zelfs zuurstofloos worden. Dit is echter alleen het geval op diepten van meer dan 15 à 20 meter.

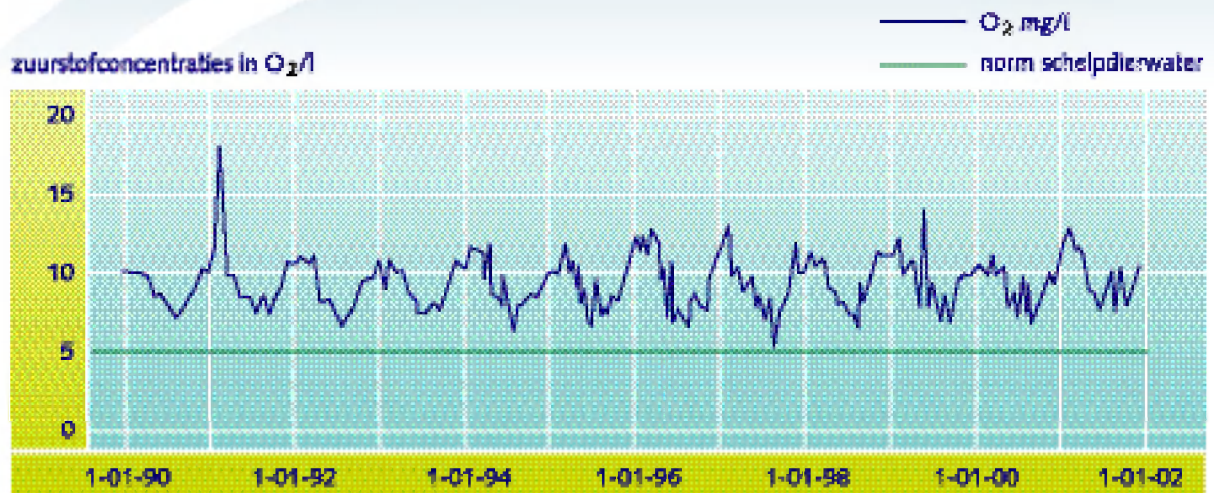
In het Grevelingenmeer worden oesters geteeld. Daarvoor moet het water aan bepaalde normen

chlorideconcentraties in g Cl/l

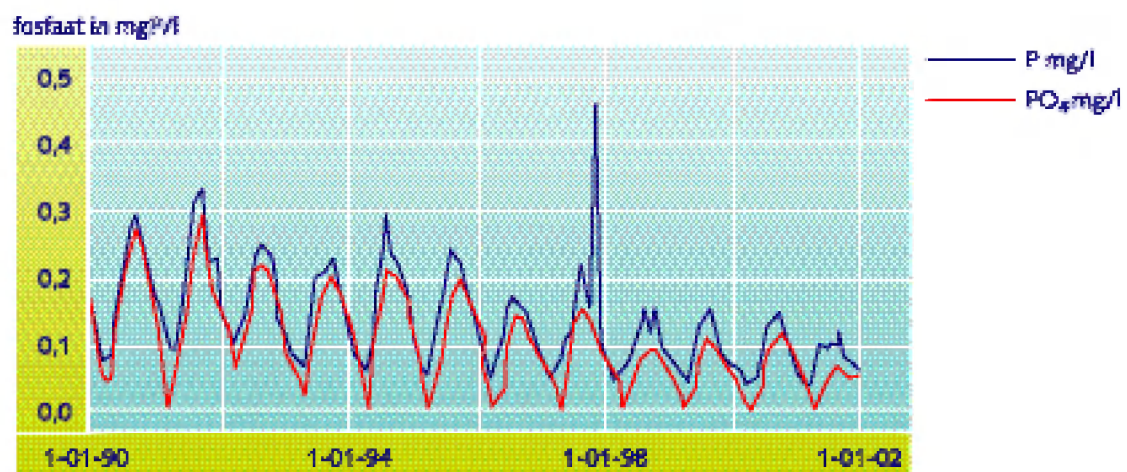
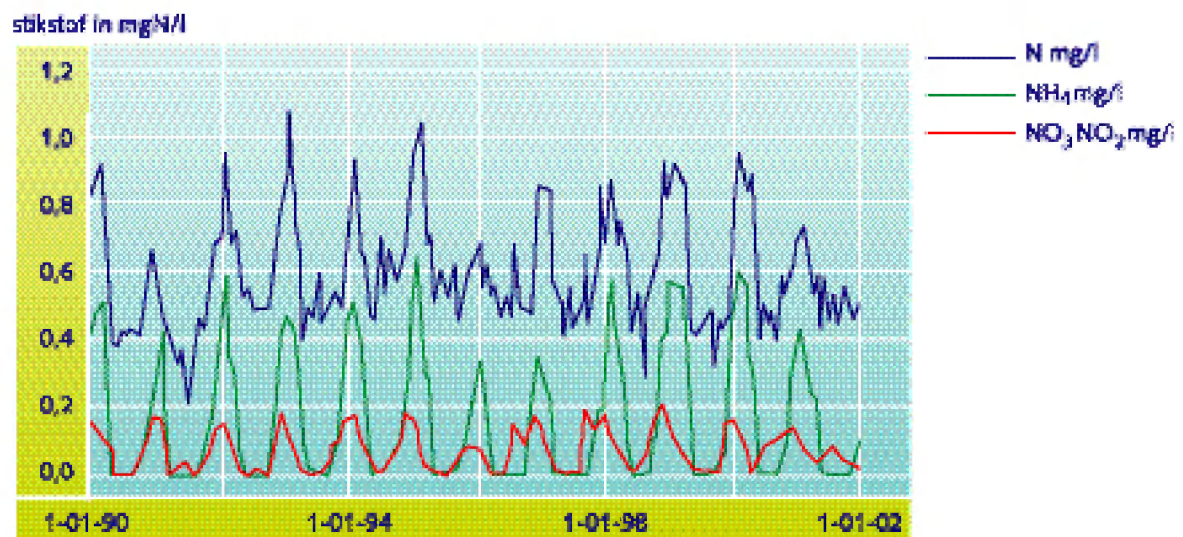


Figuur 2.3: Verloop in de tijd van het zoutgehalte in het Grevelingenmeer (meetpunt Dreischor, binnendijks) en het inlaatswater bij de Brouwerssluis (BG8, buitendijks)





Figuur 2.4: Het verloop in de tijd van het zuurstofgehalte aan de oppervlakte bij het meetpunt Dreischor tijdens de periode 1990 t/m 2001



Figuur 2.5: Verloop in de tijd van de concentraties van stikstof en fosfaat bij het meetpunt Dreischor tijdens de periode 1990 t/m 2001

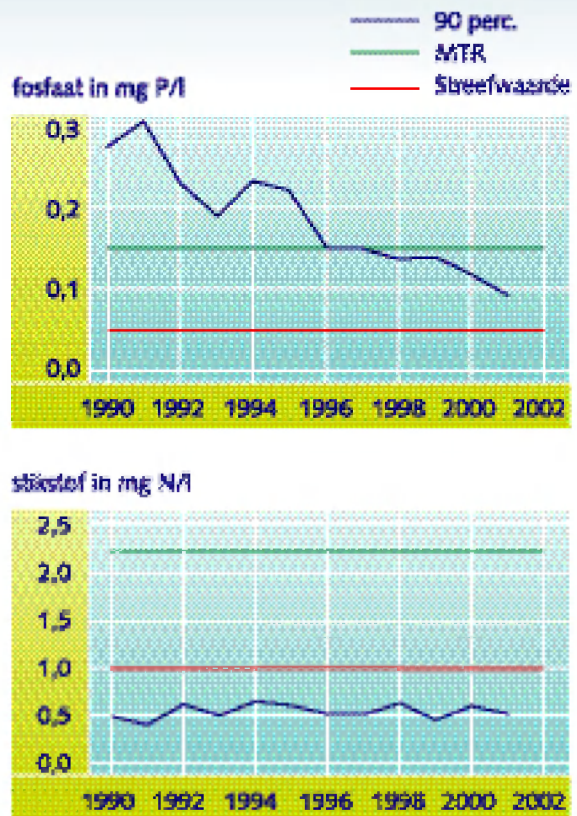


voldoen; één van de eisen waaraan dat zogenaamde schelpdierwater moet voldoen is een zuurstofgehalte van minimaal 5 mg O<sub>2</sub>/l. Omdat de oesterpercelen niet in de diepere delen van het meer liggen, wordt ruimschoots voldaan aan deze norm.

## 2.5 De waterkwaliteit

De belangrijkste factoren om de waterkwaliteit te bepalen zijn de concentraties van stikstof en fosfaat in het water. Wanneer de concentraties van deze stoffen te hoog zijn kan dit leiden tot overmatige groei van bijvoorbeeld zeesla en algen. Om de waterkwaliteit in de gaten te houden worden maandelijks routinemetingen verricht. Tot en met 1995 werd dit gedaan op drie plaatsen in het meer; bij Bruinisse, Dreischor en Scharendijke. Omdat de waterkwaliteit in het gehele meer nagenoeg hetzelfde is, is er besloten om vanaf 1996 nog maar op één punt in het midden van het meer, bij Dreischor te bemonsteren. In figuur 2.5 wordt een overzicht gegeven van het verloop in de tijd van de verschillende stikstof- en fosfaatcomponenten.

Voor stikstof en fosfaat zijn in de Vierde Nota Waterhuishouding normen vastgesteld waaraan het oppervlaktewater moet voldoen. Ook voor het Grevelingenmeer is gekeken of stikstof en fosfaat aan de gestelde normen voldoen, hoewel de in de Vierde Nota genoemde normen in principe gelden voor zoet oppervlaktewater. Bij gebrek aan iets anders worden deze normen ook voor de zoute bekkens aangehouden. In de normen worden twee criteria onderscheiden, dit zijn het zogenaamde Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) en de streefwaarde. Aan het MTR moet worden voldaan en op termijn ook aan de streefwaarde. De toetsing wordt gedaan door per jaar het zogenaamde 90 percentiel te bepalen. Dit is de waarde waar 90% van de gemeten waarden onder ligt (populair gezegd, de hoogste waarden tellen niet mee). Vervolgens wordt gekeken of die 90 percentiel voldoet aan de gestelde MTR of streefwaarde. De toetsingsresultaten zijn in figuur 2.6 uitgezet. In figuur 2.6 is te zien dat de fosfaatconcentraties vanaf 1996 voldoen aan de MTR en ook dat de concentratie na de openstelling van de Brouwerssluis in 1999 een sterkere daling vertoont. In het beleidsplan voor het Grevelingenmeer wordt gesteld dat fosfaat niet voldoet aan de norm, maar bij nadere beschouwing is daar getoetst voor de gehele periode 1990 t/m 1999 en niet per jaar. Bij de huidige (jaarlijkse) toetsing blijkt dat sinds 1996 aan de norm wordt voldaan.



Figuur 2.6: Toetsingsresultaten van de fosfaat- en stikstofconcentraties (jaargemiddelde) in het Grevelingenmeer aan de MTR en de streefwaarde voor de periode 1990 t/m 2001

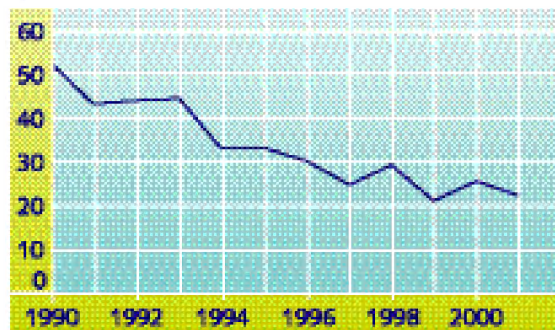
De toetsingsresultaten voor de stikstofconcentraties geven te zien dat de concentraties daarvan in gehele periode 1990 t/m 2001 beneden de streefwaarde liggen.

## 2.6 Het doorzicht

Het doorzicht is de afgelopen tien jaar gehalveerd. Deze afname valt niet zo op, omdat het meer nog steeds erg helder is. Het verminderde doorzicht valt niet te verklaren uit factoren zoals een toename van het zwevende stof of het chlorofyl. Er lijkt een correlatie met polderwaterlozingen te zijn, maar of dit de juiste verklaring is zal nog verder moeten worden uitgezocht. Op grond van de beschikbare gegevens suggereren de onderzoekers dat de verklaring mogelijk in het feit ligt dat er een bepaalde stof in het water is toegenomen die het licht absorbeert. Zij denken aan een humusachtige stof. Voor het functioneren van het ecosysteem kan het verminderen van het doorzicht grote gevolgen hebben. Het licht kan namelijk minder ver doordringen, waardoor bijvoorbeeld de algengroei zal verminderen en daarmee de fauna die weer van

deze algen afhankelijk is. Een direct verband met veranderingen in het ecosysteem is nog niet aantoonbaar (zie ook hoofdstuk 5.3.1 over de bodemfauna).

gemiddeld doorzicht in dm.

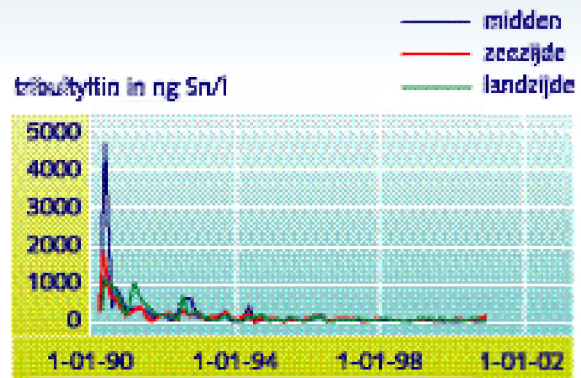


Figuur 2.7: De afname van het doorzicht in het Grevelingenmeer

## 2.7 Organotinverbindingen (TBT) bedreigen het systeem?

Het Grevelingenmeer is een stagnant watersysteem en dat maakt het kwetsbaar voor het ophopen van schadelijke stoffen. De verblijftijden zijn relatief lang, waar door optredende verontreinigingen niet snel verdwijnen en de effecten ervan nog lang zichtbaar zijn. In dit systeem leven vele organismen, waaronder het wadslakje, die gevoelig zijn voor allerlei verontreinigingen.

In het verleden werd ter voorkoming van aangroei van zeepokken en dergelijke aan de scheepshuid veelal anti-foulingverf gebruikt waarin TBT (tributyltin) was verwerkt. Sinds 1990 mogen aangroeiwerende verven waarin TBT is verwerkt voor kleinere jachten (kleiner dan 25 m<sup>2</sup>) niet meer worden gebruikt. Als gevolg van het gebruik van deze verven in de vorige eeuw waren vooral in het begin van de negentiger jaren de TBT concentraties in de jachthavens in het Grevelingenmeer onaanvaardbaar hoog. Sinds 1990 worden in de haven van Scharendijke op drie plaatsen bemonsteringen naar de TBT concentratie uitgevoerd met een frequentie van vijf maal per jaar. De analyseresultaten van die bemonsteringen zijn in figuur 2.8 uitgezet. In dit figuur is duidelijk te zien dat de concentraties in 1990 schrikbarend hoog waren, maar dat deze exponentieel zijn afgenomen. De extreem hoge concentraties die waargenomen zijn in het begin van 1990 zijn het gevolg van baggerwerkzaamheden in de haven van Scharendijke.



Figuur 2.8: Verloop van de TBT concentraties in de haven van Scharendijke in de periode 1990 t/m 2000

Er dient te worden opgemerkt dat de haven van Scharendijke niet representatief is voor TBT. TBT in het water is echter niet op andere locaties van het Grevelingenmeer gemeten.

In 1998 is wel TBT in bodemonsters gemeten op verschillende locaties van het Grevelingenmeer. De concentratie varieerde van 28-68 ng Sn/kg, welke hoger zijn dan de MTR-waarden voor sedimenten (10 ng Sn/kg).

Hoewel er al veel is verbeterd is er toch nog steeds geen reden om de aandacht te laten verslappen, want de gemiddelde TBT-concentratie in 2000 bedroeg 30 ng Sn/l, terwijl de MTR voor TBT 14 ng Sn/l is en de streefwaarde 0,1 ng Sn/l. Al met al zijn er dus nog redenen genoeg om deze zaak nauwlettend in de gaten te houden. Tijdens de beschouwde periode, 1990 t/m 2001, is een drastische afname van de populatie van het wadslakje geconstateerd; hoewel niet onomstotelijk vaststaat dat dit aan de TBT concentraties is te wijten, valt dit zeker niet uit te sluiten. Daarnaast zijn er nog meer organismen gevoelig voor dit soort verontreinigingen.

## 2.8 Zware metalen

Ook zware metalen in het water vormen een bedreiging voor het ecosysteem. De wetgever heeft dit ook onderkend en normen opgesteld voor het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) en streefwaarden bepaald waaraan in de toekomst moet worden voldaan.

Vanaf medio 1982 tot en met 1987 zijn er bemonsteringen voor het bepalen van zware metalen in het Grevelingenmeer uitgevoerd met een frequentie van 4 tot 6 maal per jaar. Daarbij is gebleken, dat de concentraties in het meer vrij laag en min of meer constant waren. Daarom is besloten om



vanaf 1988 bij wijze van controle de concentraties van zware metalen nog éénmaal per jaar te meten. De resultaten van deze controlemetingen waren echter zodanig, dat na 1995 geen bemonsteringen meer zijn uitgevoerd.

De resultaten van de bemonsteringen van de periode 1990 t/m 1995 zijn in tabel 2.1 samengevat. Uit tabel 2.1 blijkt dat de concentraties van alle zware metalen voldoen aan de norm voor de MTR en cadmium, kwik, nikkel, lood en zink voldoen zelfs aan de gestelde streefwaarden, arseen, chroom en koper voldoen niet aan de streefwaarde.

## 2.9 Overige giftige stoffen

Voor alle overige gemeten toxische stoffen geldt, dat de metingen van 1990 - 2000 met een zeer lage frequentie zijn geweest of helemaal zijn gestopt, omdat de concentraties daarvan dusdanig laag waren dat ze of niet te meten waren of lager waren dan de gestelde normen.

## 2.10 Bodemkwaliteit

Voor het huidige Grevelingenmeer een feit werd, stond het toenmalige Grevelingen in verbinding met de grote rivieren.

Het water van de grote rivieren was toentertijd vrij ernstig vervuild. Een aantal van die verontreinigende stoffen hebben de eigenschap dat zij zich ophopen in de waterbodem (accumuleren) en soms na jaren weer vrijkomen (uitleveren).

Het is dan ook van belang om niet alleen de waterkwaliteit, maar ook de kwaliteit van de waterbodem in de gaten te houden.

In het kader van de landelijke monitoring zijn er in 1998 op een aantal plaatsen in het Grevelingenmeer, namelijk bij de Bocht van Sint Jacob, Bruinisse, Dreischor, Ouddorp en Scharendijke, bodembemonsteringen uitgevoerd.

De verkregen bodemonsters zijn onderzocht op zware metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en PCB's. De analysesresultaten daarvan zijn getoetst aan de normen die voor deze stoffen zijn vastgesteld en in de Vierde Nota Waterhuishouding zijn vastgelegd. Bij deze normen wordt, evenals voor de waterkwaliteit, onderscheid gemaakt in het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) voor de korte termijn en de Streefwaarde voor de lange termijn.

De concentraties van zware metalen voldoen op alle plaatsen aan de MTR; arseen zelfs aan de streefwaarde, dit is ook voor chroom en nikkel op enkele plaatsen het geval.

De concentraties van PAK's voldoen, voor zover er normen voor zijn gedefinieerd, op alle plaatsen aan de MTR; de streefwaarde van deze stoffen is over het algemeen dusdanig laag dat geen van de getoetste stoffen daaraan voldoet.

De concentraties van PCB's liggen, voor zover er normen zijn gedefinieerd, over het algemeen een factor 1 a 2 hoger dan de MTR; terwijl de streefwaarde uiteraard in het geheel niet wordt behaald. Voor de op of in de waterbodem levende organismen zijn de concentraties van PCB's van belang; PCB's hopen zich namelijk op in de organismen en zijn zeer moeilijk afbreekbaar. Met name organismen die lange tijd in de bodem verblijven kunnen daar de gevolgen van ondervinden, hoewel dit tot nu toe nog niet is geconstateerd.

| parameter | max. concentr. totaal | max. concentr. opgelost | min. concentr. totaal | min. concentr. opgelost | MTR totaal | MTR opgelost | streefwaarde totaal | streefwaarde opgelost |
|-----------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------|--------------|---------------------|-----------------------|
| As        | 4,8 (90)              | 3,7 (90)                | 2,7 (93)              | 2,6 (93)                | 32         | 25           | 1,3                 | 1,0                   |
| Cd        | 0,1 (90)              | 0,1 (90)                | <0,01 (95)            | <0,01 (95)              | 2,0        | 0,4          | 0,4                 | 0,08                  |
| Cr        | <10                   | <0,3                    | <10                   | <0,3                    | 84         | 8,7          | 2,4                 | 0,3                   |
| Cu        | 1,2 (90)              | 1 (90)                  | <1                    | 0,4 (94)                | 3,6        | 1,5          | 1,1                 | 0,5                   |
| Hg        | <0,3                  | <0,1                    | <0,01                 | <0,01                   | 1,2        | 0,2          | 0,07                | 0,01                  |
| Ni        | <1                    | 0,8 (93)                | <1                    | 0,4 (94)                | 6,3        | 5,1          | 4,1                 | 3,3                   |
| Pb        | <1                    | <0,1                    | <1                    | <0,1                    | 230        | 11           | 5,3                 | 0,3                   |
| Zn        | <1                    | <1                      | <1                    | <1                      | 40         | 9,4          | 12                  | 2,9                   |

Tabel 2.1: Totaal- en opgeloste concentraties in µg/l van zware metalen in het Grevelingenmeer tijdens de periode 1990 t/m 1995; waarbij tevens het MTR en de streefwaarden zijn aangegeven

## 2.11 Conclusies

Over het algemeen kan worden gezegd dat het goed gaat met de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer. De fosfaatconcentraties zijn gedaald tot een aanvaardbaar niveau, de gestelde norm voor het zoutgehalte tot 1999 is, op een enkele uitzondering als gevolg van een extreme omstandigheid, gehaald.

Het permanent openstellen van de Brouwerssluis heeft een positief effect opgeleverd ten aanzien van het zoutgehalte. De harde norm van minimaal 16 g Cl-/l is na 1999 min of meer losgelaten, waardoor een meer dynamische en natuurlijke situatie ontstond.

Een punt van zorg is de helderheid van het water; de jaargemiddelde doorzichtdiepte is namelijk gedaald van  $\pm 5$  m in 1990 naar  $\pm 2$  m in 2001. Deze daling heeft geleidelijk over de gehele periode plaatsgehad en een oorzaak daarvoor is niet zo direct aan te geven. Hetzelfde verschijnsel doet zich echter, in iets mindere mate, ook voor in de Oosterschelde en op de Noordzee. Het verdient dan ook aanbeveling dit nader te onderzoeken omdat het lichtklimaat in, met name de ondiepere delen van het meer, van groot belang is voor de op en nabij de bodem levende organismen zoals bijvoorbeeld het wadslakje waarvan de populatie sterk is achteruit gegaan.





### 3 Stratificatie en zuurstofdeficiëntie

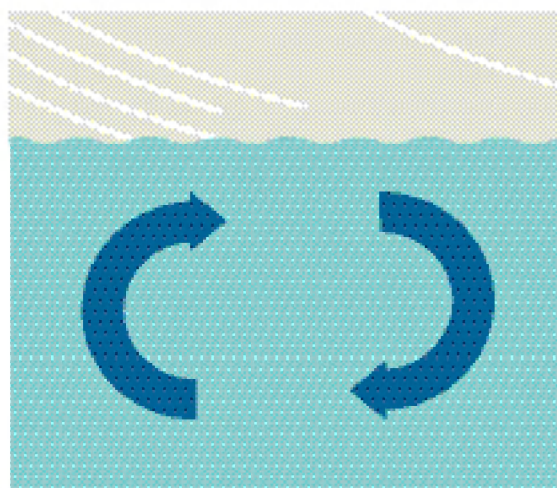
De stratificatie in het Grevelingenmeer houdt de gemoeders van de beheerders al jaren bezig. Het niet mengen van verschillende lagen water is de oorzaak van het verdwijnen van bodemleven uit delen van het Grevelingenmeer. Door stratificatie kan namelijk water van slechte kwaliteit, bijvoorbeeld zonder zuurstof, langdurig een kwalijke invloed op de omgeving uitoefenen. Er is daarom een onderzoek uitgevoerd naar het optreden van stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer. Hierbij is vooral gekeken naar de effecten van het veranderde spuibeheer. Er is nagegaan wat de invloed is van de openstelling van de spuisluis in de zomerperiode. Deze spuisluis was ter voorkoming van stratificatie altijd dicht in de zomerperiode. Dit beleid is echter sinds januari 1999 gewijzigd.

#### 3.1 Stratificatie, een ademloos fenomeen

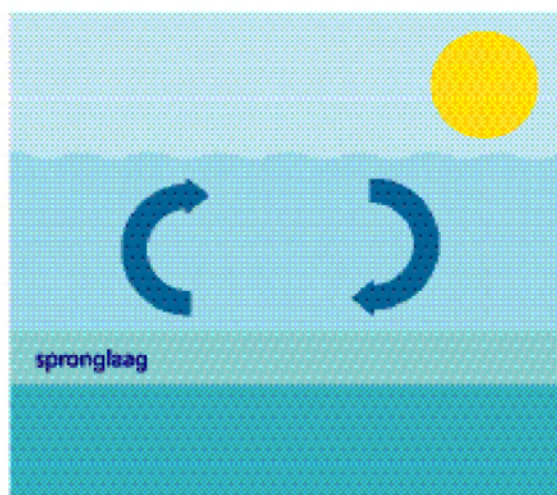
Stratificatie betekent letterlijk een 'indeling in verschillende lagen'. Door een verschil in dichtheid drijven er twee verschillende lagen water op elkaar, die onderling niet mengen. Een goed voorbeeld is de Zwarte Zee. Hier drijft een laag van 150-200 meter relatief zoet water, dat is aangevoerd door de rivieren, op een laag van zout water, met een hoge dichtheid, afkomstig uit de Middellandse Zee.

Voorals zomers treedt een temperatuurstratificatie op in relatief stilstaande en diepe wateren, zoals de diepe putten van het Grevelingenmeer. De zon warmt dan de bovenste waterlaag op. Hierdoor wordt deze laag lichter dan het onderliggende koude water. Turbulente menging, bijvoorbeeld door wind, is niet in staat de waterkolom tot op de bodem te mengen. Vaak wordt de stratificatie opgeheven als het water afkoelt in de herfst of winter. Ook de toegenomen turbulentie als gevolg van najaarsstormen speelt hierbij een rol.

Een negatief effect van stratificatie is het optreden van zuurstofloosheid in de diepste waterlagen. Alle (micro-)organismen verbruiken zuurstof uit het water om organisch materiaal af te breken. Slechte menging ten gevolge van stratificatie kan ertoe leiden dat het bodemwater niet snel genoeg wordt ververst met zuurstofrijk oppervlaktewater,



herfst / winter



voorjaar / zomer

Figuur 3.1: Schematische weergave van stratificatie

zodat de zuurstof uitgeput raakt. Dit kan dramatische gevolgen hebben voor de bodemdiergemeenschap die afhankelijk is van zuurstof om te overleven.

#### 3.2 Ontwikkeling van 'diepe putten'

Ten noorden van Scharendijke en Den Osse liggen twee grote diepe putten. Na het wegvallen van de getijdenbewegingen op het Grevelingenmeer werd verwacht dat de putten zich zouden opvullen met

sediment. Uit een analyse van de gegevens uit 1972, 1982 en 1992 blijkt dat dit inderdaad het geval is, zij het met slechts enkele centimeters per jaar.

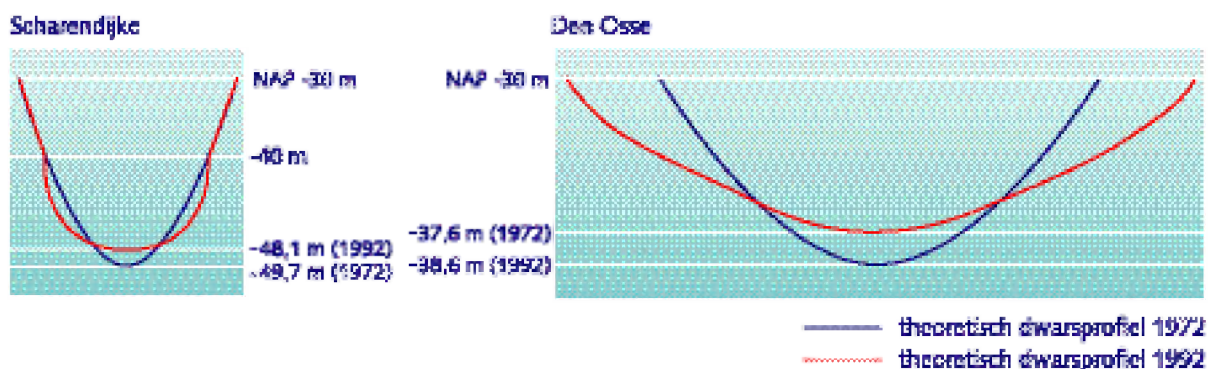
De verandering van het dwarsprofiel van de put bij Den Osse geeft aan dat de put zich langzaam opvult. De put is in twintig jaar 1 meter afgenomen in diepte (van -38,6 naar -37,6 meter). Ook is een duidelijke afvlakking te constateren. De put is 7% toegenomen in oppervlakte, de put is dus 'wijder' geworden. Slechts een klein gedeelte van het sediment dat hierbij verplaatst is, lijkt naar de bodem van de put te zijn gezakt. Hoe de rest van dit sediment uit de put verdwenen is, blijft vooralsnog onverklaard.

De put bij Scharendijke heeft zich op een andere manier ontwikkeld. Het diepste punt is afgenomen van -49,7 tot -48,1 meter (een verschil van 1,6 meter in 20 jaar). Maar de oppervlakte van de put op -30 meter is nauwelijks veranderd. Deze 'bovenkant' van de put is nog net zo breed als twintig jaar geleden. Tien meter dieper echter, is wel een opvallende verandering waargenomen. Vanaf

-40 meter diepte zijn de wanden steiler geworden en heeft de put zich verbreed (zie figuur 4.3). Een mogelijke verklaring is dat de put nog aan het 'consolideren' is; het slib in de put is nog aan het inklinken.

Dit is een ander proces dan erosie. Bij consolidatie blijft de hoeveelheid materiaal in de put ongeveer gelijk, alleen zit het dichter oengepakt. Hierdoor neemt de inhoud van de put toe. Consolidatie verklaart mogelijk ook het 'verdwenen' sediment uit de put van Den Osse.

Aangezien de onderzoeksgegevens over vorm en diepte slechts tot 1992 lopen, kan niets gezegd worden over de meest recente stand van zaken. Gezien de interessante ontwikkelingen in beide putten wordt aanbevolen om in 2002 de diepe putten opnieuw te loden, zodat met een frequentie van 10 jaar gegevens tot op heden beschikbaar zijn. Met de gegevens van 2002 is het mogelijk om een nog betere inschatting te maken van de toekomstige ontwikkelingen van de diepe putten in het Grevelingenmeer.



Figuur 3.2: De dwarsprofielen van de putten van Scharendijke en Den Osse in de periode 1972 - 1992

## GTSO metingen

Dit hoofdstuk over stratificatie is geschreven op basis van resultaten van een uitgebreid onderzoek naar de stratificatie en zuurstofdeficiëntie. Hiervoor zijn 20 meetpunten uitgezet van oost naar west in de hoofdgeul van het Grevelingenmeer. Met behulp van sensoren zijn op iedere locatie maandelijks verticale profielen in het water gemeten. Na 1999 is er tijdens het zomerhalfjaar zelfs twee keer per maand gemeten. Tijdens deze zogenaamde GTSO metingen worden onder andere zuurstof (mg/l), chloride (mg/l) en temperatuur (°C) in de waterkolom gemeten. Uit de temperatuur en het chloride gehalte is vervolgens de dichtheid (kg/m³) berekend. De resultaten van deze metingen voor de jaren 1994 tot en met 2001 zijn terug te vinden op de cd-rom behorende bij deze rapportage.

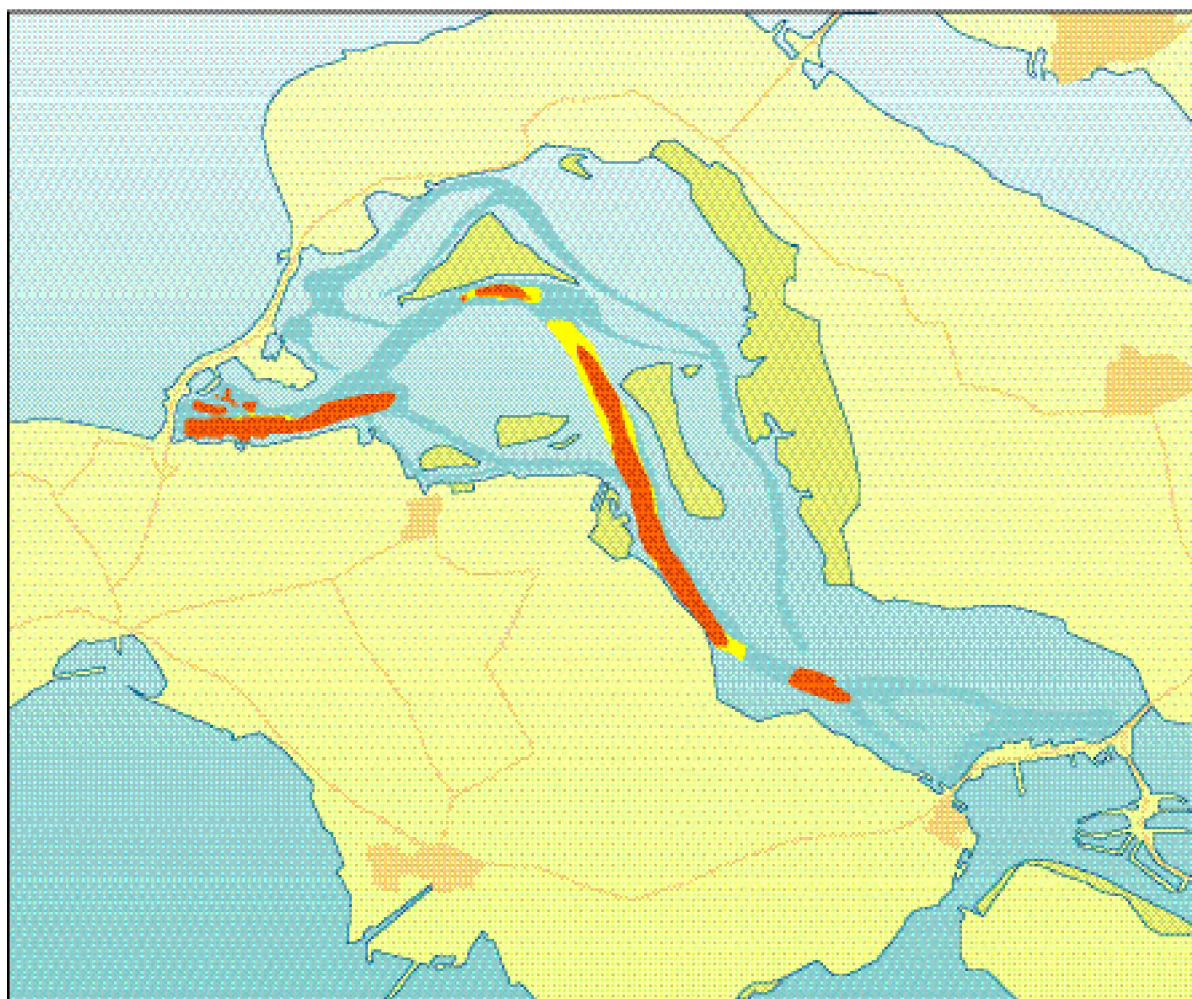


### 3.3 Zuurstofloosheid in de diepe putten

Doorgaans treedt er in het Grevelingenmeer stratificatie op in het voorjaar, door opwarming van de bovenste lagen van het water. Dit is vooral het geval in de diepe putten van het Grevelingenmeer, zoals de putten van Scharendijke en Den Osse. In de diepe put van Scharendijke, vlak bij de Brouwerssluis, treedt stratificatie doorgaans op vanaf eind april, op een diepte van ongeveer 15 á 20 meter. Vóór 1999 wordt de stratificatie in de diepe putten voornamelijk veroorzaakt door een verschil in temperatuur. Additioneel is er een gering verschil in zoutgehalte van ongeveer 1 gram chloride per liter tussen de oppervlaktelaag en de diepe laag. Door het spuien door de Brouwerssluis gedurende de zomer na januari 1999 met relatief warm, zout water wordt de temperatuurstratifica-

tie verminderd en gedurende de zomer grotendeels opgeheven. Alhoewel het instromende Noordzeewater relatief zout is, is er geen toename in de zoutgradiënt waar te nemen in de put. Dit is te verklaren doordat het zoutgehalte van het inkomende Noordzeewater niet veel verschilt van het vrij zoute water van de diepe laag.

Opvallend is de verandering in het patroon na januari 1999 als er ook gedurende de zomer door de Brouwerssluis wordt gespuid. Hoewel er in het voorjaar van 1999, 2000 en 2001 wel een lichte temperatuurstratificatie ontstaat, wordt deze in de zomer weer opgeheven. Ook de zuurstofdeficiëntie in de put beslaat een kortere periode (2 á 3 maanden) dan in de jaren 1994 – 1998. Een zelfde patroon wordt waargenomen in de andere diepe put in het westen van het Grevelingenmeer, de put van Den Osse. In de put van Dreischor, met een



Figuur 3.3: Ruimtelijke verspreiding van zuurstofarm bodemwater in het Grevelingenmeer in juni 2001. Rood geeft de gebieden aan met zuurstofconcentraties lager dan 1 mg/l. In geel zijn de gebieden aangegeven met zuurstofconcentraties tussen 1 en 3 mg/l (voor overige data en kaartjes zie de bijbehorende cd-rom)



diepte van 25 meter en in mindere mate in de put van Herkingen met een diepte van 21 meter, lijkt het erop dat de zuurstofcondities van het bodemwater zijn verslechterd na het veranderen van de spuibeheer bij de sluis in de Brouwersdam sinds 1999.

### 3.4 Oppervlakte zuurstofarme bodem

Bij het beheer van het Grevelingenmeer wordt ernaar gestreefd dat niet meer dan 5% van het totale oppervlakte van de bodem zuurstofarm mag worden. Om een indruk te krijgen van de totale oppervlakte van het Grevelingenmeer dat zuurstofarm wordt, is de hoofdgeul van het Grevelingenmeer opgedeeld in 5 deelgebieden. Deze deelgebieden worden van elkaar gescheiden door een zadel op de bodem.

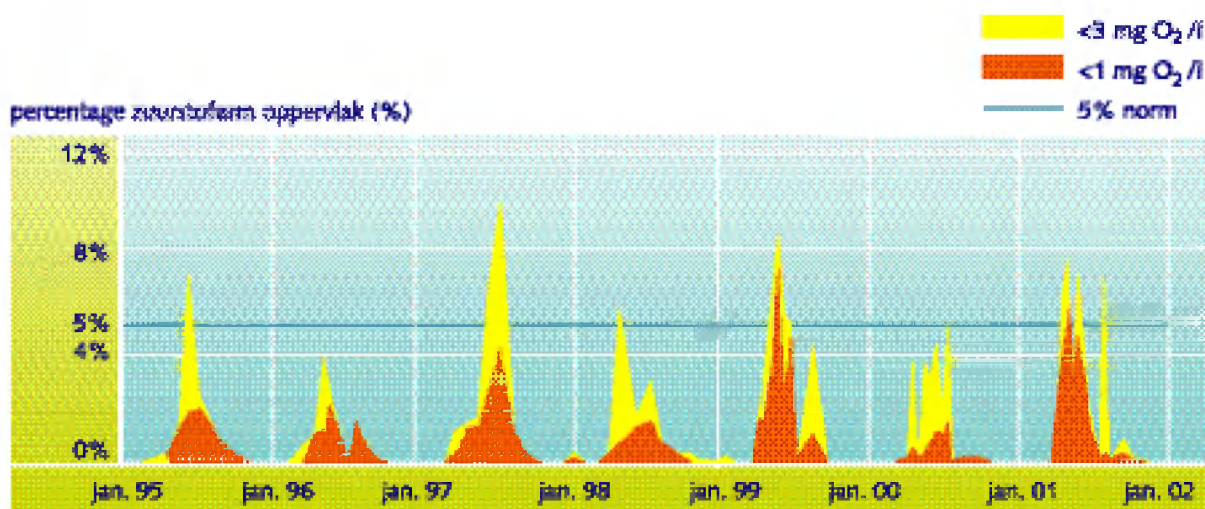
Figuur 3.3 geeft de gebieden weer met zuurstofconcentraties in het bodemwater lager dan 1 mg/l (oranje) en tussen 1 en 3 mg/l (geel) op 26 juni 2001. Op de cd-rom die bij dit rapport hoort is het seizoensverloop van de zuurstofdeficiëntie te zien voor het jaar 2001. Lage zuurstofconcentraties treden voor het eerst op begin mei 2001 in de westelijk gelegen diepe putten (Scharendijke en Den Osse). Geleidelijk verspreidt het zuurstofarme water zich over de andere dieptes. Het maximum oppervlakte zuurstofdeficiëntie wordt bereikt eind mei. Op 24 juli is de zuurstofdeficiëntie in grote delen van het Grevelingenmeer weer verdwenen en beperkt de zuurstofdeficiëntie zich tot enkele locaties op grote diepten in de putten van Scharendijke en Den Osse.

Hoewel er dus duidelijke veranderingen zijn waargenomen in de periode van zuurstofdeficiëntie in de diepe putten na het veranderen van het spuibeheer in 1999 zijn er geen veranderingen in totaal zuurstofarm (< 3 mg/l) oppervlak waargenomen (). Maximaal zuurstofarm oppervlak is gevonden eind juli 1997, wanneer maar liefst 10% van het totale wateroppervlak van het Grevelingenmeer zuurstofarm (<3 mg/l) bodemwater bevat. Het jaar daarvoor is de maximale bedekking met zuurstofarm bodemwater slechts 4% van de totale oppervlakte.

Uit figuur 3.4 valt af te lezen dat het streefbeeld, waarbij niet meer dan 5% van het totale bodemoppervlakte van het Grevelingenmeer zuurstofarm mag worden, zeker niet is gehaald in de jaren 1999 en 2001. In deze jaren was de zuurstofconcentratie in het bodemwater minder dan 1 mg/l voor meer dan 5% van het totale oppervlak van het Grevelingenmeer.

### 3.5 Consequenties van het veranderde spuiregime

Het is duidelijk dat het veranderen van het spuiregime consequenties heeft voor de stratificatie en zuurstofdeficiëntie in de diepe putten van het Grevelingenmeer. Door het veranderen van het spuiregime wordt er gedurende de zomer zout water vanuit de Noordzee het Grevelingenmeer ingelaten. Omdat dit zuurstofrijke water zouter is dan het water in het Grevelingenmeer zakt het naar de bodem van de diepe put van Scharendijke. Het zuurstofarme



Figuur 3.4: Verandering in areaal zuurstofarm oppervlak in het Grevelingenmeer uitgedrukt als percentage van het totale wateroppervlak (10.800 ha) over de jaren 1995 tot en met 2001



water in de diepe putten van Scharendijke en Den Osse wordt door het ingelaten water over de zadels verder oostelijk het Grevelingenmeer in geduwd. Hierdoor verminderen de zuurstofcondities in de meer oostelijk gelegen diepe putten (Dreischor en Herkingen).

De temperatuur van het ingelaten Noordzeewater neemt in het voorjaar snel toe tot boven de temperatuur van het water in de diepe put. Het spuien tijdens de zomer leidt daar door tot een toename van de watertemperatuur in de putten. Vóór 1999 was de temperatuur van het bodemwater in de putten tijdens de zomer lager dan 8°C. Na 1999 loopt de temperatuur van het bodemwater in de putten op tot boven de 18°C in augustus. Deze hogere temperaturen leiden tot hogere afbraaksnelheden van het organisch materiaal, waardoor de zuurstofconsumptie tijdens de zomer toeneemt. Door de verminderde temperatuurgradiënt wordt de stratificatie minder stabiel waardoor het makkelijker kan worden verbroken door turbulentie veroorzaakt door wind.

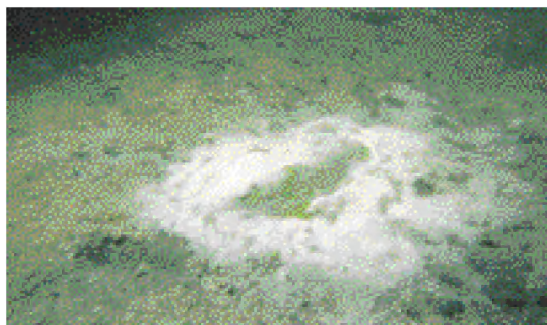
Met invoer van Noordzeewater kunnen grote hoeveelheden *Phaeocystis* binnengelaten worden. Dit algenmateriaal sterft in het stagnante water van het Grevelingenmeer, waarna het naar de bodem van de diepe putten van Scharendijke en Den Osse zakt. Door duikers zijn resten van algenmateriaal op de bodem van de putten gevonden tot een halve meter dik. De afbraak van dit organische materiaal door allerlei micro-organismen zorgt voor een verhoogde zuurstofconsumptie, waardoor de kans op zuurstofdeficiëntie in de putten toeneemt. Tot voor 1999 had de bloei van *Phaeocystis* in de Noordzee geen effect op het Grevelingenmeer, omdat dergelijke bloeien pas in mei optreden wanneer de Brouwerssluis gesloten was. Tijdens de *Phaeocystis*-bloei van 1999 en 2001 op de Noordzee/Voordelta is het algenmateriaal massaal in het Grevelingenmeer terechtgekomen. De totale zuurstofloze oppervlakte in deze jaren was dan ook aanzienlijk groter dan in 2000, waar een *Phaeocystis* bloei in de Voordelta is uitgebleven.

Het lijkt voor de hand te liggen om tijdens de *Phaeocystis* bloei van maximaal zes weken de spuisluis te sluiten. Maar dit kan een te gemakkelijke redenering zijn. Het is namelijk niet bekend wat het effect op de zuurstofloosheid is als de sluis zes weken gesloten is en dan weer open gaat. Daarnaast ligt de kern van het probleem bij het slib in de diepe putten dat de zuurstofloosheid

veroorzaakt. Het wegnemen van het slib zou ook een oplossing kunnen zijn.

### 3.6 Bodemdiergemeenschap

Bodemdieren zijn erg gevoelig voor zuurstofloosheid in het water. Door hun geringe mobiliteit zijn zij niet in staat om de ongunstige omstandigheden te ontwijken. Sommige schelpdieren kunnen wel een beperkte periode van zuurstofloosheid overleven door hun kleppen te sluiten.



*Schimmelplek op de bodem als gevolg van zuurstofloosheid, karakteristiek voor de diepere delen van het meer*

Door het ontbreken van zuurstof gedurende bepaalde perioden van het jaar kan er zich geen macrofauna gemeenschap vestigen in de diepe putten van het Grevelingenmeer. Hoewel de diepe putten van Scharendijke en Den Osse sinds het veranderen van de spuiregime door de Brouwersdam niet meer het hele zomerhalfjaar zuurstofarm zijn, worden ze nog steeds zuurstofarm voor een of meerdere perioden van 1–3 maanden. Het is niet waarschijnlijk dat onder deze condities zich een bodemdierengemeenschap in de putten kan vestigen. Wellicht is er sprake van een verbetering aan de randen van de put, maar in de jaren 1999 en 2001 treedt de zuurstofdeficiëntie al op een diepte van 15 meter in de waterkolom.

### 3.7 Nalevering van de bodem

De veranderende zuurstofconcentraties van het bodemwater kunnen hun effect hebben op de nalevering van stoffen vanuit de bodem. Het optreden van zuurstofdeficiëntie in diepe putten heeft tot gevolg dat al het in de toplaag van de waterbodem aanwezige ijzerhydroxide wordt gereduceerd waarbij opgelost ijzer uit de bodem de waterkolom in kan diffunderen. Ook wordt aan ijzer gebonden fosfaat gemobiliseerd wat kan leiden tot een explosieve fosfaatnalevering aan de waterkolom.

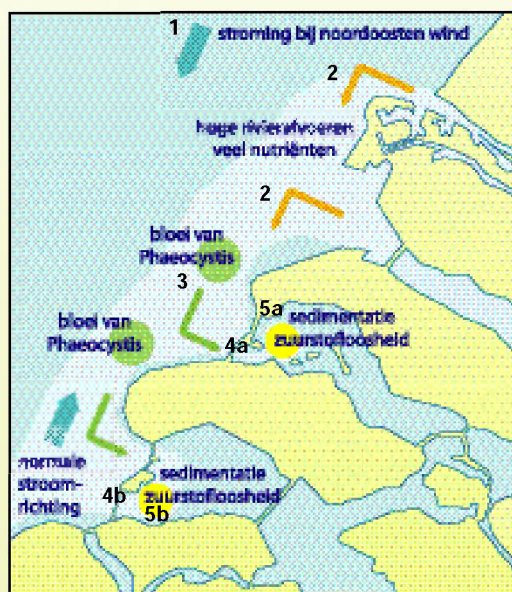
Het vrijkomen van colloïdaal ijzer maar ook DOC uit de bodem ten gevolge van het zuurstofloos worden van het bodemwater kan ook negatieve effecten hebben op het doorzicht van het water. Het is echter onwaarschijnlijk dat dit proces verantwoordelijk is voor de spectaculaire afname in doorzicht van het water in het Grevelingenmeer van 5 meter in 1990 naar 2 meter in 2001.

### 3.8 Conclusies

Het spui-beheer door de Brouwerssluis heeft duidelijk effect op het optreden van zuurstofloosheid in het Grevelingenmeer. Het warme, zuurstofrijke Noordzeewater dat tijdens de zomer wordt ingelaten stroomt door zijn relatief hoge dichtheid naar de bodem van de diepe putten van Scharendijke en Den Osse, waardoor er goede verversing plaatsvindt. Ook kan door de verminderde temperatuursgradiënt de stratificatie makkelijker worden

opgeheven door turbulente mengprocessen, zoals bijvoorbeeld door de wind.

Tijdens een *Phaeocystis*-bloeï (een algenbloeï) op de Noordzee of in de Voordelta, wordt met het ingelaten Noordzeewater ook massaal algenmateriaal ingenomen. De afbraak van dit materiaal op de bodem van de putten leidt tot een hoge zuurstof consumptie. Dit wordt versterkt door de relatief hoge temperatuur van het water in de putten. Tijdens de *Phaeocystis*-bloeï-jaren 1999 en 2001 was de zuurstofloosheid in de diepe putten ook groter dan in 2000, toen er geen *Phaeocystis* bloei in de Noordzee was. Een aangepast spui-beheer, door bijvoorbeeld geen water in te laten tijdens een *Phaeocystis* bloei, zou positieve gevolgen kunnen hebben voor de zuurstofloosheid in de putten. Het weghalen van het slib is echter ook een optie. De voors en tegens van deze oplossingen verdienen nader onderzoek.



### Het effect van algenbloeï in de Noordzee op het ecosysteem van het Grevelingenmeer

In 2001 leidde de combinatie van noordoosten-wind (1) en hoge rivierafvoeren (2) tot een gebied met lage saliniteit in de Voordelta. Omdat bij hoge rivierafvoer veel nutriënten in zee komen, kon het alg *Phaeocystis* goed groeien en een zogenaamde bloei veroorzaken (3). Deze *Phaeocystis*-bloeï kwam via de Brouwerssluis het Grevelingenmeer binnen en stierf onmiddellijk af (4a).

Dit afgestorven materiaal, in feite een grote hoeveelheid organisch koolstof, sedimenteerde en onttrok veel zuurstof aan het water (5a). Hierdoor ontstond niet alleen zuurstofloosheid bij de bodem maar ook werd veel  $H_2S$  gevormd, een giftig gas dat de bekende rotte eieren lucht veroorzaakt. Een vergelijkbare situatie deed zich voor in de Oosterschelde waar de *Phaeocystis*-bloeï via de stroomgaten binnenkwam (4b) en sedimenteerde op mosselpercelen (5b) waardoor veel mosselen stierven.



## 4 Organismen van het harde substraat

De vele dijkglooiingen onder het wateroppervlak van de Grevelingen zijn bij sportduikers zeer geliefd. Dit komt vooral door de uitbundige begroeiing van dit 'harde substraat' met prachtige en bijzondere organismen. Tegelijkertijd speelt dit gebied een belangrijke rol in het ecosysteem als leefomgeving, schuilplaats en foerageergebied voor vele organismen in het meer. Voor dit Bekkenrapport is geanalyseerd hoe de begroeiing op harde substraten zich in de loop van de tijd heeft ontwikkeld en welke ontwikkelingen er door een veranderd spuiregime in gang zijn gezet.

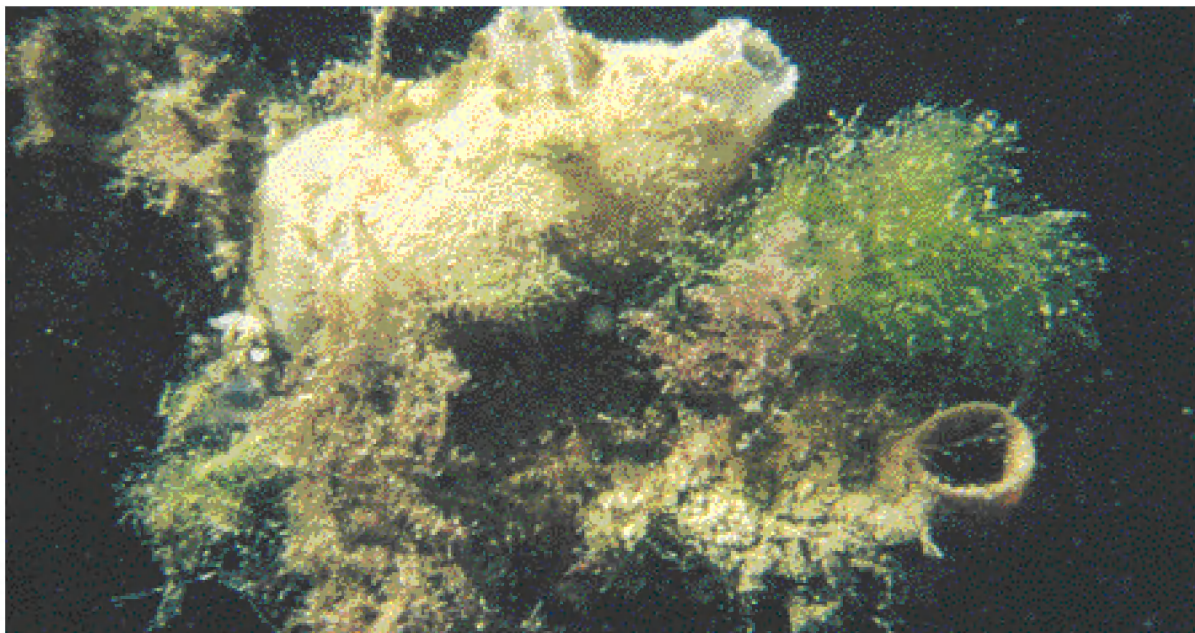
### 4.1 Onderwatertuin

De begroeiing van het harde substraat is zeer divers en bestaat zowel uit planten (zeewieren) in de ondiepste delen en dieren van allerlei pluimage. De diversiteit van de wieren uit zich op verschillende manieren: er leven rood-, groen- en bruinwieren in allerlei formaten. De soortenrijkdom bij de dieren is nog groter; dieren van allerlei grootte en van velerlei diergroepen, zoals anemonen, mosdiertjes, hydroïdpoliepen, kreeftachtigen, wormen, sponzen, slakken en zakpijpen. Dijkglooiingen tot in de diepere waterlagen komen met name langs de zuidwestelijke kust van het



*Boter vis, is vaak te vinden tussen de begroeiing van het harde substraat*

meer voor, maar ook bij Ouddorp in het noordwesten en bij Dreischor in het zuidoosten. Qua hoeveelheid oppervlak is het harde substraat in het Grevelingenmeer maar een beperkt deel van de bodem van het meer. Toch vervult het harde substraat meerdere, vaak niet gekwantificeerde, belangrijke rollen in het ecosysteem. Naast een leefgebied voor specifieke, permanent verblijvende organismen vinden allerlei (jonge levensstadia van) organismen er een al of niet tijdelijke schuil-, foerageer- of hechtplaats; het kan daarbij gaan om organismen die een belangrijk deel van hun leven



*Ruwe Zakpijp (Ascidia aspersa), een algemene diersoort op de harde substraten van het Grevelingenmeer.*

## 'Meten is weten'

Voor het formuleren én het evalueren van het beleid is het van groot belang om middels monitoring de effecten daarvan te kunnen volgen. Voor dit rapport is voor de begroeiing op harde substraten dankbaar gebruik gemaakt van twee bronnen die zeer verschillend zijn van elkaar. Het betreft het Monitoringproject Onderwater Oever (MOO) van Stichting Anemoon en een meetreeks die sinds 1985 afwisselend of in combinatie in opdracht van de Universiteit van Amsterdam (UvA) en de Stichting ter Bevordering van de Nederlandse Oceanografie (SBNO) is uitgevoerd door Aquasense.

### Monitoringproject Onderwater Oever

Stichting Anemoon verzamelt sedert 1994 waarnemingenlijsten van duikers. Duikers geven op deze lijsten na een duik aan of zij de aandachtsoorten (thans 117 stuks) wel of niet hebben gezien. Voor deze bekkenrapportage heeft de stichting een opdracht gekregen om aan de hand van deze formulieren de trends van de organismen op het harde substraat te beschrijven.

### Universiteit van Amsterdam en de Stichting ter Bevordering van de Nederlandse Oceanografie

Het onderzoeksbureau Aquasense heeft een opdracht gekregen om op basis van de gegevens van de Universiteit van Amsterdam en SBNO de ontwikkelingen van de begroeiing van het harde substraat te beschrijven. Deze bron bevat 281 opnamen van de begroeiing op een viertal vaste meetgebieden (transect) bij Scharendijke, Den Osse, Dreischor en Ouddorp. De gegevens zijn vanaf 1985 verzameld. Een transect loopt verticaal langs de glooiing vanaf ondiep tot diep, waarbij op verschillende diepten binnen een vast oppervlak van 30 dm<sup>2</sup> het voorkomen (op basis van bedekkingspercentages) van de verschillende organismen wordt gescoord. Met de verzamelde gegevens is vooral gekeken hoe het de levensgemeenschappen van organismen op het harde substraat vergaan is. Een levensgemeenschap is een min of meer samenhangende groep van organismen welke vaak gezamenlijk voorkomen.

De uitgebreide rapportages over deze beide bronnen zijn op de cd-rom die bij deze rapportage hoort opgenomen.

in het 'vrije' water leven, zoals vissen en kwallen. Verder zijn veel van de organismen in de begroeiing zogenaamde filteraars: zij zeven of vangen hun voedsel op allerlei manieren uit het langsstromende water en hebben zo hun invloed op de rest van het ecosysteem van dit meer. Het zijn vaak schelpdieren die dit doen, zoals oesters en mosselen.

## 4.2 Zorgen

Hoe vergaat het de begroeiing van het harde substraat in het Grevelingenmeer? Globaal kan er naar drie dieptezones gekeken worden: een ondiepe zone, waarin voldoende licht door kan dringen voor zeewieren (tot zo'n 5 meter diepte), een middendiepe zone (van 5 tot 10 meter diepte) en de diepe delen daaronder. Veel dieper dan 20 meter zijn nauwelijks opnames gemaakt (zie intermezzo op deze pagina).

Voor alledrie de zones kan gesteld worden dat ze over de beschouwde periode, 1985 – 2001, niet stabiel zijn gebleven. Tot circa 1992 en 1993 had de begroeiing er wel een stabiel karakter. Deze jaren luidden echter een trendbreuk in, waarna



Wedueroos (*Sagartiogeton undatus*), een relatief kleine anemoon die tot 12 cm groot kan worden.

duidelijk andere gemeenschappen naar voren traden.

De verandering bestond voornamelijk uit een verarming van de soortdiversiteit op alle diepten, met uitzondering van de middendiepe zone bij Dreischor, die soortenrijker werd. De oorzaak van de trendbreuk is niet duidelijk. Sinds die jaren veranderen de gemeenschappen nog steeds.



De warme zomer van 1994 leidde tot grote problemen met de zuurstofhuishouding in de diepere delen van het Grevelingenmeer. Grote delen van het bodemoppervlak raakten zuurstofloos. Ook de begroeiing op het harde substraat, met name in het westelijke deel, werd hierdoor getroffen. Zeer soortenarme gemeenschappen, gedomineerd door kokervormende organismen, die doorgaans meer op grotere diepte voorkwamen, kwamen daardoor in de zomer van 1994 tot veel ondieper voor. De gevolgen ijdden na tot in 1995, waarna de soortenrijkdom zich kon herstellen, al zette de geleidelijke verandering van de soortensamenstelling wel door. De veranderingen wekken bezorgdheid: zet de verarming door of zal er een nieuw soort evenwicht ontstaan? Het is van belang dat de ontwikkelingen gevolgd blijven worden om een vinger aan de pols te houden, maar ook om een vinger te krijgen achter de oorzaak van de achteruitgang van de begroeiing. Toch vormt deze onderwatertuin nog steeds een waardevol en belangrijk onderdeel van het ecosysteem van het Grevelingenmeer.

### 4.3 Exoten: lust of last

In het Grevelingenmeer zijn vele organismen, flora en fauna, die als 'exoot', oftewel oorspronkelijk niet behorend tot 'ons' faunagebied, bestempeld kunnen worden. Vooral in de begroeiing van het harde substraat zijn ze wijdverbreid. Sommige exoten komen al honderden jaren in onze contreien voor, maar ook nu nog worden geregeld nieuwe soorten ontdekt.

#### 4.3.1 Opkomst van de Japanse oester

Het bekendste voorbeeld is de Japanse oester die al zeer talrijk is in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer en opkomt in de Waddenzee. In het Grevelingenmeer is het de concurrent geworden van onze 'eigen' platte of Zeeuwse oester, die ook al te lijden heeft van de ziekte *Bonamia ostreae*. Dit meer is echter wel het laatste 'bolwerk' van deze autochtone soort in Nederland. De Japanse oester is geïntroduceerd door oesterkwekers in de twintigste eeuw, al is de soort al eens eerder in Europa geïntroduceerd via aangroei aan Portugese schepen in de late Middeleeuwen. De meeste exoten zijn echter onbewust en onbedoeld geïntroduceerd. De opmars van de Japanse oester, óók in het Grevelingenmeer, heeft inmiddels zulke vormen aangenomen dat het de vraag oproept of het een last is. De recreatie heeft er plaatselijk zeker last van. Bij de Kabbelaarsbank is in 2000 400 ton Japanse oesters opgevisst omdat de surfers er zich

geregeld verwonden aan de scherpe uitsteeksels van de schelpen. Naar de vermeende negatieve effecten op het ecosysteem, met name de vermindering van de broedval van commercieel interessante schelpdiersoorten, lopen momenteel onderzoeken. Hierbij slaan het RIVO, het RIKZ, Alterra en Rijksuniversiteit Groningen de handen ineen.

#### 4.3.2 Bessenwier en kruiskwal

Maar niet alleen de Japanse oester is tot grote ontwikkeling gekomen. In het Grevelingenmeer geldt dat voor meer soorten: het Japans bessewier komt er sinds 1980 voor en was aanvankelijk zo talrijk dat het als last werd ervaren. Maar inmiddels is het aantal van deze soort sterk gereduceerd en wordt daardoor niet meer als een bedreiging gezien. Een andere lastige exoot was het Japans kruiskwalletje. Aanraking met dit kwalletje leverde waterrecreanten een pijnlijke ervaring op. Maar met het zoutere water en de teloorgang van de zee-grasvelden is het aantal van dit kwalletje in het meer gereduceerd.

#### 4.3.3 Ecologische roulette

Het wachten is op de volgende exoten. In de Oosterschelde zijn er inmiddels al weer enkele gearriveerd. Het zal waarschijnlijk niet lang duren eer ze ook in het Grevelingenmeer zullen opduiken. Zou er een 'lastpost' tussen zitten? Hoewel we in Nederland gelukkig nog geen 'echte' ecologische rampen met exoten hebben meegeemaakt, zijn er elders toch al vele opgetreden. Het verschijnen van exoten heeft daarmee iets dreigends, een soort ecologische roulette.

### 4.4 Kunstriffen

Omdat het aantal geschikte duiklocaties in het meer vrij beperkt is, maar ook om een extra aantrekkelijke dimensie aan het duiken toe te voegen, hebben Duikcentrum 'De Kabbelaar' en Stichting Kunstrif Zeeland het initiatief genomen om op een drietal locaties kunstriffen aan te leggen. Deze zijn aangelegd in de periode oktober 2001 – april 2002, bij Scharendijke, Den Osse en Dreischor. Ieder 'rif' bestaat uit een honderdtal halfronde betonnen bollen met grote gaten. Op de bollen kunnen allerlei organismen van het harde substraat zich hechten en in de gaten vinden vissen en kreeftachtigen een schuilplaats. De kolonisatie van deze riffen wordt op de voet gevolgd door de deelnemers aan het MOO-project (zie intermezzo op pagina 26).

De eerste resultaten laten zien dat de organismen de kunstwerken al snel wisten te vinden. Het zal



naar verwachting echter nog wel een jaar duren voor de begroeiing natuurlijk zal ogen. Het Natuur- en Recreatieschap Grevelingenmeer omarmt dit initiatief en in haar laatst verschenen beleidsplan spreekt men zelfs over het afzinken van scheepswrakken! Vanuit recreatief oogpunt is het enthousiasme goed te begrijpen. Wil men dit soort initiatieven echter op grote schaal gaan toepassen, dan lijkt een integrale afweging, waarbij alle aspecten van mogelijke effecten in ogenschouw worden genomen, een pré. De huidige monitoring van de ontwikkeling op de kunststriften zal daartoe een belangrijke bron van informatie zijn.

#### 4.5 Spiuregime: lichtpunt voor bodemfauna

Om de uitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee verder te vergroten is vanaf 1 april 1999 de spuisluis ook in de zomer open. De verwachting was dat hiermee de diversiteit van het waterecosysteem zou toenemen. De resultaten van het monitoren laten zien dat het voor de organismen van harde substraten een gunstige wijziging heeft betekend: de diversiteit neemt per saldo toe. Met name 'typische' Oosterschelde-soorten zoals enkele zeenaaktslakken, vestigden zich en breidden zich sindsdien in het meer aanzienlijk uit. Enkele 'typische' Grevelingenmeersoorten werden daarentegen minder talrijk. De veranderingen zijn vooralsnog het duidelijkst zichtbaar in het westelijke deel van het meer, dus dicht bij de spuisluis. In het oostelijke deel zijn de veranderingen nog minder

duidelijk waarneembaar.

Voor meerdere soorten kwalen heeft het spiuregime tot een meer natuurlijk seizoenspatroon geleid, waarbij de jonge stadia, die veelal in het voorjaar en de zomer in onze kustwateren verschijnen, ook in het Grevelingenmeer terechtkomen. Naar verwachting zal het nieuwe spiuregime ook een gunstige invloed hebben op de effecten van strenge winters. De waarnemingen binnen het MOO-project hebben laten zien dat na strenge winters, waarbij een aantal krabbensoorten en stekelhuidigen door grote sterfte getroffen zijn, zich in de Oosterschelde een veel sneller herstel van de populatie liet zien dan in het Grevelingenmeer. Door het nieuwe spiuregime zal de aanvoer van larven en andere jonge levensstadia eerder tot herstel kunnen leiden.

#### 4.6 Geplaagd door algen

Door Aquasense is in de periode van 1999-2001 speciaal gekeken naar de effecten van het nieuwe spiuregime op het risico van schuimalgenbloei (*Phaeocystis*) in het Grevelingenmeer (zie 3.8). Onderdeel van het onderzoek was een veldstudie naar het effect op de kolonisatie van hardsubstraat door organismen. Dat werd op verschillende dieptes bij Scharendijke en bij Dreischor gedaan. Kolonisatie door hardsubstraatorganismen vindt doorgaans plaats in de periode mei tot november. Enkele groepen kunnen zich het hele jaar door vestigen, waaronder kokerbouwende wormen en kreeftachtigen.

In de onderzoeksperiode deden zich in 1999 en 2001 plaagalgbloei (*Phaeocystis*) op de Noordzee voor. Deze leidden tot aanvoer van afstervend materiaal naar het Grevelingenmeer.

In die jaren trad zuurstofgebrek op in de waterlaag onder de spronglaag (circa 12 à 15 meter diepte).

In 2000 bleef een dergelijke algenbloei uit. Het kolonisatieonderzoek heeft laten zien dat bij zuurstofarme condities, geen of nauwelijks kolonisatie optreedt. Op zich is het nieuwe spiuregime in potentie een goede maatregel voor hardsubstraatorganismen. De soortdiversiteit neemt er door toe. Als er echter een algenbloei plaatsvindt in de Voordelta, veroorzaakt dit materiaal als het in het Grevelingenmeer is beland een zuurstoftekort in de diepe putten.

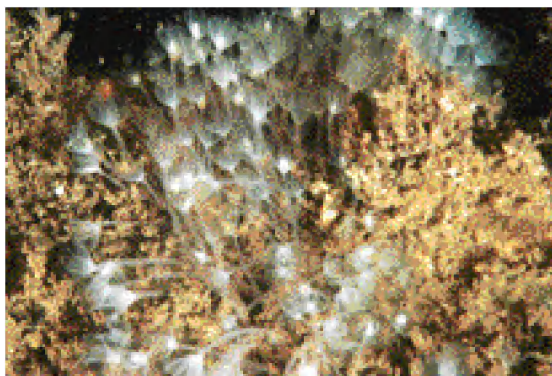
#### 4.7 Oprukken van zuidelijke soorten?

Het eventuele wereldwijde broeikas-effect is al lang een discussiepunt. Er verschijnen steeds sterkere wetenschappelijk onderbouwde studies die een



mondiale opwarming concluderen. Deze opwarming zal tot warmer zeewater leiden. Zijn eventuele veranderingen in de samenstelling van de organismen van het harde substraat in het Grevelingenmeer al (deels) terug te voeren op effecten van een geleidelijke opwarming van het (zee)water? Het antwoord hierop heeft een speculatief karakter. Verschuivingen in de samenstelling van de begroeiing van harde substraten treden op, maar kunnen ook nog steeds hun oorsprong vinden in de Deltawerken. Mogelijk ijlen de effecten daarvan nog steeds na. Daarnaast zijn er natuurlijk veranderingen in het beheer van het meer opgetreden, met de jongste wijziging in 1999. Ook de effecten daarvan kunnen nog steeds najlen.

Wanneer klimaatverandering daadwerkelijk reden is voor het verdwijnen en/of verschijnen van hardsubstraatorganismen, dan ligt het voor de hand dat dat in het Grevelingenmeer het eerst merkbaar is bij soorten die hier aan of nabij de rand van hun geografische verspreidingsgebied voorkomen. Van de soorten die in MOO-kader gemonitord worden, is er echter maar één soort waarvoor dat geldt: de druipzakpijp. Deze soort kwam tot 1991 niet noordelijker voor dan de noordkust van Bretagne, een 'zuidelijke' soort dus. In 1991 troffen duikers de soort voor het eerst in het westen van de Oosterschelde aan. Sindsdien is de soort er flink tot ontwikkeling gekomen, lokaal zelfs massaal. Sinds enkele jaren komt de soort ook in het Grevelingenmeer voor, al is het nog minder massaal dan in de Oosterschelde. Een globale temperatuurstijging als oorzaak voor het verschijnen van deze soort kan niet worden uitgesloten, maar mogelijk leidden de Deltawerken tot voor deze soort gunstiger leefomstandigheden. Kortom, van een duidelijk effect op de verandering van de samenstelling van de hardsubstraatbegroeiing door het broeikas effect is (nog) geen sprake.



*Hofijzerwormen*



*Zeedonderpad, tot 30 cm lang*

#### 4.8 Conclusies

Tot circa 1992-1993 was de begroeiing van het harde substraat in het Grevelingenmeer stabiel. Vervolgens trad een trendbreuk op waar bij een verarming van de soortdiversiteit op vrijwel alle diepten ontstond. De oorzaak van deze ontwikkelingen is niet duidelijk, al lijkt de warme zomer van 1994 hier wel een bijdrage aan te hebben geleverd. Hoewel de soortenrijkdom zich inmiddels redelijk heeft hersteld, zet de geleidelijke verandering van de soortensamenstelling door. Dit wordt versterkt door de verandering van het spuiregime in 1999. Per saldo is daardoor de soortdiversiteit voor organismen van het harde substraat toegenomen. De typische Oosterscheldesoornten nemen toe, terwijl enkele echte Grevelingenmeersoorten minder talrijk zijn geworden. Het nieuwe spuiregime heeft naar verwachting ook een gunstige invloed op de gevolgen van strenge winters doordat sneller herstel zal kunnen optreden. Doordat de spuisluis in mei openstaat, wordt er tijdens *Phaeocystis* bloei in de Voordelta massaal algenmateriaal ingenomen. De afbraak van dit materiaal leidt tot zuurstofgebrek en wordt daarmee een bedreiging voor de hardsubstraatorganismen. Aanbevelingen over maatregelen ter voorkoming van deze problemen staan beschreven in paragraaf 3.8.

De Japanse oester is net als in de rest van de zoute Delta flink in aantal toegenomen. Plaatselijk geven deze scherpe oesters in ondiep water overlast voor surfers. Over de invloed van deze zogenaamde exoot op de bodemfauna loopt een Deltabreed onderzoeksprogramma. Andere niet van oorsprong in het meer thuis horende invloeden zijn de eind 2001 aangelegde kunstriffen. Het is nog te vroeg om een uitspraak te doen over de ecologische waarde hiervan en over hun invloed op het ecosysteem. Wel is duidelijk dat de organismen de kunstriffen in snel tempo bevolken. Voordat tot daadwerkelijke uitbreiding van de kunstriffen wordt besloten, is meer tijd nodig om de ontwikkelingen te volgen en zullen de effecten integraal afgewogen moeten worden.

## 5 Organismen van het zachte substraat

De bodemdieren van het zachte substraat vormen het middensegment van het ecosysteem. Door sediment te eten, kleinere organismen te verorberen en voedsel uit het water te filteren vormen ze een essentiële schakel in de voedselketen. Zijzelf zijn door hun grootte de belangrijkste voedselbron voor hogere organismen, zoals de grotere kreeftachtigen, vogels en vissen. Maar ook de mens weet ze te waarderen. De fruits de mer, zoals ze in Frankrijk genoemd worden, komen vooral uit deze groep organismen. In het Grevelingenmeer gaat het dan met name om oesters, mosselen en kokkels. De hoogst gewaardeerde oester soort, de Zeeuwse of platte oester (*Ostrea edulis*), komt in Nederland voornamelijk alleen nog in dit meer voor, al heeft de soort er wel te lijden van de ziekte *Bonamia ostreae*. Om de ontwikkelingen van de bodemdieren van het zachte substraat te analyseren zijn gegevens gebruikt die in het kader van MWTL (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) in de periode 1990-2000 in het Grevelingenmeer zijn verzameld.

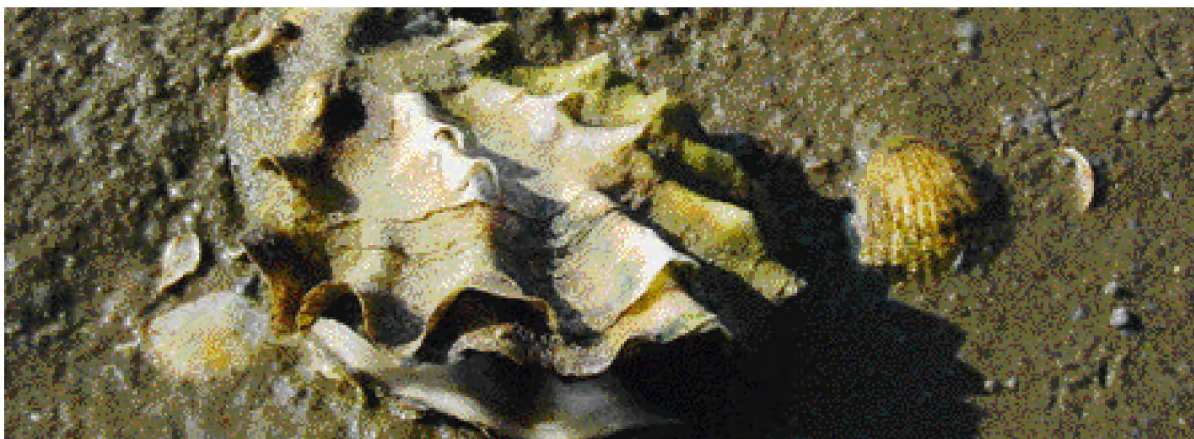
### 5.1 Verborgen leven

De bodem van het Grevelingenmeer bestaat voor het overgrote deel uit zand en slib. De argeloze duiker die er overheen zwemt - waarschijnlijk op weg naar begroeide harde substraten - zal er vrij snel uitgekeken zijn. Hier lijkt het dierlijke leven immers niet zo uitbundig. Op enkele schelpenbanken na vormt het kale zand een saaie vlakte, waar een verdwaalde slak een kruijspoor achterlaat en

af en toe een visje of kreeftachtige in zijn vlucht een stoffig wolkje doet opwaaien. Maar in die bodem tiert het van klein leven. Er zijn vele gangen die in stand worden gehouden door de kreeftjes en wormen die erin leven. Het zijn soms roofzuchtige soorten die het op andere bodemdieren gemunt hebben, maar ook vreedzamere types die hun weg door de bodem vinden door zand te eten. Zij verteren de algen, bacteriën en organische stoffen uit zand. Weer andere vinden in de bodem een schuilplaats en hebben een buis waarmee ze het water boven de bodem opzuigen en filteren. Ze zijn klein en groot, van enkele millimeters tot vele centimeters en vaak talrijk, zeer talrijk. Tienduizenden per vierkante meter is geen uitzondering.

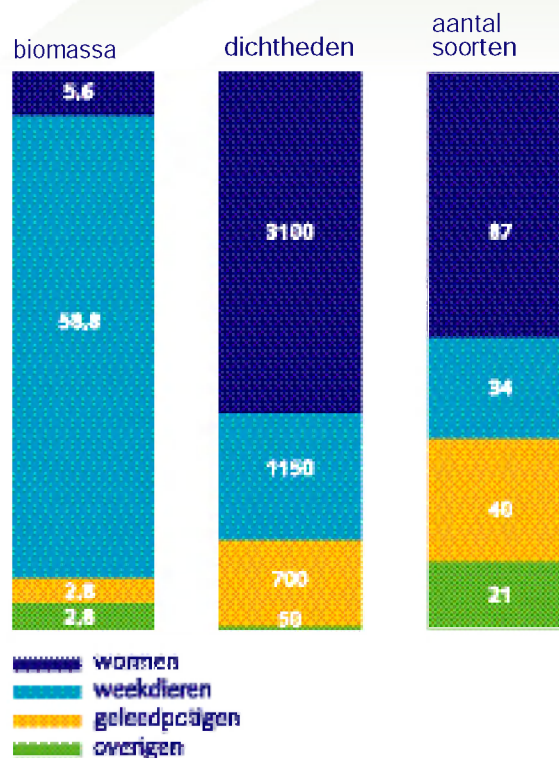
### 5.2 Ter kennismaking

In de beschouwde periode, 1990-2000, zijn 182 verschillende soorten bodemdieren in het zachte substraat van het Grevelingenmeer gevonden. De meeste soorten zijn wormen (87), gevolgd door geleedpotigen (vooral kreeftachtigen; 40) en weekdieren (vooral schelpdieren; 34). Gemiddeld was de dichtheid meer dan 5000 individuen per vierkante meter. Talrijkst zijn de wormen (62%), gevolgd door weekdieren (23%) en geleedpotigen (14%). Andere diergroepen zijn er wel, maar onbeduidend in aantal. De biomassa bedroeg bijna 70 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. Asvrijdrooggewicht is een gangbare wetenschappelijke maat voor het gewicht. Een dergelijke waarde



Japanse oester





Figuur 5.1: Verdeling van gemiddelde biomassa (gram asvrijdroogge wicht/m²), gemiddelde dichtheid (aantal per m²) en aantal aangetroffen soorten per diergroep.

is hoog te noemen: hoger dan wat er in de Oostereen Westerschelde gevonden wordt, wat lager dan in het Veerse Meer en van vergelijkbare grootte als de rijkste delen van de Nederlandse Waddenzee. Kijk je niet naar aantallen, maar naar de verdeling op basis van het gewicht, dan domineert een andere diergroep. De biomassa van de Grevelingen komt namelijk voor 84% op het conto van de weekdieren. De wormen en kreeftachtigen nemen respectievelijk 8 en 4% voor hun rekening. Van de weekdieren is het muiltje (*Crepidula fornicata*) de belangrijkste soort, zowel in aantallen als in gewicht. Bij de wormen domineren de kleinere soorten, zoals draadwormen (*Capitella capitata*) en borstelame wormen (*Oligochaeta*). Deze leggen echter geen gewicht in de schaal. Qua biomassa steekt namelijk de zager (*Nereis virens*) er met kop en schouders bovenuit. Ordenen we de bodemdieren naar de manier waarop ze aan hun voedsel komen, dan blijkt dat het overgrote deel (qua biomassa 90%) van de bodemdieren hun voedsel uit het water filtert.

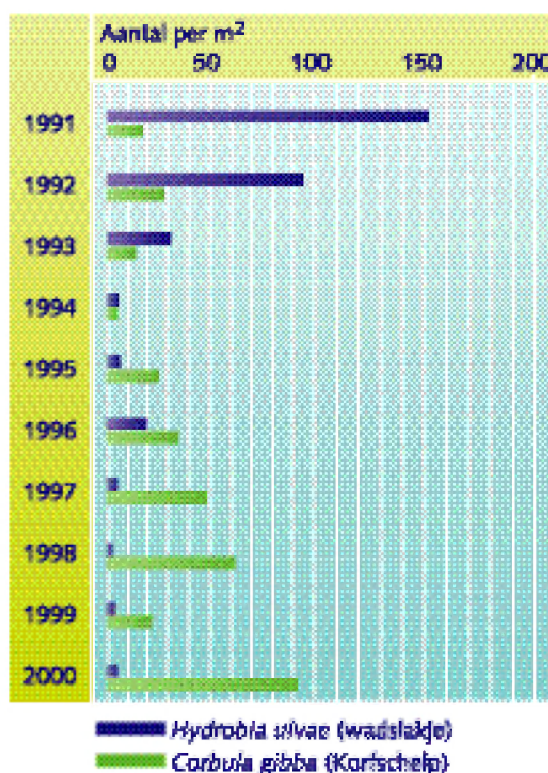
### 5.3 Geen evenwicht

De onderzoekers constateren dat de bodemfauna van het zachte substraat in het laatste decennium

van de vorige eeuw niet stabiel is geweest. Die veranderingen zijn niet te zien wanneer we naar de totalen van de in het Grevelingenmeer belangrijkste groepen bodemdieren met dezelfde wijze van voedsel vergaren kijken. Maar op soortniveau wel. Van de 182 soorten blijken er namelijk op grond van de biomassa er 36 significant toe- of afgenomen te zijn. Als je de toetsingsgrens iets minder scherp legt ( $p < 0.1$  in plaats van  $p < 0.05$ ), dan geldt dat zelfs voor nog meer soorten. Ingewikkelde statistische methodes om in de grote hoeveelheid van gegevens van de inventarisaties voor alle soorten tegelijk – dus min of meer op bodemdierengemeenschapsniveau – patronen te ontdekken, ondersteunen het beeld: de samenstelling van de bodemfauna verandert.

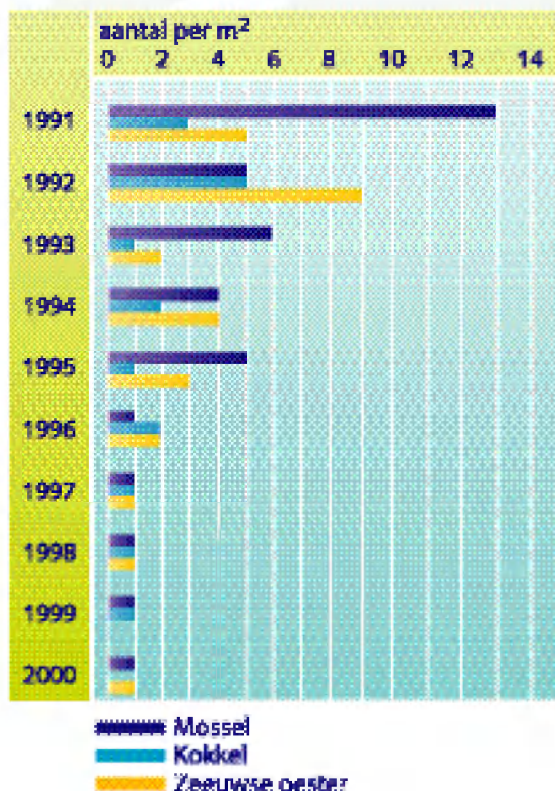
#### 5.3.1 Sterke afname van schelpdieren

Bij de weekdieren zijn de veranderingen het grootst. Hier zijn negen soorten aantoonbaar qua biomassa achteruit gegaan, tegen drie soorten waarvan de biomassa toenam. Onder die negen soorten zitten de drie soorten die ook commercieel interessant zijn: de mossel, de Zeeuwse oester en de kokkel, al wordt alleen op de oester daadwerkelijk in dit meer gevist.



Figuur 5.2: Veranderingen in gemiddelde dichtheden van het wadslakje (*Hydrobia ulvae*) en de kortschelp (*Corbula gibba*) in het Grevelingenmeer over de periode 1991 – 2000





Figuur 5.3: Veranderingen in dichtheden van commercieel belangrijke soorten, mossel (*Mytilus edulis*), kokkel (*Cerastoderma edule*) en platte oester (*Ostrea edulis*) in het Grevelingenmeer in de periode 1991 - 2000

Deze drie soorten nemen zelfs erg hard af. Van de zeven slakkensoorten zijn er maar liefst drie die achteruit zijn gegaan: het wadslakje, de gevlochten fuikhoorn en de alikruik. De achteruitgang bij de eerste is het meest in het oog springend: aan het begin van de jaren negentig was het wadslakje talrijk en wijd verspreid, maar tien jaar later bleek de soort gedecimeerd. Hoe anders vergaat het echter de Japanse oester. Dit schelpdier lijkt juist in grote opkomst in de jaren negentig, alhoewel de bodemdierengegevens nog geen onweerlegbaar bewijs leveren.

### 5.3.2 Verschuivingen bij wormen

Ook bij de wormen lieten de jaren negentig flinke veranderingen zien, maar toch minder sterk dan bij de schelpdieren. Dit uitte zich in de samenstelling van deze diergroep. Op basis van aantallen zijn negen soorten aantoonbaar afgenomen en zeven soorten toegenomen.

Qua biomassa ligt dat wat anders: van drie soorten is de biomassa afgenomen en van tien soorten is deze toegenomen. Bij de geleedpotigen zijn de veranderingen daarentegen beperkt, al zijn er wel

enkele trends. Er is een toename van een klein aantal soorten waargenomen.

### 5.3.3 De bodemfauna is nog niet stabiel

Hoewel andere diergroepen nauwelijks bijdragen aan de totale dichtheden en biomassa's zijn hier ook veranderingen geconstateerd: de stekelhuidigen (zeesterren) nemen toe, terwijl sponzen en holtedieren (vooral anemonen) afnemen in respectievelijk aantallen en biomassa.

De meeste soorten die tot deze afnemende groepen behoren zijn filteraars, hetgeen voor de onderzoekers een wijziging is dat de omstandigheden in het Grevelingenmeer voor filteraars minder gunstig zijn geworden. Het feit dat de totale hoeveelheden van alle filteraars niet afnemen, ondersteunt die suggestie vooralsnog niet.

|               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| weekdieren    | <i>Abra nitida</i>             |
|               | <i>Cerastoderma edule</i>      |
|               | <i>Cerastoderma lamarcki</i>   |
|               | <i>Mytilus edulis</i>          |
|               | <i>Ostrea edulis</i>           |
|               | <i>Hydrobia ulvae</i>          |
|               | <i>Retusa alba</i>             |
| wormen        | <i>Arenicola marina</i>        |
|               | <i>Nephtys hombergii</i>       |
|               | <i>Nereis succinea</i>         |
|               | <i>Platynereis dimerilis</i>   |
|               | <i>Syllis gracilis</i>         |
|               | <i>Boccardiella ligierica</i>  |
|               | <i>Malacoceros</i>             |
|               | <i>Streblospio shrubsolii</i>  |
|               | <i>Neomphitrite figulus</i>    |
|               | <i>Polycirrus</i>              |
|               | <i>Cossura</i>                 |
|               | <i>Microphthalmus aberrans</i> |
|               | <i>Pygospio elegans</i>        |
| crang         | <i>Corophium sextonae</i>      |
|               |                                |
| geleedpotigen | <i>Chordata</i>                |

Tabel 5.4: Macrobenthos-soorten die in de periode 1990 - 2000 significant ( $p < 0.05$ ) in biomassa zijn toegenomen (blauw) of afgenomen (oranje).



Kortom, op het eerste gezicht lijkt er bij de bodemdieren van het zachte substraat weinig veranderd te zijn. Totale biomassa's en dichtheden zijn gelijk gebleven. Maar meer in detail beschouwd klopt dat beeld niet en zijn er verschuivingen: bij de schelpdieren domineert het verdwijnen van slakkensoorten en commerciële schelpdiersoorten en de opkomst van de Japanse oester, en bij de wormen verandert de samenstelling flink. De onderzoekers stellen dan ook dat de bodemfauna alles behalve stabiel is.

## 5.4 De invloed van de omgevingsfactoren

Het voorkomen van bodemdieren wordt door tal van factoren bepaald. De bodemsamenstelling en de diepte zijn belangrijke factoren, naast bijvoorbeeld de samenstelling van het water, de stroming en het doorzicht. Er is al veel onderzoek verricht naar de relaties tussen de bodemdieren en hun omgeving maar de materie is erg complex en veel is nog onbegrepen. Voor een goede analyse van de relaties zijn adequate en voldoende gegevens van groot belang, met name gegevens van de mogelijke factoren die de veranderingen bij de bodemdieren zouden kunnen verklaren. Met de gegevens die er wel zijn hebben de onderzoekers van het NIOO-CEMO geprobeerd een verklaring te vinden voor de ontwikkelingen in de jaren negentig van de vorige eeuw. Resultaat is dat er bij enkele omgevingsfactoren inderdaad aantoonbare veranderingen zijn opgetreden.

### 5.4.1 Het doorzicht is gehalveerd

Welke veranderingen zijn dan voor die jaren negentig geconstateerd? Opvallend is dat het doorzicht gehalveerd is. De oorzaak hiervan is nog niet achterhaald (zie ook paragraaf 3.5). Hoe het ook zij, de veranderingen in het doorzicht kunnen grote gevolgen (gaan) hebben voor de bodemdieren en het ecosysteem. Door het verminderde doorzicht kan het licht minder diep doordringen. Daardoor zal een minder groot bodemoppervlak voldoende licht ontvangen voor de algen die op de bodem groeien. En daarmee verslechtert de situatie voor organismen die juist op die bodemalgen grazen, zoals het wadslakje. Ook in het water zullen minder algen kunnen groeien en dit zal invloed op het voedselweb hebben. De omstandigheden zouden daarmee wat minder gunstig voor filteraars kunnen worden. Een direct verband tussen de afname van het doorzicht en veranderingen in de bodemfauna is met de huidige gegevens niet aantoonbaar.

### 5.4.2 TBT en het wadslakje

Een andere opvallende verandering is geconstateerd bij tributyltin (TBT) een stof die in het nabije verleden gebruikt is als aangroeiwerend middel in verf voor scheepshuiden. De concentraties van deze met name voor slakken schadelijke stof zijn sterk afgenomen, alhoewel de concentraties nog steeds boven de wettelijke norm liggen. Een oorzakelijk verband met juist het verdwijnen van de slakken uit het meer lijkt echter onwaarschijnlijk, aangezien de grootste hoeveelheden slakken in de beschouwde periode voorkwamen bij de hoogste concentraties TBT.

## 5.5 Conclusies

De ontwikkelingen van de omgevingskenmerken kunnen de veranderingen bij de bodemdieren slechts ten dele verklaren. Alhoewel er allerlei aanknopingspunten en mogelijke deelverklaringen zijn, is het 'lek' nog niet boven water. Om te begrijpen wat er zich rondom de bodemdieren van het zachte substraat afspeelt zal nog meer studie moeten worden verricht. De blik zal daarbij verruimd moeten worden naar de gehele periode vanaf de vorming van dit meer in 1971 of zelfs nog daarvoor. Belangrijk is ook om dan meer aandacht te geven aan de specifieke eisen die de verschillende organismen aan hun omgeving stellen en hoe ze hun voedsel vergaren (de zogenaamde ecoprofielen van soorten). Van veel organismen is dat nog niet (geheel) bekend. Maar misschien kan er geen eenduidige verklaring gevonden worden en zal wellicht blijken dat de bodemdieren van het meer na ruim dertig jaar afsluiting nog steeds geen evenwichtssituatie hebben bereikt.

## 6 Fytoplankton, van bloei tot bloei

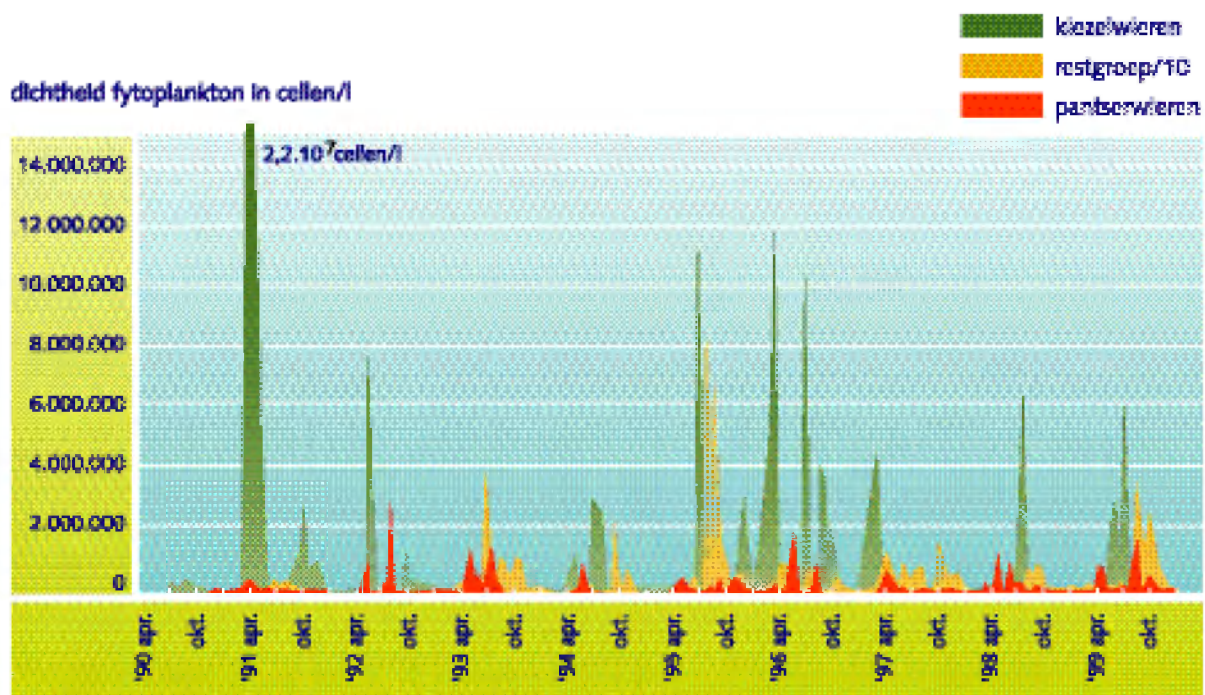
Algen zijn klein van stuk, maar vormen een zeer belangrijke schakel in het voedselweb van het waterleven. Ze staan aan de basis van het ecosysteem. Door middel van het fotosyntheseproces bindt het fytoplankton (algen) met behulp van zonne-energie koolzuur en water tot organische stof. Daardoor vormt het fytoplankton, als primaire producent, de belangrijkste voedselbron voor het zoöplankton en voor vele bodemdieren, waaronder mossels, kokkels en oesters. Inzicht in het fytoplankton is van groot belang voor het doorgronden van het functioneren van het ecosysteem. De gegevens in dit hoofdstuk geven een indruk van de soortensamenstelling en beschrijven de ontwikkeling van het fytoplankton in het Grevelingenmeer van de afgelopen tien jaar.

### 6.1 Successiepatroon fytoplankton

De drie belangrijkste groepen binnen het fytoplankton zijn de kiezelwieren, de pantserwieren en een 'restgroep'. Kiezelwieren zijn algen tussen 1 en 500 µm (1 µm = 0,001 mm) groot met een door

kiezel (silicium) verharde celwand. Ze komen voor als losse cellen of in kolonievorm. Pantserwieren zijn ongeveer even groot als kiezelwieren en zijn voorzien van twee groeven, in elk waarvan een flagel is ingeplant. Hierdoor zijn zij tot voortbewegen in staat. Veel soorten hebben een pantser van celluloseplaten. Onder de categorie 'restgroep' vallen veelal kleine microalgen, die zich met behulp van flagellen kunnen voortbewegen, en allerlei niet te determineren vormen.

Figuur 6.1 geeft de ontwikkeling van het fytoplankton in het Grevelingenmeer van 1990 tot en met 1999 weer. Het is goed te zien dat de afzonderlijke categorieën elkaar in dominantie afwisselen en de totale dichtheden per jaar sterk kunnen verschillen. Het successiepatroon van het fytoplankton blijkt elk jaar verschillend te zijn. Dit heeft in hoge mate te maken met optredende bloeien van steeds andere algensoorten. Daarbij komen kleine soorten in hogere dichtheden voor dan grotere soorten. Een voorbeeld hiervan zijn de opvallende kiezelwierenpieken in 1991.

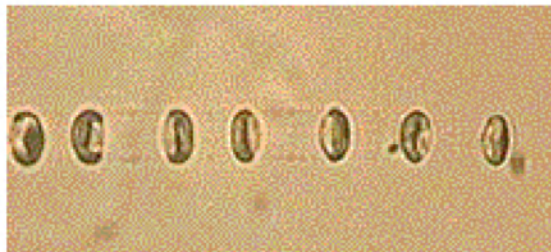


Figuur 6.1: Verloop van de aantallen kiezelwieren, pantserwieren en 'restgroep' in het fytoplankton van het Grevelingenmeer in de jaren 1990-1999



## 6.2 Kiezelwieren

De opvallend hoge kiezelwierpieken vinden over het algemeen in het voorjaar plaats, waarna in de nazomer vaak een tweede piek optreedt. Dat patroon is een algemeen beschreven verschijnsel waarbij in het voorjaar de dichtheden van kiezelwieren vaak hoger oplopen dan in de nazomer. In de jaren 1991 en 1992 is dit patroon zichtbaar. In het Grevelingenmeer zijn voornamelijk kleine ronde kiezelwieren als bijvoorbeeld *Skeletonema costatum* (zie Figuur 6.2), kleine *Chaetoceros*-soorten, *Leptocylindrus minimus* en *Detonula confervaceae* verantwoordelijk voor de kiezelwierpieken.



Figuur 6.2: Het kiezelwier *Skeletonema costatum* is een kleine en algemene soort, waarvan de cellen door kiezel draadjes met elkaar zijn verbonden

Als grote dominante kiezelwieren zijn voornamelijk diverse *Rhizosolenia*-soorten gevonden. Deze soorten worden vooral in de zomer gevonden en lijken begin jaren negentig dominant op te treden dan eind jaren negentig. Omdat de eerste monsters dateren van eind mei 1990, is de voorjaarsbloei van 1990 niet vastgelegd. In de zomer van 1990 treedt de grote soort *Rhizosolenia fragilis-sima* dominant op in de zomer. Een soortgelijk patroon geldt ook voor 1993, alleen is dan *Rhizosolenia stolterfothii* de dominante soort. In 1994 vindt een zeer vroege piek in maart plaats en worden hogere dichtheden later in de zomer geconstateerd. In 1995 treedt een eerste piek pas in juni op. Opvallend is het jaar 1996 met een zeer vroege voorjaarspiek eind februari. Ook in 1997 is sprake van een vroege voorjaarsbloei al worden niet zulke hoge dichtheden als in het voorafgaande jaar gevonden. In 1998 worden hoge aantallen kiezelwieren pas in de zomer waargenomen. In het voorjaar van 1999 tenslotte vindt van deze groep een kleine bloei plaats gevolgd door veel hogere dichtheden in de zomer. Het zijn vooral de kleine kiezelwiersoorten die verantwoordelijk zijn voor laatstgenoemde hoge aantallen. Kiezelwieren kunnen in het voorjaar al bij lage

watertemperaturen en weinig licht goed groeien. Tijdens de groei worden de in het zee water opgeloste voedingsstoffen gebruikt. Kiezelwieren hebben voor de opbouw van hun celwand kiezelzuur nodig. Onderzoek heeft uitgewezen dat de hoeveelheid kiezelzuur in het water in veel gevallen een sturende factor is voor de aanwezigheid van kiezelwieren. Of de vastgestelde trends samenhangen met de hoeveelheid beschikbare voedingsstoffen, dan wel met factoren zoals predatiedruk, zou moeten blijken uit een vergelijking van de fytoplanktongegevens met andere beschikbare monitoringsgegevens.

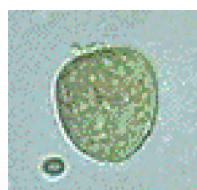
## 6.3 Pantserwieren

De meest algemene pantserwieren in het Grevelingenmeer zijn de kleine soorten *Heterocapsa rotundatum* (*Katodinium rotundatum*) en *Heterocapsa triquetra*. De laatstgenoemde soort is groter dan de eerstgenoemde en wordt voornamelijk in de maanden april en mei in hoge dichtheden aangetroffen. *Heterocapsa rotundatum* (zie figuur 6.3) heeft een diameter van ongeveer 10 µm (= 0,01 mm) en wordt zowel in de zomer als in het voorjaar in hoge dichtheden waargenomen.



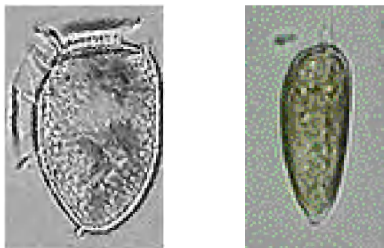
Figuur 6.3: Het kleine pantserwier *Heterocapsa rotundatum* wordt vanaf 1998 vaker in het Grevelingenmeer waargenomen

Een ander pantserwier, dat vanaf 1998 vaker in het Grevelingenmeer voorkomt dan voorheen, is *Prorocentrum minimum* (zie figuur 6.4). Dit kleine (doorsnede ongeveer 10 µm = 0,01 mm) ronde pantserwier treedt frequent bloeivormend op langs de Europese kusten, met aantallen boven de miljoen cellen per liter (Lassus, 1998). De soort wordt als potentieel toxisch beschouwd. Dit houdt in dat zij onder bepaalde omstandigheden toxische stoffen kunnen produceren, maar uit het veld zijn geen problemen bekend. In het Grevelingenmeer is de soort ook in 1993 aangetroffen met aantallen boven de miljoen cellen per liter.



Figuur 6.4: In de zomer van 1993 treedt het kleine pantserwier *Prorocentrum minimum* bloeivormend op

Later in het jaar 1993 wordt nog een andere potentieel toxische soort, *Dinophysis cf. sacculus*, gevonden. Deze bereikte toen een hoge concentratie van ongeveer 6000 cellen per liter. Deze vorm lijkt sterk op *Dinophysis acuminata* (zie figuur 6.5), maar heeft een meer langgerekte vorm. In 1994 is in de maand juli de soort *Dinophysis acuminata* met bijna 3000 cellen per liter dominant aanwezig. Deze soort kan een toxine produceren dat bij de mens braken, maagdarmskrampen en hevige diarree kan veroorzaken. Dit gebeurt meestal na het eten van mosselen die zich gevoed hebben met plankton waarin *Dinophysis acuminata* voorkomt met een dichtheid van meer dan 100 cellen per liter. In juli 1994 werden concentraties gevonden tot 2700 cellen per liter en werden ongeveer twintig mensen ziek na het eten van zelfgeplukte mosselen uit het Grevelingenmeer. In de zomer van 1994 werden ook van een ander pantserwier, *Prorocentrum triestinum* (zie figuur 6.5), hoge aantallen waargenomen. Deze soort lijkt in de Nederlandse kustwateren een opmars te hebben gemaakt, maar is niet toxisch.



Figuur 6.5: In de zomer van 1994 vormen de soorten *Dinophysis acuminata* en *Prorocentrum triestinum* belangrijke vertegenwoordigers binnen de pantserwieren

#### 6.4 Restgroep

De onder de verzamelnaam 'restgroep' vallende kleine vormen van naakte flagellaten kunnen in veel gevallen zeer hoge dichtheden bereiken. In een aantal gevallen betreft het soorten die voor overleving in mindere mate afhankelijk zijn van zonlicht en andere levende en/of niet levende deeltjes in het water als voedselbron gebruiken. Deze kunnen worden beschouwd als zogenaamde 'allesruimers' die vooral na bijvoorbeeld afstervende bloeien in hoge dichtheden kunnen worden aangetroffen.

Een ander belangrijk deel van deze 'restgroep' is voor hun voortbestaan wel afhankelijk van het zonlicht en kan eveneens in zeer hoge dichtheden voorkomen. De belangrijkste vertegenwoordigers

van deze groep behoren tot de klasse *Cryptophyceae*. Zij worden gedurende het hele jaar met zeer hoge dichtheden geteld, waarbij over het algemeen in de nazomer de hoogste dichtheden zijn aangetroffen. Deze soorten spelen door hun grote aantallen en groeisnelheid een belangrijke rol in het voedselweb van het Grevelingenmeer.

De 'schuimalg' *Phaeocystis* werd in het Grevelingenmeer slechts sporadisch in hoge dichtheden gevonden en wel in de jaren 1993 en 1997, in beide jaren in de maand juli met een hoogste dichtheid in 1993 van bijna 5 miljoen cellen per liter. *Phaeocystis* moet eerst via de Brouwerssluis in het Grevelingenmeer komen, maar is gevoelig voor de sedimentatie in het stagnante bekken.

*Chrysochromulina*-soorten daarentegen worden regelmatig aangetroffen, en blijken bovendien af en toe dominant aanwezig te zijn (Figuur 6.6). Een aantal soorten uit dit tot het Prymnesiaceae behorende genus van flagellaten kan onder bepaalde omstandigheden toxisch worden (Moestrup & Larsen, 1992), en van een aantal

*Chrysochromulina*-soorten is bekend, dat deze massale sterfte onder vissen en bodemdieren in Zweden en Noorwegen hebben veroorzaakt. Vanaf 1996 worden celaantallen van *Chrysochromulina* apart geteld. In 1997 heeft een nader onderzoek plaatsgevonden waarbij op een 5-tal monsters uit de monsterjaren 1996 en 1997 elektronenmicroscopische analyses zijn uitgevoerd (Tripos, 1997). Hierbij is men tot de conclusie gekomen dat de vorm in de Grevelingen een variëteit van *Chrysochromulina ericina* zou kunnen betreffen. Het is waarschijnlijk een nog onbeschreven soort.

#### 6.5 Conclusie

De pieken in de algenconcentraties vinden niet alleen elk jaar op een ander tijdstip plaats, maar er zijn ook steeds andere algensoorten bij betrokken. De dichtheden van kiezelwieren zijn in het voorjaar vaak hoger dan in de zomer en nazomer. In het Grevelingenmeer zijn voornamelijk kleine ronde kiezelwieren als *Skeletonema costatum*, kleine *Chaetoceros*-soorten, *Leptocylindrus minimus* en *Detonula confervaceae* verantwoordelijk voor de kiezelwierenpieken. 's Zomers worden vooral diverse grote *Rhizosolenia*-soorten gevonden en lijken begin jaren negentig dominanter op te treden dan eind jaren negentig.

De meest algemene pantserwieren in het Grevelingenmeer zijn de kleine (diameter ongeveer 10 µm = 0,01 mm) soorten *Heterocapsa rotundatum* (*Katodinium rotundatum*) en *Heterocapsa triquetra*. Deze kleine soorten worden vooral in de



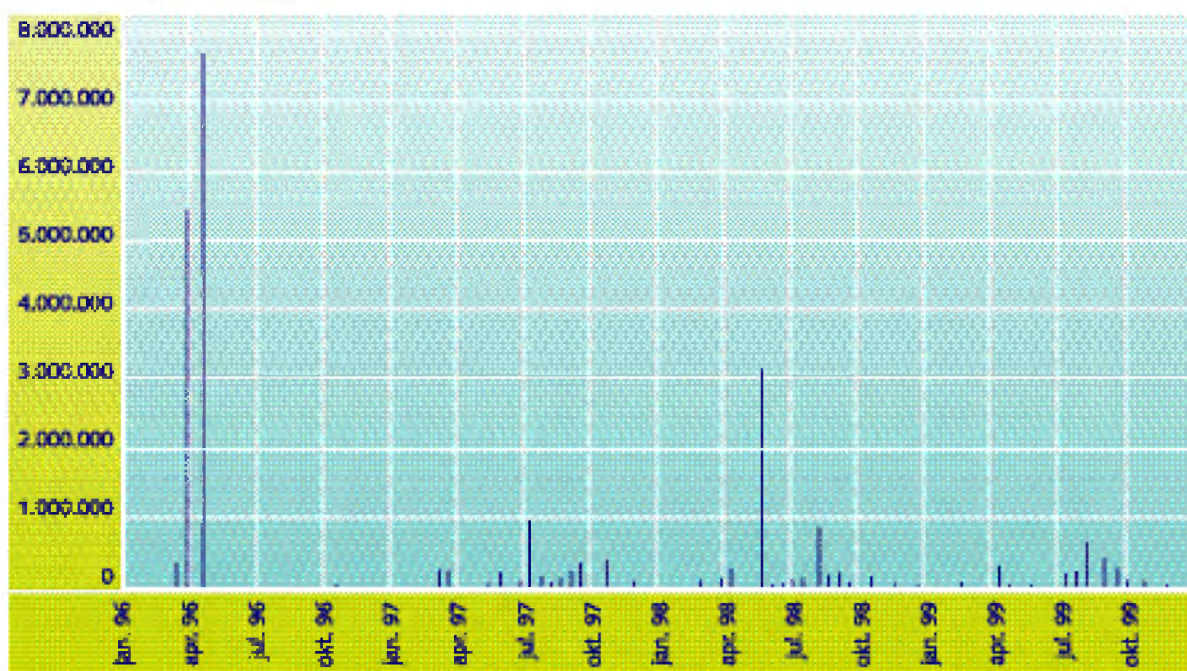
maanden april en mei in hoge dichtheden aangetroffen.

De onder de verzamelnaam 'restgroep' vallende kleine vormen van naakte flagellaten kunnen zeer hoge dichtheden bereiken. Veel van deze soorten worden beschouwd als 'allesruimers', die vooral na bijvoorbeeld afstervende bloeien in hoge dichtheden kunnen worden gevonden. De belangrijkste

vertegenwoordigers van de 'restgroep' behoren tot de klasse *Cryptophyceae*. Door hun hoge dichtheden en groeisnelheid spelen deze soorten een belangrijke rol in het voedselweb van het Grevelingenmeer. De 'schuimalg' *Phaeocystis* speelt geen rol van betekenis in het Grevelingenmeer.

*Chrysochromulina*-soorten (potentieel toxisch) worden regelmatig in hoge aantallen aangetroffen.

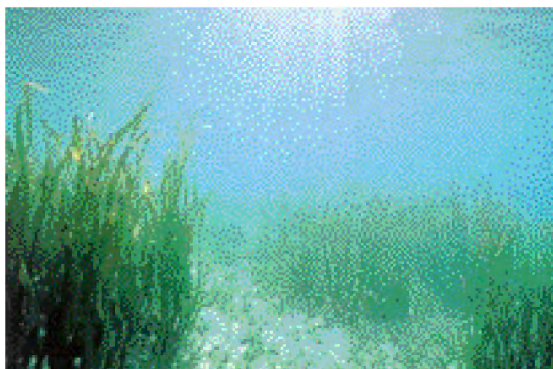
dichtheid *Chrysochromulina* (Prymnesiaceae) in cellen/l



Figuur 6.6: Verloop van het aantal cellen per liter van de potentieel toxische soort *Chrysochromulina* (Prymnesiaceae)

## 7 De verloren waarden van het Zeegras

In 1998 leek het er al op dat de achteruitgang van het Groot Zeegras in het Grevelingenmeer niet meer te stoppen was. Helaas is deze veronderstelling ook uitgekomen. Het Groot Zeegras is op dit moment zo goed als verdwenen uit het meer. Dit hoofdstuk gaat in op de waarden die hiermee verloren zijn gegaan voor het Grevelingenmeer. Naast een beschrijving van de ecologische waarden van de zeegrasvelden gaat dit hoofdstuk in op de landelijke achteruitgang van het Zeegras, beschrijft en verklaart het de ondergang en geeft het mogelijke beheersmaatregelen voor herstel.



Groot Zeegras

### 7.1 De zeegrasontwikkeling in Nederland

In de jaren dertig van de vorige eeuw was het Zeegras nog uitgebreid aanwezig in de Nederlandse estuaria en kustwateren.

De schattingen van de bedekking van het Zeegras in die tijd geven aan dat het ging om vele duizenden, tot meer dan 15.000 hectaren Zeegras. Het grootste deel van het oppervlak was Breedbladig Groot Zeegras en een klein deel was Smalbladig Groot Zeegras en Klein Zeegras. Het Smalbladig Groot Zeegras kwam vanouds al minder voor, maar altijd nog meer dan de laatste jaren. De laatste 20 jaar is de afname dramatisch snel gegaan. Het met Klein Zeegras begroeide oppervlak in Zuid-West-Nederland is met 90% afgenomen, terwijl voor Groot Zeegras de afname zelfs 98% bedraagt.

Beide soorten 'scoren' dan ook hoog op de rode lijst voor plantensoorten en vegetatietypen; Groot

Zeegras als soort valt in rode lijst klasse 2, en als vegetatie in de klasse 'zeer ernstig bedreigd'; dat wil in beide gevallen zeggen dat het bijna is uitgestorven in Nederland. (Klein Zeegras valt in beide gevallen 1 klasse hoger, maar is nog altijd ernstig bedreigd.)

Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat het zoutgehalte (saliniteit) van het water invloed heeft op de ontwikkeling van zeegrassen.

Het is gebleken dat de saliniteit invloed heeft op de zaadproductie, de kieming en de vestiging van de kiemplanten. Alles wijst erop dat relatief hoge zoutgehalten in het algemeen de vestiging en uitbreiding van Zeegras remmen. Hierbij kan nog worden opgemerkt dat het huidige voorkomen van Zeegras over het algemeen gekoppeld lijkt te zijn aan het voorkomen van enige uitstroom van zoet water in de naaste omgeving. Ook hebben warme zomers en een hoog zoutgehalte een negatieve invloed op de vitaliteit van Groot Zeegras.

De begrazing van het Zeegras door de Rotgans wordt ook vaak genoemd als een van de medeveroorzakers van de achteruitgang. In het Grevelingenmeer speelt dit probleem echter niet. De Rotgans begraast namelijk voornamelijk het Zeegras boven de laagwaterlijn. Sinds het verdwijnen van eb en vloed in het Grevelingenmeer is hier geen Zeegras meer dat boven de laagwaterlijn begraasd kan worden door de Rotgans. De rotganzen komen wel voor in het gebied en dan met name op de Slikken van Flakkee, waar zij vooral het grasland begrazen.

Ook ziekten lijken hun steentje te hebben bijgedragen aan de achteruitgang van het Zeegras. Een van de oorzaken van de massale sterfte van Groot Zeegras rond 1930 wordt een eencellig parasitair organisme genoemd, *Labyrinthula macrocystis*. Een sluitend bewijs voor deze hypothese is echter nooit geleverd. Uit recent onderzoek is gebleken dat deze endoparasiet (parasiet die in de plant leeft) veelvuldig in Zeegras voorkomt, ook in gezonde planten. Het is mogelijk dat deze parasieten pas actief worden wanneer door wijzigingen in de leefomstandigheden de vitaliteit van het Zeegras afneemt. Als de parasiet een verzwakte plant aantast kan dit tot sterfte leiden.



Er zijn aanwijzingen dat de verhoging van de watertemperatuur in zeer warme zomers en de verhoging van het zoutgehalte de vitaliteit van het Zeegras zodanig doet afnemen dat de parasiet kan toeslaan. De parasiet is volgens deze theorie dus niet de oorzaak, maar speelt wel een grote rol in de uiteindelijke sterfte en daarmee het verdwijnen van de planten.

De grote waterstaatkundige werken die medio de vorige eeuw zijn uitgevoerd hebben waarschijnlijk een grote invloed gehad op de achteruitgang van het Zeegras. Met name veranderingen in de dynamiek en het zoutgehalte waren hierin bepalend. Zowel het Grevelingenmeer als de Oosterschelde zijn door de waterstaatkundige werken afgesloten van de toevoer van zoet rivierwater. Deze gebieden hebben hierdoor de karakteristieke zoet-zout-waterovergang van een estuarium verloren en bevatten voornamelijk water met een hoog zoutgehalte. Ook voor het westelijke deel van de Waddenzee geldt dat dit gebied zijn zoetwatertoevoer heeft verloren. Voor de aanleg van de Afsluitdijk vormde het samen met de Zuiderzee een soort estuarium, waarin met name de toestroming van IJsselwater voor verdunning van het zeewater zorgde. De afname van het Zeegras in de Waddenzee zou hierdoor in gang gezet zijn. Een extra bewijs voor deze theorie is te vinden in het oostelijk deel van de Waddenzee, en dan met name de Eems, waar ruim de helft van het Nederlandse zeegrasareaal te vinden is. De Eems zorgt hier voor de aanvoer van zoetwater. Kortom, het verdwijnen van de zoet-zoutovergangen door de waterstaatkundige werken lijkt de grootste boosdoener te zijn bij het verdwijnen van het Zeegras. Er is echter geen hard bewijs voor de theorie dat het zoutgehalte de sturende factor is in het verdwijnen van het Groot Zeegras uit het Grevelingenmeer. Er zijn wel vele aanwijzingen voor de theorie dat Zeegras bij hoge saliniteit stress ondervindt en daardoor gevoeliger wordt voor andere versturende factoren, maar uitsluitend experimenten kunnen de juistheid hiervan toetsen. Stikstoflimitatie is een van de andere factoren die in combinatie met een hoge saliniteit een belangrijke rol gespeeld kunnen hebben bij de afname van het Zeegras in het Grevelingenmeer.

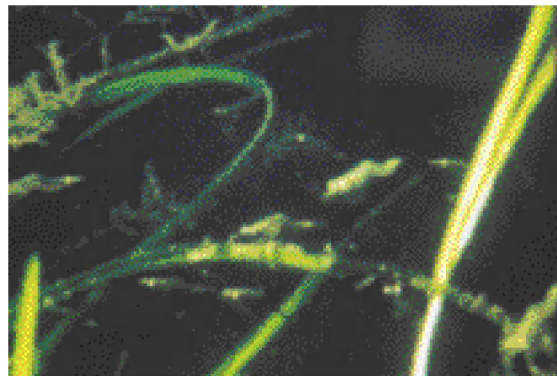
## 7.2 De teloorgang van Zeegras in het Grevelingenmeer

Van 4400 ha naar helemaal niets in 22 jaar. Een constatering die maar langzaam doordringt. Het Zeegras is echt verdwenen uit het meer. Voor de

afsluiting, toen er nog sprake was van een Grevelingenestuarium, kwam in 1968 nog zeker 1200 ha Zeegras voor (Groot en Klein Zeegras). Na de afsluiting in 1970 breidde het zeegrasareaal zich gestaag uit. De velden werden dichter en het Groot Zeegras kreeg de overhand terwijl Klein Zeegras door het ontbreken van de getijbeweging verdween. In 1978 vormden de zeegrasvelden maar liefst 4400 ha. Na een terugval in 1980 trad in de loop van de jaren '80 herstel op. Helaas was dit herstel van korte duur. In de jaren '90 schrompelde het met Groot Zeegras begroeide gebied in het Grevelingenmeer ineen tot slechts 25 ha. Terwijl het behoud van de waardevolle zeegrasvelden nog vermeld stond in het beheersplan van het Grevelingenmeer, bleek bij de telling van 2000 dat zelfs de laatste pollen Zeegras verdwenen waren. Zeegras komt sinds 2000 niet meer voor in het Grevelingenmeer!

## 7.3 De ecologische waarde van Zeegras

De uitgestrekte velden van het Groot Zeegras van het Grevelingenmeer hadden waarschijnlijk een belangrijke functie in het ecosysteem. Juist in dit soort velden die permanent onder water staan, komt een grote soortenrijkdom aan wieren en dieren voor. De zeegrasvelden hebben dan ook een belangrijke functie als voedsel, als substraat voor andere planten en dieren en voor het bieden van dekking aan allerlei organismen. Daarnaast zijn deze ondergedoken zeegrasvelden geschikt voor het afzetten van eieren en als kinderkamer voor kleine vissoorten. Je zou dergelijke zeegrasvelden dan ook het best kunnen vergelijken met bijvoorbeeld de bossen op een savanne of een heide. Ze vormen een rijke specifieke levensgemeenschap op zichzelf, maar hebben daarnaast een uitstraling



*Zeegras biedt een woonplaats voor allerlei dieren, zoals deze aasgarnaal*

in de omgeving, omdat allerlei vissen en dergelijke de zeegrasvelden als beschutting gebruiken van waaruit ze in de omgeving op zoek gaan naar voedsel.

De achteruitgang van het Zeegras heeft dan ook geleid tot het verdwijnen of de sterke achteruitgang van allerlei organismen die direct of indirect van deze planten afhankelijk zijn.

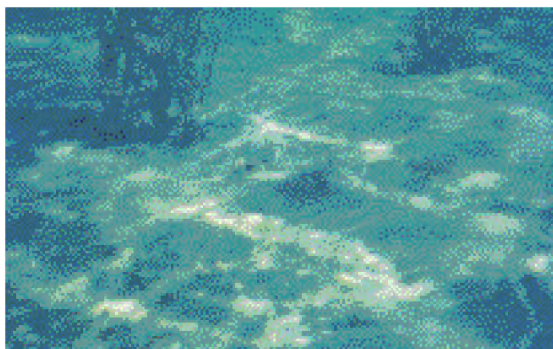
Dit geldt met name voor de specifieke bewoners van zeegrasvelden, zoals diverse rood- en bruinwieren die als epifyt op zeegrasbladeren groeien. Daarnaast zijn er nog de op of tussen het Zeegras levende slakken- en vissoorten. Voor andere diersoorten vormen zeegrasvelden een weliswaar niet onvervangbare, maar wel belangrijke schuilplaats, voedselbron of foerageerplaats. Zo voeden knobbelzwanen, verschillende soorten eenden en meerkoeten zich graag met Zeegras. Door hun rijkdom aan schaaldieren, zoals bijvoorbeeld de zeepissebed, en weekdieren zijn zeegrasvelden voor allerlei vissen van betekenis. Van de paling wordt al in oude bronnen een zekere voorkeur voor zeegrasvelden vermeld. Tijdens de onderzoeken in de zeegrasvelden in het Grevelingenmeer werden door de onderzoekers altijd veel paling en grondels gezien in de velden.

#### 7.4 Conclusies

Het zoutgehalte is waarschijnlijk het meest nijpende probleem dat hier speelt en dat ervoor heeft gezorgd dat het Zeegras verdwenen is uit het Grevelingenmeer. Zowel het zout- als het nutriëntengehalte kan gereguleerd worden door de inlaat van extra rivierwater via de Grevelingendam. Daarnaast kunnen er veranderingen op kleinere schaal uitgevoerd worden, namelijk door de aanleg of het weer in gebruik nemen van de kleine

lozingspunten van polderwater in het Grevelingenmeer. Hiermee worden nieuwe potentiële standplaatsen gecreëerd doordat er periodiek verlaagde zoutgehalten kunnen optreden.

Door het verdwijnen van de laatste velden met Zeegras uit het Grevelingenmeer is het de vraag of er nog sprake kan zijn van natuurlijk herstel of dat er actieve herintroductie zal moeten plaatsvinden. Zo'n herintroductie van het Groot Zeegras in het Grevelingenmeer vraagt om een gedegen voorbereiding en het opstellen van een herintroductieplan. Aspecten waar naar gekeken moet worden zijn ondermeer de effecten op het gehele ecosysteem van maatregelen die de hoge saliniteit tegen gaan. Ook zal er aandacht moeten zijn voor de bescherming van de geherintroduceerde veldjes. Bijvoorbeeld om schade door het vissen op oesters te voorkomen.



*Een open stuk in een zeegrasveld met een strandkrab*



## 8 Slikken van Flakkee

De Slikken van Flakkee vormen een afwisselend deel van het oeverlandschap van het Grevelingenmeer en zijn zeer waardevol vanwege de zoutvegetatie en de vele zeldzame planten. Om de ontwikkeling van de vegetatie op de Slikken van Flakkee te volgen, wordt sinds 1972 door het RIKZ onderzoek gedaan (zie intermezzo). In dit hoofdstuk vindt u een beschrijving van de vegetatie zoals deze nu op de slikken te vinden is en een beschrijving van de recente ontwikkelingen. Een belangrijke vraag bij deze studie was hoe de waardevolle zoutvegetatie zich ontwikkelt aan de oevers van de Slikken van Flakkee. Ook was men benieuwd in hoeverre begrazing voldoende is om het grazige land te behouden en te voorkomen dat het natuurlijke proces van successie het grasland zou omvormen tot een ruigte en uiteindelijk tot een bos. Tenslotte is het interessant om te weten hoe de vegetatie zich ontwikkelt in het noordelijk deel, waar geen beheer is (niets doen) en in het zuidelijk deel, waar runderen en paarden lopen en plaatselijk gemaaid wordt.

### 8.1 Een prachtig oeverlandschap

Sinds de afsluiting heeft het oeverlandschap zich voor een groot deel vrij kunnen ontwikkelen van zoute schorren en slikken tot het huidige afwisselende natuurgebied met een nog steeds heel open karakter. Een groot deel bestaat uit grazige weiden en lage struwelen en een ander deel heeft zich ontwikkeld tot een bosachtig gebied.

Vóór de aanleg van de Brouwersdam had de zee vrij spel en kwam het zoute water ruim over de buitendijkse kale slikken en bij zeer hoog water ook over de wat hoger liggende begroeide schorren. Na de sluiting van de dam verdwenen eb en vloed en daarmee de grote invloed van het zoute water op de plantengroei. De slikken en het schor kwamen voor een groot deel definitief buiten de invloed van zout water te liggen.

Het gebied is verdeeld in een noordelijk en een zuidelijk deel. Beide delen kennen een ander natuurbeheer en zijn hierdoor totaal verschillend van karakter. De Slikken van Flakkee liggen langs de noordzijde van het Grevelingenmeer, aan de zuidkant van Goeree-Overflakkee en heeft een

oppervlakte van ruim 1500 ha. Een klein deel hiervan, ongeveer 330 ha, is voormalig schor en de rest was slik. Het lijkt weinig, maar de Slikken van Flakkee herbergen toch het grootste oppervlak aan voormalige schorren van de Grevelingen.

### 8.2 De vegetatie van Flakkee-noord

Het noordelijk deel van de slikken is vanaf het ontstaan door de mens met rust gelaten. De ontwikkelingen in het gebied kunnen ongehinderd doorgaan. Dit is uniek in Nederland. Er zijn maar weinig gebieden die van begin af aan ongestoord worden gelaten, zonder beheersmaatregelen, zoals maaien of beweiden. Het grootste deel ziet er bosachtig uit met vooral wilgen en duindoorns. Dwars door deze bosschages loopt een pad dat deel uit maakt van het Lange Afstand Wandelingen netwerk (LAW-netwerk). Tijdens een wandeling over dit pad in het voorjaar is het zingen en roepen te horen van vogels zoals de Nachtegaal, Tuinfluit en de Koekoek.



*Drassig pad op de Slikken van Flakkee-noord, met onder andere Waterbies*

### 8.2.1 Het schor

Het oude schor, de strook langs de dijk, wordt gedomineerd door een ruigtevegetatie van Braam met hier en daar Gewone Vlier. Van de grassen en kruiden die voorkomen zijn de belangrijkste soorten: Strandkweek, Duinriet, Ruw Beemdgras, Akkerdistel en Grote Brandnetel en plaatselijk ook Grote Bereklaauw en Adelaarsvaren. Daar waar Akkerdistel (te)veel groeit, wordt één maal per jaar gemaaid om verspreiding van deze soort, die vooral door de boeren in de omgeving als zeer ongewenst wordt beschouwd, tegen te gaan.

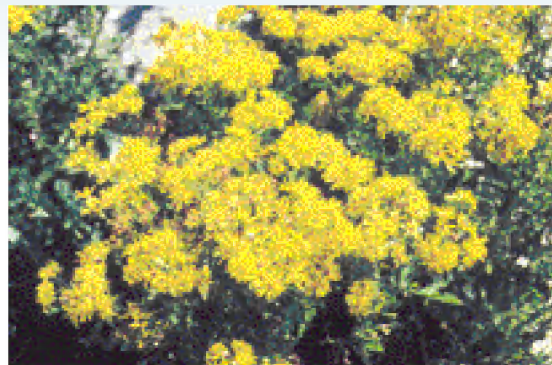
Het jonge schor en de schorrand geven een bosachtige aanblik, voornamelijk veroorzaakt door wilgenstruweel van Boswilg en Grauwe Wilg met in de ondergroei vooral Klein Hoefblad, Adelaarsvaren, Grote Brandnetel en Duinriet. Door de groei van de wilgen is de Duindoorn, die hier in eerdere jaren veel voorkwam, inmiddels voor het grootste deel afgestorven. De Duindoorn heeft namelijk een grote lichtbehoefte. Tussen struiken van twee à drie meter hoog legt hij het af. Bovendien hebben de bovengrondse delen van de Duindoorn in Nederland een levensduur van maximaal dertig jaar. Andere houtige gewassen die op het schor zijn waargenomen zijn: Wegedoorn, Eenstijlige Meidoorn, Wilde Liguster, Gewone Vlier, Hondсроos en Rode Kornoelje. Dat de successie voortschrijdt blijkt uit het feit dat hier en daar jonge eikjes zijn waargenomen.

### 8.2.2 Het slik

Bij de ontwikkeling van de vegetatie moet onderscheid worden gemaakt tussen die van het hooggelegen slik en die van het laaggelegen slik.

Het hooggelegen slik wordt gekenmerkt door gemengd struweel van met name Duindoorn, Grauwe Wilg en Kruipwilg. Braam neemt hierbij maar een klein aandeel van de vegetatie in. De ondergroei wordt vooral gevormd door Fioringras en Duinriet. Met name de Duindoorn is hier op veel plaatsen dominant aanwezig en vaak ondoordringbaar zoals dat vroeger ook op het schor het geval was.

Het lage slik is begroeid met een brakke vegetatie met als voornaamste soorten Fioringras en Zilte Rus. Deze soorten zijn goed bestand tegen zout. Fioringras groeit op zeer uiteenlopende standplaatsen en bepaalde rassen hebben een aanzienlijke zouttolerantie. Een van de aanpassingen die dergelijke rassen ontwikkelen aan het zilte milieu is een waslaagje op de bladeren. Door dit waslaagje blijft het zoute water minder lang op het blad staan.



*Kruiskruid op het voormalige slik*



*Strandduizendguldenkruid*

Andere soorten die op het slik groeien, maar minder zout kunnen verdragen zijn Fraai Duizendguldenkruid, Hertshoornweegbree, Dunstaart, Melkkruid, Kwelderzegge en Zilte Zegge.

Lokaal groeit ook Riet. Deze soorten zijn bestand tegen sterk wisselende zoutgehalten en waterstanden. De laatste jaren heeft ook de Duindoorn zich op het lage slik gevestigd en begint op te rukken naar de waterlijn.

De slikrand staat onder invloed van het meerwater en is hierdoor spaarzaam begroeid met een zoute



pioniervegetatie van Zeekraal, Zilte Schijnsparrie en Gewoon Kweldergras. Vlak langs het water is het slik onbegroeid, omdat hier regelmatig water staat als gevolg van het opwaaien van het zoute water over de vlakke oevers van het Grevelingenmeer.

### 8.3 Slikken van Flakkee-zuid

Het zuidelijk deel wordt beweide door Fjordenpaarden en speciaal gefokte runderen, de zogenaamde Heckrunderen. Dit deel bestaat voor een groot deel uit een soortenrijke graslandvegetatie van vooral Rood Zwenkgras en Fioringras, waarin ook zeldzame soorten voorkomen zoals Moeraswespenorchis en Parnassia. De Slikken van Flakkee-zuid zijn niet vrij toegankelijk voor publiek. Wel is het mogelijk om, gezeten op een platte kar voortgetrokken door een tractor, een rondrit te maken onder deskundige begeleiding van de beheerder.



*Moeraswespenorchis*

#### 8.3.1 Begrazing en voorzichtig maaibeheer

Dankzij de begrazing met runderen en paarden heeft het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee een andere vegetatieontwikkeling doorgemaakt. Hierdoor heeft de vegetatieontwikkeling een geheel ander verloop dan die van het noordelijk deel. De planten worden kort afgevreten en de natuurlijke ontwikkeling van de vegetatie zoals die op het noordelijk deel te zien is, wordt door de beweiding tegengehouden of vertraagd. Ondanks de begrazing neemt de Duindoorn en de Kruipwilg de laatste jaren in bedekking toe. Met name de opmars van de Kruipwilg is spectaculair. De laatste jaren is deze enorm uitgestoeld. Om te zorgen dat het zuidelijk deel niet helemaal wordt overwoekerd door de Kruipwilg en de Duindoorn, wordt plaatselijk gemaaid.

#### 8.3.2 Herfstbitterling en Parnassia

Op de hogere delen is de soortenrijke graslandve-

getatie samen met Kruipwilg bepalend. De meest voorkomende soorten zijn: Fioringras, Rood Zwenkgras, Zilte Rus, Smalle Rolklaver, Aardbeiklaver, Geelhartje, Zilte Zegge, Klein Streepzaad, Zilver schoon en hier en daar wat Kattedoorn. Vermeldenswaard is tevens een aantal zeldzame soorten, die weliswaar niet met een grote bedekking voorkomen, maar toch geregeld te zien zijn: Herfstbitterling, Kleine Leeuwentand, Fraai Duizendguldenkruid, Moeraswespenorchis, Parnassia, Rode Ogentroost en Stijve Ogentroost. Soorten die gedijen in een gradiënt van zilt en zoet of van nat en droog milieu. Deze zeldzame soorten komen onder meer voor in de gebieden waar, sinds enkele jaren, plaatselijk gemaaid wordt om de uitbreiding van de Kruipwilg wat in te tomen. De vegetatie van de lagere delen wordt voornamelijk gedomineerd door de zoutmijdende soorten Fioringras, Zilte Rus met plaatselijk Dunstaart. Het slik langs het water is kaal of spaarzaam begroeid met een zoutvegetatie van met name Zeekraal en Zilte Schijnsparrie.



*Parnassia, is wettelijk beschermd*

### 8.4 Oevers: op de overgang van zout naar zoet (1993-2001)

Op de oevers is nog de oorspronkelijke vegetatie van de slikken terug te vinden. Dat komt door dat de oeverzone van de Slikken van Flakkee nog onder invloed staat van het zoute meerwater. Ze zijn dan ook kaal of spaarzaam begroeid met wat Zeekraal of Schorrekruid. Vanaf de waterlijn richting de dijk gaat deze zoute pioniervegetatie geleidelijk over naar een vegetatie met brakke soorten en ontstaat uiteindelijk op de hoogste delen een zoete vegetatie.

#### 8.4.1 Een gradiënt van zout naar zoet

Op de oevers van de Slikken van Flakkee komt een overgang voor van zout naar zoet. De snelheid en mate waarmee de oorspronkelijk zoute bodem zoet wordt (ontzilting) is afhankelijk van de hoogte en de bodemsamenstelling. Overspoeling met het zoute water uit het Grevelingenmeer en nalevering van zout uit het sediment door verdamping spelen een belangrijke rol.

Op de laagste delen van de slikken is nauwelijks sprake van ontzilting. Vegetatieontwikkeling is hier dan ook niet of nauwelijks mogelijk of verloopt erg langzaam vanwege de zoute milieuomstandigheden. Als gevolg hiervan is de laaggelegen strook langs de waterlijn veelal kaal of zeer soortenarm. Op die delen waar wel sprake is van ontzilting loopt de vegetatieontwikkeling parallel met het ontziltingsproces. Er is een duidelijke overgang, zowel in de tijd als in de ruimte van zout-pionier naar zout-brak, brak, zout tolerant en eventueel naar zoet.

#### 8.4.2 Wat er groeit er langs de waterlijn

Voor zover de strook langs de waterlijn niet kaal is, bestaat de vegetatie hier uit een zeer schaarse begroeiing van pioniersoorten van zilte, natte bodems: Zeekraal en soms ook Schorrekruid.

Vervolgens verschijnen Gewoon Kweldergras, Zilte Schijnspurrie en Zulte. Gewoon Kweldergras kan zich alleen handhaven als de grond zout blijft, zoals door overspoeling met zee water. Bij ontzilting van de bodem wordt hij spoedig verdrongen door Fioringras of Rood Zwenkgras. Zo ook op de oevers van de Slikken van Flakkee; Gewoon Kweldergras kan zich hier jarenlang handhaven, maar moet uiteindelijk, evenals de andere zoutminnende planten, toch het veld ruimen voor Fioringras. Ook Dunstaart, die vaak in ijle vegetaties van Gewoon Kweldergras staat, wordt bijna geheel verdrongen door met name Fioringras.

#### 8.4.3 Het 'zore korstje'

Naarmate de ontzilting toeneemt wordt de vegetatie soortenrijker en kunnen ook de brakke en zouttolerante soorten zich vestigen zoals: Zeevetmuur, Hertshoornweegbree, Fraai Duizendguldenkruid, Melkkruid en Zilte Rus. Een aantal van deze soorten, maar ook Dunstaart, kan gedijen ondanks (of dankzij) het voorkomen op het slik van het zogenaamde 'zore korstje'. Dit verschijnsel doet zich voor als de grond 's zomers uitdroogt. Dan wordt het bodemvocht omhoog gezogen en worden de bodemdeeltjes aan de oppervlakte aaneengekit onder invloed van vooral blauwwieren.



*Melkkruid, gaat door verzoeting achteruit*



Het 'zore korstje' dat zo ontstaat vormt een steenhard en zeer zout toplaagje. Slechts enkele planten voelen zich hier thuis, waaronder de eenjarige soorten Dunstaart, Zeevetmuur en Hertshoornweegbree. Melkkruid is een zoutverdragende plant, die bij verzoeting van het milieu lang kan standhouden. Behalve als pionier treedt Melkkruid ook vaak op als bodembedekker tussen met name Zilte Rus. Zowel Melkkruid als Zilte Rus zijn vochtminnend en verdragen geen uitdroging.

#### 8.4.4 Wat Heckrunderen en Fjordenpaarden teweeg kunnen brengen

Het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee wordt begraasd door Heckrunderen en Fjordenpaarden. De soortenrijkdom van de brakke soorten is hier groter dan op het noordelijk deel. Behalve de genoemde soorten komen onder andere ook voor: Zilver schoon, Kleine Leeuwetand, Zilte Zegge, Getande Weegbree, Gewone Rolklaver en Aardbeiklaver. Dit zijn soorten die sterke wisselingen in vochtigheidstoestand en zoutgehalte kunnen doorstaan en daarom veelal groeien op de grens van nat naar droog of van zilt naar zoet waar ze vaak samen optreden. Waarom deze soorten op het zuidelijk deel veel opvallender aanwezig zijn dan op het noordelijk deel is niet duidelijk. Mogelijk speelt de begrazing hierbij een gunstige rol.

#### 8.4.5 De opkomst van het struweel

Wanneer de bodem goed doorlatend is en wat hoger ligt, is hij sneller ontzilt en verloopt de successie ook sneller. Hierdoor krijgt de vorming van struweel meer kans en komt met name Duindoorn opzetten. Zo zie je, zeker op het noordelijk deel, dat Duindoorn steeds meer opschuift naar de waterlijn. Op het zuidelijk deel is het van de houtige gewassen vooral de Kruipwilg die, ondanks de begrazing, in bedekking toeneemt.

### 8.5 Conclusies

Door de twee verschillende beheersregimes – niets doen op het noordelijk deel en beweiding op het zuidelijk deel – heeft zich een bijzonder landschap kunnen ontwikkelen en is een waardevol natuurgebied ontstaan. Als deze beheersvormen gehandhaafd blijven, zal op het noordelijk deel het huidige wilgen- duindoornstruweel zich kunnen ontwikkelen naar het eindstadium van de successie: het eiken/berkenbos. De braamruigte zal zich nog lange tijd kunnen handhaven. Onder invloed van de begrazing zal de successie van de vegetatie van het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee wor-

den vertraagd, zodat een soortenrijke graslandvegetatie zich nog lang kan handhaven. Toch zullen de Duindoorn en de Kruipwilg zich nog meer uitbreiden en mogelijk kunnen meer houtige gewassen zich gaan vestigen.

De oevers zullen onder invloed van het meerwater blijven, zodat behalve de zoutvegetatie ook de zout-zoetgradiënt met de botanisch zeer waardevolle vegetatie worden behouden.

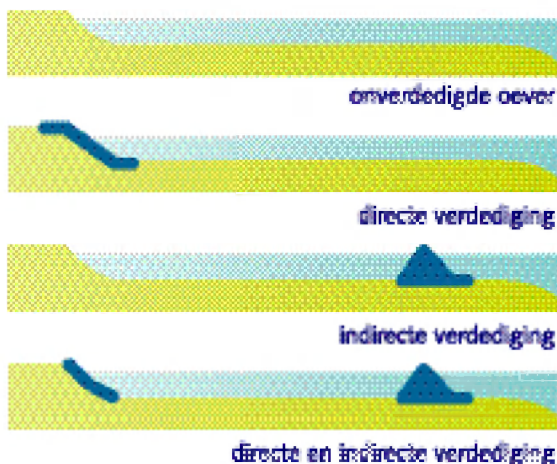


## 9 Problemen met oe verafslag

Het Grevelingenmeer is een uniek natuurgebied. De karakteristieke vegetatie op de zilte oevers en de rijkdom aan ondiep water flora en fauna vlak onder de waterlijn zijn van grote waarde. Dit oe vergebied heeft namelijk een belangrijke functie voor het waterecosysteem als de kraamkamer voor de vissen van het meer. De ontwikkelingen van de oevers worden daarom sinds het ontstaan van het meer nauwlettend gevolgd. Om na te gaan of de oevers goed genoeg verdedigd zijn tegen erosie, doet Rijkswaterstaat regelmatig metingen vanuit een meetschip. Hierdoor kan oe verafslag vroegtijdig worden gesignaleerd en worden ook de ontwikkelingen in het areaal ondiep water in de gaten gehouden. Uit analyse van de oe vermetingen voor dit rapport blijkt dat er sprake is van onverwacht grote oe verafslag. Het is niet verwonderlijk dat deze afslag nog niet door menselijke waarneming was geconstateerd. Oe verafslag gebeurt vaak heel geleidelijk en het betreffende gebied is vrij eenvormig.

In het Grevelingenmeer zijn verschillende soorten oe ververdedigingen toegepast. Deze soorten zijn onderverdeeld in vier typen:

1. onverdedigde oevers
2. direct verdedigde oevers
3. indirect verdedigde oevers
4. direct en indirect verdedigde oevers.



Figuur 9.1: De drie verschillende soorten oe ververdediging die toegepast zijn in het Grevelingenmeer

Een directe oe ververdediging bestaat uit een laag grind of stortsteen die zowel boven als onder de waterlijn op de oever is aangebracht. Een indirecte verdediging is een stortstenen dam die op bepaalde afstand in het water evenwijdig aan de oever is aangebracht. Dit soort verdediging is bedoeld om de golven te breken voordat ze de oever bereiken.

### 9.1 De oevers van Veermansplaat

Eind jaren 80 van de vorige eeuw bleek uit onderzoek dat de Veermansplaat veel van zijn oppervlakte verloor door oe verafslag. In begin jaren 90 heeft Rijkswaterstaat daarom 13 km directe oe ververdediging aangebracht in de hoop de afslag te verminderen of zelfs te stoppen. Uit recent onderzoek blijkt dat het aanbrengen van de verdediging een positief effect heeft gehad. De erosie op de oe verlijn is veel kleiner geworden ten opzichte van de periode van 1980 tot 1990 en is op veel plaatsen zelfs helemaal verdwenen. Alleen op het oostelijk deel van de Veermansplaat is nog sprake van een vrij grote oe verafslag, namelijk 30 meter in de afgelopen vijf jaar. Op deze plek is geen oe ververdediging aanwezig.

Een ander opvallend effect is dat er bij het verdedigde deel van de Veermansplaat ondiep water is bijgekomen. Op de grens tussen diep en ondiep water op twee meter onder water (de ondiepwaterlijn) vindt aangroei plaats, waardoor er 21 ha aan ondiep watergebied is bijgekomen. Zoals al eerder werd aangegeven, is dit vanuit de beheersvisie een positieve ontwikkeling, omdat het een versterking van het waterecosysteem betekent.

### 9.2 De oevers bij de Slikken van Flakkee

De beheerskeuze uit het verleden om de huidige onbeschermde oevers niet te verdedigen is over het algemeen een goede geweest. De onbeschermde oevers liggen blijkbaar veelal in de luwte, waardoor afslag van de oevers minimaal is. De geconstateerde oe verafslag van 1,4 ha over de laatste 10 jaar is verwaarloosbaar en behoort bij een normale dynamiek van dit soort ecosystemen. De Slikken van Flakkee vormen hierop echter een opvallende uitzondering. De oe verafslag die hier



gemeten is, blijkt alarmerend groot te zijn. Ruim 50 ha aan droog gebied is hier verloren gegaan. Dit betekent een verlies ter grootte van zo'n 72 voetbalvelden aan waardevol natuurgebied. Deze achteruitgang heeft voornamelijk in de laatste vijf jaar plaats gevonden.



De oevers van de Slikken van Flakkee

### 9.3 Stabilisatie van oeverafslag en ondiepwatergebied

#### Onverdedigde oevers

Bij morfologisch onderzoek wordt een ondiepwatervlijn gehanteerd om de toe- of afname van dit ecologisch waardevolle gebied goed te kunnen volgen. De lijn ligt op -2,0 meter.

De oeverlijn voor de onverdedigde oevers heeft zich in de periode van 1980-1990 gemiddeld 0,78 m/j landwaarts verplaatst, terwijl de ondiepwatervlijn stabiel was. Dit geldt ook voor de verandering van de grootte van het ondiepwaterareaal. Er is een toename van 13,4 ha in de periode 1980-1990 en een afname van 6,9 ha in de periode 1990-2001. Deze afname wordt voornamelijk bepaald door de Slikken van Flakkee en het ooste-



Vooroe verdediging

lijk deel van de Veermansplaat. De conclusie is dan ook dat het ondiepe gebied van de onverdedigde oevers over het algemeen redelijk stabiel is.

#### Indirect verdedigde oevers

Op de oeverlijn van de indirect verdedigde oevers vindt nog steeds erosie plaats, maar die wordt wel steeds minder. De snelheid van de erosie is afgenomen van 1,9 m/j in de periode 1980-1990 tot 0,5 m/j in de periode 1990-2001. De gemiddelde verplaatsing van de ondiep waterlijn was 0,1 m/j in de periode 1980-1990 en is in de huidige onderzoeksperiode 0,2 m/j. De ligging van deze lijn lijkt dus vrij stabiel. De toename aan ondiep water gebied is in beide onderzoeksperiodes het gevolg van oeverlijn erosie, hetgeen samengaat met een afname aan droog gebied.

#### Direct en indirect verdedigde oevers

De totale gemiddelde achteruitgang van de oeverlijn van de direct en indirect verdedigde oevers was in de periode 1980-1990 0,1 m/j en is in de periode 1990-2001 0,2 m/j. De oeverlijn lijkt dus vrij stabiel te zijn. Hetzelfde kan gezegd worden

| type oever                   | gemiddelde jaarlijkse verplaatsing oeverlijn (m/j) |           | gemiddelde jaarlijkse verplaatsing ondiep waterlijn (m/j) |           | verandering droog gebied (m <sup>2</sup> ) |                 | verandering ondiep water gebied (m <sup>2</sup> ) |                |
|------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|----------------|
|                              | 1980-1990                                          | 1990-2001 | 1980-1990                                                 | 1990-2001 | 1980-1990                                  | 1990-2001       | 1980-1990                                         | 1990-2001      |
| onverdedigd                  | -0,78                                              | -3,12     | +0,00                                                     | -1,86     | -177.000                                   | -430.370        | +134.300                                          | -69.265        |
| direct verdedigd             | -0,34                                              | -0,23     | +0,50                                                     | +0,44     | -12.750                                    | -29.605         | +7.200                                            | +66.635        |
| indirect verdedigd           | -1,92                                              | -0,48     | +0,08                                                     | +0,21     | -239.350                                   | -63.320         | +201.450                                          | +26.245        |
| direct en indirect verdedigd | -0,12                                              | -0,18     | +0,18                                                     | +0,17     | -13.550                                    | -30.150         | +20.950                                           | +68.925        |
| <b>totaal</b>                |                                                    |           |                                                           |           | <b>-442.650</b>                            | <b>-553.445</b> | <b>+363.900</b>                                   | <b>+92.540</b> |

Tabel 9.2: Samenvatting van de ontwikkelingen in het Grevelingenmeer voor de periodes 1980-1990 en 1990-2001. Een - betekent een landwaartse verplaatsing of een afname. Een + betekent een zeewaartse verplaatsing of een toename.

voor de ondiep waterlijn: een vooruitgang van 0,2 m/j in beide beschouwde perioden. Hierdoor is er nog steeds een geringe afname van droog gebied en een geringe toename van ondiep water gebied.



#### 9.4 Beheersdilemma rond de Slikken van Flakkee

Voor het beheer van de Slikken van Flakkee lijkt een oeververdediging het meest voor de hand te liggen om te voorkomen, dat er nog meer waardevol natuurlandschap verdwijnt. Het meest effectieve middel is het aanleggen van een directe oeververdediging (grindlaag op de oevers). Een indirecte oeververdediging, die normaal gesproken op een diepte van 1 meter onder het waterpeil wordt aangebracht, zou te ver van de oever afkomen te liggen om goed te functioneren. De bodem rond de Slikken van Flakkee neemt namelijk maar heel geleidelijk toe in diepte.

Oeververdediging lijkt dus de oplossing, temeer omdat het aansluit bij het streefbeeld dat stelt dat er geen droogoppervlak meer verloren mag gaan. Bij nadere analyse blijkt deze oplossing op gespannen voet te staan met een ander punt uit het streefbeeld van het Grevelingenmeer. Namelijk dat de hoeveelheid ondiep watergebied ten opzichte van 1997 niet mag afnemen. Uit het onderzoek blijkt dat de ondiepwaterlijn gelijk met de oeverlijn landinwaarts verschuift. Het stoppen van de oevererosie betekent dat de ondiepwaterlijn zonder extra verdediging gewoon verder verschuift richting de oever, met als gevolg een verkleining van het ondiepwatergebied.

De beheerders zullen dus een afweging moeten maken welke verhouding droog gebied/ondiep watergebied wenselijk is en daarop de ingrepen moeten aanpassen. Ook moet rekening gehouden worden met de unieke zoutminnende vegetatie van de oevers van de Slikken van Flakkee.

Vegetatiekundigen die het gebied kennen, moeten betrokken worden bij het ontwikkelen van een strategie om de oevers van de Slikken van Flakkee beter te beschermen.

#### 9.5 Conclusies

Op twee plekken na worden de oevers van het Grevelingenmeer goed verdedigd. Alleen bij de Slikken van Flakkee en het oostelijk deel van de Veermansplaat is sprake van een snelle oevererosie. De erosie gaat zo snel dat deze twee oeverzones op korte termijn extra aandacht vragen van de beheerders. Bij de Slikken van Flakkee is sprake van een oeverafslag van 50,6 ha, oftewel 72 voetbalvelden en bij het Oostelijk deel van de Veermansplaat gaat het om 30 meter in vijf jaar. Om de juiste aanpak te bepalen voor de verdediging van de oever en de ondiepwaterlijn bij de Slikken van Flakkee is een nadere integrale studie nodig waarbij de problemen gezamenlijk onderzocht worden en de effecten op de natuur op het land en in het ondiepe water meegenomen worden. De erosie op het oostelijk deel van de Veermansplaat kan tegen gaan worden door het aanbrengen van een directe oeververdediging.

Het verdedigen zal echter ten koste gaan van de aanwas van ondiep water.



# 10 De vogels in en om de Grevelingen

## 10.1 Alamerende afname viseters

Het Grevelingenmeer is uitermate belangrijk voor visetende vogels. Gedurende het najaar en de winter maanden verblijven internationaal van belang zijnde aantallen van Fuut en Middelste Zaagbek op het meer (tabel 10.1). Beide soorten zijn in recente winters sterk in aantal afgenomen (figuur 10.1). Dit is opmerkelijk omdat in andere bekken in de zoute Delta geen afname is gesignaleerd. Dit is een aanwijzing dat lokale omstandigheden in het Grevelingenmeer hierbij een rol spelen. Bepaalde vogelsoorten genieten internationale bescherming. Is meer dan 1% van de totale internationale populatie van een soort in een land aanwezig, dan is bescherming in het belang van de gehele populatie. Deze 1%-norm kan gebruikt worden om het belang aan te geven van ontwikkelingen bij vogelsoorten in het Grevelingenmeer.

De afname van de aantallen van de Fuut doet zich bij andere watervogelsoorten in het Deltagebied hoogst zelden voor. Vóór de winter van 1999/2000 overwinterden 10 000 - 13 000 Futen in het Grevelingenmeer, in de winter van 2000/2001 was dat gereduceerd tot de helft. Met een Noordwest-Europese populatie van 100 000 vogels gaat het hier om een aanzienlijk deel van de populatie. Futen concentreren zich in het westelijk deel van het Grevelingenmeer in het diepe water tussen de Brouwersdam en Den Osse. Een andere viseter waar van een belangrijk deel (3-

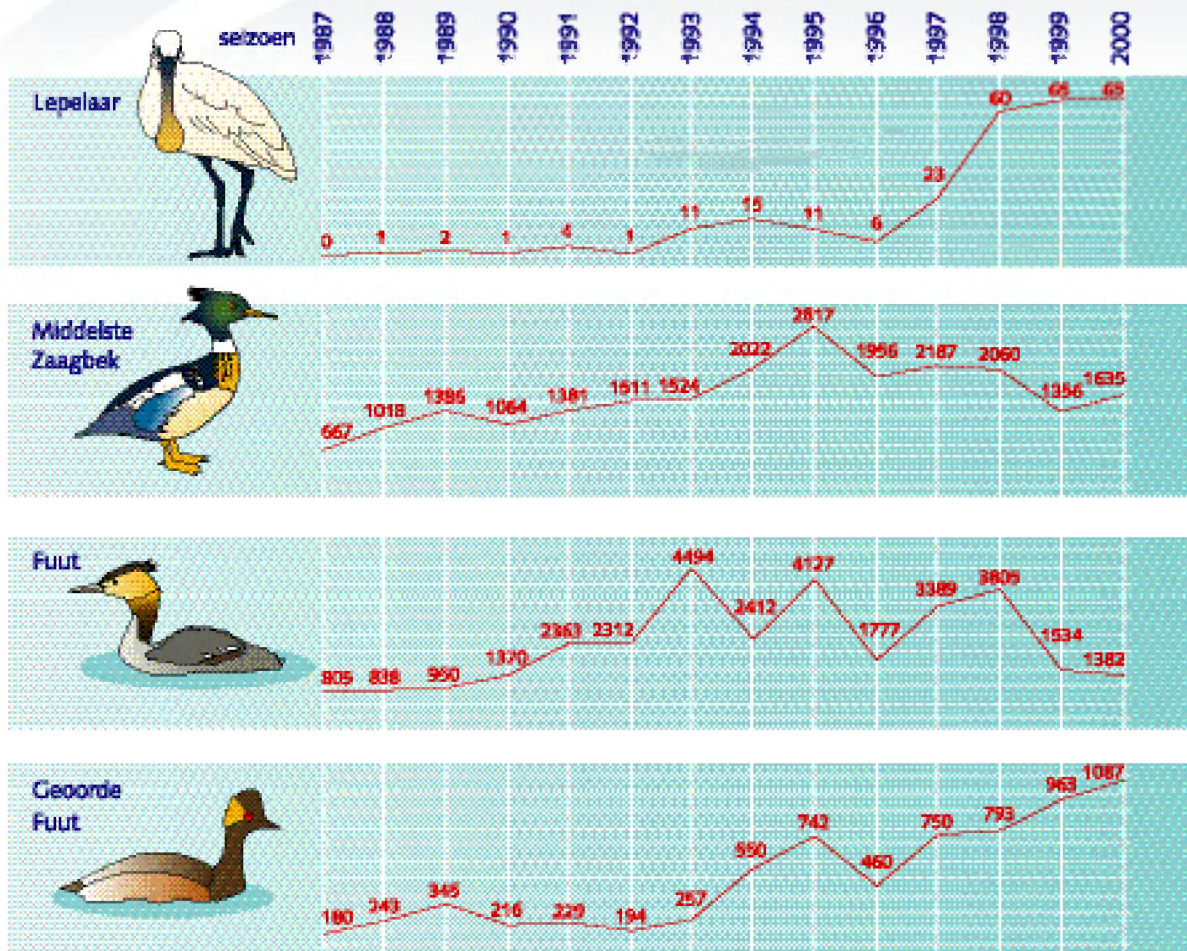
4%) van de Noordwest-Europese populatie (125 000) in het Grevelingenmeer overwintert, is de Middelste Zaagbek. Ook bij deze soort nam het aantal overwinteraars in de winter van 1999/2000 ineens af ten opzichte van voorgaande jaren. In de winter daarop herstelden de aantallen zich enigszins, maar bereikten bij lange na niet het niveau van daarvoor. Kenmerkend bij de afname van de Middelste Zaagbek is het uitblijven van de piek-aantallen in het eerste deel van de winter (oktober – december). In tegenstelling tot de Fuut wordt de Middelste Zaagbek verspreid over het hele meer aangetroffen.

Hoe zit het dan met de overige viseters?

De Lepelaar en de Geoorde Fuut verblijven in het najaar ook in op internationaal niveau gezien belangrijke aantallen in het Grevelingenmeer (tabel 10.1). Deze twee soorten zijn nog nooit in zulke hoge aantallen waargenomen in het Grevelingenmeer als in de laatste jaren. Gegevens over het voedsel van deze viseters in het Grevelingenmeer ontbreken. Aangenomen wordt dat de Geoorde Fuut en de Lepelaar op andere prooien jagen dan de Middelste Zaagbek, namelijk op de meer kreeftachtigen (o.a. gamalen). De Geoorde Fuut jaagt op overgangen tussen ondiep en diep water en de Lepelaar langs de ondiepe oevers. Door het NIOO-CEMO is onderzocht of er een relatie is tussen aantallen kreeftachtigen en het aantal geoorde futen. Er worden correlaties gevonden tussen de variatie in aantallen en de biomassa van kreeft-

|                   | 1% norm | najaar | winter | voorjaar | zomer | maximaal |
|-------------------|---------|--------|--------|----------|-------|----------|
| Lepelaar          | 30      | 11,4   | -      | 3,1      | -     | 11,4     |
| Fuut              | 1000    | 3,1    | 9,7    | -        | -     | 9,7      |
| Brandgans         | 1760    | 2,5    | 4,2    | -        | -     | 4,2      |
| Middelste zaagbek | 1250    | 3,9    | 3,4    | 1,6      | -     | 3,9      |
| Geoorde fuut      | 1000    | 3,9    | -      | -        | -     | 3,9      |
| Krakeend          | 300     | -      | 1,6    | -        | -     | 1,6      |
| Rotgans           | 3000    | -      | 1,3    | -        | -     | 1,3      |
| Smient            | 12500   | -      | 1,2    | -        | -     | 1,2      |

Tabel 10.1: Gemiddelde normoverschrijding (%) van internationaal belangrijke vogelpopulaties in het Grevelingenmeer per seizoen (situatie 1998/1999 – 2000/2001). Geel = viseters, Groen = plantenetters



Figuur 10.2: Toename/afname vogelpopulaties (gemiddeld aantal vogels per telling)

achtigen en het aantal geoorde futen. Toch dient hiermee met de nodige voorzichtigheid om te worden gegaan en nader onderzoek is wenselijk. Een interessante vraag kan zijn of er bijvoorbeeld meer futen foerageren in het westelijk deelgebied in een diepte van 2-6 m, waar de dichtheden van de kreeftachtigen het grootst zijn.

Gegevens over de visstand ontbreken, maar het signaal dat Futen en Middelste Zaagbekken afgeven suggereert recente veranderingen in de beschikbaarheid van vissen (oa. Grondels, Haring, Sprot, Koornaarvis). Monitoring zal uitwijzen of de draagkracht van het Grevelingenmeer voor de Fuut en de Middelste Zaagbek permanent is afgenomen, of dat het hier om een tijdelijk verschijnsel gaat.

## 10.2 Mediterrane nieuwkomer

Voor de natuurbeleving van iedereen kan het belangrijk zijn als er zo nu en dan zichtbare nieuwe ontwikkelingen plaatsvinden. Nog maar tien jaar geleden kwam de Kleine Zilverreiger, een van oorsprong mediterrane soort, bij uitzondering voor in dit gebied. De Kleine Zilverreiger is een sierlijk wit reigertje dat zich gracieus beweegt: een genot om naar te kijken én voor iedereen herkenbaar. Dit reigertje eet visjes en kleine ongewervelde dieren die op zicht worden gevangen door in ondiep water te waden. De Kleine Zilverreiger heeft zich de afgelopen decennia op een volkomen natuurlijke wijze naar het noordwesten uitgebreid. De eerste broedkolonie in Nederland ontstond eind jaren negentig in het Quackjeswater op Voorne. Deze vestiging kondigde zich al eerder aan: in de jaren daarvoor kwamen in juli en augustus tientallen tot enkele honderden vogels naar het Delta-gebied. In september 2000 werden alleen al in het Grevelingenmeer 195 Kleine Zilverreigers geteld.





Zilverreiger

De voorkeur voor het Grevelingenmeer heeft waarschijnlijk te maken met de grote oppervlakte ondiepe oeverzones in combinatie met visrijk water.

### 10.3 Een rustig hoekje voor de Kanoetstrandloper

Men zou denken dat het Grevelingenmeer na het verdwijnen van het getij voor steltlopers van weinig belang is. Dat is echter niet zo. Wat veel mensen niet weten is dat grote aantallen Kanoetstrandlopers vanuit de Oosterschelde naar het Grevelingenmeer komen om hier rustend en slapend de hoogwaterperiode door te brengen. De Kanoetstrandlopers is in de Oosterschelde, internationaal gezien, in het winterhalfjaar de belangrijkste steltloper.

Naast voedselaanbod wordt het voorkomen van steltlopers bepaald door de aanwezigheid van een veilige plaats waar met hoog water kan worden

gerust. In sommige gevallen zijn ze zelfs bereid daarvoor vier maal per etmaal een grote afstand te vliegen. Kenmerkend voor een hoogwatervluchtplaats van Kanoetstrandlopers is: vrij zicht, grenzend aan water en weinig verstoring. Omdat in het noordelijk deel van de Oosterschelde dergelijke plekken schaars zijn, vliegen duizenden Kanoetstrandlopers naar het Grevelingenmeer. Bij Herkingen en Battenoord vinden deze vogels een plek die aan de eisen voldoet. Het open kale landschap met ondiepe oeverzones is dus van groot belang voor de Kanoetstrandlopers die foerageren in de Oosterschelde.

### 10.4 Het Grevelingenmeer: de redding voor kustbroedvogels?

Na een sterke afname in de periode 1979-1990 is de populatie kustbroedvogels (Kluut, Plevieren, Meeuwen en Sterns) in het Grevelingenmeer de laatste jaren vrij stabiel gebleven. Het Grevelingenmeer herbergt van veel soorten een aanzienlijk deel van de gehele Deltapopulatie (tabel 10.). De belangrijkste oorzaak van de afname was vegetatiesuccessie op de voormalige slikken en platen, en de daarmee samenhangende predatie. Deze verschijnselen zijn overigens een Deltabreed probleem en worden veroorzaakt door een gebrek aan natuurlijke dynamiek. Een belangrijk deel van alle kustbroedvogels broedt tegenwoordig in zoete gebieden (Haringvliet, Volkerakmeer). Door de opeenvolgende aanleg van nieuwe eilanden konden de vogels zich hier gedurende een reeks van jaren handhaven. Kenmerkend voor deze gebieden

| soort              | aantal | trend       | %deltapopulatie |
|--------------------|--------|-------------|-----------------|
| Noordse Stern      | 24     | toename     | 90              |
| Grote Stern        | 2884   | stabiel     | 90              |
| Stormmeeuw         | 240    | stabiel     | 40              |
| Strandplevier      | 54     | stabiel     | 24              |
| Kokmeeuw           | 3018   | stabiel     | 14              |
| Bontbekplevier     | 21     | stabiel     | 13              |
| Kluut              | 272    | stabiel     | 10              |
| Visdief            | 470    | stabiel     | 7               |
| Dwergstern         | 16     | fluctuerend | 5               |
| Zilvermeeuw        | 866    | onbekend    | 3               |
| Kleine Mantelmeeuw | 487    | onbekend    | 2               |
| Zwartkopmeeuw      | 3      | onbekend    | 1               |

Tabel 10.2. Aantal broedparen (gemiddelde over 1998-2000) en trend (t.o.v. 1995-1997) van kustbroedvogels in het Grevelingenmeer en het aandeel van de Deltapopulatie

is de tijdelijke geschiktheid voor kustbroedvogels als gevolg van vegetatiesuccessie.

Deze successie verloopt in zoute gebieden echter veel sneller dan in zoete gebieden. Aangezien de aanleg van nieuwe eilanden voltooid is, zullen de kustbroedvogels weer in toenemende mate zijn aangewezen op de zoute en brakke wateren in de Delta. Het Grevelingenmeer zou een belangrijke opvangfunctie kunnen krijgen voor de nu door vegetatiesuccessie snel wegvallende broedgebieden in ondermeer het Volkerrak-Zoommeer. Hiervoor zijn echter wel beheersmaatregelen noodzakelijk om voldoende geschikt habitat terug te krijgen. De twee grootste knelpunten voor het geschikt blijven van het Grevelingenmeer voor kustbroedvogels zijn vegetatiesuccessie en verstoring. Maatregelen die de oppervlakte geschikt broedhabitat voor kustbroedvogels kunnen vergroten zijn:

1. peilbeheer
2. gedurende de broedtijd uitscharen van vee
3. aanleg van schelpeneilanden
4. zonering van recreatie.

#### ad1. Peilbeheer

Kustbroedvogels broeden op kale tot schaars begroeide grond in open terreinen. Met een variabel peilbeheer zou de hoeveelheid kale grond kunnen toenemen en daarmee het oppervlakte broedhabitat voor kustvogels vergroten. (Zie ook intermezzo 'Wat is een natuurlijk peilbeheer' op pagina 12.)

#### ad2. Gedurende de broedtijd uitscharen van vee

Diverse gebieden in het Grevelingenmeer lijken op het oog zeer geschikt voor kustbroedvogels, maar toch zijn de aantallen klein of ze ontbreken totaal. Voorbeelden zijn delen van Dwars in den Weg, de Slikken van Flakkee en beide uiteinden van de Veermansplaat. Waarschijnlijk speelt intensieve betreding door vee hier een belangrijke rol.

Het gedurende de broedtijd uitscharen van vee in voor kustbroedvogels geschikte gebieden zou overwogen kunnen worden. Bij het Veerse Meer had een dergelijke maatregel een duidelijk positief effect op de aantallen kustbroedvogels (Middelplaten, Kwistenburg). Een hoge veedichtheid heeft ook een negatief effect op het broedsucces van kustbroedvogels. Op het Slik ten westen van Bat-tenoord en het Slik voor Dijkwater werd het broedsucces negatief beïnvloed doordat in het broedseizoen grote aantallen schapen (200 bij Bat-tenoord) in het gebied werden losgelaten. Op de Slikken van Bommenede veroorzaakten 25 koeien aanzienlijke verliezen onder de nesten en

jongen.

#### ad3. Aanleg van schelpeneilanden

In het Grevelingenmeer komen van nature een aantal schelpenbanken voor, ontstaan door opspoeling van dode schelpen. Deze schelpenbanken zijn belangrijke broedgebieden voor de kustbroedvogels. Met name de kwetsbare ('Rode Lijst') soorten zoals Kluut, Bontbekplevier, Strandplevier en Dwergstern broeden graag op dergelijke locaties. Het aanleggen van schelpeneilanden zal naar verwachting een gunstig effect hebben op de aantallen kustbroedvogels. Op eilanden zijn vogels minder kwetsbaar voor grondpredatoren zoals Bruine Rat, Hermelijn, Bunzing, Egel en Verwilderde Kat. Dat dergelijke projecten succesvol kunnen zijn, blijkt op de Slikken van Bommenede. Hier werd in 1998 een klein schelpeneiland aangelegd, waar in 2000 o.a. 25 paar Kluten, 2 paar Bontbekplevieren, 3 paar Strandplevieren, 10 paar Visdieven, 1 paar Noordse Sterns en 5 paar Dwergsterns tot broeden kwam. Plaatselijk kan door het graven van een geultje de schelpenbank worden geïsoleerd van het vasteland, zodat een eilandsituatie ontstaat.

#### ad4. Zonering recreatie

Uit onderzoek naar het broedsucces van kustbroedvogels kwam naar voren dat in diverse broedgebieden regelmatig verstoring optreedt door de aanwezigheid van recreanten, zoals op de (vrij toegankelijke) slikken ten westen van Battenoord. Ook werden regelmatig gebieden betreden waar een toegangsverbod geldt, zoals de Slikken van Bommenede en het Slik voor Dijkwater. Met name wandelaars met honden kunnen zeer verstorend zijn voor kustbroedvogels. Onderzoek heeft aangetoond dat vestiging van onder andere de



Grote sternkolonie



bedreigde Dwergstern en Strandplevier negatief wordt beïnvloed door aanwezigheid van recreanten in het gebied. Daar komt bij dat ook het broedsucces negatief beïnvloed wordt door de aanwezigheid van recreanten. Dus zowel het aantal broedparen als het broedsucces van kustbroedvogels in het Grevelingenmeer kan verhoogd worden door een goede zonering van de recreatie, uiteraard in combinatie met handhaving van de betredingsregeling. De grote kolonies van Grote Stern, Vissief en Kokmeeuw op de Hompelvoet hebben zich alleen kunnen handhaven door de permanente aanwezigheid van vogelwachters op de Hompelvoet, die tevens Markenje in de gaten houden.

### 10.5 Conclusies

Er wordt een opvallende afname gesignaleerd van twee soorten viseters, de Fuut en de Middelste Zaagbek. Dit is opmerkelijk omdat in andere bekens van het Deltagebied geen afname viel te bespeuren. Aangezien de aantallen van deze soorten ruim boven de internationale 1% norm zitten, is het belangrijk om gedegen onderzoek te doen naar de oorzaak van deze afname, bij voorkeur door een gericht visonderzoek.

Een positieve ontwikkeling is de opkomst van de Kleine Zilverreiger. Een soort die foerageert in ondiep visrijk water. Dat de Kleine Zilverreiger het ondiepe water van de Grevelingen waardeert is een goed teken voor de kwaliteit van het ecosysteem van het ondiepe water.

Verder is de Grevelingen van groot belang voor de Kanoet. Tijdens hoogwater in de Oosterschelde vinden duizenden Kanoeten een veilige rustplek grenzend aan het water. In het Grevelingenmeer vinden ze die rustplaatsen bij Battenoord/Herkingen en bij de Slikken van Flakkee (zuid).

De laatste jaren zijn de aantallen kustbroedvogels in het Grevelingenmeer gestabiliseerd. Een viertal maatregelen zou de waarde van de Grevelingen voor de kustbroedvogels nog verder kunnen laten toenemen:

1. peilbeheer
2. inscharen vee tijdens broedperiode
3. aanleg schelpeilanden
4. verdere zonering recreatie.

Het nemen van maatregelen is geen luxe maar is van grote betekenis voor de populatie kustbroedvogels in het Deltagebied. Het Grevelingenmeer zou door deze maatregelen een belangrijke op-

vangfunctie kunnen krijgen voor de nu, door vegetatiesuccessie, snel wegvallende broedgebieden in onder meer het Volkerakmeer.



Grote Stern met jong

# 11 Recreatie op en rond de Grevelingen

## 11.1 Recreatie

Een zomerse dag aan het Grevelingenmeer: het is gezellig druk langs de Brouwersdam. Op het strand zie je spelende kinderen en iets verderop zijn surfers in de weer. Aan de andere kant van de dam schuiven zeilboten en catamarans voorbij. Een groepje duikers maakt zich op om de anemonen, sponzen en schelpdieren op de bodem te gaan bekijken.

Ieder jaar trekt het Grevelingenmeer ruim twee miljoen bezoekers, niet alleen uit Nederland, maar ook uit Duitsland, België en Frankrijk. Bijna de helft van deze bezoekers is actief als watersporter, anderen bezoeken een van de recreatieterreinen rond het meer. Vooral de Grevelingendam, de Brouwersdam en het surfgebied bij de Kabbelaarsbank zijn erg in trek.

Natuurlijk is het weer van invloed op het totale aantal bezoekers, maar is door de jaren heen toch tamelijk stabiel. De watersporters en dagrecreanten geven, zo is in 1997 becijferd, gemiddeld per dag een bedrag uit van ongeveer \_ 13,60 (fl. 30,-). Daarmee vormen zij voor de regio een aantrekkelijke bron van inkomsten.

Een aantal vormen van recreatie mag zich in toenemende populariteit verheugen, mede dankzij de inspanningen van het Natuur- en Recreatieschap. Zo heeft men op enkele duiklocaties grote betonnen ballen laten afzinken als een soort kunstmatige riffen. Daarnaast zijn in samenwerking met de omliggende gemeenten steeds meer fietspaden aangelegd. Nog even en je kunt op de fiets een toeristisch 'rondje' maken om het Grevelingenmeer.

## 11.2 Genieten op het water

De Grevelingen heeft watersporters veel te bieden. Van de 11.000 ha is 7000 ha dieper dan 1,5 meter en dus bevaarbaar voor de meeste boten. In het gebied bevinden zich tien jachthavens. Zeven daarvan zijn eigendom van een watersportvereniging, de overige worden commercieel geëxploiteerd.

Het aantal ligplaatsen is al een aantal jaren onge-

wijzigd en bedraagt ongeveer 3800. De komende jaren is echter een uitbreiding te verwachten tot een maximum van 5400. Die groei zal vooral plaatsvinden bij de jachthaven Bruinisse (800 extra plaatsen), de Marina Port Zélande (200 plaatsen) en Herkingen Marina (180).

Je kunt met je boot ook terecht bij een van de vijftien openbare aanlegplaatsen, die in beheer zijn bij het Natuur- en Recreatieschap. Om te voorkomen dat de watersporters de openbare aanlegplaatsen als vaste ligplaats gaan gebruiken en ook dat de mooiste plekjes steeds door dezelfde mensen worden bezet, geldt wel een maximale ligtijd van drie dagen. Daarna moet je minstens 1 kilometer ver-  
kassen.

De gebruikers van een openbare ligplaats betalen een gering bedrag, namelijk \_ 9,05 voor een week of \_ 36,30 voor het hele seizoen. Voor dat geld mogen ze ook gebruik maken van de voorzieningen die het Natuur- en Recreatieschap op veel plaatsen heeft aangebracht in de vorm van toiletten en afvalcontainers.

## 11.3 Ook catamaran en surfplank zijn populair

De laatste jaren zie je op het Grevelingenmeer steeds meer catamarans. Op de Punt van Goeree, bij jachthaven den Osse en op het strand aan de Grevelingendam vind je catamaranverenigingen. Ook het windsurfen heeft in de Grevelingen een vaste plaats verworven. Hiervoor kun je zowel terecht aan de Grevelingen- als aan de Brouwersdam.

De laatste jaren ondervinden de surfers wel veel overlast van de Japanse oester, die voor ernstige verwondingen kan zorgen. Deze oester werd door oesterkwekers geïntroduceerd toen de platte Zeeuwse oester ten prooi viel aan een ernstige ziekte (zie ook hoofdstuk 5.3.1). Om de surfers te beschermen liet het Natuur- en Recreatieschap in 2001 ruim 400 ton oesters wegvissen en besloot men hier voortaan ieder jaar actie op te ondernemen.

Een andere bron van overlast voor surfers en



anderen vormen de snelle watersporters. Deze laatsten worden daarom in de Grevelingen slechts in enkele beperkte gebieden toegelaten.

#### 11.4 Grevelingen: unieke duiklocatie

Het aantal sportduikers is de laatste jaren flink gestegen. Waren er in 1983 nog maar 5000 mensen met een duikvergunning voor de Zeeuwse wateren, in 1995 was dit aantal al tot 33.000 gestegen. Anno 2002 gaat het al om meer dan 40.000 duikers met zo'n vergunning. De vergunninghouders zijn niet alleen uit Nederland afkomstig, maar voor een flink deel ook uit België en Frankrijk.

Naar schatting worden er in het Grevelingenmeer jaarlijks zo'n 165.000 duiken door persluchtduikers gemaakt. Dat doen zij vooral in de weekeinden van het zomerhalfjaar. Aangezien er maar zo'n tien interessante en goed bereikbare duiklocaties zijn, is het er dan ook af en toe 'file-duiken'. Waarom is het Grevelingenmeer zo'n populaire duikbestemming, ondanks het feit dat het minder soorten op het harde substraat heeft te bieden dan de Oosterschelde? Daar zijn vier belangrijke redenen voor.

Ten eerste is de soortensamenstelling zeer specifiek en afwijkend en is daarmee een erg interessant onderwerp.

In de tweede plaats ligt het meer dicht bij de Randstad, waar veel sportduikers wonen.

De derde reden is dat het meer geen getij kent en daarmee nauwelijks stroming heeft, zodat er op elk moment van de dag gedoken kan worden.

Tot slot is het water doorgaans helderder dan de Oosterschelde; goed zicht onder water is plezierig voor de sportduiker.

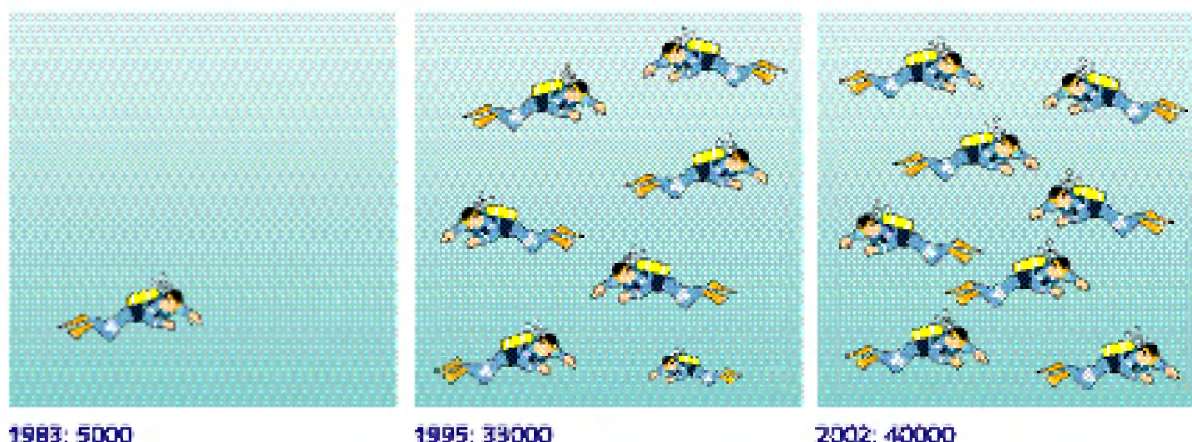
#### 11.5 Sportvisserij stelt niet veel meer voor

De sportvisserij in de Grevelingen is al heel lang over zijn hoogtepunt heen. Direct na de afsluiting schatte men het aantal mensen dat ieder jaar een dagje kwam vissen nog op rond 250.000. Dat aantal bedraagt op dit moment nog slechts enkele tienduizenden. Dat komt vooral doordat de platvisstand in de jaren 70 van de vorige eeuw aanzienlijk is teruggelopen: door bevissing, maar ook door natuurlijke sterfte en doordat er bijna geen vis meer vanuit zee het meer in kon.

Er zijn nog wel sportvisserij maar die gaan meestal met een bootje het water op om aan de rand van de geulen te gaan vissen. Door de ondiepe oevers die tientallen tot honderden meters het water in gaan, is vissen vanaf de oever over het algemeen niet goed mogelijk in het Grevelingenmeer.

#### 11.6 Oever- en strandrecreatie blijft in trek

Ruim de helft van de recreanten op en aan het Grevelingenmeer maakt gebruik van een van de recreatieterreinen. In totaal gaat het om 1,1 miljoen dagbezoeken per jaar en dat aantal is evenals dat voor watersporters al een aantal jaren vrij stabiel. Veel van de bezoekers zijn afkomstig van de verblijfsrecreatieterreinen in de omgeving en vanuit de meesten van hen komen met de auto. In de praktijk worden de recreatieterreinen buiten een klein aantal topdagen amper gebruikt. Daarom onderzoekt het Grevelingschap de mogelijkheid om de terreinen ook voor andere doeleinden te gaan gebruiken, bijvoorbeeld als overnachtingsaccommodatie of als evenemententerrein.



Figuur 11.1: Toename van het aantal duikers in de Delta

### 11.7 Fietsmogelijkheden nemen toe

Op zich zijn de mogelijkheden om langs het Grevelingenmeer te wandelen en te fietsen als gevolg van de structuur en de grootschaligheid van het gebied beperkt. De laatste jaren is echter sprake van belangrijke verbeteringen, doordat de omliggende gemeenten meer routes hebben aangelegd. Ook wordt gewerkt aan een fietspadenstructuur die de gehele Grevelingen omsluit. Interessant voor fietsers en wandelaars is verder de totstandkoming in 1998 van een fiets-voetveer tussen Brouwershaven en de Slikken van Flakkee. Dit veer vervoert per jaar zo'n 2500 passagiers.

### 11.8 Natuurrecreatie in de lift

Ook voor natuurrecreatie biedt het Grevelingengebied veel mogelijkheden. Het Natuur- en Recreatieschap heeft een bezoekerscentrum op De Punt van Goeree, midden in een fraai natuurgebied. Van hieruit zijn wandelroutes uitgezet door de duinen, het bos en langs duinmeertjes. Ook kan men een kijkje nemen in de vogelobservatiehut. Het bezoekerscentrum trekt jaarlijks zo'n 35.000 bezoekers.



Staatsbosbeheer tenslotte organiseert in het zomerseizoen natuurexcursies naar de zuidelijke Slikken van Flakkee. Hier grazen Fjordenpaarden en Heckrunderen en verder treft men er ook reeën aan. Deze excursies vinden uitsluitend plaats in het zomerseizoen, omdat de slikken een belangrijk broedgebied vormen voor talrijke weide- en watervogels. Verder is het 's winters een belangrijke pleisterplaats en rustgebied voor duizenden wilde ganzen.

### 11.9 Conclusies

Het geheel overziend is er op het gebied van de waterrecreatie in de Grevelingen al een aantal jaren sprake van een stabiele situatie. De belangrijkste ontwikkelingen betreffen de toegenomen populariteit van het duiken en de grotere mogelijkheden voor de fietser. In de nabije toekomst lijkt er, afgezien van een beperkte toename van het aantal ligplaatsen voor zeil- en motorboten, niet heel veel te veranderen.





# 12 Toetsing aan het beleid

De onderzoeken die beschreven staan in dit Bekkenrapport hebben een schat aan informatie opgeleverd over het Grevelingenmeer en het functioneren van het aquatische ecosysteem in het bijzonder. Er is een beeld geschetst van de ontwikkelingen in de afgelopen vijf jaar en er is meer inzicht ontstaan over de richting waarin het systeem zich ontwikkelt. Om na te gaan of deze ontwikkelingen de goede richting op gaan moet een toetsing plaatsvinden aan het beleid. Na een beschrijving van de huidige situatie van het meer en het beleid, volgt de toetsing. Naast het streefbeeld is er ook getoetst aan de nieuwe beleidslijnen, zoals deze in de Vierde Nota Waterhuishouding staan.

## 12.1 De Grevelingen door de ogen van de onderzoeker

Het algemene beeld van het Grevelingenbekken is dat het een oligotroof meer is met helder zout water, een stagnant peil en een, vooral voor een oligotroof meer, hoge biomassa aan bodemdieren. De waterkwaliteit voldoet op TBT na aan de meeste normen en de verwachting is dat de TBT concentraties binnen afzienbare tijd ook onder de norm komen. Alleen bij de zeer scherpe streefwaarden geldt voor een aantal stoffen nog een overschrijding. Voor al deze stoffen geldt echter dat ze een positieve trend laten zien in de richting van de streefwaarde. Een belangrijke kwaliteit van het meer is de grote hoeveelheid ondiep water en het grote areaal met natuurlijke oeverbegroeiing dat zonder beheer tot stand is gekomen. De Kleine Zilverreiger is in opkomst, de aantallen kustbroedvogels zijn gestabiliseerd en grote aantallen Kanoestrandlopers vinden een veilige rustplek in het Grevelingenmeer. Tenslotte gaan natuur en recreatie over het algemeen goed samen op en rond het meer. De oevers zijn op twee plekken na voldoende verdedigd.

Naast dit algemene beeld, dat overwegend positief is, staan toch ook een aantal wat verontrustende ontwikkelingen. Het meer is nog steeds erg helder, maar het doorzicht is wel afgenomen van 5 naar 2 meter gedurende het laatste decennium. Er is een opvallende afname van de Fuut en de Middelste Zaagbek. Soorten die boven de internationale 1% norm zitten. Het Zee gras, met zijn karakteristieke

flora en fauna, is geheel verdwenen. Ook bij de bodemdieren vallen een aantal veranderingen op. De commerciële schelpdieren, zoals de platte oester, mossel en kokkel nemen snel in aantal af en lijken te verdwijnen uit het systeem. Verder is er sprake van de introductie van een aantal soorten die zich juist weer erg sterk ontwikkelen. Zo zijn er zakpijpen in opkomst die op bepaalde diepten grote delen van het hardsubstraat overwoekeren. Ook de Japanse oester en de korfschelp nemen bijvoorbeeld in aantal toe. De korfschelp is een soort die vaak wordt aangetroffen in vervuilde en slibrijke bodems in havens en wordt daarom wel beschouwd als een indicator voor slechte omstandigheden. De Japanse oester vormt oesterbanken met hoge dichtheden. Op plekken waar veel gesurft wordt veroorzaakt hij soms ook overlast doordat surfers zich open kunnen halen aan de scherpe randen van de schelpen. Op deze plekken worden de oesters de laatste jaren om die reden weggevisd. Het meer is nog mooi, heeft veel te bieden, maar verloor ook belangrijke aspecten of zag deze achteruitgaan. Het meer is nog steeds kwetsbaar.

## 12.2 Beleid

Voor het Grevelingenmeer is het streefbeeld vastgelegd in het Regionaal Beheersplan Nat. Een beschrijving van het streefbeeld staat in paragraaf 1.7. Dit streefbeeld sluit niet meer aan bij het veranderde waterbeleid zoals dat beschreven staat in de Vierde Nota Waterhuishouding en de Nota Waterbeheer in de 21ste eeuw. Vandaar dat voor dit Bekkenrapport ook getoetst wordt aan deze nieuwe beleidslijnen.

De belangrijkste nieuwe beleidslijnen gericht op het herstel van natuurlijke processen zijn:

- meer uitwisseling met omliggende wateren
- natuurlijk verloop peilfluctuaties
- herstel natuurlijke, geleidelijke overgangen.

## 12.3 Toetsing aan het beleid

De situatie in het Grevelingenmeer voldoet op veel punten aan het streefbeeld, zoals te lezen valt in tabel 12.1. Zo is bijvoorbeeld de helderheid voldoende en de stikstof- en fosfaatnormen worden gehaald, net als de schelpdierwaterkwaliteit.

| streefbeeld                                                                                                                                                | de huidige situatie                                                                                                                                                                                                                    | aanbeveling                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Helder water                                                                                                                                               | Het water is nog erg helder, maar de helderheid is de afgelopen vijf jaar van 5 naar 2 meter afgenomen.                                                                                                                                | Onderzoek naar de oorzaak van de afname is belangrijk, omdat het doorzicht een kernkwaliteit is van het meer en een grote rol speelt in het functioneren van het ecosysteem. |
| Hoog zoutgehalte                                                                                                                                           | Hoog zoutgehalte                                                                                                                                                                                                                       | Streefbeeld aanpassen omdat een hoog zoutgehalte waarschijnlijk het zeegras heeft doen verdwijnen.                                                                           |
| Matig voedselrijk meer zonder overmatig algengroei in het voorjaar                                                                                         | Overmatige algengroei heeft zich niet voorgedaan en het meer is matig voedselrijk tot voedselarm.                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                              |
| Weinig toxische algen                                                                                                                                      | Er zijn geen opvallende incidenten geweest van toxische soorten.                                                                                                                                                                       | De tekst in het streefbeeld is moeilijk te toetsen. De beschrijving moet gekwantificeerd worden.                                                                             |
| Hoge diversiteit flora en fauna                                                                                                                            | De diversiteit van de bodemfauna is zelfs verhoogd door de opening van de spulsluis.                                                                                                                                                   | Beschrijf ook de bodemdierengemeenschap in het streefbeeld. De ontwikkelingen bij de bodemdieren zijn enigszins verontrustend en vergen aanvullend onderzoek.                |
| Zeegras areaal niet kleiner dan in 1997                                                                                                                    | Het zeegras is geheel verdwenen.                                                                                                                                                                                                       | Onderzoek de mogelijkheden om het zoutgehalte in het meer te verlagen.                                                                                                       |
| Veel vissoorten dankzij het zeegras                                                                                                                        | Het zeegras is verdwenen en over het lot van de vissen zijn geen onderzoekgegevens. Wel is er een afname van twee soorten winterende watervogels. Dit zou te maken kunnen hebben met veranderingen in de beschikbaarheid van de visen. | Onderzoek uitvoeren naar de vistand gericht op de afname van de fuut en de middelste zaaibek.<br>Via vangstgegevens van beroepsvissers lichte verspreiden in de peilstand.   |
| De oeverzone zou breed, open en bovengrondig zijn met zuittolerante vegetaties die langzaam overgaan in meer graauze vegetaties van zoetwater landplanten. | De oeverzone is ondanks de woortschrijden de succesie nog breed en open. De begrazing speelt hierbij een belangrijke rol. De zoutwaterplanten zone wordt langzaam smakter.                                                             | Gezien de waarde van de zone met zoutwaterplanten zou het goed zijn om het behoud van deze zone expliciet op te nemen in het streefbeeld.                                    |
| De oevers zijn goed verdedigd.                                                                                                                             | Op twee plekken na zijn de oevers goed verdedigd. De Sluizen van Flakkee had 80 ha afslag en de Voormerplaat 30 meter in vijf jaar.                                                                                                    | Aanvullende verdediging lijkt wettelijk maar dit heeft een negatief effect op het areaal ondiep water. De beheerder zal de afweging moeten maken.                            |
| Ondiep water mag niet minder worden.                                                                                                                       | Het areaal ondiep water is zelfs toegevoegd.                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                              |
| De MTR-normen voor waterkwaliteit worden gehaald.                                                                                                          | De MTR-normen zijn gehaald op PCB en TBT na. TBT wordt echter alleen in de havens gemeten en niet in het meer.                                                                                                                         | Om de invloed van TBT op het functioneren van het ecosysteem te bepalen zou de concentratie van TBT in het meer onderzocht moeten worden.                                    |
| Hooguit 5% van het bodemoppervlak is zuurstofloos.                                                                                                         | In 1999 en in 2001 was als gevolg van sedimentatie van een algenbloei ( <i>Phaeocystis</i> ) uit de Voordelta het zuurstofloos oppervlak korte perioden tussen de 7 en 8%.                                                             | Nader onderzoek is gewenst naar de voors en tegens van oplossingen zoals het sluiten van de Brouwerssluis tijdens een algenbloei of het achteraf weghalen van het slib.      |
| De spronglaag is dieper dan 15 meter.                                                                                                                      | Tijdens de <i>Phaeocystis</i> bloei in 1999 en 2001 zat de spronglaag rond de 15 meter.                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                              |

Tabel 12.1: Het streefbeeld getoetst aan de ontwikkelingen van 1996 - 2001

Knelpunten zijn er voor het Zeegras dat in het streefbeeld een prominente plaats heeft, maar in de praktijk op dit moment geheel uit het meer is verdwenen. Het meer is nog steeds helder en dat voldoet aan het streefbeeld, echter de afname is zo sterk dat het niet zeker is dat dit zo blijft. In het streefbeeld wordt niet ingegaan op de bodemfauna als aparte doelgroep. Het enige waar twijfels over zijn, is de weerbaarheid en stabiliteit van het systeem. Fysisch-chemisch lijkt het goed te gaan met

het systeem, maar de ecologische veranderingen zijn enigszins verontrustend en kunnen duiden op instabiliteit en kwetsbaarheid. Daarom is het belangrijk de nieuwe beleidslijnen te volgen en te toetsen. Deze zijn er namelijk juist op gericht om de natuurlijke stabiliteit en weerbaarheid terug te brengen. In de volgende paragrafen worden de drie beleidslijnen uit 12.2 getoetst aan de hand van de inzichten die dit bekkenrapport heeft opgeleverd.



### 12.3.1 Meer uitwisseling met omliggende wateren

Met het openstellen van de spuisluis in 1999 is meer uitwisseling met een omliggend water gecreëerd, namelijk de Noordzee en is een iets natuurlijker situatie bereikt. Door het openstellen van de spuisluis in het voorjaar en de zomer is, zoals verwacht, de diversiteit van de onderwaterfauna in het deel van het meer dicht bij de sluis toegenomen. De invloed op de stratificatie lijkt positief te zijn. Een nadeel van het openstellen van de spuisluis is de vergroting van het zuurstofdeficiëntie probleem als gevolg van het binnenlaten van een *Phaeocystis* bloei.

Het spuibeheer is aangepast om de uitwisseling van het Grevelingenmeer met de Noordzee te vergroten. Vanaf 1999 is de spuisluis ook in de zomer open. De beheerder wilde hiermee de weerbaarheid van het systeem vergroten. Het Grevelingenmeer wordt als het ware gebufferd (gestabiliseerd) door de Noordzee. Er is lang gewacht met deze maatregel, omdat men bang was dat de mate van stratificatie en daarmee het areaal zuurstofloos oppervlak in het Grevelingenmeer zou toenemen. In de praktijk en uit modelberekeningen die van tevoren waren uitgevoerd, bleek de uitwisseling met zuurstofrijk water vanuit de Noordzee vooral positieve effecten te hebben op de zuurstofconcentraties in de diepe putten en dan vooral in de zomerperiode wanneer het warme zuurstofrijke water vanuit de Noordzee voor snelle verversing zorgt. Tijdens een *Phaeocystis* bloei kan echter ook veel organisch materiaal binnengelaten worden, wat een negatief effect heeft op het totale areaal zuurstofloos oppervlak in het Grevelingenmeer. Door de spuisluis gedurende een *Phaeocystis* bloei maximaal zes weken gesloten te houden, kunnen deze algen buiten de deur worden gehouden. Men moet dan wel onderzoeken wat het effect is van het sluiten van de sluis op de ontwikkeling van zuurstofloos oppervlak in het Grevelingenmeer. De termijn sinds de openstelling is nog kort, maar toch zijn er al een aantal waarnemingen van soorten die voor 1999 niet in het meer voorkwamen. Het gaat dan bijvoorbeeld om soorten die als larve in mei vanuit de Noordzee door de sluis komen. Er zijn duidelijk positieve effecten op de biodiversiteit; de diversiteit van de onderwaterfauna in het deel van het meer dicht bij de sluis is toegenomen.

### 12.3.2 Natuurlijk verloop peilfluctuaties

Op dit moment wordt er een vast peil gehanteerd in het Grevelingenmeer en staat een fluctuerend peilbeheer ter discussie (zie hoofdstuk 12). Een fluctuerend peilbeheer heeft meerwaarde

voor met name broedvogels en op het behoud en wellicht iets vergroten van de zone met zoutwatervegetatie, doordat successie geremd wordt.

Echter, zelfs met dit peilbeheer zou er absoluut nog geen sprake zijn van een natuurlijke peilfluctuatie. Daarbij is het de vraag hoe een natuurlijk peilbeheer er uit zou moeten zien en of dat in het Grevelingenmeer een reële optie is. Belangrijke aspecten bij de beantwoording van deze vraag zijn de meerwaarde ervan voor het functioneren van het gehele ecosysteem, de praktische problemen voor de recreatie, de kosten en de gevolgen voor overige gebruiksfuncties.

### 12.3.3 Herstel natuurlijke zoet-zout overgang

In de huidige situatie is er geen natuurlijke geleidelijke overgang van zoet naar zout water in het Grevelingenmeer. Waarschijnlijk is dit de oorzaak van het verdwijnen van het Zeegras en dat deel van het ecosysteem dat daarbij hoort.

Aangezien het verdwijnen van het Zeegras waarschijnlijk te maken heeft met het te hoge zoutgehalte, zou het herstel van natuurlijke geleidelijke zoet-zout overgangen aan te bevelen zijn.

Daarnaast zorgt een kleine verlaging van het zoutgehalte in het hele meer ervoor dat het meer een logischer onderdeel uitmaakt van het traject van rivieren naar zee. De terugkeer van het Zeegras en het erbij horende ecosysteem zou de diversiteit en de stabiliteit binnen het Grevelingenmeer doen toenemen. Dit is de weerbaarheid waarover het streefbeeld spreekt.

Op korte termijn lijkt het inbrengen van zoet water vanuit het Krammer-Volkerak een goede oplossing om een zoet-zout gradiënt in het Grevelingenmeer te creëren. Wellicht kan de bestaande hevel voor dit doel aangepast worden. Het in gebruik nemen van de hevel in de huidige stand zou in relatie tot het vernieuwde streefbeeld geen meerwaarde opleveren, omdat er dan zout water vanuit de Oosterschelde binnenkomt, wat geen herstel van de natuurlijke situatie inhoudt. Onderzocht zou moeten worden hoe het gebruik van de hevel, in combinatie met een doordacht spuibeheer, de doorstroming van het Grevelingenmeer kan bevorderen. In dit onderzoek moet ook bekeken worden of hierbij een zoetwaterbel zou kunnen ontstaan en wat daarvan de nadelige gevolgen zijn op de ontwikkeling van stratificatie en de bodemorganismen.

# Bronnen

## Hoofdstuk 1: Gebiedsbeschrijving Grevelingenmeer

- Rijkswaterstaat Directie Zeeland (2000) **Nota Regionale Uitwerking NW4 Rijkswaterstaat Zeeland**
- G. Wattel (1996) **Grevelingenmeer: uniek maar kwetsbaar**, rapport RIKZ-96.014, ISBN nr. 90-369-0395-5, RIKZ
- Nelie Houtekamer (1999) **Waterbeheersplan Grevelingenmeer 1999-2000**, RWS Directie Zeeland
- Beleidsplan 1998-2008 **Natuur- en recreatieschap de Grevelingen**
- J. Visser (1995) **Het Grevelingenmeer, natuurlijk ingericht** Flevovericht nr. 378, juni 1995, ISBN nr. 90-369-1142-7 RWS Directie IJsselmeer-gebied

## Hoofdstuk 2: De waterhuishouding

- Wattel, G. (2002) **Belastingen en onttrekkingen van het Grevelingenmeer**, Werkdocument RIKZ/AB/2002.817x, RWS, RIKZ

## Hoofdstuk 3: Stratificatie en zuurstofdeficiëntie

- Wijsman, J.W.M. (2002) **Stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer**, Werkdocument RIKZ/AB/2002.819x, RWS, RIKZ
- Kluijver M.J. de en M. Dubbeldam (2002) **De effecten van een nieuw spuieregime**, Rapport 1777a, Aquasense

## Hoofdstuk 4: Organismen van het harde substraat

- De Kluijver, M.J. (2002) **De Sublitorale hard-substraat levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer**, Aquasense Rapport 1777b
- Gmelig Meyling A.W. et al (2002) **Het Grevelingenmeer door een duikbril**, Stichting Anemoon

## Hoofdstuk 5: Organismen van het zachte substraat

- Schaub, B.E.M., Van Oevelen, D., Sijstermans, W.C.H. Rietveld, M. Herman, P.M.J. Hummel, H.H. (2002) **Veranderingen in de samenstelling van het macrobenthos van de Grevelingen (periode 1990-2000) en de mogelijke oorzaken**, NIO O-CEMO nr. 2002-01

## Hoofdstuk 6: Fytoplankton, van bloei tot bloei

- AquaSense (2002) **Datarapport Grevelingenmeer 1990-1999**, in opdracht van RIKZ. Rapportnummer: 1916.
- Tripos (1997) **EM-onderzoek aan Chrysodromulina spec. uit de Grevelingen**, in opdracht van RWS, Directie Zeeland, Rapportnummer 97.T0025

- Lassus, P. (1998) **Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes**, IFREMER, Plouzané
- Moestrup, Ø. & Larsen, J. (1992) **Potentially toxic phytoplankton 1. Haptophyceae (Prymnesiophyceae)**. ICES Identification Leaflets for Plankton, Leaflet No. 179

## Hoofdstuk 7: De verloren waarden van het Zeegras

- Wijgengangs, L.J.M. en D.J. de Jong (1999) **Een ecologisch profiel van Zeegras**, RIKZ en KUN

## Hoofdstuk 8: Slikken van Flakkee

- Pluijm, A.M. van der & D.J. de Jong (2002) **Vegetatieontwikkeling op de Slikken van Flakkee (Grevelingen) 1972-2001 (Concept)**

## Hoofdstuk 9: Problemen met oeverafslag

- Nijssen, A. (2002) **Oeverontwikkelingen in het Grevelingenmeer over de periode 1990-2001**, Werkdocument RIKZ/AB/2002.816x, RWS, RIKZ

## Hoofdstuk 10: De vogels in en om de Grevelingen

- Meininger P.L., Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. (1999) **Kustbroedvogels in het Deltagebied: een terugblik op twintig jaar monitoring (1979-1998)**, Rapport RIKZ-99.025, RIKZ
- Meininger P.L., Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. (2000) **Kustbroedvogels in het Deltagebied in 1999**, Rapport RIKZ/2000.023 en **Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2000**, RIKZ/2001.015, RIKZ

## Hoofdstuk 11: Recreatie op en rond de Grevelingen

- Beleidsplan 1998-2008 **Natuur- en recreatieschap de Grevelingen**
- Stichting KIC Recreatie(2001) **Cijfermateriaal boven water**
- Natuur- en Recreatieschap de Grevelingen **Jaarverslagen van 1998 en 2000**
- Rijkswaterstaat Directie Zeeland (1999) **Waterbeheersplan Grevelingenmeer 1999-2003**, RWS Directie Zeeland
- Gesprek met dhr. J. van de Hoef, plv. directeur Natuur- en Recreatieschap de Grevelingen; 2002
- Gesprek met mw. R. Bout, coördinator, en dhr. H. Botterweg, contactpersoon Grevelingen, van het Breed Overleg Deltawateren, 2002

## Hoofdstuk 12: Toetsing aan het beleid

- Rijkswaterstaat Directie Zeeland (2000) **Nota Regionale Uitwerking NW4 Rijkswaterstaat Zeeland**
- **4de Nota Waterhuishouding**
- **Regionaal beheersplan nat**