



# **Grevelingenmeer: uniek maar kwetsbaar**

**De ontwikkelingen in de periode 1990-1995**

G. Wattel

Rapport RIKZ-96.014  
april 1996

ISBN nr. 90-369-0395-5



# Inhoud

Voorwoord	7
Samenvatting	9
1. Inleiding	13
2. Gebiedsbeschrijving	15
3. Overzicht huidige beheer	17
3.1 Waterbeheer	17
3.2 Gebiedsbeheer	18
4. Belastingen en onttrekkingen	19
4.1 De waterbalans	19
4.2 Polderlozingen en neerslag	19
4.2.1 Kwantitatief	20
4.2.2 Kwalitatief	21
4.3 Sluizen	22
4.3.1 De Brouwerssluis	22
4.3.2 De Grevelingensluis	23
5. Fysische- en chemische kenmerken	25
5.1 Fysische toestand van het meer	25
5.2 Peilverloop	26
5.3 Chloride	27
5.4 Zuurstof	28
5.5 Nutriënten	29
5.6 Stratificatie	32
5.7 Zuurstofarm en zuurstofloos bodemoppervlak	33
5.7.1 <i>Risico's in de zomer van 1994</i>	34
5.7.2 <i>Nutriëntenconcentraties bij de bodem</i>	35
5.8 Toxicanten	36
5.8.1 <i>Zware metalen</i>	36
5.8.2 <i>Organische microverontreinigingen</i>	38
5.8.3 <i>Organotinverbindingen (TBT)</i>	40
5.9 Bodemsamenstelling en de kwaliteit daarvan	41
5.10 Oevers	43
6. Biologie	47
6.1 Fytoplankton	47
6.1.1 <i>Soortensamenstelling van het fytoplankton</i>	47
6.1.2 <i>Productie van het fytoplankton</i>	48
6.2 Zoöplankton	49
6.3 Bodemdieren en wieren	49
6.3.1 <i>Zachtsub levensgemeenschappen</i>	50
6.3.2 <i>Hardsub levensgemeenschappen</i>	52
6.4 Groot zeegras ( <i>Zostera marina</i> ).	57
6.5 Vegetatie op de oevers beïnvloed door het waterpeil	59
6.6 Vissen	60

6.7	Vogels	61
6.7.1	<i>Watervogels</i>	61
6.7.2	<i>Broedvogels</i>	63
7.	<b>Functies en doelstellingen</b>	67
7.1	Toetsing waterkwaliteitsdoelstellingen	67
7.1.1	<i>Zwemwater</i>	67
7.1.2	<i>Schelpdierwater</i>	67
7.2	Visserij	67
7.3	Recreatie	68
7.3.1	<i>Effecten van recreatie op natuurwaarden</i>	71
7.4	Ecologisch functioneren	74
7.5	Milieugebruiksruimte	74
8.	<b>Aanbevelingen</b>	77
9.	<b>Synthese</b>	79
10.	<b>Literatuur</b>	85

## Bijlagen en figuren

---

### Bijlagen

- Bijlage 1. Verloop van P, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, Si, Chlf-a en watertemperatuur. Meetpunt GM40, periode 1980 t/m 1994.
- Bijlage 2. Maandgemiddelde concentraties van P, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, Si, Chlf-a en watertemperatuur. Meetpunt GM40, periode 1980 t/m 1994.
- Bijlage 3. Trendverloop berekend uit kwartaalgemiddelden. Meetpunt GM40, periode 1980 t/m 1994.
- Bijlage 4. Berekening zuurstofloos bodemoppervlak.
- Bijlage 5. Waarnemingen van palingvissers en duikers.
- Bijlage 6. Figuren STRESS-simulaties.
- Bijlage 7. Meeuwen als opruimers na vissterfte.
- Bijlage 8. Broedende Strandplevieren op de Slikken van Flakkee Zuid in 1995.
- Bijlage 9. Lijst met afkortingen.

### Figuren

- Figuur 2.1 Situatie Grevelingenmeer met lokaties routine-meetpunten.
- Figuur 3.1 Overzicht van de weken waarin Noordzeewater via de Brouwerssluis werd ingelaten. Periode 1989-najaar 1995.
- Figuur 4.1 Waterbalans Grevelingenmeer. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 4.2 Polderwater, afstroming oeverlanden en neerslag op het Grevelingenmeer. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 4.3 Polderwateruitslag op het Grevelingenmeer. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 4.4 Stikstof belasting door polderlozingen. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 4.5 Fosfaat belasting door polderlozingen. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 4.6 Inlaatdebieten per maand via de Brouwerssluis. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 4.7 Inlaatdebieten en chloridegehalten BG8 in de maat april 1994.
- Figuur 4.8 Aantal schuttingen per maand van de Grevelingensluis. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 5.1 Maandgemiddeld peilverloop Grevelingenmeer in cm. t.o.v. NAP. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 5.2 Daggemiddelde waterstanden maart t/m juni in cm. t.o.v. NAP. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 5.3 Verloop van de chlorideconcentraties op GM40 in g Cl /l. Periode 1980 t/m 1994.

- Figuur 5.4 Verloop van de zuurstofconcentraties op GM40 in mg O<sub>2</sub>/l. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 5.5 Verloop van de chlorofylconcentraties op GM40 in g/l. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 5.6 Verloop van de siliciumconcentraties op GM40 in mg/l. Periode 1980 t/m 1994.
- Figuur 5.7 Voorbeeld van stratificatie veroorzaakt door een temperatuur- en zoutgradiënt.
- Figuur 5.8 Maximaal percentage zuurstofloos en zuurstofarm bodemoppervlak per jaar.
- Figuur 5.9 Ontwikkeling zuurstofloos bodemoppervlak in 1994 en 1995.
- Figuur 5.10 Slibgehalte bodem Grevelingenmeer.
- Figuur 5.11 Particulair organisch koolstofgehalte (POC) bodem Grevelingenmeer.
- Figuur 5.12 Kalkgehalte (CaCO<sub>3</sub>) bodem Grevelingenmeer.
- Figuur 5.13 Mediane korrelgrootte bodem Grevelingenmeer.
- Figuur 6.1 Het verloop van de Si/N-ratio en de concentratie silicium en opgelost anorganisch stikstof (DIN) op GM40 in 1993.
- Figuur 6.2 De ontwikkeling van de gemiddelde totale dichtheid, gemiddelde totale biomassa en het gemiddelde aantal (zachtsub-)soorten per station in het Grevelingenmeer.
- Figuur 6.3 Ontwikkeling van de gemiddelde biomassa van het muiltje, de gevlochten fuikhoorn en de ruwe zakpijp en de ontwikkeling van de gemiddelde dichtheid van het wadslakje in het Grevelingenmeer in de periode 1990 t/m 1994.
- Figuur 6.4 Verspreiding van het groot zeegras in het Grevelingenmeer in 1983.
- Figuur 6.5 Verspreiding van het groot zeegras in het Grevelingenmeer in 1994.
- Figuur 6.6 Relatie tussen het chloridegehalte van het water en het oppervlak bedekt met groot zeegras in het Grevelingenmeer.
- Figuur 6.7 Relatie tussen het ortho-fosfaatgehalte in het water en het oppervlak bedekt met groot zeegras in het Grevelingenmeer in de periode 1968 t/m 1992.
- Figuur 6.8 Aantal vogeldagen per seizoen voor verschillende vogelgroepen.
- Figuur 6.9 Aantallen broedparen in het Grevelingengebied in de periode 1971 t/m 1993.
- Figuur 7.1 Functieverdeling binnen het Grevelingenmeer.
- Figuur 7.2 Concentraties van de geoorde fuut in juli 1994.
- Figuur 7.3 Concentraties van de Geoorde fuut in augustus 1994.
- Figuur 7.4 Aandachtsgebieden milieugebruiksruimte in het Grevelingenmeer.
- Figuur 9.1 Maandgemiddeld peilverloop Grevelingenmeer.
- Figuur 9.2 Verloop chlorideconcentraties op GM40 in de periode 1980 t/m 1994.

## Voorwoord

---

Het waterbeheer van het Grevelingenmeer is al sinds de zeventiger jaren een terugkerend onderwerp van discussie. Tot in de jaren tachtig lag het accent op het beheer als zoet of als zout watersysteem. Toen de keuze op een zout meer was gevallen, kreeg met name het tegengaan van stratificatie veel aandacht.

Het meer kent sinds de afsluiting in 1971 een eigen unieke ontwikkeling als zoutwater ecosysteem. De grote natuurwaarden van dit ecosysteem waren al begin jaren tachtig bekend. Tijdens de verdere ontwikkeling van het meer kwamen diverse andere verschijnselen aan het licht, zoals de achteruitgang van de grote zeegrasvelden. Hoe natuurlijk zijn dit soort verschijnselen? Hebben ze een relatie met het gevoerde waterbeheer? Ook het gebruik van het Grevelingenmeer heeft zich sterk ontwikkeld. Vooral voor de recreatie is het een erg belangrijk gebied geworden. Het waterbeheer heeft een duidelijk relatie met deze gebruiksvormen. De recente ontwikkelingen en vragen hebben een belangrijke rol gespeeld bij het samenstellen van dit rapport. De hiervoor verantwoordelijke werkgroep bestond uit vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat Directie Zeeland, de Provincie Zeeland, de Katholieke Universiteit Nijmegen, Aquasense en Het Rijksinstituut voor Kust en Zee. Samen hebben zij er zorg voor gedragen dat een veelheid van signalen, ontwikkelingen en vragen een plaats kregen in dit rapport.

Graag wil ik iedereen bedanken die een bijdrage heeft geleverd aan het tot stand komen van dit rapport. Een speciaal woord van dank komt toe aan Gillis Wattel, die met grote inzet en volharding de delen bijeenbracht en samensmeedde.

Tenslotte wens ik u veel leesplezier, hopen dat deze informatie kan bijdragen tot een duurzaam uitgebalanceerd beheer van het Grevelingenmeer.

dr. Ir. Henk Smit  
(hoofd van de afdeling Advies en Beleidsanalyse Delta)





## Samenvatting

---

Het Grevelingenmeer is een zoutwatermeer, ontstaan door de aanleg van twee dammen tussen de eilanden Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee. In de westelijk gelegen dam (Brouwersdam) is een sluis gebouwd, waarmee het meerwater kan worden uitgewisseld met het kustwater. Dankzij een consistent uitgevoerd beheer heeft het stagnante Grevelingenmeer sinds 1979 een nagenoeg stabiel en hoog zoutgehalte. In dit evaluatierapport wordt ingegaan op de ontwikkelingen in het meer van 1980 t/m 1994, waarbij de nadruk ligt op de laatste 5 jaar.

De Brouwerssluis is het belangrijkste stuurmiddel voor het waterbeheer in het meer. De speciaal voor dit doel gebouwde sluis laat het Noordzeewater cyclisch in en uit. Het gemiddeld debiet was tijdens de evaluatieperiode 30 tot 35 m<sup>3</sup> per seconde, bij een sluiscapaciteit van 100 m<sup>3</sup>/s. Het uitwisselen van water met de Noordzee gebeurt alleen tijdens de winterperiode, oktober t/m maart, omdat bij het inlaten van Noordzeewater in de zomer de kans op stratificatie in het meer sterk wordt vergroot.

Mede door het tot nu toe gevoerde beheer is het effect van stratificatie tot een aanvaardbaar minimum beperkt gebleven. De zuurstofloosheid in de diepere delen van het meer en het daarmee overeenkomende bodemoppervlak is, behoudens een overschrijding in de zomer van 1994, binnen de daartoe gestelde normen gebleven.

Aan de waterkwaliteitsdoelstellingen die behoren bij de aan het meer gestelde functies van zwemwater en schelpdierwater werd in de evaluatieperiode voldaan.

### **Ontwikkelingen in functievervulling**

#### *Recreatie.*

Het aantal recreanten in het Grevelingenmeer vertoonde in de evaluatieperiode een lichte stijging.

#### *Waterkwaliteitsdoelstellingen.*

Aan de eisen die aan de waterkwaliteit worden gesteld voor de functies die aan het Grevelingenmeer zijn toegekend, zwemwater en schelpdierwater, werd in de evaluatieperiode voldaan.

#### *Ecosysteem-functioneren.*

Het ecosysteem Grevelingenmeer functioneert op een hoog niveau, ondanks de min of meer met elkaar conflicterende functies die aan het meer zijn toegekend. Het waterbeheer kan intensiever, nauwkeuriger en daardoor beter, zodat de verschillende functies worden geoptimaliseerd.

#### *Milieugebruiksruimte.*

Het verdient aanbeveling de zonerings, die is ingesteld om natuur en recreatie in goede banen te leiden, nog eens te bezien.

Globaal is met het waterbeheer voldaan aan de randvoorwaarden voor het watersysteem: een stagnant peil van NAP -0.20 m, een zoutgehalte van tenminste 16 g Cl<sup>-</sup>/l en het toestaan van een zuurstofloos bodemoppervlak van ten hoogste 5% van het totaal. Dit is een grove benadering.

Er liggen mogelijkheden om, door middel van actieve fijnregeling van het peil- en waterbeheer, het functioneren van het ecosysteem een duurzamer karakter te geven.

Het verdient de aanbeveling die mogelijkheden te onderzoeken, evenals de mogelijkheden die er zijn om de druk van de recreatiefunctie op de natuurfunctie te verminderen door controle en verduidelijking van de regelgeving voor het gebruik van de ingestelde zonerings, die op zich goed is.

Tijdens de evaluatieperiode, met name in de periode 1990 t/m 1994, waren de toestand en de ontwikkelingen in het watersysteem Grevelingenmeer als volgt:

- \* De fysische toestand van het Grevelingenmeer is, afgezien van enkele kleine, locale veranderingen, niet gewijzigd;
- \* In de periode 1990-1994 lag het chloridegehalte altijd ruim boven 16 g Cl<sup>-</sup>/l. In de jaren tachtig lag het chloridegehalte geurende een aantal perioden lager dan 16 g Cl<sup>-</sup>/l;
- \* De erosie van de oevers is in de laatste 5 jaar aanzienlijk minder geweest dan in de jaren daarvoor;
- \* De zoetwaterbelasting heeft, afgezien van de jaarlijkse fluctuaties als gevolg van meteorologische invloeden, geen noemenswaardige veranderingen ondergaan;
- \* De nutriëntenbelasting via het polderwater is in grote lijnen hetzelfde als voorheen en is sterk afhankelijk van de hoeveelheden geloosd polderwater;
- \* In 1994 is de norm voor het zuurstofloze bodemoppervlak overschreden. Kortdurend was 600 ha (6%) van het bodemoppervlak zuurstofloos. De norm die wordt aangehouden is 500 ha;
- \* De jaargemiddelde watertemperatuur aan de oppervlakte lag in de eerste helft van de negentiger jaren 1 à 2 graden hoger dan in de tachtiger jaren;
- \* De fosfaat- en stikstofconcentraties hebben zich min of meer gestabiliseerd;
- \* Als gevolg van een ander bemalingsregime van het gemaal Den Osse zijn de siliciumconcentraties in het meer in de eerste helft van de jaren negentig bijna gehalveerd ten opzichte van de jaren tachtig;
- \* Nabij de bodem in de diepe put bij Scharendijke zijn de concentraties van fosfaat, ammonium en silicium beduidend hoger dan aan de oppervlakte en in de jaren 1992 t/m 1994 veel hoger dan in de jaren 1980 t/m 1984. Hoe het verloop is geweest in de periode 1985 t/m 1991 is onbekend omdat in die periode geen bemonsteringen op die diepte hebben plaats gevonden.

Het Grevelingenmeer heeft zich ontwikkeld tot een oligotroof meer. Er zijn echter geen aanwijzingen dat hogere trofieniveau's daardoor minder of onvoldoende tot ontwikkeling zouden kunnen komen.

#### **Ontwikkelingen van biotische en abiotische factoren.**

##### *Bodemsamenstelling.*

Het slibgehalte, de korrelgrootte en het POC-gehalte zijn, over het gehele meer gezien, tussen 1979 en 1995 niet significant veranderd. Onderscheiden naar diepe en ondiepe gebieden zijn er ook geen significante veranderingen van deze parameters gevonden.

##### *Spoorelementen.*

Voor wat betreft opgeloste zware metalen is het Grevelingenmeer een schoon meer. Voor koper en nikkel is de kwaliteit van het in te laten kustwater bepalend. De gevonden opgeloste arseenconcentraties zijn hoger dan de natuurlijke achtergrondswaarde en dat wordt veroorzaakt

door mobilisatie vanuit de bodem. Met uitzondering van kwik voldoen alle metalen aan de norm voor de streefwaarde (MILBOWA).

#### *Plankton.*

In vergelijking met de oudere fytoplankton gegevens komen grote soorten in lagere aantallen voor en lijken kleine soorten in de nazomer in hogere aantallen voor te komen. De jaarlijkse produktie van het fytoplankton is van dezelfde orde grootte als begin jaren tachtig. Stikstof is nog steeds het belangrijkste beperkende nutriënt voor het fytoplankton. Er zijn geen recente zoöplankton gegevens.

#### *Bodemorganismen.*

Er is enig verloop zichtbaar in de aantallen en biomassa bodemdieren van het zachte substraat. Afgezet tegen natuurlijke fluctuaties is het Grevelingenmeer voor deze organismen stabiel te noemen. De warme zomer van 1994 en de daarmee gepaard gaande zuurstofloosheid van een deel van het bodemoppervlak, heeft enige, maar geen eenduidige en omvangrijke gevolgen voor deze soorten gehad.

Een in 1994 uitgevoerde inventarisatie van de onderwater-levensgemeenschappen gaf aan dat de wieren zowel in soortenaantallen als in biomassa ten opzichte van 1984 zijn toegenomen. Een aantal voor het Grevelingenmeer nieuwe soorten werd aangetroffen; sommige daarvan zijn incidenteel aanwezig. Het Japans bessenwier, dat in de tachtiger jaren een explosieve groei vertoonde werd bij de inventarisatie in 1994 slechts sporadisch aangetroffen.

#### *Zeegras.*

Het zeegrasareaal is in de periode 1989-1994 verder afgenomen. In 1994 en 1995 komt zeegras alleen nog in lage dichtheden voor in het gebied ten westen van de Slikken van Flakkee.

#### *Vissen.*

De visstand in het Grevelingenmeer is, rekening houdend met natuurlijke fluctuaties, niet veranderd. Van de bodemvissen bestaat het merendeel uit Grondels, met name Zwarte grondel en Dikkopje; van de platvissen is de schol het meest waargenomen. Bij de pelagische vissen is de meest geziene soort de Sprot, maar ook Haring en Koornaarvis komen veel voor. Tijdens de inventarisatie werd het overgrote deel bepaald door de nul- en eenjarige vissen. Mogelijke oorzaken daarvan zijn wegtrekken in het najaar (platvissen), natuurlijke sterfte (Grondels) en predatie door vogels. Van de zijde van de palingvissers zijn de laatste jaren, in tegenstelling tot de periode 1980-1990, geen signalen meer ontvangen over verminderde vangsten.

#### *Vogels.*

Voor de vogels is het Grevelingenmeer een zeer belangrijk overwinteringsgebied en fourageerplaats tijdens de vogeltrek. Het gebied is van internationale betekenis voor 9 soorten watervogels, waarvan sommige de internationale 1% norm fors overschrijden. In omvang belangrijke aantallen van veel vogelsoorten kiezen in het Grevelingengebied een broedplaats. Het aantal soorten broedvogels is toegenomen van 15, direct na de afsluiting, tot ongeveer 100 soorten in 1994. Voor de kustbroedvogels, die broeden op de nog overgebleven kale drooggevallen slikken, neemt het beschikbare areaal af, als gevolg van de oprukkende vegetatie.



# 1. Inleiding

---

De doelstelling van dit evaluatierapport is het inzichtelijk maken van de ontwikkelingen in het functioneren van het watersysteem Grevelingenmeer in de periode 1980 tot en met 1995. Het waterbeheer werd in deze periode gevoerd op basis van de interpretatie van een aantal randvoorwaarden die door alle betrokken overheden zijn erkend. Veranderingen die in deze periode binnen het gebied zijn opgetreden kunnen soms in verband worden gebracht met het gevoerde beheer. In dit rapport wordt de biotische en abiotische toestand gegeven en wordt er ingegaan op de relaties tussen biotische en abiotische aspecten. Waar mogelijk wordt de relatie met het gevoerde waterbeheer gelegd.

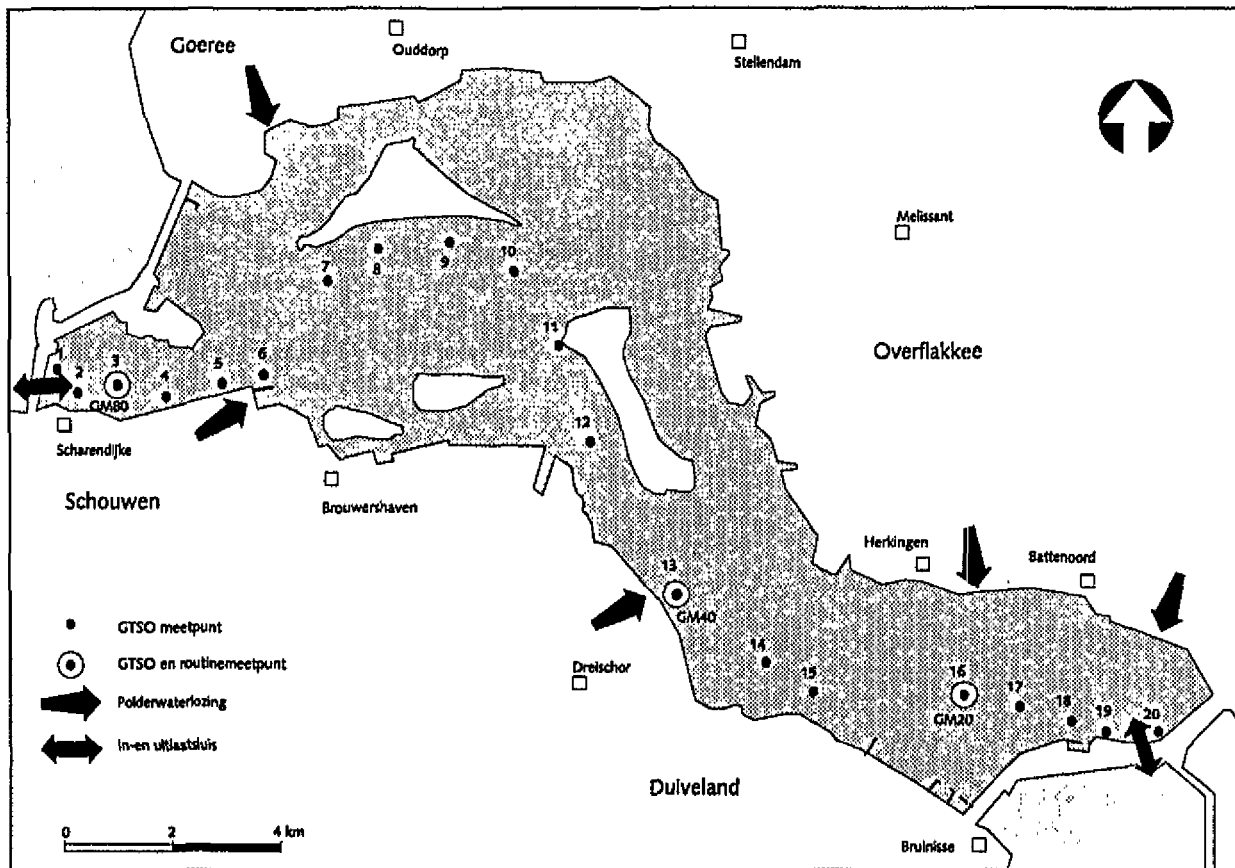
Er is getracht geen waarde-oordeel te geven. Dat gebeurt in de beheers-evaluatie die door directie Zeeland van Rijkswaterstaat zelf in 1996 wordt uitgevoerd.

Het is de bedoeling zowel het evaluatierapport van de ontwikkelingen als de beheersevaluatie eens per 5 jaar voor ieder watersysteem te maken. Het voorliggend rapport bevat de evaluatie van de ontwikkeling in het functioneren van het Grevelingenmeer en gaat in hoofdzaak over de periode 1989 t/m 1994. Het rapport bevat een beschrijving, en zo mogelijk een verklaring, van de ontwikkelingen tijdens die periode. Er is gezocht naar trends over een langere periode. Daarnaast is getoetst of het watersysteem voldoet aan de daaraan gestelde watersysteemdooelstellingen.

De beschrijving van de ontwikkelingen is in hoofdzaak gedaan met behulp van de analyseresultaten uit het monitoringsmeetnet voor de waterkwaliteit van de Rijkswaterstaat. Tevens is er gebruik gemaakt van de onderzoeksresultaten die door andere instituten in opdracht van de Rijkswaterstaat of op eigen initiatief zijn verricht en gepubliceerd.

Dit rapport volgt op de reeds eerder verschenen nota "Waterbeheer Grevelingenmeer 1980-1990" [1], in die nota zijn de ontwikkelingen in het functioneren van het Grevelingenmeer geëvalueerd over de periode 1980 t/m 1989. Op basis van, onder meer, deze nota is in 1992 het rapport "Analyse Waterbeheer Grevelingenmeer" [2] verschenen, waarin de onderbouwing voor het uit te voeren waterhuishoudkundig beheer voor de periode 1992 t/m 1996 wordt beschreven.

Het Grevelingenmeer is een stagnant zout meer, waarin stratificatie een belangrijk kenmerk is. Het streefpeil is NAP - 0.20 m en er wordt gestreefd naar een zo hoog mogelijk (minimaal 16 g Cl<sup>-</sup>/l) chloride-gehalte. Dit wordt bereikt door tijdens de wintermaanden water uit te wisselen met de Noordzee via de sluis in de Brouwersdam. De uitwisseling vindt plaats tussen 1 oktober en 1 april, met een tijdelijke onderbreking van 30 dagen in het najaar in verband met de palingtrek.



Figuur 2.1 Situatie Grevelingenmeer met locaties routine-meeptpunten

## 2. Gebiedsbeschrijving

Het Grevelingenmeer, zie figuur 2.1, is ontstaan in 1971 als onderdeel van de Deltawerken en wordt begrensd door twee eilanden en twee dammen. Aan de noordzijde wordt de grens gevormd door het eiland Goeree Overflakkee, in het oosten door de Grevelingendam, in het zuiden door het eiland Schouwen Duiveland en in het westen door de Brouwersdam. De Grevelingendam kwam gereed in 1965 en de Brouwersdam in 1971. Als gevolg van de sluiting van de Brouwersdam ontstond het Grevelingenmeer.

Landschappelijk gezien vormde het Grevelingengebied voor de afsluiting één geheel met het Krammer Volkerak, dat toentertijd nog in een open verbinding stond met het Haringvliet. Dit gehele gebied had het karakter van een estuarien open getijdeland, met de hiervoor kenmerkende slikken, platen en schorren.

Na de aanleg van de Grevelingendam in 1965 was de verbinding met de grote rivieren verbroken en verdween het estuariene karakter van de Grevelingen.

Tot de sluiting van de Brouwersdam in 1971 had de Grevelingen tijdelijk het karakter van een zee-arm. Na 1971 was het Grevelingenmeer een stagnant zout meer. Het toen reeds ingestelde vaste peil van NAP- 0,20 m. werd in stand gehouden door via de schutsluis in de Grevelingendam overtollig water te spuien op het Zijpe. Wanneer tijdens de zomermaanden als gevolg van verdamping het peil te veel daalde, werd water via diezelfde sluis vanuit het Zijpe ingelaten.

Als gevolg van het neerslagoverschot en de lozing van relatief zoet polderwater, verzoette het meer langzaam maar zeker; het chloridegehalte daalde tijdens de periode 1971 t/m 1978 van 17 g Cl<sup>-</sup>/l naar ongeveer 13 g Cl<sup>-</sup>/l. Deze verzoeting had negatieve effecten op de aanwezige flora en fauna. Daarom is al vrij snel besloten om in de Brouwersdam een sluis te bouwen, om zo weer uitwisseling met de Noordzee mogelijk te maken. Deze sluis, de Brouwerssluis, werd eind 1978 in werking gesteld. De etmaalgemiddelde capaciteit van deze sluis bedraagt ongeveer 100 m<sup>3</sup> per seconde voor zowel inlaat als uitlaat. Vanaf 1979 nam als gevolg van het in- en uitlaten van Noordzeewater via deze sluis het chloridegehalte weer gestaag toe. In het begin van de tachtiger jaren is er aan de oostzijde, in de Grevelingendam, een hevel gebouwd. Dit doorlaatmiddel, bekend als de Flakkeese Spuisluis, is in november 1984 in gebruik genomen. Primair is deze sluis gebouwd om de chloride-gehalten in het Zijpe en de Krabbenkreek, tijdens de fase van de Deltawerken dat de compartimenteringsdammen zouden worden gesloten, op een aanvaardbaar niveau te houden. De plaats van de hevel was zodanig gekozen, dat bij een keuze voor een zoet Grevelingenmeer, zoet water vanuit het Krammer/Volkerak kon worden ingelaten. Inmiddels zijn de Deltawerken voltooid en is er in 1986 definitief gekozen voor een zout Grevelingenmeer; tevens is gebleken dat doorspoelen geen betere effecten geeft dan uitwisselen met alleen de Brouwerssluis en daarom is de hevel sinds 1988 buiten gebruik gesteld. De voormalige zeedijken worden nog steeds in stand gehouden als secundaire waterkering; het onderhoud daarvan is in handen van de Waterschappen Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland; dit laatste waterschap is recentelijk opgenomen in het nieuw opgerichte Waterschap De Zeeuwse Eilanden. De instandhouding van de afsluitdammen valt onder de verantwoordelijkheid van de Rijkswaterstaat.





### 3. Overzicht huidige beheer

Het beheer is te onderscheiden in het waterbeheer en gebiedsbeheer. Het waterbeheer is in handen van de directie Zeeland van Rijkswaterstaat. Het gebiedsbeheer werd van februari 1978 tot april 1989 formeel verzorgd door Staatsbosbeheer en is vanaf april 1989 overgedragen aan het Natuur en Recreatieschap de Grevelingen.

#### 3.1 Waterbeheer

Volgens het Beheersplan voor de Rijkswateren 1992 - 1996 [3] is onder waterbeheer te verstaan:

"Al het handelen dat er op gericht is er voor te zorgen dat een watersysteem aan de toegekende functies voldoet en blijft voldoen."

In de derde Nota waterhuishouding [4] zijn voor het Grevelingenmeer drie hoofdfuncties aangegeven:

- \*\* Recreatie
- \*\* Visserij
- \*\* Ecologische doelstelling van het middelste niveau

Deze laatste doelstelling geldt voor een watersysteem, wat neigt naar een natuurlijke toestand, maar daar nog niet geheel aan voldoet.

Nader uitgewerkt betekent dit voor het Grevelingenmeer de functies:

- \*\* Zwemwater, Oeverrecreatie en Recreatievaart
- \*\* Beroepsvisserij en sportvisserij
- \*\* Natuur en landschap en Afvoer van water, ijs en sediment

Door de directie Zeeland van Rijkswaterstaat zijn watersysteemdoelen gesteld; dit zijn randvoorwaarden waaraan het Grevelingenmeer middels het gevoerde beheer moet voldoen.

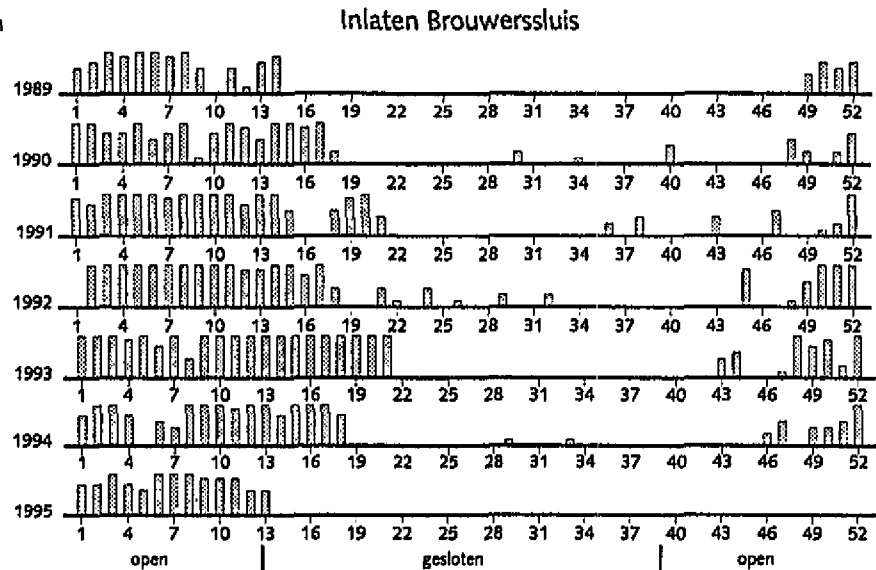
Deze randvoorwaarden zijn:

- \* Een peil van NAP - 0.20 m.
- \* Een nutriëntengehalte niet hoger dan 0.15 mg N/l en 0.10 mg P/l (deze norm hoort bij ecologische doelstellingen van het middelste niveau)
- \* Een chloridegehalte van minimaal 16 g Cl<sup>-</sup>/l
- \* Minimaliseren van de stratificatie-effecten (spronglaag op minimaal 15 meter diepte)

Uitwisseling met de Noordzee vindt plaats via de Brouwerssluis. Tijdens de wintermaanden, 1 oktober tot 1 april, staat de Brouwerssluis zoveel mogelijk open om water met de Noordzee uit te wisselen en overtollig water af te voeren. Er wordt gestreefd naar maximale uitwisseling, maar na 1 april neemt de kans op stratificatie toe en wordt met de uitwisseling gestopt tot de volgende winterperiode. Tot 1992 was duurde de uitwissel-periode van 1 oktober tot 1 maart, maar omdat in de praktijk langer werd uitgewisseld en om tegemoet te komen aan de wensen van de aalvisserij en de natuur, is deze periode verlengd tot 1 april. Een harde randvoorwaarde daarbij is, dat het chloridegehalte op de Noordzee (bij meetpaal BG8) minimaal 16 g Cl<sup>-</sup>/l bedraagt en hoger of gelijk is aan dat van het Grevelingenmeer; ook wordt daarbij getracht het streefpeil van NAP - 0.20 m. te handhaven of zoveel mogelijk te benaderen.

In figuur 3.1 is aangegeven wanneer de Brouwerssluis in de periode 1989 t/m 1994 open danwel dicht stond. Voor het samenstellen van deze figuur zijn kleine debieten (daggemiddeld < 4 à 5 m<sup>3</sup>/s) niet meegenomen en kunnen geen debieten of hoeveelheden worden afgeleid.

**Figuur 3.1**  
Jaaroverzichten, periode 1989 t/m 1994, van de weken waarin Noordzeewater via de Brouwerssluis werd ingelaten



In deze figuur is voor de jaren 1989 t/m 1994 uitgezet in welke weken van het jaar water via de Brouwerssluis is ingelaten, waarbij de hoogte van de staafjes aangeeft op hoeveel dagen per week dat gebeurde. De figuur laat zien dat het sluisbeheer niet altijd conform de afspraken is geweest en dat met name in het voorjaar langer dan de afgesproken periode is doorgegaan met water uitwisselen met de Noordzee.

### 3.2 Gebiedsbeheer

Zoals reeds gezegd berust het gebiedsbeheer thans bij het Natuur en Recreatieschap de Grevelingen. Het beleid van dit schap is gericht op het waarborgen en/of ontwikkelen van de natuur- en recreatiefunctie.

Ruimtelijk worden de volgende functies onderscheiden:

- \*\* natuur en landschap
- \*\* oeverrecreatie en visserij
- \*\* recreatievaart
- \*\* beroepsvisserij

Er is ten behoeve van het gebiedsbeheer van het Grevelingenmeer een zoneringsingesteld. Daarbij is de recreatiefunctie toegekend aan de oost- en de westzijde van het meer, terwijl het gebied daar tussen de natuurfunctie heeft gekregen (zie ook figuur 7.1).

De beschrijving van de begrippen natuur en recreatie zijn echter zodanig, dat in recreatiegebieden een plaats wordt geboden voor natuurlijke elementen en in natuurgebieden kunnen recreatie-elementen worden ingevoegd. Daarbij wordt wel nauwlettend toegezien, dat de hoofdbelangen niet door de nevenbelangen worden geschaad. Volgens de "Beleidsvoornemens 1988" [5] is het streven erop gericht om het gebruik van het Grevelingengebied zo optimaal mogelijk te maken, waarbij een absolute scheiding tussen de functies natuur en recreatie wordt vermeden. In deze rapportage wordt de relatie tussen natuur en recreatie wat betreft het water en de aangrenzende oeverzones mede geëvalueerd.

## 4. Belastingen en onttrekkingen

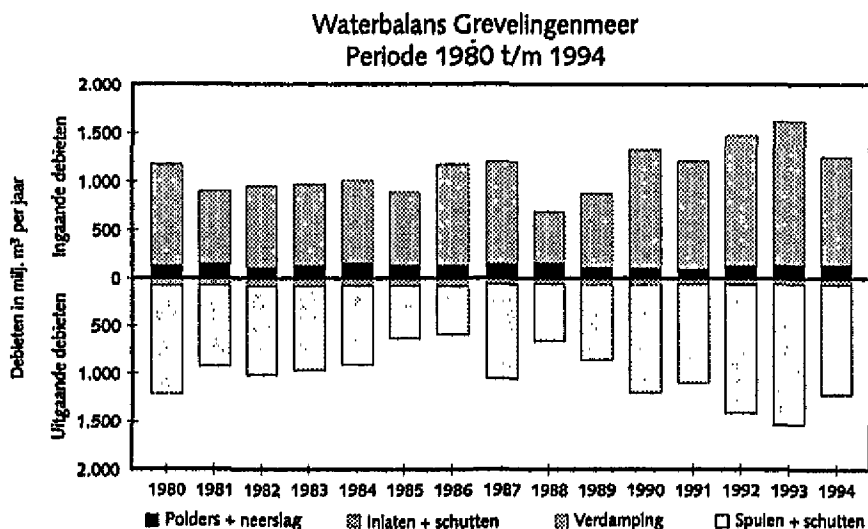
De grote hoeveelheden water die omgaan in het Grevelingenmeer staan in een waterbalans, zie figuur 4.1. Deze balans is opgesteld met behulp van de beschikbare gegevens van:

- \* Polderlozingen en neerslag
- \* Inlaat Brouwerssluis en schutten
- \* Verdamping
- \* Spuien (waaronder uitlaat Brouwerssluis) en schutten

### 4.1 De waterbalans

Met name de posten waarin de Brouwerssluis een rol speelt zijn niet erg betrouwbaar. In de jaren 1985 t/m 1987 zijn de inlaat- en spuidebietten niet altijd goed geregistreerd. De beschikbare gegevens zijn onveranderd in de figuur overgenomen.

Figuur 4.1  
Waterbalans Grevelingenmeer



Met name bij de jaren 1985, 1986 en 1987 is in figuur 4.1 goed te zien, dat de ingaande posten veel groter zijn dan de uitgaande posten. Hieruit kan worden opgemaakt dat, in die jaren, de registratie en/of het berekenen van de in- en/of uitgaande hoeveelheden bij de Brouwerssluis niet optimaal was.

### 4.2 Polderlozingen en neerslag

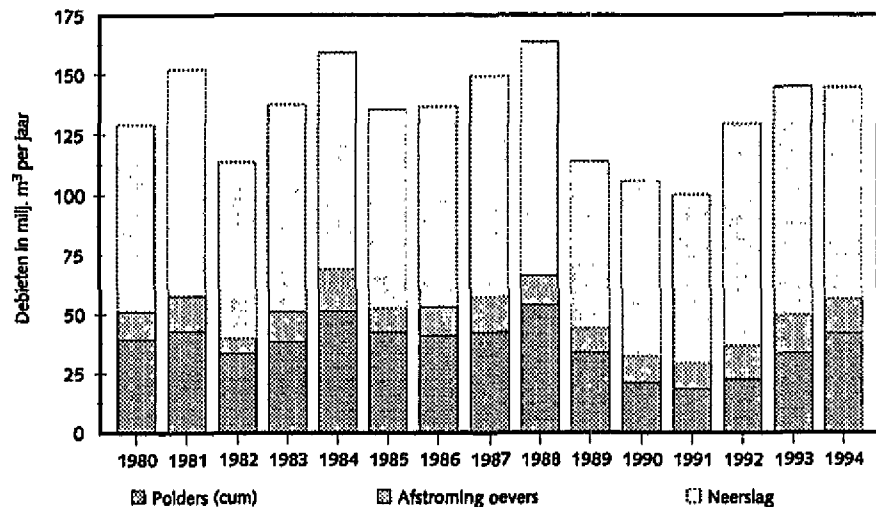
De lozingen van polderwater en neerslag zijn niet alleen kwantitatief, maar ook kwalitatief van belang voor het Grevelingenmeer. Deze beide aspecten zullen in het volgende nader worden uitgewerkt.

### 4.2.1 Kwantitatief

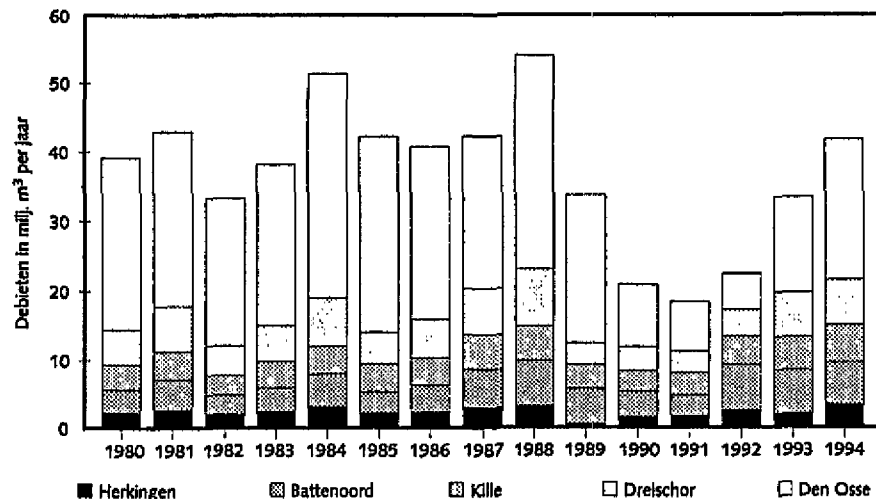
Jaarlijks wordt het Grevelingenmeer bijna twee maal verversd. De totale hoeveelheid water die op het meer terecht komt is ongeveer 135 miljoen m<sup>3</sup> en bestaat voor ongeveer 85% uit Noordzeewater dat via de Brouwerssluis wordt ingelaten. Van de resterende 15% is bijna éénderde deel polderwater dat wordt uitgeslagen op het meer door de vijf poldergemalen (De Kille, Battenoord en Herkingen op Goeree-Overflakkee en Den Osse en Dreischor op Schouwen-Duiveland). Door middel van deze gemalen wordt het overtollig polderwater van een gebied van in totaal ± 9900 ha op het Grevelingenmeer geloosd. Gemiddeld over de periode 1980 t/m 1989 was dit 1.3 m<sup>3</sup> per seconde; over de periode 1990 t/m 1994 was dit gemiddeld 0.7 m<sup>3</sup> per seconde. De oorzaak van dit grote verschil moet worden gezocht bij de uitslag van het gemaal Den Osse (zie paragraaf 4.2.1).

Ruim tweederde deel is de afstroming van de oeverlanden en de rechtstreekse neerslag op het meer. In figuur 4.2 zijn deze drie posten in een staafdiagram uitgezet.

**Figuur 4.2**  
Polderwater, afstroming oeverlanden en neerslag op het Grevelingenmeer.



**Figuur 4.3**  
Polderwateruitslag op het Grevelingenmeer.



De verdeling van het polderwater over de vijf gemalen is uitgezet in figuur 4.3.

Wat daarbij opvalt is, dat vanaf 1990 de polderwater-uitslag van het gemaal Den Osse relatief kleiner is dan de periode daarvoor. De oorzaak daarvan moet worden gezocht in het bemalingsregime. Het gemaal Den Osse is een elektrisch aangedreven gemaal, dat begint te draaien wanneer een bepaalde waterstand wordt bereikt. Het andere gemaal voor de polder Schouwen, het gemaal Prommelsluis, watert af op de Oosterschelde en was tot en met 1989 een diesel aangedreven, handbediend gemaal. Na 1989 is het gemaal Prommelsluis geëlektrificeerd en begint ook dit gemaal te draaien wanneer er een bepaalde waterstand is bereikt. Dit heeft geresulteerd in een relatief grotere polderwateruitslag via het gemaal Prommelsluis ten opzichte van het gemaal Den Osse. De grote uitslagen in 1993 en 1994 zijn het gevolg van de relatief natte wintermaanden van die jaren. Op de totale waterbalans van het Grevelingenmeer zijn de verschillen tussen de jaren niet erg belangrijk; de polderwaterlozingen dragen ongeveer 4% bij aan de totale waterbalans.

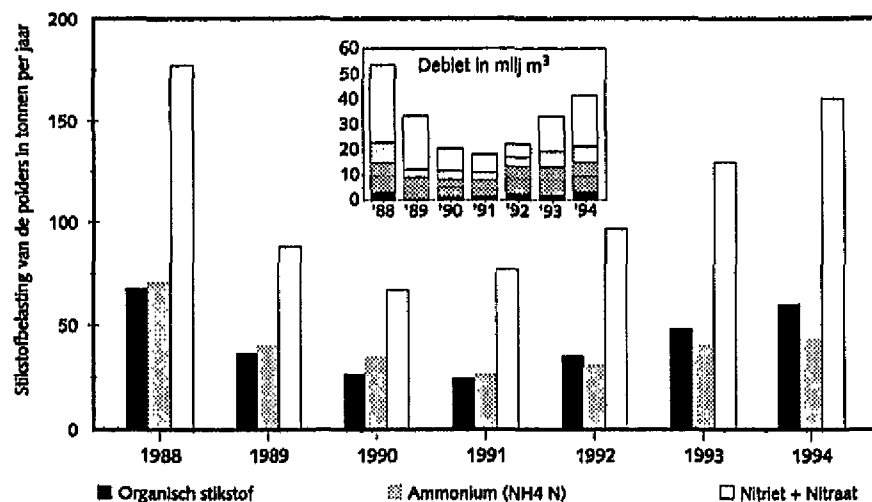
In de Brouwerssluis is ook een vissluis aanwezig. Deze staat het gehele jaar min of meer open. Voor zover bekend ligt het debiet daarvan in dezelfde orde van grootte als de schutoverschotten van de Grevelingensluis (1.5 miljoen à 3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar) en is verwaarloosbaar klein.

#### 4.2.2 Kwalitatief

Hoewel de lozingen van polderwater op het Grevelingenmeer relatief klein zijn, geven zij wel een grote belasting met nutriënten; de voornaamste daarvan zijn stikstof en fosfaat.

In figuur 4.4 zijn de belastingen van stikstofcomponenten uitgezet op jaarbasis voor de periode 1988 t/m 1994.

**Figuur 4.4**  
Stikstof belasting door  
polderlozingen.  
Periode 1988 t/m 1994.

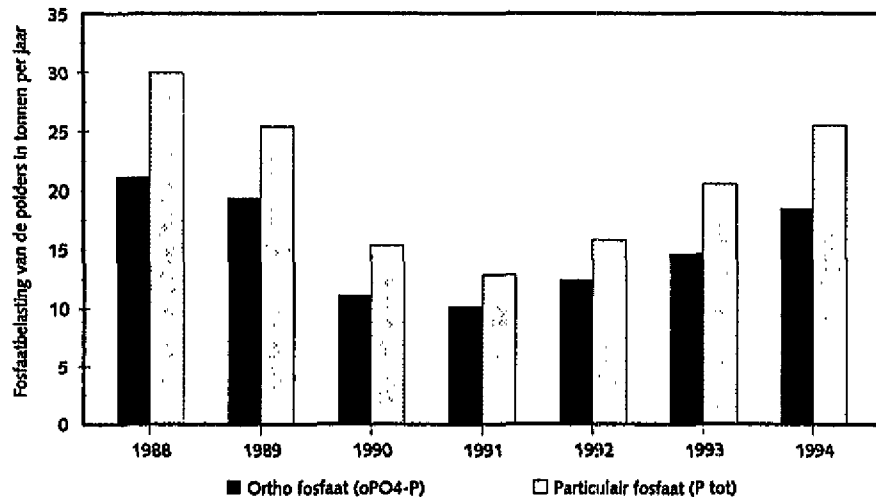


Uit figuur 4.4 blijkt dat er enerzijds een directe relatie is tussen debiet en nutriëntenbelasting. Anderzijds blijft de relatieve verdeling van de stikstofcomponenten onveranderd bij verschillende polderwaterdebieten. Dit is niet verwonderlijk, gezien aangenomen is dat voor de polders van het Grevelingenmeer dezelfde processen bepalend zijn voor de belasting als voor de polders van het Veerse Meer. Daar is onderzoek gepleegd naar deze processen [6]. Door deze aanname te doen, kon het tekort aan met

name kwaliteitsgegevens worden gecompenseerd. De nauwkeurigheid van de gepresenteerde belasting-hoeveelheden is daardoor niet groot. Het is een benadering. De totale belasting met stikstofcomponenten door de polderlozingen bedroeg gemiddeld 1.8 tot 2.0 g/m<sup>2</sup>/jaar.

De voor stikstof beschreven tendensen gaan ook op voor fosfaatcomponenten.

**Figuur 4.5**  
Fosfaat belasting door  
polderlozingen.  
Periode 1988 t/m 1994.



De debietgewogen gemiddelde chlorideconcentratie van de polderwaterlozingen, de neerslag en de afstroming van de oevers ligt in deze periode (1988 t/m 1994) rond de 1 g Cl<sup>-</sup>/l. De fosfaatbelasting van de polderlozingen bedroeg gemiddeld g/m<sup>2</sup>/jaar. De fosfaatbelasting bedroeg gemiddeld 0.2 g/m<sup>2</sup>/jaar.

### 4.3 Sluizen

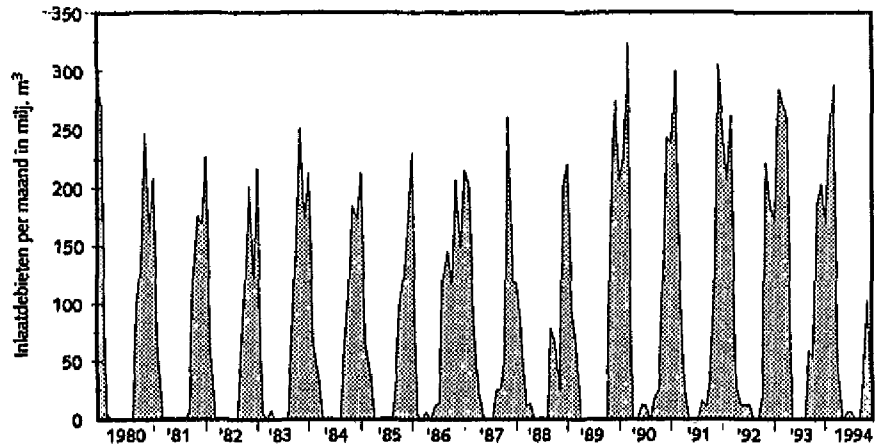
Bij de sluizen wordt onderscheid gemaakt tussen de in-/uitlaatsluis in de Brouwersdam en de schutsluis in de Grevelingendam.

#### 4.3.1 De Brouwerssluis

De inlaatdebieten van de Brouwerssluis zijn op maandbasis in figuur 4.6 uitgezet. Deze debieten zijn praktisch gelijk aan de uitlaatdebieten. In deze figuur is de strategie van uitwisselen in de wintermaanden duidelijk te zien. Minder duidelijk is in deze figuur te zien, dat de periode oktober t/m april niet altijd strikt wordt aangehouden; figuur 3.1 en 5.2 geven hiervan een duidelijker beeld. Wel is te zien, dat er tijdens de zomermaanden incidenteel water wordt ingelaten, om het tekort wat is ontstaan door de verdamping, weer aan te vullen. Gemiddeld over de beschouwde periode van 15 jaar is per winterseizoen 900 à 1000 miljoen m<sup>3</sup> water via de Brouwerssluis ingelaten om het Grevelingenmeer te verversen. In de jaren negentig is er wat intensiever uitgewisseld met gemiddeld 1100 à 1200 miljoen m<sup>3</sup> water ingelaten. Op jaarbasis is dat ongeveer 36 m<sup>3</sup>/s. Dit komt neer op een gemiddelde verblijftijd van ongeveer een half jaar. Omdat alleen in het winterseizoen wordt uitgewisseld is de werkelijke verblijftijd 3 à 4 maanden tijdens het winterseizoen.

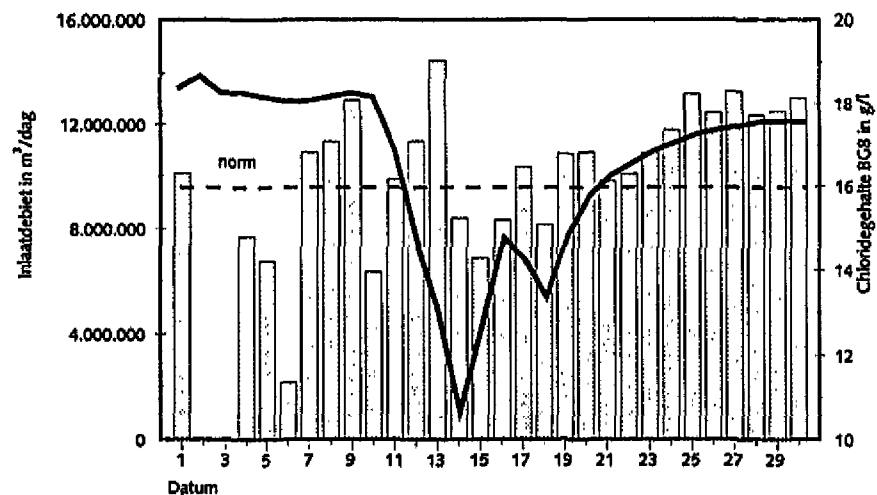
De oorzaak van de grotere debieten in de jaren negentig is niet meer te achterhalen. Vermoedelijk houdt deze verband met het langer uitwisselen in het voorjaar dan afgesproken.

**Figuur 4.6**  
Inlaatdebieten per maand via de Brouwerssluis..



Uit een controle van de waterkwaliteitsgegevens blijkt dat er niet altijd is gelet op het chloridegehalte van het inlaatwater. In april 1994 zijn aanzienlijke hoeveelheden water via de Brouwerssluis ingelaten met een beduidend lager chloridegehalte dan 16 g/l (zie figuur 4.7). Het meetpunt BG8, waarvan de gemeten chloridegehalten met de doorgetrokken lijn worden voorgesteld, ligt in de kustzone ter hoogte van de Brouwerssluis.

**Figuur 4.7**  
Inlaatdebieten en chloridegehalten BG8 in de maand april 1994.



### 4.3.2 De Grevelingensluis

De Grevelingensluis vormt de scheepvaartverbinding met het Zijpe. Omdat de gemiddelde waterstand op het Zijpe (NAP) iets hoger is dan van het Grevelingenmeer (NAP -0.20 m.) geeft deze sluis een kleine resulte-

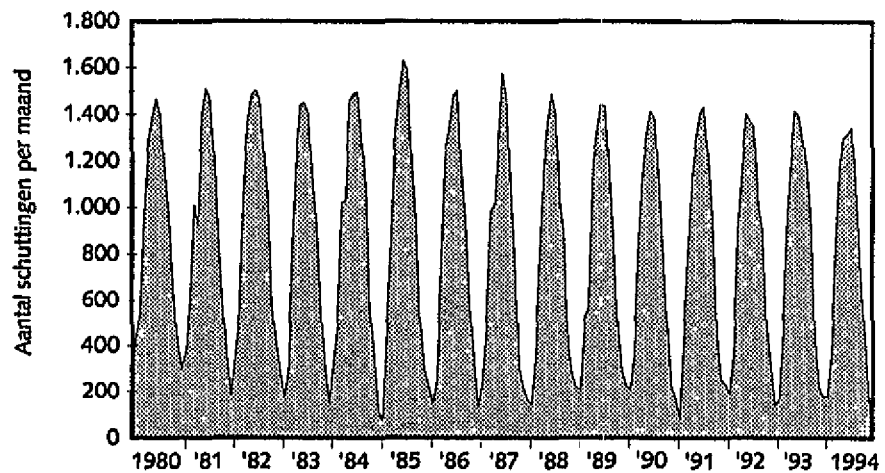
rende waterbelasting op het meer. Op jaarbasis is het daarmee overeenkomende debiet gemiddeld  $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$  naar het meer toe en  $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$  van het meer toe. Gezien deze zeer kleine hoeveelheden is de waterbelasting van het schutbedrijf verwaarloosbaar.

Om een indruk te geven van het aantal schutbewegingen zijn deze op maandbasis in figuur 4.8 uitgezet. Daarbij is te zien dat over de gehele periode het aantal schutbewegingen vrijwel constant is. Wel kan het aantal schepen in de sluis per schutting verschillen.

**Figuur 4.8**

Aantal schuttingen per maand via de Grevelingensluis.

Periode 1980 t/m 1994.





## 5. Fysische- en chemische kenmerken

Het Grevelingenmeer kan worden gekenschetst door een aantal verschillende grootheden of toestandsvariabelen.

Het watersysteem wordt door de omgeving en het beheer beïnvloed. Hoewel het waterbeheer tijdens de evaluatieperiode nagenoeg constant is geweest, waren de effecten dat niet. Ook andere factoren dan alleen het beheer spelen een rol; zo kunnen stoffen welke worden gebruikt in de landbouw via de polderlozingen in het meer terecht komen.

Er is ook de invloed van de meteorologische omstandigheden en het water dat via de Brouwerssluis wordt ingelaten. Dat kan stoffen of organismen bevatten die onverwachte effecten geven.

In de navolgende paragrafen zal een aantal fysische- en chemische kenmerken worden behandeld.

### 5.1 Fysische toestand van het meer

De karakteristieke grootheden van het Grevelingenmeer behorend bij een streefpeil van NAP - 0.20 m. zijn weergegeven in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Afmetingen en grootheden Grevelingenmeer.

Wateroppervlakte	10800 ha
Oppervlakte buitendijkse gebieden	3120 ha
Oppervlakte afwateringsgebied	9900 ha
Inhoud	557*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Lengte	23 km
Breedte	4-10 km
Gemiddelde diepte	5.4 m
Maximale diepte	48 m

Om een indruk te krijgen van de hoeveelheden water die in en uit het Grevelingenmeer stroomden zijn deze in tabel 5.2 samengevat.

Tabel 5.2 In- en uitgaande debieten van het Grevelingenmeer tijdens de periode 1980 t/m 1994.

Debieten in m<sup>3</sup>/s.

Post	Gemiddeld	Maximum	Minimum
Brouwerssluis uit	32	46 (1993)	16 (1986)
Brouwerssluis in	32	46 (1993)	16 (1988)
Polderwateruitslag	1.2	1.7 (1988)	0.6 (1992)
Neerslag	2.7	3.1 (1988)	2.2 (1989)
Afstroming oevers	0.4	0.6 (1984)	0.2 (1982)
Verdamping	2.3	2.8 (1982)	1.9 (1988)

De waterbelasting via de Grevelingensluis is jaargemiddeld 0.15 m<sup>3</sup> per seconde en is dus zeker gezien de andere posten op de waterbalans

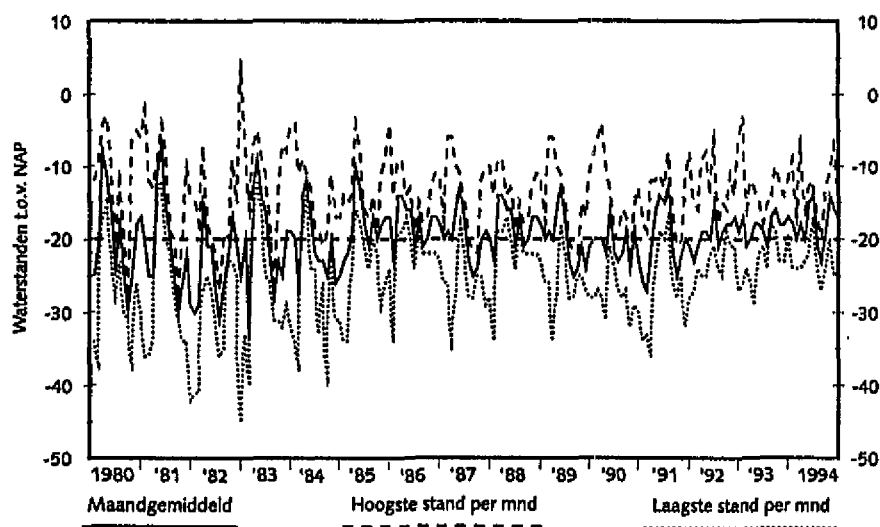
verwaarloosbaar. Dit geldt eveneens voor de vissluis, de kwel via de afsluitdammen en de wegzijging naar de polders. Geschat wordt dat die twee, onbekende, posten in dezelfde orde van grootte liggen.

## 5.2 Peilverloop

Als gevolg van het in- en uitlaten via de Brouwerssluis, is het peil van het Grevelingenmeer onderhevig aan fluctuaties. In figuur 5.1 zijn de maandgemiddelde waterstanden uitgezet. Tevens zijn hierin de hoogste- en laagste waterstand per maand uitgezet.

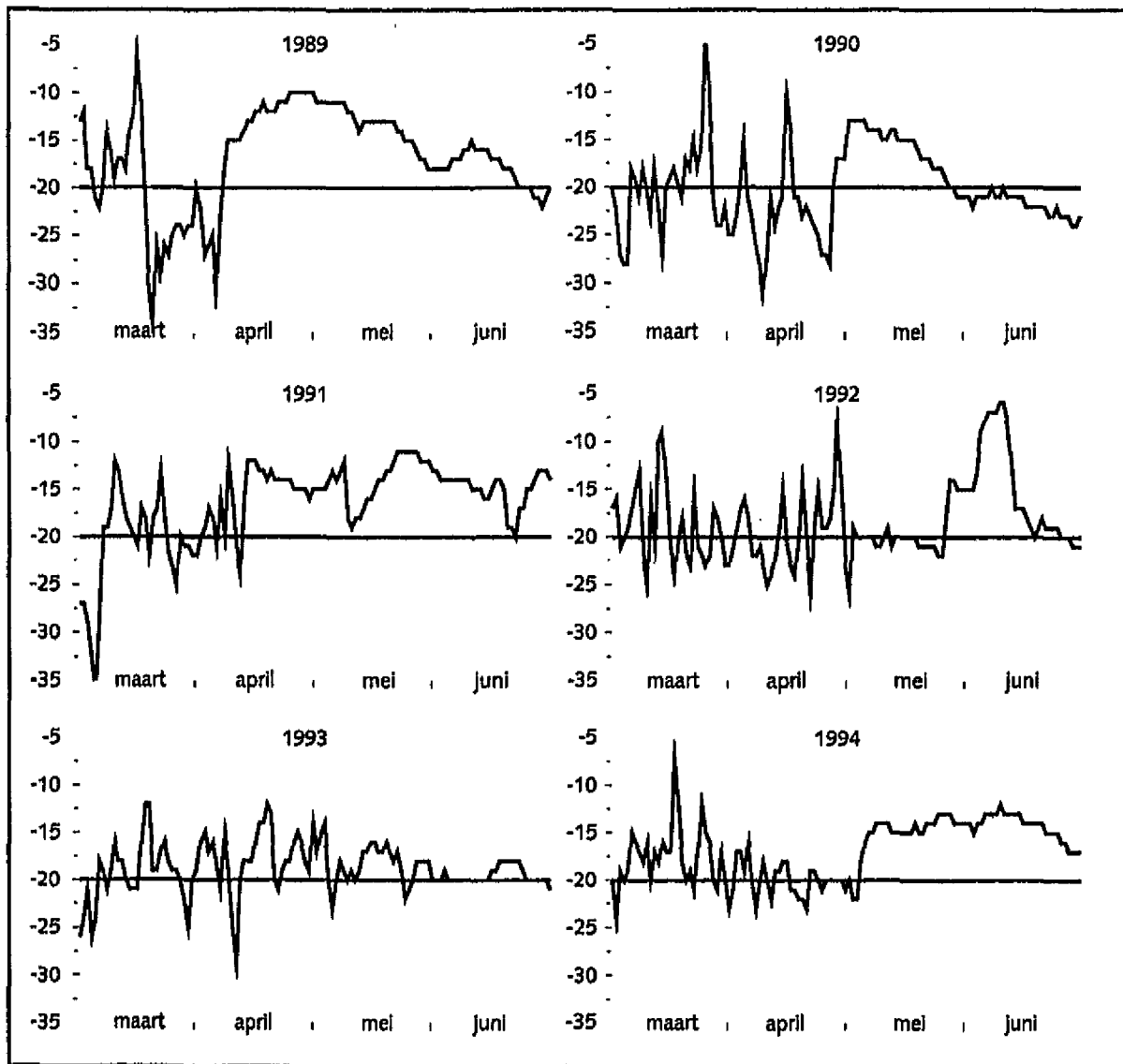
In de figuur is te zien, dat fluctuaties van 10 tot 20 cm voorkomen. Met name aan het eind van de verversingsperiode is het peil van het Grevelingenmeer vaak hoger dan het streefpeil. Dat wordt gedaan om een buffer op te bouwen tegen de verdamping, zodat er in de zomerperiode minder snel water behoeft te worden ingelaten.

**Figuur 5.1**  
Maandgemiddeld peilverloop  
Grevelingenmeer in cm t.o.v.  
NAP.  
Periode 1980 t/m 1994.



In figuur 5.2 zijn voor de periode 1989 t/m 1994 de daggemiddelde waterstanden van maart t/m juni uitgezet. De figuur laat zien, dat in 1991, 1992 en 1994 na het uitwisselen een hoger peil is ingesteld dan het streefpeil van NAP - 0.20 m. Ook is te zien dat de uitwisseling over het algemeen tot en met april heeft geduurd. In 1992 is zelfs begin juni nog water ingelaten tot ongeveer 15 cm boven het streefpeil. Het hoog opgezette peil had gevolgen voor de broedende vogels op de oeverlanden. Vele nesten en broedsels zijn toen verloren gegaan [7]. In het peilbesluit zijn rond het streefpeil geen marges genoemd. In de praktijk wordt volgens mondelinge mededeling van het bedienend personeel van de Brouwerssluis een bandbreedte van 10 cm aangehouden.

Op het niveau tussen NAP - 0.20 m. en NAP betekent, volgens de oppervlakte/diepte relatie, een peilverhoging van 1 cm een overstroming van 6 ha van de oever. Wanneer de waterstand 15 cm hoger is dan het streefpeil betekent dit theoretisch dat 90 ha niet beschikbaar is als broedgebied, of dat over een groot gebied vele nesten kunnen worden weggespoeld. In een systeem als het Grevelingenmeer hebben factoren als op- en afwaaiing, golfslag etc. een vergelijkbare invloed op de waterstand.



Figuur 5.2 Daggemiddelde waterstanden maart t/m juni in cm. t.o.v. NAP. Periode 1989 t/m 1994.

### 5.3 Chloride

In figuur 5.3 is het verloop van het chloridegehalte aan de oppervlakte (gemeten op 1 m onder het wateroppervlak) bij het meetpunt GM40 (Dreischor) uitgezet voor de periode 1980 t/m 1994.

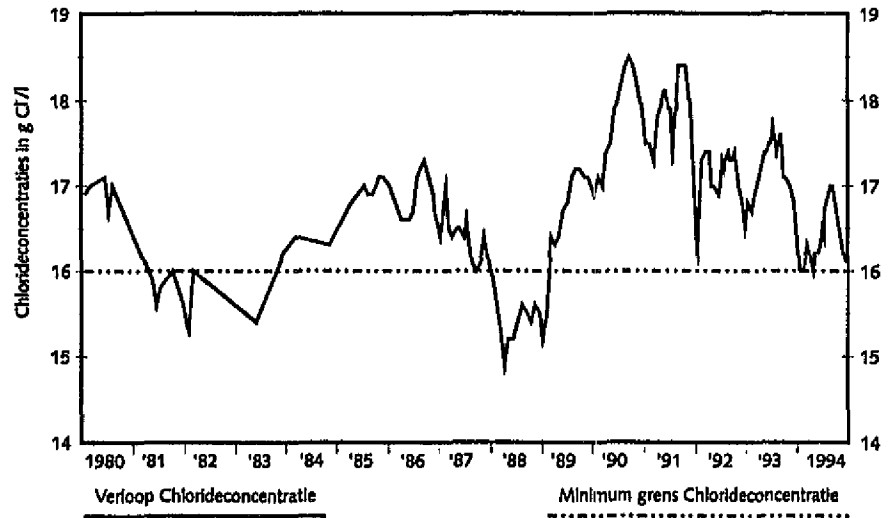
In deze figuur zijn de fluctuaties als gevolg van veel neerslag en/of veel uitwisseling met de Noordzee te zien. Tijdens de winters 1987/1988 en 1988/1989 waren de neerslag en polderlozingen relatief hoog (zie ook figuur 4.2) en de debieten van de Brouwerssluis relatief laag (zie figuur 4.5). Het chloridegehalte daalde toen tot 15 g Cl<sup>-</sup>/l.

Fluctuaties in de beginjaren tachtig kunnen veroorzaakt zijn door experimenten met het gebruik van de Brouwerssluis.

Daarna volgden een aantal jaren met relatief weinig neerslag, winter 1989 t/m 1991 (figuur 4.2) en vrij grote inlaatdebieten van de Brouwerssluis (figuur 4.2 en 4.5). Het chloridegehalte steeg toen zelfs tot 18.5 g Cl<sup>-</sup>/l; daarna kwamen weer enkele natte winters waardoor het chloridegehalte weer daalde, tijdens de winter 1993/1994 zelfs tot de minimumgrens van 16 g Cl<sup>-</sup>/l.

Als gevolg van deze meteorologische invloeden en het inlaat- en spuiregime van de Brouwerssluis heeft het chlorideverloop in de tijd een grillig karakter.

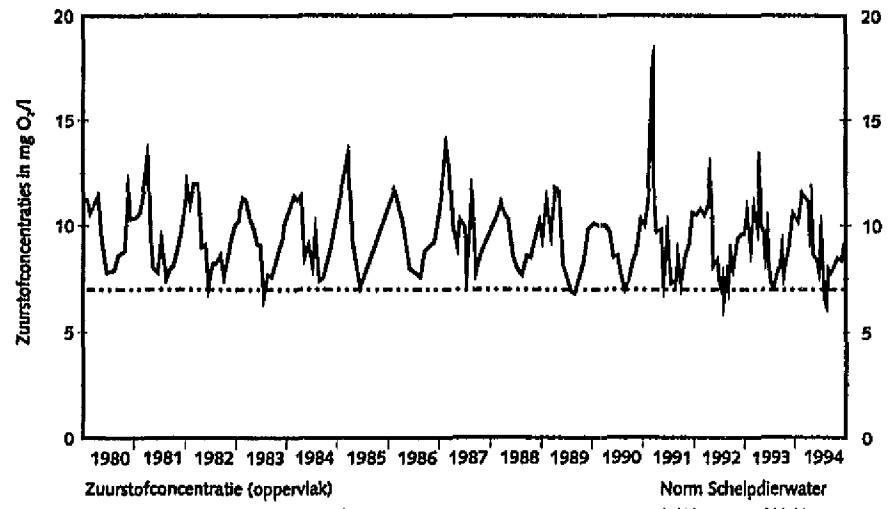
**Figuur 5.3**  
Verloop van de chlorideconcentraties GM40 in g Cl/l. Periode 1980 t/m 1994.



#### 5.4 Zuurstof

Het verloop van de zuurstofconcentraties aan de oppervlakte bij het meetpunt GM40 over de periode 1980 t/m 1994 is te zien in figuur 5.4.

**Figuur 5.4**  
Verloop van de zuurstofconcentraties GM40 in mg O<sub>2</sub>/l.



Omdat in het Grevelingenmeer ook schelpdieren worden gekweekt zal de zuurstofconcentratie moeten voldoen aan de norm voor schelpdieren; deze norm is gesteld op 7 mg O<sub>2</sub>/l en is in de figuur aangegeven. Alleen tijdens de zomers van 1992 en 1994 waren de concentraties tijdelijk iets lager, respectievelijk 6.4 en 6.3 mg O<sub>2</sub>/l. De hoge piek in het voorjaar van 1991 is geen meetfout, maar een samenloop van omstandigheden. Het

optimum van de algenbloei valt precies samen met het tijdstip van bemonstering. De zuurstofproductie door algen resulteert in een hoge concentratie (overdag).

Het verloop van de zuurstofconcentraties in de diepere delen van het meer zal worden behandeld in de paragrafen 5.6 en 5.7.

## 5.5 Nutriënten

Om de waterkwaliteit voor het Grevelingenmeer voor een langere periode in beeld te brengen, kan voor de meeste waterkwaliteitskenmerken niet worden volstaan met één getal. Daarvoor zijn de jaarlijkse fluctuaties over het algemeen te groot. Daarom zijn in tabel 5.3 voor een aantal belangrijke parameters de jaargemiddelde waarden gegeven over de periode 1980 t/m 1994.

Deze jaargemiddelden zijn berekend uit de maandelijkse routine waterkwaliteitsmetingen op het meetpunt GM40, dat ongeveer midden in het meer is gelegen.

Tabel 5.3 Waterkwaliteitskenmerken van het Grevelingenmeer gemeten op het meetpunt GM40. Periode 1980 t/m 1994.

		Jaargemiddelden (n ≥ 10/jr)														
Waterkwaliteits		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
kenmerk																
Watertemp.	C	10.1	10.8	11.2	9.9	11.0	12.3	11.9	10.1	11.1	12.5	12.6	12.0	12.9	12.8	13.2
Zichtdiepte	dm.	42.0	34.0	36.0	48.0	52.0	40.0	40.0	39.0	47.0	56.0	52.0	40.0	42.0	40.0	35.0
Chloride	g/l	17.0	15.8	15.6	15.8	16.4	17.0	16.9	16.4	15.4	16.6	17.8	17.9	17.1	17.2	16.4
Zuurstof	mg O <sub>2</sub> /l	9.9	9.6	9.5	9.3	9.3	9.9	9.3	10.2	9.4	9.4	9.0	9.4	8.9	9.2	8.9
Zuurgraad	s.e.	8.3	8.4	8.4	8.1	8.4	-	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.3	8.2	8.1
N-totaal	mg N/l	0.57	0.82	0.66	0.70	0.57	-	0.56	0.55	0.70	0.57	0.57	0.49	-	-	-
NH <sub>4</sub> -N	mg N/l	0.06	0.07	0.07	0.07	0.05	-	0.07	0.06	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.03	0.05
NO <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> -N	mg N/l	0.16	0.19	0.16	0.23	0.17	-	0.20	0.12	0.19	0.15	0.15	0.09	0.14	0.12	0.13
PO <sub>4</sub> -totaal	mg P/l	0.25	0.26	0.28	0.26	0.21	-	0.15	0.15	0.17	0.18	0.17	0.17	0.15	0.13	0.12
o-PO <sub>4</sub> -P	mg P/l	0.21	0.26	0.25	0.22	0.16	-	0.12	0.10	0.12	0.15	0.13	0.13	0.12	0.09	0.10
Silicium	mg Si/l	0.31	0.30	0.38	0.54	0.47	-	0.39	0.32	0.45	0.46	0.29	0.21	0.26	0.19	0.22
Chlorofyl	µg/l	3.4	4.4	2.5	3.0	3.0	-	2.7	2.5	7.4	0.9	2.2	2.8	4.7	4.4	7.7
Zwevend stof	mg/l	-	-	-	-	-	-	1.8	1.4	1.3	2.8	2.3	3.2	3.9	3.3	2.9

Deze jaargemiddelden zijn representatief voor de waterkolom tot 15 m. diep. Voor een aantal jaren zijn niet alle jaargemiddelde waarden te geven door een tekort aan gegevens.

N-totaal is berekend uit Kjeldahl-N plus nitriet-N en nitraat-N.

Voor chlorofyl is niet het jaargemiddelde, maar de mediane waarde weergegeven.

Voor een aantal waterkwaliteitskenmerken is een jaargemiddelde door seizoenfluctuaties weinig zeggend. Daarom zijn voor deze stoffen de 90 percentielen berekend. Deze zijn weergegeven in tabel 5.4.

Tabel 5.4 90 Percentielwaarden voor een aantal waterkwaliteitskenmerken van het Grevelingenmeer over de periode 1980 t/m 1994.

		90 Percentielen (n ≥ 10/jr)														
Waterkwaliteits kenmerk		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
N-totaal	mg N/l	0.91	1.26	0.91	1.08	0.75	-	0.79	0.87	0.87	0.81	0.87	0.77	-	-	-
NH <sub>4</sub> -N	mg N/l	0.16	0.16	0.16	0.13	0.10	-	0.16	0.16	0.14	0.12	0.14	0.14	0.14	0.09	0.12
NO <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> -N	mg N/l	0.48	0.48	0.40	0.53	0.45	-	0.52	0.26	0.46	0.38	0.44	0.27	0.37	0.42	0.39
PO <sub>4</sub> -totaal	mg P/l	0.37	0.41	0.46	0.40	0.30	-	0.17	0.21	0.26	0.29	0.27	0.28	0.21	0.18	0.20
o-PO <sub>4</sub> -P	mg P/l	0.36	0.32	0.41	0.37	0.26	-	0.12	0.18	0.20	0.23	0.22	0.22	0.18	0.17	0.19
Silicium	mg Si/l	0.76	0.61	0.80	1.00	0.87	-	0.61	0.70	0.81	0.94	0.55	0.43	0.49	0.35	0.47
Chlorofyl	µg/l	11.80	11.80	12.70	13.60	6.60	-	6.90	7.80	7.40	3.30	4.10	11.10	10.10	11.70	19.40

Deze 90 percentielen zijn representatief voor de waterkolom tot 15 m diep.

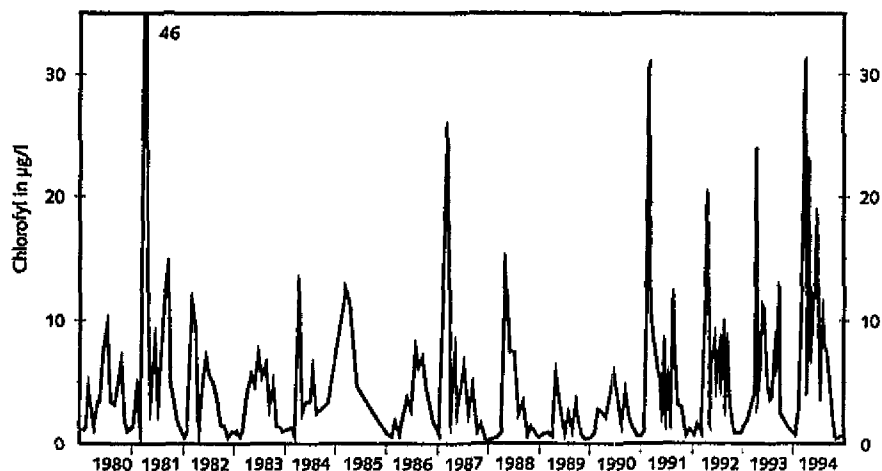
N-totaal is berekend uit Kjeldahl-N plus nitriet-N en nitraat-N.

Van de nutriënten en chlorofyl zijn de negentig percentielwaarden van de concentraties weergegeven. Deze waarden treden op in de winter en zijn daarmee een schatting van de gemiddelde wintervoorraad nutriënten, beschikbaar voor de primaire productie in het navolgende seizoen. Voor chlorofyl is ook de negentig percentielwaarde weergegeven; deze geeft de schatting van de voorjaarspiek van het fytoplankton.

In het algemeen zijn de winterconcentraties van nutriënten in zoute wateren gerelateerd aan het zoutgehalte: hoe lager het zoutgehalte des te hoger de concentraties van de nutriënten. Dit komt doordat de nutriënten meestal via het zoete water worden aangevoerd: rivieren, polderwater. Afwijkingen kunnen ontstaan door buitengewone concentraties in het zoete water of door processen in de zoute wateren zelf, zoals mobilisatie uit de bodem (P) of verwijdering door denitrificatie (N). Vooral bij langere verblijftijden, zoals in het Grevelingenmeer, kunnen de effecten van processen op de concentraties domineren.

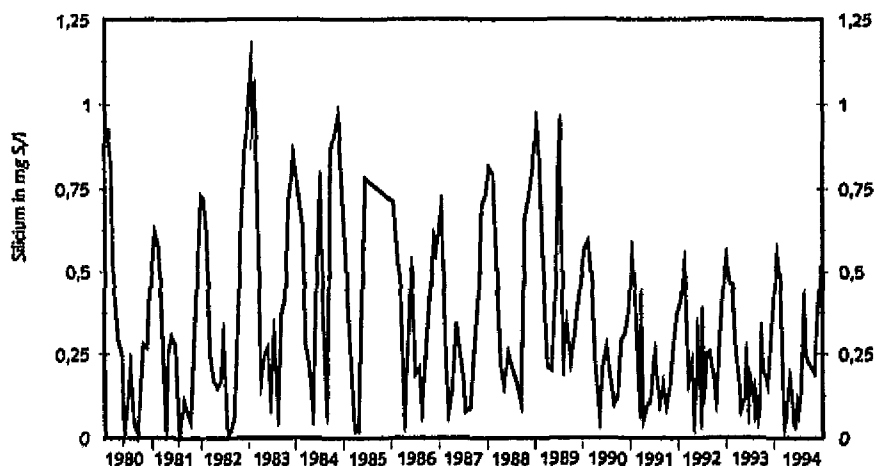
Het verloop in de tijd van chlorofyl en silicium is weergegeven in de figuren 5.5 en 5.6.

Figuur 5.5  
Verloop van de chlorofylconcentraties GM40 in µg/l.  
Periode 1980 t/m 1994.



Uit het verloop van de chlorofylconcentraties zoals die zijn weergegeven in figuur 5.5 is te zien dat de concentraties in de laatste jaren beduidend hoger zijn dan in de jaren daarvoor. Een exacte reden is daarvoor niet aan te geven, maar hoogst waarschijnlijk komt dit doordat sinds 1991 in de zomerperiode de bemonsteringsfrequentie is verdubbeld. De kans om verhoogde concentraties als gevolg van algenbloei bij een tweewekelijkse bemonstering te meten is groter dan bij een maandelijkse bemonstering.

**Figuur 5.6**  
Verloop van de  
siliciumconcentraties GM40 in  
mg/l.  
Periode 1980 t/m 1994.



Het verloop van de siliciumconcentraties is vanaf 1990 lager dan in de periode ervoor. Naar alle waarschijnlijkheid wordt deze veroorzaakt door de verminderde polderwaterlozingen.

Van de andere belangrijke nutriënten zoals stikstof en fosfaat is het verloop van de gehalten in de tijd weergegeven in bijlage 1. Tevens is daarbij het verloop in de tijd aangegeven van de parameters die invloed (kunnen) uitoefenen op die nutriëntengehalten of daarvan afhankelijk zijn, zoals o.a. de watertemperatuur en het chlorofyl- en siliciumgehalte.

Vooraf bij het fosfaat is te zien, dat er in het begin van de jaren tachtig een dalende tendens is in de concentraties en dat deze, afgezien van de seizoenfluctuaties vanaf 1985 vrijwel stabiel zijn. Ook vallen de lage minimumconcentraties op in het voorjaar van 1991, 1992 en 1993. Bij de concentraties van nitriet+ nitraat en ammonium is die trend die bij het fosfaat is te zien, niet aanwezig.

Bij het verloop van de watertemperatuur is zichtbaar, dat de minima de laatste jaren enkele graden hoger liggen dan in de jaren daarvoor.

In bijlage 2 zijn de maandgemiddelde concentraties van deze zelfde parameters uitgezet. Omdat er over het algemeen een breuk is waar te nemen in de concentraties tussen de periode voor en na 1984, is ervoor gekozen om de maandgemiddelde concentraties over de periode 1980 t/m 1984 en over de periode 1985 t/m 1994 uit te zetten. Daarbij is te zien, dat de maandgemiddelde concentraties van fosfor, stikstof en silicium in de periode 1985 t/m 1994 over het algemeen lager zijn dan in de periode 1980 t/m 1984.

Bij de watertemperatuur is de invloed van de zachtere winters van de laatste jaren te zien in de hogere temperaturen in het voorjaar.

In bijlage 3 zijn van weer dezelfde parameters de kwartaalgemiddelde waarden uitgezet in de tijd, waarna door deze waarden een berekende trendlijn is getrokken. Statistisch is deze methode niet geheel juist, omdat de kwartaalgemiddelden niet altijd uit hetzelfde aantal gegevens is bere-

kend en omdat de bemonsteringstijdstippen niet altijd exact vergelijkbaar zijn. Deze figuren zijn dan ook alleen maar bedoeld om een dalende of stijgende lijn aan te geven, die in de grafieken van bijlage 1 niet zo op het eerste gezicht zijn waar te nemen.

## 5.6 Stratificatie

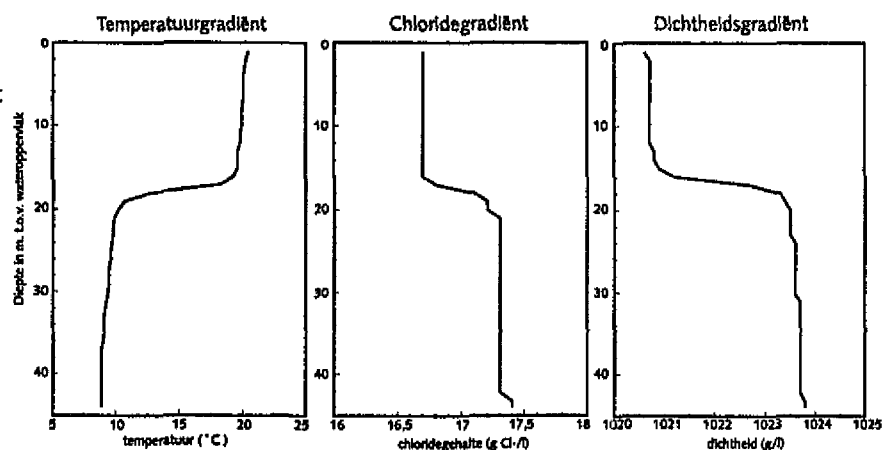
Stratificatie is een verschijnsel dat in veel (diepe) stagnante meren voorkomt.

Het wordt veroorzaakt door dichtheidsverschillen als gevolg van verschillen in zoutgehalte en/of verschillen in (water)temperatuur in de waterkolom en kan worden gedefinieerd als de niet uniforme verdeling van de dichtheid van het water over de waterkolom als gevolg van verschillen in temperatuur en/of zoutgehalte.

Bij de gegeven inrichting en morfologie van het Grevelingenmeer is het bijna onmogelijk om stratificatie te voorkomen. De stratificatie komt in hoofdzaak voor in het westelijk deel met name in de diepe put ( $\pm 45$  m. diep) bij Scharendijke.

Wanneer het verschil in chloridegehalte per meter waterdiepte meer dan 0.3 g Cl/l bedraagt ontstaat een zogenaamde stabiele spronglaag. Een gradiënt in zoutgehalte is bij Scharendijke bijna permanent aanwezig, maar deze is tijdens de wintermaanden, wanneer het meer ververst wordt met zeewater, niet zo groot dat daardoor een stabiele spronglaag ontstaat. De zoutgradiënt wordt in het voorjaar, wanneer de diepere delen minder worden verwarmd dan het oppervlaktewater, versterkt door een temperatuurstratificatie. Er ontstaat dan een vrij groot verschil in watertemperatuur tussen de onderlaag en de bovenlaag, waardoor een stabiele spronglaag ontstaat. Die stabiele spronglaag verhindert onder meer de uitwisseling van zuurstof en nutriënten tussen de beide waterlagen. Nabij de bodem ontstaat dan na enige tijd zuurstofarmoede en/of zelfs zuurstofloosheid. In figuur 5.7 wordt de stratificatie in de diepe put bij Scharendijke voor een zomersituatie weergegeven door middel van de temperatuur-, de zout- en de dichtheidsgradiënt. [8].

**Figuur 5.7**  
Voorbeeld van stratificatie,  
veroorzaakt door een  
temperatuur- en een zoutgradiënt



De stratificatie wordt over het algemeen weer opgeheven door invloed van de wind. Als de wind sterk genoeg is, ontstaat er beroering en menging in het water, hierdoor worden de bovenlaag en de onderlaag weer met elkaar vermengd.



Het gevolg daarvan is, dat er weer een uitwisseling van zuurstof en nutriënten tot stand komt en de zuurstofarmoede en de zuurstofloosheid worden opgeheven [9].

Het tot nu toe gevoerde beheer is er op gericht om stratificatie tot een minimum te beperken. Er wordt naar gestreefd om het percentage zuurstofloos bodemoppervlak kleiner dan 5% (500 ha.) te houden. Om die reden vindt het verversen van het meer door middel van uitwisseling met de Noordzee alleen tijdens de wintermaanden plaats. De kans op grote verschillen in temperatuur en/of zoutgehalte zijn dan het kleinst.

### 5.7 Zuurstofarm en zuurstofloos bodemoppervlak

Tijdens stratificatie zal het zuurstofgehalte in de diepere delen onder de spronglaag geleidelijk dalen als gevolg van het zuurstofgebruik van de daar aanwezige organismen en als gevolg van de afbraakprocessen die op en nabij de bodem plaatsvinden. In de bovenste waterlaag vindt primaire produktie plaats; het daardoor geproduceerde fytoplankton sterft af en bezinkt naar de bodem, waar het wordt afgebroken. Voor dit afbraakproces is zuurstof nodig, waardoor de daling van het zuurstofgehalte in de onderlaag wordt versneld. Het al dan niet optreden van zuurstofarmoede en/of zuurstofloosheid hangt af van de voedselrijkdom van het meer en van de balans tussen de zuurstofverbruiksnelheid van bodem en water en de zuurstofconcentratie in het water. Dit laatste is weer afhankelijk van de watertemperatuur. Bij een hogere watertemperatuur verlopen de afbraakprocessen sneller en wordt daardoor meer zuurstof per tijdseenheid verbruikt dan bij lagere watertemperaturen. Bovendien kan het water bij hogere watertemperaturen minder zuurstof bevatten dan bij lagere temperaturen.

Wanneer zuurstofarmoede of zuurstofloosheid ontstaat, vinden de afbraakprocessen onder anaërobe omstandigheden plaats. Het afbraakproces verloopt dan veel langzamer. Bovendien kan dan de giftige stof zwavelwaterstof ( $H_2S$ ) ontstaan.

Om een indruk te krijgen van de percentages zuurstofarm- en zuurstofloos bodemoppervlak zijn deze voor de periode 1980 t/m 1995 uitgezet in de figuur 5.8. De figuur geeft daarbij de meest ongunstige situatie weer, dus het grootst gemeten zuurstofarme- en zuurstofloze bodemoppervlak per jaar. Deze situatie trad over het algemeen op in de maand juli of augustus. Zuurstofarm wordt gedefinieerd als kleiner dan of gelijk aan  $3 \text{ mg O}_2/\text{l}$  en zuurstofloos als  $0 \text{ mg O}_2/\text{l}$ .

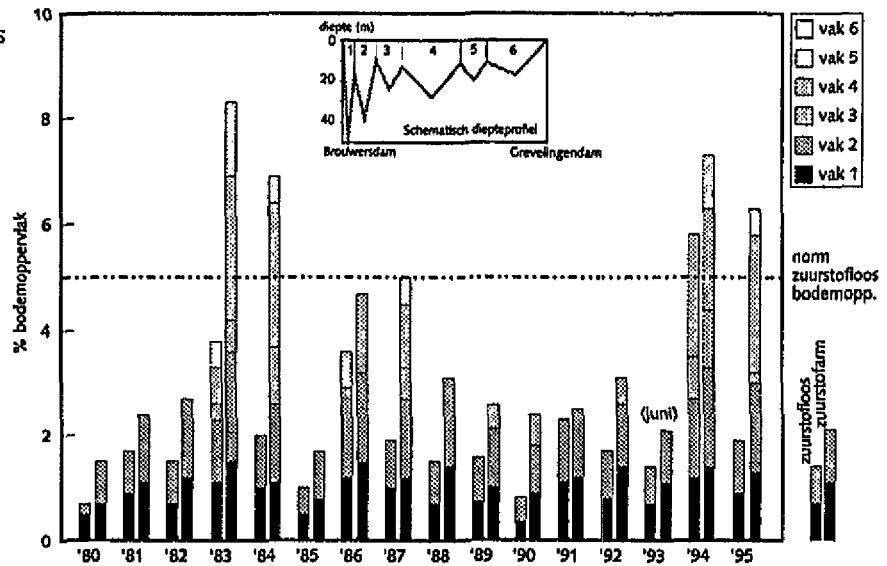
Bovenin de figuur is een schematische lengtedoorsnede van de hoofdgeul van het meer weergegeven. In deze geul worden de metingen uitgevoerd.

Van 1993 zijn geen gegevens bekend van de maanden juli en augustus, het gepresenteerde percentage is daarom dat van de maand juni. In 1990 trad de meest ongunstige situatie op in mei. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk de lange periode met warm, zonnig weer in dat voorjaar.

De zuurstofarme- en zuurstofloze bodemoppervlakken zijn berekend met een oppervlakte-diepte relatie (bijlage 5. In bijlage 7 zijn de GTSO-meetpunten aangegeven en de vakverdeling zoals die voor de berekeningen wordt gehanteerd.

**Figuur 5.8**

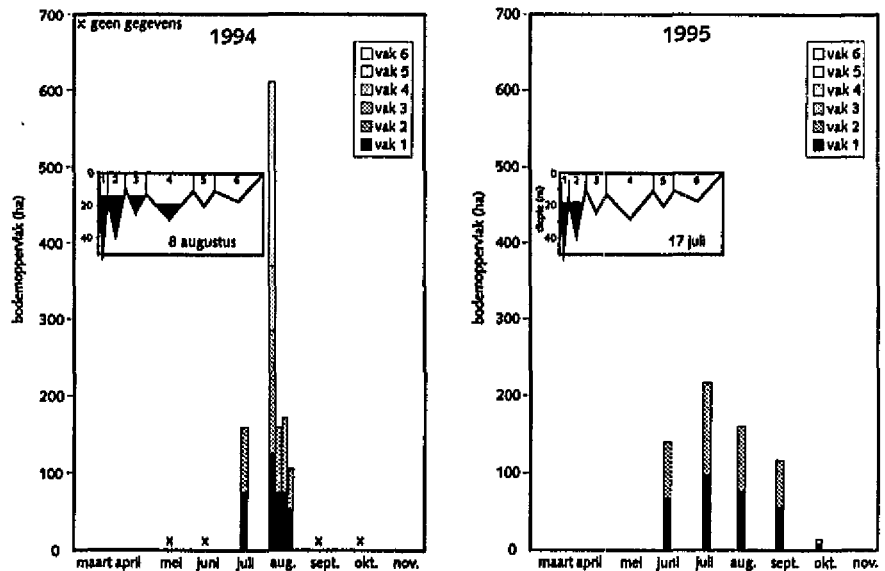
Maximaal percentage zuurstofloos en zuurstofarm bodemoppervlak per jaar. De arcering geeft aan in welke vakken dit voorkwam.



Om een indruk te krijgen hoe de ontwikkeling van het zuurstofloos bodemoppervlak kan verlopen, is het zuurstofloze bodemoppervlak in 1994 en 1995 uitgezet in figuur 5.9. In 1994 werd een oppervlak bereikt boven de norm, terwijl 1995 daar ver onder bleef. Beide jaren hadden wel een vergelijkbaar warme zomer.

**Figuur 5.9**

Ontwikkeling zuurstofloos bodemoppervlak in een probleemjaar (1994) en een probleemloos jaar (1995).



Tijdens de warme, windstille periode in juli/augustus 1994 was er veel dode vis (haring zie ook bijlage 7), en de spronglaag kwam op minder dan 15 m diepte. In bijlage 5 is een aantal praktijkervaringen van (paling)vissers en duikers opgenomen.

**5.7.1 Risico's in de zomer van 1994**

In augustus 1994 bleek dat het bodemoppervlak waar zuurstofloosheid heerste als gevolg van de optredende stratificatie in het Grevelingenmeer groter was dan volgens de "norm" is toegestaan. Vrij snel na het moment

waarop men zekerheid had over de omvang van dit probleem werd, als gevolg van meteorologische invloeden (minder warm en meer wind) de stratificatie weer grotendeels opgeheven.

Modelmatig is onderzocht wat er gebeurd zou zijn wanneer het warme, windstille weer nog enige tijd had geduurd. Daarmee wordt duidelijk welke risico's er waren.

Met het stratificatiemodel STRESS is een calibratie (CAL) uitgevoerd voor de dichtheidsstroming in het Grevelingenmeer in 1994.

Voor de diepste put (put 6 in grafieken = lokatie Scharendijke) wordt voor een aantal dagen het verloop van de dichtheid over de waterkolom gepresenteerd.

Om aan te geven hoeveel "erger" het had kunnen worden zijn een aantal simulaties uitgevoerd waarbij vanaf 6 augustus 1994 de windsnelheid niet toeneemt en waarbij de temperatuur niet afneemt voor een bepaalde periode. Voor de eerste simulatie (SIA) is deze periode gesteld op 1 week, voor de tweede simulatie (SIB) op 2 weken en tenslotte voor de derde simulatie (SIM) op 3 weken.

### Resultaten

Bijlage 6, figuur 1 laat zien dat door windmenging en temperatuurverlaging gedurende enkele dagen (na 6 augustus) de dichtheidssprong 5 meter dieper ligt (CAL) dan in de situatie waarin de warme windstille situatie voortduurt (SIA, SIB, SIM). Na 1 week, (zie bijlage 6, figuur 2), worden de meteowaarden voor SIA weer gelijk gesteld aan de aan de werkelijke situatie, waardoor de spronglaag zakt, maar waarbij deze toch nog ca 2.5 meter boven de calibratiewaarde ligt. In figuur 3, bijlage 6 is te zien dat de spronglaag voor SIA al op bijna 15 meter diepte ligt. De SIB-simulatie (= 2 weken geconsolideerde toestand) geeft nog een waarde van ca 10 meter diepte.

Figuur 4, bijlage 6 vertoont de situatie waarbij ook voor de derde simulatie (SIM) de meteowaarden weer gelijk gesteld zijn aan die van de calibratie (werkelijke situatie). Op 29 augustus vertoont de vertikaal van deze simulatie een spronglaag op ca. 12.5 meter diepte, nog altijd 6 meter boven de waarde van de calibratie.

### Conclusie

In een jaar met doorsnee meteowaarden ligt de spronglaag in de put Scharendijke rond 15 meter diepte, waarbij de zuurstofuitputting niet boven de 5% komt. De spronglaag in de zomer van 1994 lag beduidend hoger dan 15 meter, zie bijlage 6 met de calibratie (CAL). Voor een korte periode werd een zuurstofuitputting boven de 5% van het bodemoppervlak geconstateerd. Simulatie SIA laat zien dat wanneer de wind en de temperatuur nog een week langer op hetzelfde niveau gebleven waren, de zuurstofuitputting zeker 2 weken langer aangehouden had; de spronglaag ligt op 15 augustus immers nog boven de 10 meter diepte.

Bij 2 extra weken aanhoudend warm en windstil weer (SIB) vindt minstens 3 weken extra uitputting plaats; de extreme simulatie SIM met 3 weken extra warm en windstil laat een spronglaag zien die bijna een maand boven de gemiddelde diepte van 15 meter ligt.

Hoewel het model geen zuurstofmodule bevat, kan zo toch ingeschat worden wat de gevolgen voor de zuurstofhuishouding zijn onder omstandigheden die nog ongunstiger zijn dan in de situatie van 1994.

### 5.7.2 Nutriëntenconcentraties bij de bodem

Naast de zuurstofhuishouding wordt ook de nutriëntenhuishouding door stratificatie beïnvloed. Bij de afbraak van het afgestorven bezonken organisch materiaal komen de in het celmateriaal ingebouwde nutriënten

weer vrij. Door de aanwezigheid van een spronglaag blijven de nutriënten in de onderlaag, zodat daar verhoogde concentraties fosfaat, ammonium en silicium ontstaan. Daarnaast vindt onder anaërobe condities mobilisatie van fosfaat en silicium uit de bodem plaats.

Bij de routinemetingen in het Grevelingenmeer wordt vanaf 1992 op meetpunt GM80 (Scharendijke) behalve op een meter onder het wateroppervlak ook op halve diepte en op een meter boven de bodem bemonsterd. GM80 is het diepste punt van het meer. Op de andere twee punten (Dreischor en Bruinisse) wordt de laatste jaren alleen op een meter onder het oppervlak gemeten. Uit metingen in voorgaande jaren is gebleken, dat door de geringe diepte en het ontbreken van stratificatie de concentraties daar over de hele waterkolom nagenoeg aan elkaar gelijk zijn. Tussen 1985 en 1992 zijn ook op GM80 alleen metingen op een meter onder het wateroppervlak uitgevoerd.

Uit de beschikbare meetgegevens komt naar voren, dat op het meetpunt GM80 aan de bodem en op halve diepte de concentraties orthofosfaat, silicium en ammonium vanaf 1992 tijdens de zomer hoger zijn dan begin jaren tachtig. Door het ontbreken van gegevens is het niet duidelijk of er in de jaren waarvan gegevens ontbreken een geleidelijke stijgende trend is opgetreden. Als mogelijke oorzaak is naar voren gekomen de hogere watertemperatuur aan de bodem in de laatste jaren. Een hogere watertemperatuur leidt immers tot een grotere afbraaksnelheid en een grotere mobilisatie van stoffen uit de bodem.

Wanneer de zomerstratificatie is opgeheven zijn ook de nutriëntengehalten over de hele waterkolom weer aan elkaar gelijk. De tijdelijk hogere nutriëntconcentraties in de onderlaag op zich vormen geen bedreiging voor de duurzaamheid van het systeem. Wel zouden ze kunnen duiden op een verandering van bepaalde processen.

## 5.8 Toxicanten

Met de grote hoeveelheden water die het Grevelingenmeer in- en uitgaan, worden allerlei stoffen getransporteerd, in opgeloste vorm of gebonden aan zwevend stof. Daarbij zijn ook toxische stoffen. Het water en de waterbodem van de Zeeuwse Delta, inclusief de Voordelta, is met deze veelal moeilijk afbreekbare stoffen 'besmet' door de hoge belastingen in het verleden. In dit hoofdstuk zullen deze zogenaamde toxicanten, onderverdeeld in verschillende groepen worden beschreven. De monitoring van al deze stoffen vond plaats op één punt (GM40) nabij Dreischor.

### 5.8.1 Zware metalen

Vanaf 1982 tot en met 1987 zijn de bemonsteringen naar zware metalen uitgevoerd met een frequentie van 4 tot 6 maal per jaar. In die periode is gebleken, dat de concentraties vrij laag en min of meer constant waren. Vanaf 1988 is daarom volstaan om bij wijze van controle deze parameters nog één maal per jaar te meten.

In tabel 5.5 wordt een overzicht gegeven van de gemeten maximum- en minimumwaarden. Tevens zijn daarbij de detectiegrenzen vermeld, omdat die in deze periode vaak veranderd zijn. Ter informatie zijn ook de achtergrondwaarden [10] en de grens- en streefwaarden (MILBOWA) [11] in de tabel vermeld.

De maximumwaarden in de tabel komen zonder uitzondering in de eerste helft van de tachtiger jaren voor; de minimumwaarden in de tweede helft daarvan of in de jaren negentig.

De detectiegrenzen zijn met ingang van 1985 voor een aantal van deze metalen verlaagd, waardoor lagere concentraties konden worden aangetoond dan voorheen.

De achtergrondwaarden zijn de waarden waarvan men aanneemt dat die van nature in zeewater voorkomen.

De grens- en streefwaarden zijn medio 1990 geïntroduceerd en vervangen de Algemene milieukwaliteit (kwaliteitsdoelstelling 2000) zoals die is vermeld in de derde Nota waterhuishouding [4].

De grenswaarden komen in het algemeen overeen met deze AMK 2000. Nieuw zijn de streefwaarden, die zijn gebaseerd op onderzoek naar effecten op organismen. De streefwaarde geeft de concentratie weer waarbij 95% van de organismen die in het watersysteem voor (kunnen) komen geen aantoonbare effecten op hun functioneren ondervinden. Voor zoute wateren zijn deze grens- en streefwaarden nog niet opgesteld, maar ook bij de toetsingen voor de WSV (WaterSysteemVerkenning) zijn deze "zoete" waarden voor de zoute wateren toegepast.

Bij het samenstellen van de tabel is er van uitgegaan, dat de relatief extreem hoge waarden, die bijna altijd voorkwamen in het begin van de tachtiger jaren, zeer waarschijnlijk kunnen worden aangemerkt als uitschieters. Daarbij is vooral ook gelet op de verhouding tussen de totale- en de opgeloste concentratie. De op deze wijze aangemerkte analysesresultaten zijn niet in de tabel opgenomen.

De tabel laat zien dat alle metalen, met uitzondering van opgelost kwik ruimschoots voldoen aan de streefwaarden. De streefwaarde van kwik ligt echter lager dan de detectiegrens, zodat het niet mogelijk is om vast te stellen of de streefwaarde is bereikt.

De vastgestelde achtergrondwaarden zijn alleen bekend voor de opgeloste concentraties. Bij de metalen cadmium en chroom worden deze waarden benaderd, voor kwik kan dit niet worden vastgesteld. De koper- en nikkelconcentraties zijn ongeveer een factor 5 hoger dan de achtergrondwaarden en komen overeen met de concentraties in het kustwater. De arseenconcentratie is 2 á 3 maal hoger dan de achtergrondwaarde en ongeveer twee maal hoger dan de concentratie in het kustwater. Waarschijnlijk is dit het gevolg van de mobilisatie vanuit de bodem, waarin het arseen tijdens de periode voorafgaande aan de uitwisseling met de Noordzee is geaccumuleerd. Het gedrag van arseen is in die zin dan ook te vergelijken met het gedrag van fosfaat en dan met name van het orthofosfaat.

Resumerend kan worden gezegd, dat het Grevelingenmeer voor wat de opgeloste zware metalen betreft een schoon zoutwatermeer is. Voor koper en nikkel is de kwaliteit van het in te laten kustwater bepalend. Voor arseen is het kustwater en de slibkwaliteit van de kustzone, alsmede de kwaliteit van de bodem van het Grevelingenmeer bepalend.

Tabel 5.5 Totaalgehalten en gehalten opgeloste zware metalen in het Grevelingenmeer in µg/l tijdens de periode 1980 t/m 1994; waarbij tevens de grens- en streefwaarden en de detectiegrenzen zijn aangegeven.

Parameter	maximum	minimum	detectiegrens		achtergrond waarden	grensw. (zoet)	streefw. (zoet)
			t/m '84	na '85			
As tot	± 4	1 ('84)	1	0,1		10	5
As opgel	± 3	1 ('84)	1	0,1	1,4 ± 0,1	8,6	4
Cd tot	0,2 ('82)	0,01('92)	0,1	0,01		0,2	0,05
Cd opgel	0,2 ('82)	0,01('93)	0,1	0,01	0,004 - 0,009	0,06	0,01
Cr tot	1 ('82)	0,5 ('93)	0,5/0,2*	0,5/0,1*		20	5
Cr opgel	1 ('83)	0,1 ('93)	0,2/0,1*	0,1/0,5*	0,16 ± 0,03	2	0,5
Cu tot	3 ('85)	1 ('93)	1/0,5*	1 /0,1*		3	3
Cu opgel	2 ('84)	0,5 ('93)	0,5/0,1*	0,1	0,070 - 0,013	1,3	1
Hg tot	0,02 ('83)	0,01('93)	0,01	0,01		0,03	0,02
Hg opgel	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0005±0,0001	0,005	0,003
Pb tot	2 ('85)	1	1,0/0,1*	1,0/0,1*		25	4
Pb opgel	0,2 ('82)	0,1	0,1	0,1	0,033 ± 0,015	1,3	0,2
Ni tot	± 1	1	1,0/0,5*	1,0/0,1*		10	9
Ni opgel	0,9 ('84)	0,5 ('92)	1,0/0,5	0,1	0,140 ± 0,015	7	7
Zn tot	± 3	1	1,0	1,0		30	9
Zn opgel	± 1	1	1,0	1,0	0,13 ± 0,40	7	2

\* Detectiegrens afhankelijk van laboratorium-voorschrift en chloridegehalte.

### 5.8.2 Organische microverontreinigingen

Evenals voor zware metalen in de waterfase, is er een monitoringsprogramma geweest voor de organische microverontreinigingen. De meetinspanningen naar de organische microverontreinigingen zijn door de normering in de jaren '80 zeer beperkt geweest. Over het algemeen werd voldaan aan de basiskwaliteit zodat er geen sprake was van een verontreinigingsprobleem. Een uitzondering hierop vormen de organotinverbindingen en dan met name de tributyltin-verbinding (TBT). Deze zijn niet op het centrale punt GM40 gemeten, maar in een drietal jachthavens. Het onderzoek naar organische microverontreinigingen heeft voor het merendeel plaats gehad in 1982 en in 1986. In 1986 is er vier tot zes maal gemeten en in 1986 twee maal. Enkele somparameters zijn gedurende meerdere jaren bepaald. Van bijna alle individueel gemeten organische microverontreinigingen was de aanwezigheid daarvan niet aan te tonen of niet te meten omdat de concentraties lager waren dan de detectiegrens. Per groep zal hierop nader worden ingegaan.

In het rapport Waterbeheer Grevelingenmeer 1980-1990 [1] zijn deze stoffen reeds behandeld. Na deze periode heeft in het Grevelingenmeer geen onderzoek naar microverontreinigingen meer plaats gevonden. Volledigheidshalve wordt deze groep toch behandeld, onder meer omdat de begrippen grens- en streefwaarden toen nog niet bestonden. In het navolgende zal dan ook worden gezien of ook de in de jaren tachtig gemeten concentraties voldoen aan deze nieuwe normen.

#### Fenol en fenol-waterdampvluchtig

Van 1982 tot en met 1984 is fenol elke maand bepaald; in deze driejarige meetreeks is een geleidelijke daling te zien van ± 10 µg/l in 1982 naar ± 1 µg/l eind 1984. In de periode 1985 tot en met 1987 zijn enkele malen per jaar de waterdampvluchtige fracties van fenol bepaald; ook daar in was een geleidelijke daling te zien. De grenswaarde voor fenol is 5 µg/l, daar

wordt dus ruimschoots aan voldaan; een streefwaarde hiervoor is niet gegeven.

De grenswaarde voor trichloorfenolen is 2.5 µg/l, deze werd ruimschoots onderschreden; de streefwaarde bedraagt 0.025 µg/l, deze werd dicht benaderd.

#### **Lindaan**

In 1982 werd in alle vijf genomen watermonsters een concentratie aangetoond kleiner dan de toen geldende detectiegrens van 0.01 µg/l; in 1986 werd nog twee maal bemonsterd. De detectiegrens was toen verlaagd naar 0.001 µg/l en de gevonden concentraties bedroegen resp. 0.006 en 0.004 µg/l.

De grenswaarde voor lindaan is 0.01 en de streefwaarde 0.0002 µg/l, zodat aan de grenswaarde ruimschoots wordt voldaan, maar aan de streefwaarde nog niet.

Voor de overige individuele organische microverbindingen zijn in 1986 twee bemonsteringen verricht. De analyseresultaten daarvan lagen ruimschoots beneden de geldende grenswaarden en meestal ook onder de streefwaarden.

#### **PAK's**

Alleen in 1982 is onderzoek naar PAK's verricht; er is zes keer bemonsterd, waarbij de zogenaamde zes van Borneff zijn bepaald en twee individuele PAK's: BaP en BbF. In één van de watermonsters werd een concentratie PAK's aangetroffen van 0.060 µg/l en op dezelfde datum een concentratie van 0.020 µg/l BbF.

In alle andere watermonsters werden geen concentraties aangetoond. De grenswaarde voor PAK is 0.1 µg/l en de streefwaarde is 0.02 µg/l.

#### **Cholinesteraseremmers**

Tijdens de periode 1985 tot en met 1987 is deze parameter vier tot zes maal per jaar bepaald; de gevonden concentraties varieerden van 0.5 tot 0.1 µg/l, waarbij de hoogste waarden in 1985 en de laagste in 1987 voorkwamen.

De grenswaarde bedraagt 0.5 µg/l, een streefwaarde is niet vermeld; waarmee kan worden geconcludeerd, dat ook hier aan de norm werd voldaan.

#### **Vluchtige organohalogeenvverbindingen (VOX)**

Slecht éénmaal, in 1986, is deze stof bepaald; de gemeten concentratie was 0.1 µg/l, dit was gelijk aan de detectiegrens. Voor deze stof geldt een grenswaarde van 5 µg/l, een streefwaarde is niet vermeld.

#### **Extraheerbare organohalogeenvverbindingen**

In 1986 en 1988 zijn er twee bepalingen verricht, vanaf 1989 is dit eenmaal per jaar gebeurd. De concentraties zijn gedaald van 1.4 µg/l in 1986 tot 0.1 µg/l in 1993. De basiskwaliteitsnorm was 5 µg/l, een grens- of streefwaarde is hiervoor niet vermeld.

#### **Olie**

In de periode 1982 tot en met 1984 is het oliegehalte maandelijks bepaald. Daarbij werd in ± 80% van de gevallen geen olie aangetroffen. In de overige 20% van de gevallen waren de concentraties kleiner dan 0.1 mg/kg. In de grens- en streefwaarden wordt voor het oliegehalte geen norm genoemd; de basiskwaliteit kende een norm van 200 µg/l, wat overeenkomt met 0.2 mg/kg.

**Som van dichloorbenzenen**

Deze somparameter werd in 1986 twee maal bepaald, de gevonden concentraties waren 0.0 en 0.5 µg/l. Voor deze stof geldt een grenswaarde van 2 µg/l, een streefwaarde is daarbij niet gegeven.

**Synthetische detergents**

Van 1982 tot en met 1984 zijn deze maandelijks bepaald, daarna, tot en met 1987, is dit gebeurd met een frequentie van ongeveer 5 maal per jaar. De concentratie variëren van 0.1 tot 0.03 mg/l, waarbij geen daling of stijging is te zien. Voor de basiskwaliteit gold een toetswaarde van 0.1 mg/l voor de mediaan; in de grens- en streefwaarden komt deze stof niet meer voor.

**PCB's**

In 1986 zijn zes PCB's twee maal bepaald, het zijn de PCB's 28, 52, 101, 138, 153 en 180. Van geen van deze parameters werd aangetoond dat ze aanwezig waren.

**5.8.3 Organotinverbindingen (TBT)**

In juni 1989 zijn in een drietal jachthavens in het Grevelingenmeer watermonsters genomen waarin het TBT-gehalte is bepaald. In tabel 5.6 zijn het gemiddelde en de minimum- en de maximumconcentraties weergegeven. De gegevens hiervoor zijn ontleend aan [12a] en uitgedrukt in nanogram tin (Sn) per liter.

Tabel 5.6 Tributyltin in jachthavens in het Grevelingenmeer in ng Sn/l.

Haven (juni 1989)	Gemiddeld	minimum	maximum
Scharendijke	2930	1830	3440
Brouwershaven	3620	1390	7210
Bruinisse	2400	2080	2670

Zoals uit de gebruikte literatuur blijkt, werd het onderzoek ook nog op meerdere locaties in Nederland verricht. Er werden daarbij nergens zulke hoge concentraties aangetroffen als in de havens van het Grevelingenmeer. De oorzaak daarvan zal moeten worden gezocht in de grote aantallen jachten die in deze havens liggen afgemeerd, maar meer nog in het feit dat het Grevelingenmeer een stagnant meer is, waardoor de uitwisseling van water veel minder is dan in getijgebonden havens. De MILBOWA geeft een grenswaarde van 10 ng/l, een streefwaarde wordt niet gegeven. Uit de tabel blijkt, dat de norm sterk wordt overschreden. Overigens is bij hetzelfde onderzoek gebleken dat veel jachteigenaren zijn overgegaan op anti-foulingverf zonder organotin. Vanaf 1990 mogen aangroeiwerende verven die TBT bevatten voor jachten kleiner dan 25 m. niet meer worden toegepast. Voor Scharendijke is als gevolg daarvan een afname van het tributyltingehalte in gefiltreerd water gevonden in de periode 1990-1993 (zie tabel 5.6). Ook in andere Nederlandse havens is in die periode het gehalte opgelost TBT afgenomen, Scharendijke staat echter nog steeds bovenaan de lijst [12].



## 5.9 Bodemsamenstelling en de kwaliteit daarvan

In het Grevelingenmeer zijn in 1979, 1989 en 1995 bodembemonsteringen uitgevoerd.

Het primaire doel van de bemonstering in 1979 was het maken van een betrouwbare bodemkaart van het Grevelingenmeer. Daartoe werd het meer in 430 vakken van 500 x 500 m. verdeeld en werd in elk vak een bodemmonster genomen. Deze bemonstering vond plaats in april.

In de genomen bodemmonsters werden de volgende parameters bepaald: Korrelgrootte, slib-, kalk- en chlorofylgehalte en het gehalte aan particulier organisch koolstof (POC) van het sediment en het opgelost organisch koolstof van het poriënwater. Ook werd de correlatie tussen de verschillende parameters bepaald. Het resultaat van dit alles was een zeer gedetailleerde bodemkaart van het Grevelingenmeer.

Ten behoeve van het evaluatierapport Waterbeheer Grevelingenmeer [1] is in 1989 de bodemsamenstelling opnieuw bepaald. Daartoe werden op 36 van de 430 in 1979 bemonsterde plaatsen weer bodemmonsters genomen. Bij de keuze van deze 36 plaatsen werd uitgegaan van de POC-gehalten van de 430 monsters die in 1979 waren genomen.

De conclusie van dit onderzoek was, dat het chlorofylgehalte was afgenomen. De afname was groot, maar werd geweten aan het verschil in bemonsteringsseizoen. Dezelfde opmerking werd gemaakt bij de kleine, maar wel significante, verandering van het POC-gehalte in de bodem. Korrelgrootte en slibgehalte waren niet significant veranderd. Het kalkgehalte nam in het westelijk gedeelte significant toe, het gehalte bleek daar ongeveer verdubbeld te zijn, terwijl in het oostelijk deel geen verandering in het kalkgehalte werd gevonden.

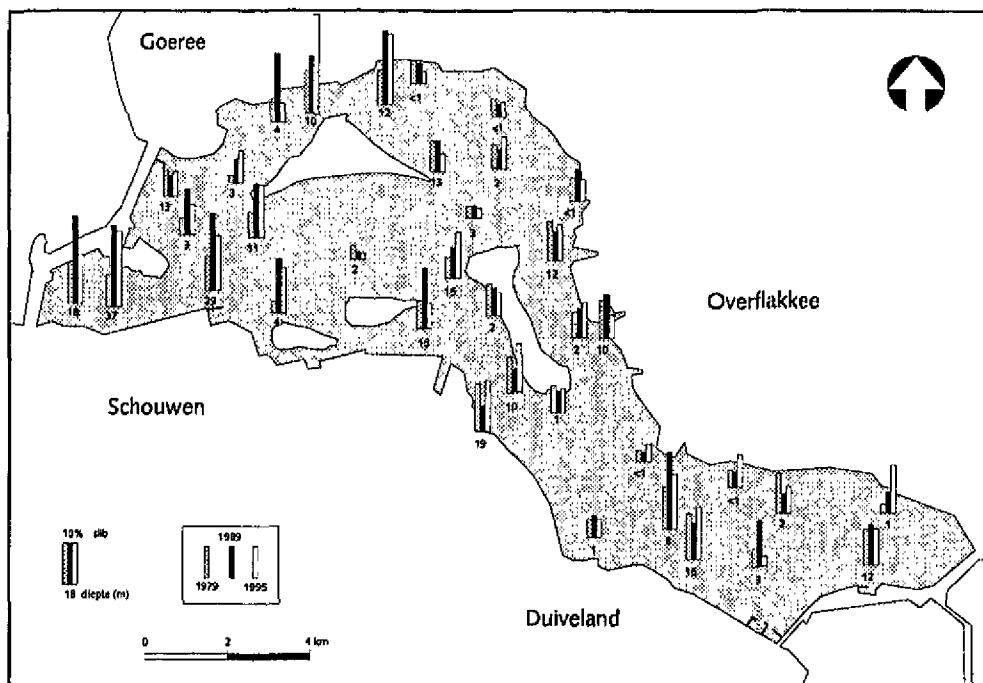
Ten behoeve van dit evaluatierapport is besloten om in 1995 een bemonstering op dezelfde 36 punten uit te voeren als in 1989. De resultaten van de drie verschillende bemonsteringen zijn met elkaar vergeleken waarbij van de bemonstering van 1979 alleen de 36 gegevens van de overeenkomstige bemonsteringspunten van 1989 en 1995 zijn gebruikt [13].

De conclusie van de vergelijking van de drie bemonsteringen was:

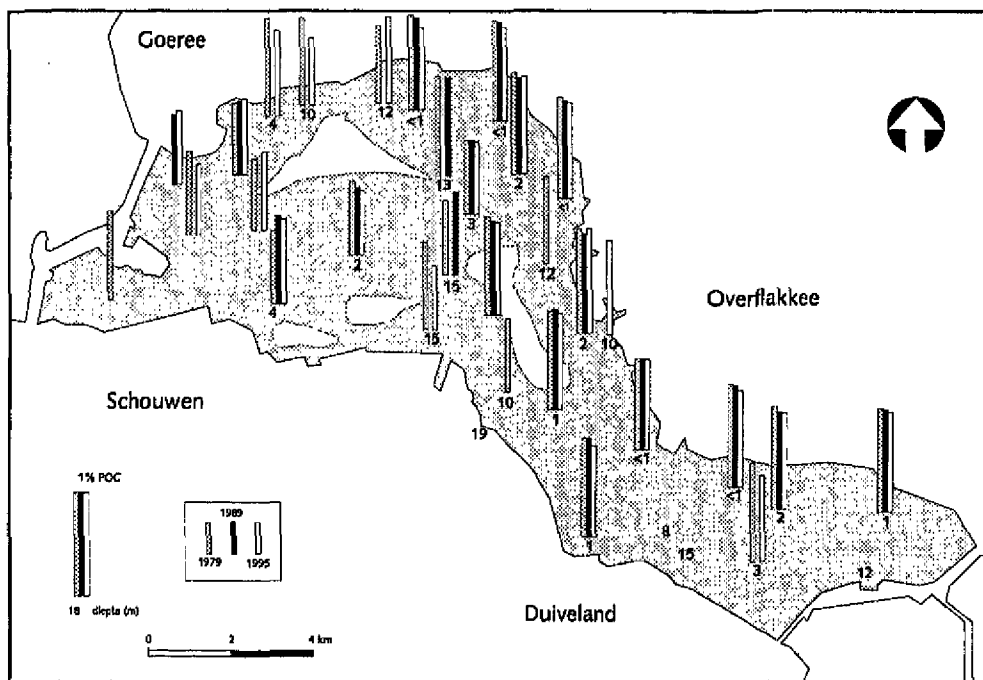
Over het gehele meer gezien zijn het slibgehalte, de korrelgrootte-sortering en het POC-gehalte in de periode tussen 1979 en 1995 niet significant veranderd. De mediane korrelgrootte neemt geleidelijk af tussen 1979 en 1989, en die trend zet zich door naar 1995. Hetzelfde beeld geeft chlorofyl a. Het gemiddelde kalkgehalte was in 1979 met 6,4% duidelijk lager dan de ongeveer gelijke gemiddelde gehalten van 9%  $\text{CaCO}_3$  in 1989 en 8,5%  $\text{CaCO}_3$  in 1995. Dit zou verband kunnen houden met een mogelijke verandering in de hoeveelheid gestorte mosselschelpen in het westen van het meer ten behoeve van de oesterkweek. De relatie kalkgehalte met gestort mossel-substraat werd in het rapport van het onderzoek in 1989 [14] al genoemd als mogelijke oorzaak voor hogere kalkgehalten in het westen. Of het gelijk blijven van het kalkgehalte tussen 1989 en 1995 te maken heeft met een sterk verminderde toepassing van mosselschelpen voor oesterbroed-substraat dient nog verder te worden uitgezocht.

In de figuren 5.10 tot en met 5.13 zijn de onderzoeksresultaten voor het slibgehalte (kleiner dan 16 micron), het gehalte particulier organisch koolstof (POC), het kalkgehalte ( $\text{CaCO}_3$ ) en de mediane korrelgrootte voor alle meetpunten weergegeven.

Hoewel over het hele meer het slibgehalte in de periode tussen 1979 en 1995 niet significant is veranderd, zijn in figuur 5.10 voor een aantal meetpunten over deze periode wel verschillen te zien. Deze verschillen zijn mogelijk het gevolg van de grote ruimtelijke variatie die voor de bodem van het Grevelingenmeer al eerder is vastgesteld [15]. Hetzelfde beeld geeft POC (figuur 5.11).

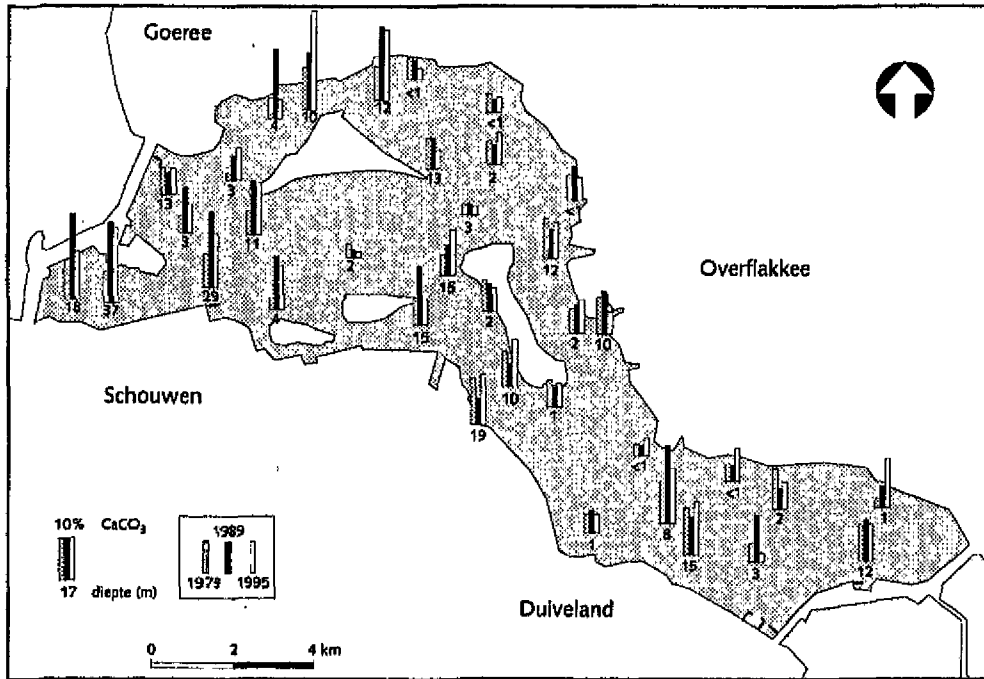


Figuur 5.10 Slibgehalte (<16 micron) bodem Grevelingenmeer.

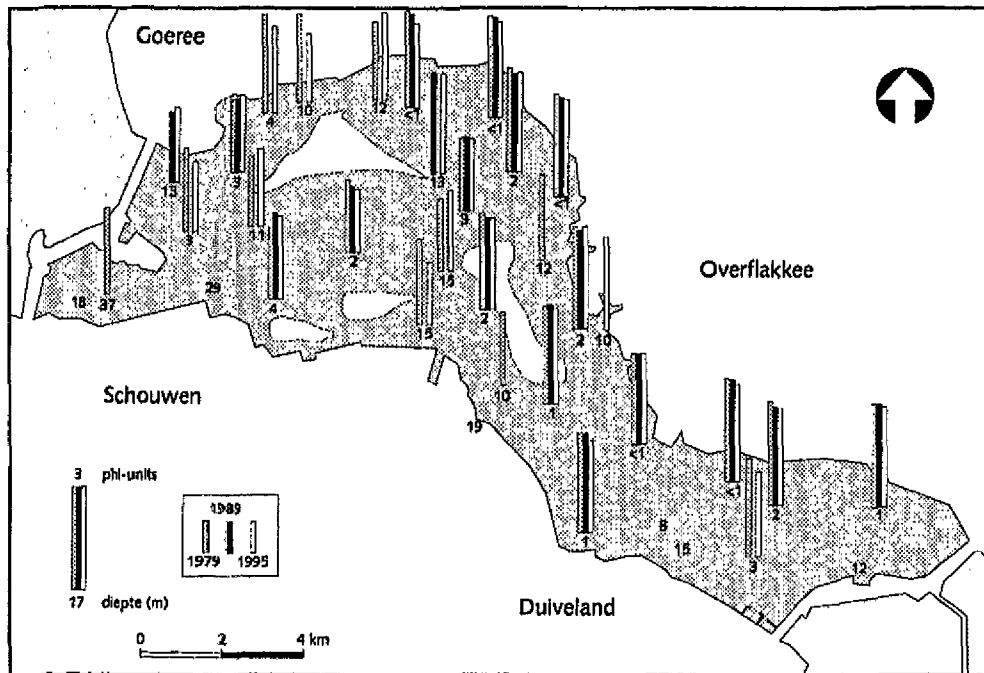


Figuur 5.11 Particulair organisch koolstof (POC) bodem Grevelingenmeer.

Het kalkgehalte (figuur 5.12) in het westen van het meer is in 1995 ten opzichte van 1989 op de meeste meetpunten iets gedaald, terwijl het kalkgehalte in het oosten van het meer in deze periode op de meeste meetpunten juist iets is gestegen. Over de mediane korrelgrootte (figuur 5.13) is het volgende geconcludeerd: over het algemeen kan het sediment van het hele meer omschreven worden als fijn zand (2 -2,5 phi-units), significante veranderingen zijn over de totale duur van het onderzoek niet gevonden. Voor een aantal meetpunten is de korrelgrootte niet bepaald. Dat betreft met name de meetpunten op diepe lokaties omdat die monsters een te hoog slibgehalte bevatten.



Figuur 5.12 Kalkgehalte (CaCO<sub>3</sub>) bodem Grevelingenmeer.



Figuur 5.13 Mediane korrelgrootte bodem Grevelingenmeer.

- phi-units: 0-1 = 500-1000 micron = grofzand
- 1-2 = 250-500 micron = middel grof zand
- 2- 2,5 = 250-175 micron = fijn zand
- 2,5 -3 = 175-125 micron = zeer fijn zand

### 5.10 Oevers

De oevers van het Grevelingenmeer staan onder voortdurende invloed van golferosie. Om de landwaartse verplaatsing van de oeverlijn tegen te gaan, of in ieder geval af te remmen, zijn in het meer directe en indirecte oeververdedigingen aangebracht.

Een directe oeververdediging bestaat uit een laag grind of stortsteen welke boven en onder de waterlijn is aangebracht. Een indirecte oeververdediging bestaat veelal uit een waterdoorlatende dam, die is opgebouwd uit

grind en stortsteen en evenwijdig loopt met de oeverlijn; deze is bedoeld om de golfslag te breken.

Een combinatie van indirecte en directe oeververdediging komt op enkele, erosiegevoelige, plaatsen in het Grevelingenmeer ook voor.

Ten behoeve van dit evaluatierapport onderzocht welke oeverontwikkelingen hebben plaatsgevonden; dit is gedaan voor de periode 1980-1995 niet goed mogelijk is om verschillen of trends te bepalen [16].

Er is nagegaan in hoeverre een verplaatsing heeft plaatsgevonden van de lijn van NAP -0.20 m (scheiding tussen land en water) en van NAP -2.00 m (scheiding tussen diep en ondiep water).

De onderzochte gebieden zijn niet tot het einde van de evaluatie-periode gemeten, daarom zijn de hierna geschetste ontwikkelingen het resultaat van een extrapolatie van trends tot en met 1995. Een deel van de metingen van de dwarsprofielen zijn momenteel niet bruikbaar voor een dergelijke extrapolatie door een gebrek aan meetgegevens.

Voor het rapport "Waterbeheer Grevelingenmeer 1980-1990" [1] is een analyse gemaakt voor de periode 1980-1990. Uit een heroriëntering van die analyse is gebleken, dat de resultaten van extrapolaties met de nodige voorzichtigheid moeten worden beoordeeld. Een plotselinge omslag van de trend kan aanzienlijke verschillen tot gevolg hebben ten aanzien van geprognoseerde ontwikkelingen, vooral als het zeer vlakke oevers betreft. Een verhoging of verlaging van enkele centimeters kan betekenen dat daardoor de oeverlijn tientallen meters in horizontale richting wordt verplaatst.

In 1971 is het bekken stagnant geworden. Uit hierna volgende overzicht kan worden geconcludeerd dat de effecten hiervan op de morfologie nog steeds voortgaan.

De resultaten van de analyses per type oever in de periode 1980-1990 en 1990-1995 zijn weergegeven in tabel 5.7.

In totaal zijn voor deze evaluatie de oevers over een lengte van ruim 60 km beschouwd. Daarbij zijn de oevers gesplitst in vier typen (onverdedigd, direct verdedigd, indirect verdedigd en indirect + direct verdedigd). Het kan voorkomen dat gedurende deze evaluatie-periode werkzaamheden aan een oever zijn verricht of nieuwe verdedigingen zijn aangebracht, waardoor deze oever in één periode bij twee verschillende categorieën behoorde. In dat geval is de oever ondergebracht bij de categorie waarbij de oever behoorde vlak voor de einddatum van de evaluatie-periode. Ten gevolge van dit uitgangspunt is het mogelijk dat bij oevers die van een stabiele directe verdediging zijn voorzien, toch een terugwijking van de waterlijn heeft plaatsgevonden. Het betreft dan veelal opgetreden erosie in de periode vóór de aanleg van de directe verdediging.

Ter plaatse van het Strand Grevelingendam zijn langs de waterlijn over een grote zone, werkzaamheden verricht. Het verwerken van de ontwikkelingen op het niveau boven de waterlijn is daarom niet reëel. Voor dit gebied is dan ook alleen de verplaatsing van de lijn van NAP -2.00 m in beschouwing genomen.

Tabel 5.7 Oevererosie Grevelingenmeer in tien jaar (1980-1990 en vijf jaar (1990-1995).

type oever	oever- lengte (m)	beoor- deelde lengte (m)	afname droog gebied (m <sup>2</sup> )	toename ondiep gebied (m <sup>2</sup> )	gemiddelde jaarlijkse verplaatsing isolijn t.o.v. startdatum	
					NAP -0,20 m (m)	NAP -2 m (m)
10 jaar, periode 1980-1990						
onverdedigd	23.890	21.050		186.200	0,88	
	25.890	10.490		146.250		0,51
directe verdediging	5.790	3.050	12.750		-0,42	
	5.790	1.420		7.200		0,09
indirecte verdediging	16.230	11.800	227.850		-1,93	
	17.930	12.200		189.950		-0,37
dir.+ indir. verdediging	11.580	11.280	13.550		-0,12	
	13.330	6.980		20.950		0,18
TOTAAL (gemeten in 10 jaar)			440.350	364.350		
Indien rekening wordt gehouden met de totale oeverlengte in het bekken en als uitgangspunt wordt aangehouden dat de gemiddelde jaarlijkse erosie per oevertype geldt voor de bij dat type behorende totale oeverlengte, dan is:						
de jaarlijkse afname droog gebied: 6,06 ha; de jaarlijkse toename ondiep gebied: 8,49 ha						
5 jaar, periode 1990-1995						
onverdedigd	18.390	13.150	31.450		-0,48	
	21.540	6.250		41.050		0,84
directe verdediging	10.390	6.350	11.400		-0,24	
	9.990	2.550		2.800		-0,02
indirecte verdediging	14.130	10.050	48.850		-0,97	
	14.130	8.150		42.400		0,07
dir.+ indir. verdediging	16.780	11.250	7.250		-0,13	
	16.780	5.050		13.600		0,31
TOTAAL (gemeten in vijf jaar)			98.950	99.850		
Indien rekening wordt gehouden met de totale oeverlengte in het bekken en als uitgangspunt wordt aangehouden dat de gemiddelde jaarlijkse erosie per oevertype geldt voor de bij dat type behorende totale oeverlengte, dan is:						
de jaarlijkse afname droog gebied: 2,71 ha; de jaarlijkse toename ondiep gebied: 5,42 ha						

### Onverdedigde oevers

In de meeste gevallen is de erosie de laatste vijf jaar kleiner geworden dan in de periode daarvoor. De achteruitgang van de oeverlijn bedraagt momenteel ongeveer 0.5 m tot 3 m per jaar. Een uitzondering vormt de Slikken van Flakkee, waar een toenemende vooruitgang van de oeverlijn (1980-1990: 0,15 ha per jaar; 1990-1995: 0,6 ha per jaar) overheerst. Enerzijds komt in dit gebied een jaarlijkse achteruitgang voor van 10 m, anderzijds een jaarlijkse vooruitgang van 21 m. Hierbij dient te worden bedacht, dat de oever hier zeer vlak is, waardoor geringe hoeveelheden sediment kunnen leiden tot relatief aanzienlijke verschillen. Over de verplaatsing van de dieptelijn van NAP -2,00 m kan over de laatste vijf jaar door een gebrek aan meetgegevens weinig worden gezegd.

### Oevers met een directe verdediging

De oevers, met uitzondering van de noordzijde van de Hompelvoet en Veermansplaat, zijn stabiel. De erosie op de Hompelvoet is waarschijnlijk het gevolg van het deformereren van de verdediging. De erosie op de Veermansplaat is veroorzaakt voordat de directe oeververdediging in het jaar 1992/1993 is aangelegd.

### **Oevers met een indirecte verdediging**

Op de waterlijn vindt nog steeds aanzienlijke erosie plaats. De gemiddelde terugwijking neemt echter duidelijk af. In de periode 1980-1990 bedroeg deze circa 1.9 m per jaar; in de periode 1990-1995 is dit verminderd tot circa 1 m per jaar.

De vergroting van de oppervlakte aan ondiep water wordt de laatste vijf jaar vooral veroorzaakt door de verplaatsing van de waterlijn en niet door de lijn van NAP -2.00 m. Een uitzondering vormt de Stampersplaat, waar langs de noordzijde een verkleining van de oppervlakte aan ondiep water heeft plaatsgevonden.

### **Oevers met een directe en een indirecte verdediging**

De directe verdediging bestaat vaak uit een summiere verdediging op de waterlijn. Een enkele maal komt het voor dat deze doorbreekt. Dit is kenmerkend het geval geweest bij één van de raaien op de Hompelvoet, waar in 15 jaar een terugwijking is gemeten van circa 24 m. De secundaire verdediging op de Punt van Goeree bestaat uit een dunne laag fijn grind. De erosie in één van de raaien is dan ook niet abnormaal. De erosie wordt hier beperkt, doordat de beheerder van het recreatiegebied zo nu en dan de oeverlijn herstelt.

De Plaat van Oude Tonge (Strand Grevelingendam) is ongunstig georiënteerd. De afname van het ondiep water gebied wordt hier veroorzaakt door de relatief grote golven, die het sediment beneden NAP -2.00 m verplaatsen.

In het algemeen kan worden gesteld dat in het gehele bekken de erosie van het droogvallende gebied overheerst; daardoor neemt de oppervlakte ondiep water toe.

Vanaf 1980 is, als rekening wordt gehouden met de totale oeverlengte, ongeveer 75 ha boven water liggend gebied in het water verdwenen. De gemiddelde erosie van het droge gebied is in de jaren negentig circa 50% lager (nu 2.71 ha per jaar) dan in het vorige decennium.

## 6. BIOLOGIE

### 6.1 Fytoplankton

#### 6.1.1 Soortensamenstelling van het fytoplankton

Nadat het Grevelingenmeer een stagnant zoutwatermeer werd, is het in vergelijking met bijvoorbeeld de Oosterschelde en de kustzone wat aantal soorten fytoplankton betreft soortenarmer geworden. Deze relatief lage soortsdiversiteit is inherent aan de lage turbulentie en het wisselende chloridegehalte. Tijdens het biomonitoring programma (1990 t/m 1994) zijn elk jaar ca. 80-100 soorten waargenomen (zie [17] t/m [21]); de bemonsterde locatie in dit programma is GM40 (Dreischor). Van de jaren tachtig zijn geen fytoplankton gegevens beschikbaar.

De laatst bekende fytoplanktongegevens van het Grevelingenmeer (GM40) hebben betrekking op de periode 1978 t/m 1980 [22], dus stammend uit de overgangperiode tijdens de bouw en na de in gebruikneming van de Brouwerssluis. Dominante soorten uit die periode waren o.a. de diatomeeën *Chaetoceros* spp., *Ditylum brightwellii* en *Rhizosolenia* spp., de dinoflagellaat *Katodinium rotundatum* en van de categorie overige soorten *Cryptomonas* spp. (behorend tot de Cryptophyceae) en *Eutreptiella* sp. (behorend tot de Euglenophyceae).

Uit de biomonitoring gegevens van de jaren negentig blijkt dat het succespatroon van de belangrijkste fytoplankton groepen niet elk jaar hetzelfde is. In het hiernavolgende worden de belangrijkste soorten uit de gehele periode 1990 t/m 1994 tussen haakjes aangegeven. In grote lijnen is er een voorjaarspiek(je) van diatomeeën (*Chaetoceros* spp., *Detonula confervacea*, *Ditylum brightwellii*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira nordenskiöldii*) en zijn 's zomers (*Chaetoceros* spp., *Lauderia borealis*, *Pseudonitzschia pungens*, *Rhizosolenia* spp., *Skeletonema costatum*) en in de nazomer (*Rhizosolenia* spp., *Skeletonema costatum*) ook redelijk wat diatomeeën aanwezig. Opvallend was het ontbreken van de grotere diatomeeën in het fytoplankton gedurende de eerste helft van 1993; daarentegen was 1994 weer een goed diatomeeënjaar. De, meestal kleine, dinoflagellaten hebben elk jaar, en vooral in 1993 en 1994, een duidelijke voorjaarspiek (*Gymnodinium* spp., *Heterocapsa triquetra*, *Katodinium rotundatum*, *Protoperidinium bipes*), maar komen ook in de zomer (*Gymnodinium* spp., *Gyrodinium* spp., *Katodinium rotundatum*, *Prorocentrum* spp.) in redelijke aantallen voor. De categorie overige soorten (vooral kleine soorten als micro-flagellaten, Cryptophyceae en Euglenophyceae) heeft soms pieken in het voorjaar, maar is in het algemeen het hele jaar door in hoge aantallen aanwezig.

In het Grevelingenmeer zijn in de periode 1990 t/m 1994 een aantal toxische soorten fytoplankton waargenomen. In deze alinea wordt alleen ingegaan op *Dinophysis acuminata*, een soort die er in het verleden de oorzaak van was dat soms de schelpdiervisserij gedurende enige tijd stilgelegd werd. Het maximaal aantal waargenomen *Dinophysis acuminata* cellen in 1990 bedroeg ca. 600 cellen/l, in 1991 werd de soort niet waargenomen en in 1992 bedroeg het maximum ca. 1400 cellen/l. In het najaar van 1993 was er een bloei van *Dinophysis cf. sacculus*, een op

*Dinophysis acuminata* lijkende soort; in september werden zeer hoge concentraties tot 6600 cellen/l waargenomen. Er waren in 1993 evenwel geen DSP-problemen (DSP=Diarrheic Shellfish Poisoning). In de periode half juli tot begin augustus 1994 was *Dinophysis acuminata* in hoge concentraties van ca. 1000 tot 3000 cellen/l aanwezig. Eind juli 1994 werden ongeveer 20 mensen ziek (DSP) na het eten van zelf geplukte, dus niet door de rijksoverheid gecontroleerde, mosselen.

De plaagalg *Phaeocystis* sp. komt in het Grevelingenmeer nauwelijks voor; slechts in 1 monster uit 1993 kwam *Phaeocystis* sp. met een concentratie van ca. 5 miljoen cellen/l voor, nog altijd ca. 10 keer zo laag als maximale concentraties in het kustgebied. Vanwege het stagnante milieu, dat sedimentatie van deze soort bevordert, is een flinke ontwikkeling ook niet te verwachten.

Een vergelijking van de biomonitoring gegevens van 1991 t/m 1994 met gegevens uit de periode 1978 t/m 1980, is niet tot in detail mogelijk. De soorten/groepen zijn evenwel, zo goed als mogelijk is, vergeleken met dezelfde of vergelijkbare soorten/groepen uit de periode 1990 t/m 1994. Dan blijkt dat *Chaetoceros* spp., over het algemeen kleine soorten, nog steeds een belangrijke groep vormen en dat de huidige aantallen vergelijkbaar zijn met vroeger. De aantallen *Rhizosolenia setigera* en *hebetata* zijn vergelijkbaar (1994) tot lager (1992 en 1993) dan begin jaren tachtig. De grote diatomee *Ditylum brightwellii*, die vroeger een belangrijk deel van de fytoplankton biomassa vormde, wordt in de jaren 1992 t/m 1994 met ca. 10 keer lagere aantallen waargenomen. *Cryptophyceae* lijken in de nazomer met hogere aantallen voor te komen dan vroeger. Het aantal *Euglenophyceae* is vergelijkbaar met vroeger. Algemeen geldt dat kleine soorten nog steeds een belangrijke component van het fytoplankton vormen. Samenvattend komt in vergelijking met begin jaren tachtig een grote soort als *Ditylum brightwellii* in lagere aantallen voor en lijken kleine soorten in de nazomer in hogere aantallen voor te komen.

### 6.1.2 Productie van het fytoplankton

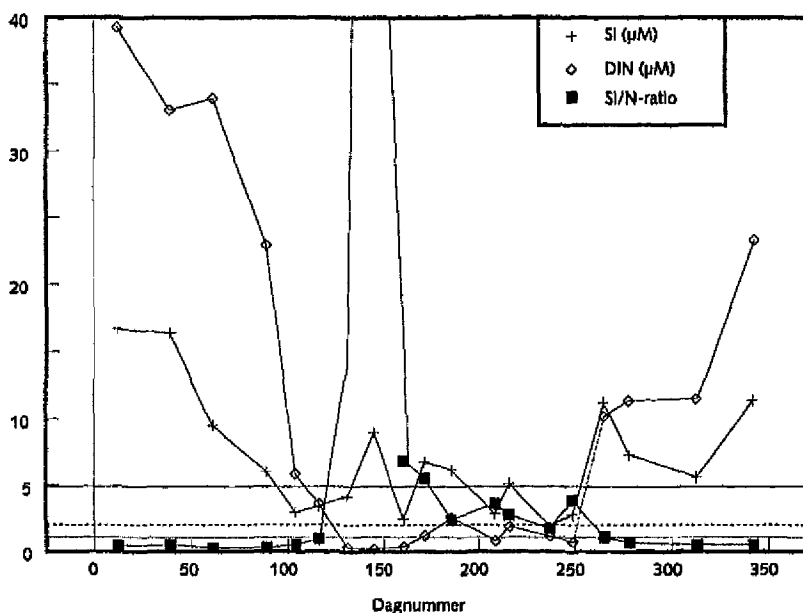
In de jaren negentig is alleen in 1993 de primaire productie van het fytoplankton op station GM40 gemeten. De jaarproductie in 1993 bedroeg 397 g C/m<sup>2</sup> (mond. med. J. Kromkamp, NIOO/CEMO, Yerseke). Op grond van deze gegevens kan verondersteld worden dat de jaarlijkse primaire productie van het fytoplankton van dezelfde orde grootte is als begin jaren tachtig. Dit ligt ook wel in de lijn der verwachting omdat het beheer in de tussenliggende periode niet veranderd is. Evenwel kan de jaarproductie in een bekken van jaar tot jaar aanzienlijk variëren. De grootte van de jaarlijkse primaire productie wordt voor een belangrijk deel bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten en licht. Vanaf 1990 zijn de Si-concentraties aanzienlijk lager dan in de jaren daarvoor en bereiken 's zomers gedurende een langere tijd dan voorheen voor de diatomeeën beperkende concentraties. Ook de periode in de zomers van de jaren negentig met voor het fytoplankton beperkende concentraties opgelost anorganisch stikstof (DIN=nitriet+nitraat+ammonium) is langer dan voorheen. De fosfaat-concentraties bereiken in de jaren negentig slechts gedurende een korte tijd beperkende concentraties. Uit de berekende N/P- en Si/P-ratios blijkt dat N en Si relatief veel minder beschikbaar zijn voor het fytoplankton dan P. De Si/N-ratio's laten zien dat in het voorjaar (voor de diatomeeën) Si minder beschikbaar is dan DIN. De Si-concentraties in het voorjaar zijn evenwel hoog genoeg voor het fytoplankton. Verder blijkt uit de Si/N-ratio's dat gedurende de zomer DIN minder beschikbaar is dan Si. Dit valt samen met de lage DIN concentraties in de zomer, zodat DIN nog steeds het belangrijkste beperkende nutriënt is



voor het fytoplankton. Eén en ander wordt verduidelijkt in figuur 6.1. Vanwege het heldere water van het Grevelingenmeer zal licht in het voorjaar en in de zomer geen beperkende factor zijn voor de fytoplankton produktie.

**Figuur 6.1**

Het verloop van de Si/N-ratio (N als DIN) en de concentraties silicium en opgelost anorganisch stikstof (DIN) op GM40 in 1993.



Si/N=1 (....) geeft de (molaire) verhouding aan waarmee fytoplankton silicium en stikstof opneemt; Si/N<1 wil dus zeggen dat er t.o.v. stikstof een tekort aan silicium is, Si>1 dat er t.o.v. silicium een tekort aan stikstof is. DIN=2 (----) geeft de concentratie stikstof aan waarbeneden stikstof beperkend wordt verondersteld voor het fytoplankton; Si=5 (—) geeft de concentratie silicium aan waarbeneden silicium beperkend wordt verondersteld voor diatomeeën.

## 6.2 Zoöplankton

De laatst bekende zoöplankton gegevens van het Grevelingenmeer stammen uit de periode 1976 t/m 1980.

Er is in de periode daarna geen zoöplankton-onderzoek gedaan in het Grevelingenmeer. Omdat vanaf 1980 het beheer niet veranderd is, moet worden aangenomen dat binnen het microzoöplankton de raderdieren, ciliaten, bodemdierlarven en heterotrofe dinoflagellaten en binnen het mesozoöplankton de copepode *Acartia tonsa* nog steeds de belangrijkste soorten zullen zijn.

## 6.3 Bodemdieren en wieren

De bodem van het Grevelingenmeer bestaat voornamelijk uit fijn zand (§ 5.9), waarbij langs de oevers harde substraten in de vorm van bestortingen en dammen maar een beperkt deel van het oppervlak van het meer in beslag nemen.

Vóór, tijdens en na de afsluiting werd onderzoek naar de levensgemeenschappen van het zachte substraat uitgevoerd door het DIHO. In opdracht van het RIKZ verricht het NIOO-CEMO te Yerseke sinds het najaar van

1990, in het kader van het Biomonitoringsprogramma Zoute Rijkswateren, inventarisaties van de bodemdieren van de zachte bodems ([23] t/m [26]). Een analyse op hoofdlijnen van deze BIOMON resultaten ligt ten grondslag aan de tekst in dit hoofdstuk.

Inventarisaties van de hardsub-levensgemeenschappen worden vanaf het ontstaan van het meer uitgevoerd Doordat veel van de organismen die in de hardsub-levensgemeenschap worden gevonden een sessiele levenswijze hebben, kan hun aan- of afwezigheid een goede indicator voor veranderingen in het milieu zijn.

Voor deze evaluatie zijn twee speciale analyses van de lange termijn ontwikkelingen op een aantal vaste stations gemaakt door AquaSense [27] en Bureau Waardenburg [28]. De conclusies uit deze laatste twee rapporten worden hier gepresenteerd.

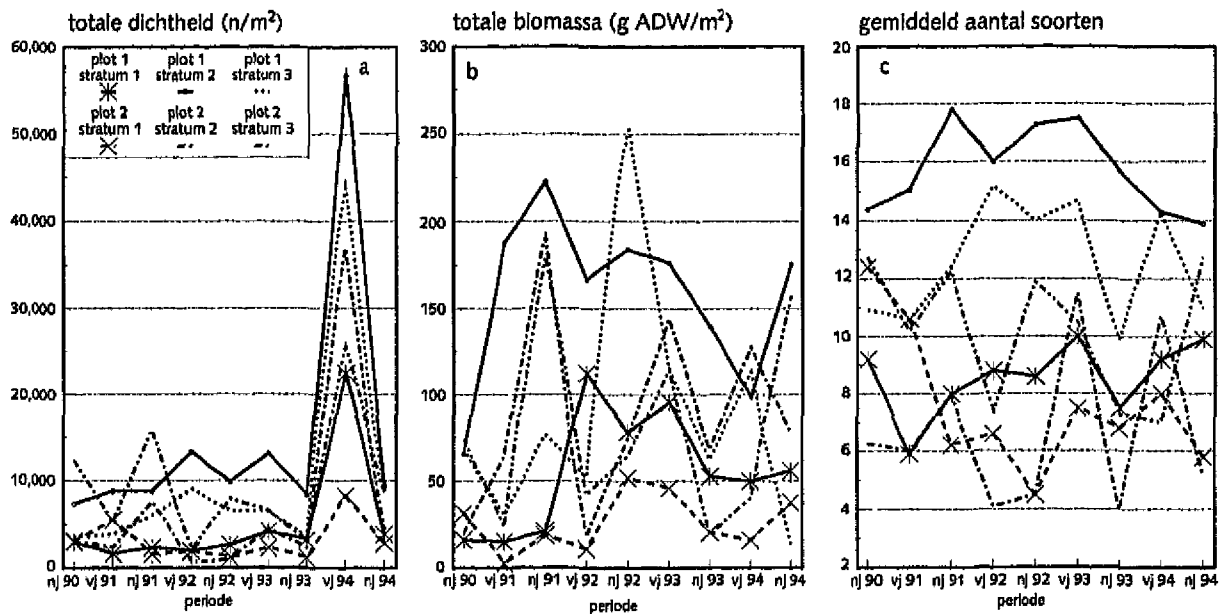
Aangezien bij de inventarisaties en de analyses de wieren en dieren op het hard substraat tezamen worden gebruikt om de levensgemeenschappen te karakteriseren, wordt een systematische indeling bij de bespreking niet zinvol geacht.

Achtereenvolgens zullen de ontwikkelingen van het zachtsubstraat-macrozoöbenthos en de hardsubstraatbegroeiing worden beschreven.

### 6.3.1 Zachsub levensgemeenschappen

Het betreft hier dieren die in, op of zeer dicht bij de bodem leven, en op een zeef met ronde gaatjes van 1 mm doorsnede achterblijven. De bemonsteringen vinden telkens in het voor- en najaar plaats. Daartoe zijn twee plots onderscheiden, één rond de Hompelvoet (plot 1) en één in het oostelijke deel van het Grevelingenmeer (plot 2). In beide plots worden 3 diepte-strata onderscheiden: van 0 tot - 2 m (stratum 1), van -2 tot -6 m (str. 2) en dieper dan -6 m (str. 3); al deze diepten zijn gerekend ten opzichte van NAP. Binnen elk stratum worden random 10 stations bemonsterd met steekbuizen. Van elk monster werden in het laboratorium de aantallen en biomassa per soort bepaald.

Ten behoeve van deze rapportage zijn de verzamelde gegevens over de periode 1990-1994 geanalyseerd. De fluctuaties in gemeten totale dichtheid, totale biomassa en gemiddeld aantal soorten zijn groot. Daardoor zijn trends, als die al zouden bestaan, niet te onderscheiden. In figuur 6.2 zijn deze drie grootheden grafisch weergegeven. De piek in figuur 6.2a is volledig het gevolg van een broedval van het muiltje *Crepidula fornicata*. In het voorjaar van 1994 werd het Grevelingenmeer namelijk pas in mei bemonsterd, na de broedval van deze soort. In figuur 6.2b valt op dat het diepste stratum van plot 1 in het najaar van 1994 een fors lagere biomassa bezat ten opzichte van het voorgaande voorjaar. Voor dat stratum was dat het minimum van de waarnemingsperiode. Dit kan zeer goed verband houden met de extreem warme zomer van dat jaar, wat vooral in het westelijke deel van het Grevelingenmeer een relatief groot zuurstofloos bodemoppervlak tot gevolg had. Dit zal zeker tot sterfte onder het zachsub-benthos hebben geleid. Opvallend is, dat het gemiddeld aantal soorten onder deze slechte omstandigheden nagenoeg gelijk is gebleven (figuur 6.2c).



**Figuur 6.2** De ontwikkeling van a) de gemiddelde totale dichtheid, b) de gemiddelde totale biomassa en c) het gemiddelde aantal soorten per station in het Grevelingenmeer. Periode 1990 t/m 1994.

Uit de taxonomische opbouw van het benthos gekeken wordt blijkt, dat de samenstelling vrij stabiel bleef. Op grond van dichtheden bleken alleen de diergroepen wormen, kreeftachtigen en weekdieren van belang te zijn. Op grond van biomassa's bleken de weekdieren vrijwel altijd zeer dominant geweest te zijn met aandelen van rond de 80%. Het muiltje bleek hier grotendeels voor verantwoordelijk. Ook in de jaren tachtig vormden de weekdieren al de belangrijkste groep [29].

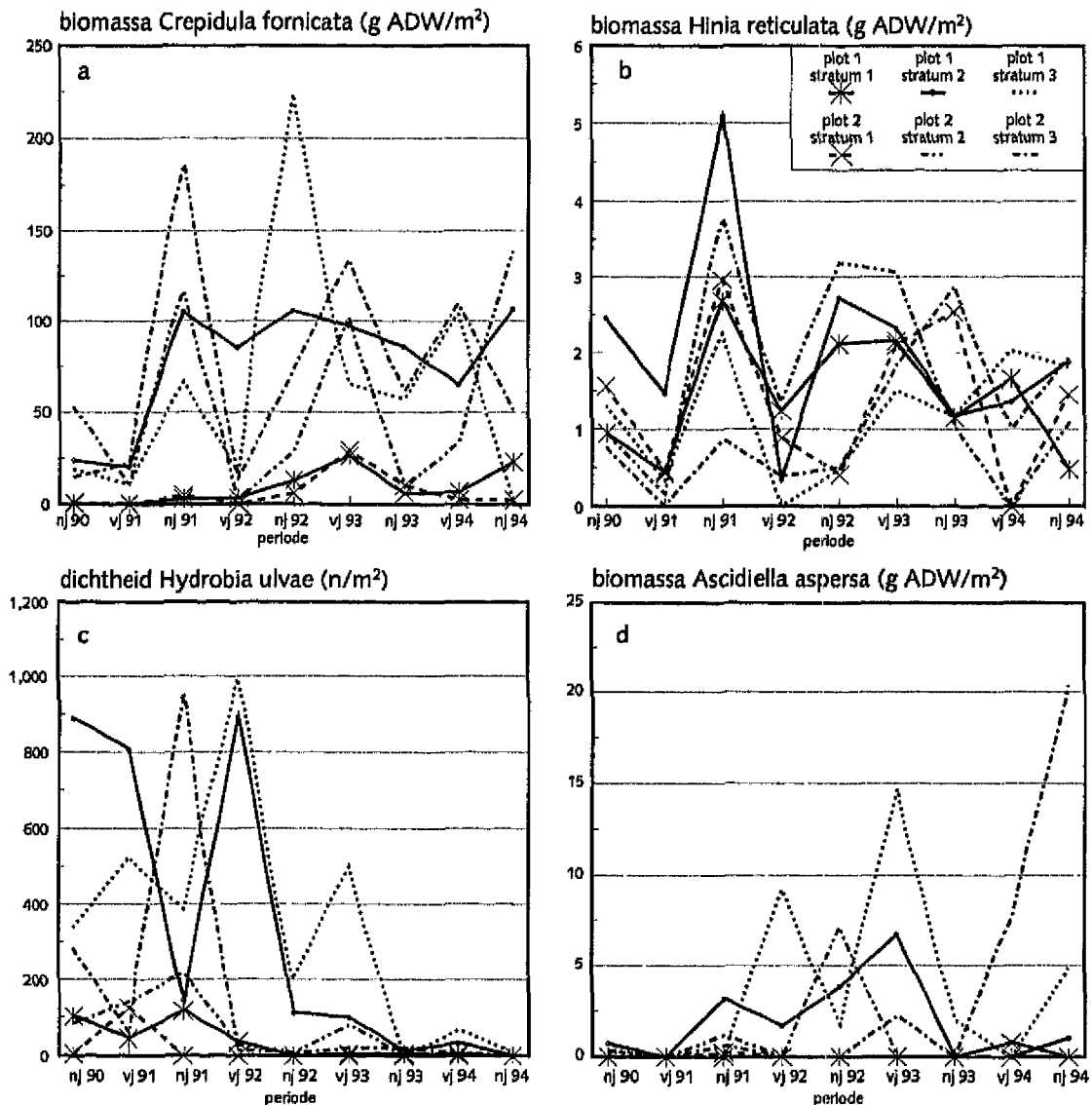
De functionele opbouw van het benthos bleek wat minder stabiel te zijn. Zeker op grond van de dichtheden waren de verschuivingen vaak aanzienlijk, maar een trend leek niet aanwezig. Belangrijkste groepen waren de sediment-eters, de oppervlakte-sediment-eters en de filtreerders. Op grond van biomassa lijkt er een stabielere situatie te zijn geweest, waarbij de veruit belangrijkste groep werd gevormd door de filtreerders. Ook hier was het muiltje in belangrijke mate verantwoordelijk voor.

Op soortniveau zijn er echter wel enkele ontwikkelingen gaande.

In figuur 6.3 wordt de ontwikkeling van de gemiddelde biomassa van enkele soorten over de periode 1990 t/m 1994 grafisch weergegeven. Het muiltje is qua biomassa veruit de belangrijkste soort en steekt met (ongewogen) gemiddeld 35.7 gram asvrijdrooggewicht per m<sup>2</sup> met kop en schouders boven soort nummer twee uit (de mossel: 5.9 gram) [29]. In de jaren tachtig werd al een opkomst van deze soort gesignaleerd. Deze heeft zich sindsdien kennelijk doorgezet, maar lijkt zich in de jaren negentig wel gestabiliseerd te hebben (figuur 6.3a).

Ook de gesignaleerde teruggang van de biomassa van het gevlochten fuikhoortje *Hinia [=Nassarius] reticulata* heeft zich tot de jaren negentig doorgezet, waarna de biomassa's min of meer stabiliseerden (figuur 6.2b). Het wadslakje *Hydrobia ulvae* is een soort die gedurende de waarnemingsperiode een neergaande trend in dichtheden liet zien. Afgezien van een piek in voorjaar '91 in het diepe deel van plot 2, komt dit beestje vooral voor in plot 1 vanaf NAP -2 m. Vanaf het najaar van 1993 waren de dichtheden overal fors teruggelopen (figuur 6.3c). De achteruitgang van het Groot zee gras (waarop *Hydrobia* op algen graast) kan hierin dus geen rol spelen, aangezien deze plant niet dieper voorkomt dan NAP -2 m. De complete afwezigheid in najaar '94 kan samenhangen met lage zuurstof gehalten in de diepere delen.

De ruwe zakpijp *Asciidiella aspersa* is daarentegen een soort in opkomst, althans in de strata 2 en 3 van beide plots. Dit hangt waarschijnlijk samen met het grote aantal aanwezige schelpen van het muiltje, een goede hechtingsplaats voor dit "hardsub dier". Overigens neemt het aantal soorten op Multjes banken toe [30]. De in [29] genoemde overige belangrijke soorten lijken zich in de jaren negentig op een vergelijkbaar niveau te hebben gehandhaafd. In [31] is bovenstaande uiteenzetting meer gedetailleerd beschreven.



**Figuur 6.3** Ontwikkeling van a) de gemiddelde biomassa van het muiltje, b) de gemiddelde biomassa van de gevlochten fuikhoorn, c) de gemiddelde dichtheid van het wadslakje en d) de gemiddelde biomassa van de ruwe zakpijp in het Grevelingenmeer. Periode 1990 t/m 1994.

### 6.3.2 Hardsub levensgemeenschappen

Van vijf verschillende plaatsen in het Grevelingenmeer zijn min of meer complete monitoringsreeksen van de levensgemeenschap op het harde substraat beschikbaar. De methoden van onderzoek van AquaSense (1995) en Van Moorsel (1996), opname seizoenen en de locaties verschilden zodanig van elkaar dat niet altijd dezelfde conclusies konden worden getrokken. Alleen de locatie Dreischor kwam in beide onderzoeken voor.

Voor de locaties Preekhilpolder en Dreischor wordt gebruik gemaakt van de langjarige reeks van Bureau Waardenburg, aangevuld met de waarnemingen van De Kluijver. Voor de meer westelijk gelegen locaties Scharendijke en Den Osse worden de conclusies van De Kluijver gebruikt. De gemeenschappen werden onderzocht in twee zones: de ondiepe infralittorale zone waar vooral wieren domineren en waar het licht niet beperkend is; de diepere circalittorale zone, vooral gekenmerkt door dieren. De inventarisaties van de ondiep voorkomende wieren op (voor-) oeververdedigingen [30] zijn geldig voor het hele meer.

Het ontbreken van fysisch-chemische gegevens gemeten dicht bij de bodem bemoeilijkt het interpreteren van gesignaleerde veranderingen in de levensgemeenschappen.

Dat veranderende milieuomstandigheden gevolgen kunnen hebben voor de hardsub-levensgemeenschappen, was te zien bij de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 en bij de openstelling van de Brouwersdam in 1979. Verklaringen daarvoor konden veelal worden gegeven vanuit de voorkeur van soorten voor zoutgehalte of de mate van waterbeweging. De veranderingen die in het laatste decennium zijn opgetreden zijn veelal geleidelijk en minder extreem van aard en daardoor ook minder goed te koppelen aan bepaalde chemische of fysische factoren. Globaal kan wel worden gesteld dat het Grevelingenmeer zich na 1991 voor bodemgebonden organismen in ongunstige zin heeft ontwikkeld. De gemiddelde watertemperatuur is gestegen waardoor de maximale zuurstofcapaciteit van het water daalde. Het zuurstofarme bodemoppervlak was in 1994 groter dan in voorgaande jaren en werd de norm van zuurstofloos bodemoppervlak overschreden. De daarmee samenhangende verhoging van de ammonium concentratie in de dieper delen (onder de spronglaag) kan van invloed zijn geweest op de hardsublevensgemeenschappen in die zone.

#### **Hardsub levensgemeenschappen in het midden en noorden van het meer**

In grote lijnen is de structuur van de levensgemeenschap op de locaties Dreischor en Preekhilpolder in de periode 1979 t/m 1995 gelijk gebleven. Wel treden na een relatief constante periode (tot 1988) snelle veranderingen op. Afgezien van immigranten zijn het echter dezelfde soorten die, zij het in wisselende dichtheden, het harde substraat van dit deel van het meer bevolken. In de ondiepe zone vallen met name de groenwieren op, terwijl in de wat diepere zone de manteldieren karakteristieke elementen vormen.

In 1992 werd door De Kluijver [27] op ca 7m diepte voor het eerst een gemeenschap gevonden, die werd gedomineerd door kokerbouwende organismen, de bryozoo *Bugula plumosa*, de zakpijp *Asciella aspersa*, de golfbrekeranemoon *Diadumene cincta* en de boorspons *Cliona celata*. Op 19.5 m diepte werd een vergelijkbare, maar soortenarmere gemeenschap gevonden, gedomineerd door kokerbouwende organismen, zeepokken, de wedueroos *Sagartiogeton undatus* en de zakpijp *Asciella aspersa*. Deze gemeenschap werd in 1985 ook al in de westelijke lokaties gesignaleerd. In 1994 werd op 11.5 m een soortenarme gemeenschap, gekarakteriseerd door kokertjes van Crustacea en Polychaeten met een bedekking van ca. 60% gevonden. Dergelijke pioniergemeenschappen kunnen zich bijzonder snel ontwikkelen op plaatsen waar andere organismen verdwenen zijn [32].

Een aantal soorten gaat de laatste jaren duidelijk achteruit. Het gaat met name om de Geweisspons (*Haliclona oculata*), de slijanemoon (*Sagartiogeton undatus*), de zeeanjelier (*Metridium senile*), Mossel (*Mytilus edulis*), Oester (*Ostrea edulis*) en de zakpijpen *Ciona intestinalis*,

*Asciidiella aspersa* en *Styela clava*. De achteruitgang kan verband houden met een verslechtering van de voedselsituatie. Bij zeeanemonen vormen kleine zoöplanktonsoorten een belangrijke voedselbron. Actief filterende soorten zoals schelpdieren en zakpijpen zijn afhankelijk van gesuspendeerd materiaal zoals fytoplankton. Mogelijk ondervinden zij de laatste jaren sterke voedselconcurrentie van het toegenomen Muiltje (*Crepidula fornicata*) [30], [31]. Ook is de mogelijkheid niet uit te sluiten dat de sterke toename van de groenwieren Bryopsis en Viltwier (*Codium fragile*) de vestigingsmogelijkheden voor deze organismen beperkt. Tussen het Viltwier ontstaat wel leefruimte voor andere soorten zoals de Steurgarnaal (*Palaemon elegans*), die het dan ook goed doet.

De uitbundige groei van groenwieren, ook op grotere diepte, duidt mogelijk op een toename van het doorzicht. Andere indicaties in die richting worden gevormd door het dieper voorkomen van de Alikruik (*Littorina littorea*) (Preekhilpolder sinds 1984) en in 1994 de vondst van roodwieren tot op 7 tot 9 m. diepte.

[30] vonden in 1994 meer algen op grotere diepte dan in 1982/1984; helaas zijn er onvoldoende gegevens beschikbaar om een betrouwbare uitspraak omtrent de ontwikkeling van het doorzicht te doen.

Als gevolg van het ontbreken van een getijstrooming blijft organisch materiaal niet in suspensie en accumuleert op de bodem waardoor het oppervlak aan hard substraat achteruitgaat. De teruggang in bedekking van een aantal soorten wordt wellicht mede daardoor veroorzaakt, hoewel er ook waarnemingen zijn van wel beschikbare, maar niet begroeide substraten.

In het laatste decennium valt het jaar 1994 het meest op. Het toen waargenomen minimum aan diversiteit is waarschijnlijk te wijten aan de hoge zomertemperatuur en de extra sterke stratificatie. Vooral dieper dan 5 m. was er een duidelijke achteruitgang in algemene diersoorten zoals sponzen, Oester en zakpijpen.

De reactie van soorten in termen van bedekking is soms een kwestie van enkele jaren. Veel soorten vertonen sterke jaarlijkse fluctuaties zonder dat daar een duidelijke oorzaak voor is aan te geven. Voorbeelden daarvan zijn het weer in grote aantallen verschijnen van de Doorzichtige zakpijp (*Ciona intestinalis*), na de openstelling van de Brouwerssluis en de overheersing door het Japans bessenwier (*Sargassum muticum*) na de eerste introductie in het meer. De Oester (*Ostrea edulis*) vertoont slechts zo nu en dan een goede broedval. Dit heeft jaren later consequenties voor de bedekking van deze soort en voor andere soorten die van hard substraat in de vorm van oesterschelpen afhankelijk zijn. Het verdwijnen van hard substraat wordt door de vestiging van Oesters nog enigszins tegengegaan. Voor sommige diersoorten geldt dat ze in het Grevelingenmeer verschijnen, enige jaren na de eerste waarneming in de Oosterschelde. De veranderde fysische randvoorwaarden in de Oosterschelde, na de aanleg van de stormvloedkering, kan daardoor uiteindelijk het opduiken van nieuwe soorten in het Grevelingenmeer helpen verklaren. Met het afnemen van de stroming in de Oosterschelde is dit milieu meer gaan lijken op het Grevelingenmeer zodat hierdoor ook een betere "springplank" voor dit meer is ontstaan. Ook het importeren van gebiedsvreemd materiaal, bijvoorbeeld door maricultuur, heeft duidelijke gevolgen voor het leven in het Grevelingenmeer gehad.

Gedurende de onderzoeksperiode zijn diverse soorten voor het eerst op de transecten verschenen. Dit zijn I (voor het eerst in 1980, maar vanaf 1985 algemeen), *Haliclona xena*, *Mycale micracanthoxea*, *Palaemon adspersus*, *Liocarcinus arcuatus*, *Psammechinus miliaris*, *Asciidiella aspersa* en *Aplidium glabrum*. Dit bemoeilijkt de interpretatie van veranderingen van de levensgemeenschap in relatie tot gewijzigde milieufactoren.

Opvallend is dat een aantal aspectbepalende soorten van het Grevelingenmeer in Nederland bekend staat als immigrant (sinds 1900). Het gaat daarbij o.a. om Japans bessenwier (*Sargassum muticum*), Viltwier (*Codium fragile*), Muiltje (*Crepidula fornicata*) en Japanse zakpijp (*Styela clava*). Dit betekent dat dit soort toevalsprocessen een belangrijke rol speelt bij de totstandkoming van de levensgemeenschappen.

Veel mariene soorten zijn voor een bepaald deel van hun levensfase of jaarlijkse migratie afhankelijk van de Noordzee. De toegang tot het Grevelingenmeer wordt elk jaar afgesloten op het moment dat veel larven in het Noordzeewater verschijnen. Het aantal soorten dat in staat is zich in het Grevelingenmeer te handhaven lijkt daarom beperkt. Voor veel soorten geldt dat ze in staat moeten zijn zich te handhaven door plaatselijke recrutering en dat genetische uitwisseling beperkt blijft.

Ten opzichte van de Noordzee kent het Grevelingenmeer relatief grote fluctuaties in temperatuur en zoutgehalte. Bovendien treedt er, ondanks het gehanteerde spuiregime, toch stratificatie op met als gevolg plaatselijk gebrek aan zuurstof. Als gevolg van dergelijke extreme omstandigheden kunnen sterke fluctuaties optreden in zowel voortplanting als overleving. Waarschijnlijk kent het Grevelingenmeer dus een beperkte soortenrijkdom zowel door isolatie als door fluctuaties in het fysisch milieu.

#### **Hardsub levensgemeenschappen in het westen van het meer.**

In de infralittorale zone in Scharendijke vindt na 1991 een verschuiving plaats in de levensgemeenschap. Het Japans bessenwier is veel minder dominant en de groenwieren *Codium fragile* (viltwier) en *Cladophora sericea*, alsmede de tunicaat *Ascidiella aspersa* (ruwe zakpijp) en kokerbouwende organismen nemen de overhand. Een dergelijke variant werd in 1994 ook in Den Osse aangetroffen. Dit alles ging ten koste van de eerder veel aanwezige roodwieren, zoals *Callithamnion byssoides*, *Polysiphonia violacea* en *Griffithsia devoniensis*.

In de circalittorale zone treden in de evaluatie periode grote veranderingen op. De in het algemeen soortenrijke gemeenschap fragmenteerde in een aantal varianten. Vóór 1990 werd de gemeenschap gedomineerd door zakpijpen (o.a. *Ciona intestinalis* en *Ascidiella aspersa*) en de wedueroos *Sagartiogeton undatus*. De ruwe zakpijp blijft, maar meer en meer nemen kokerbouwende organismen een dominante plaats in. Deze aspectbepalende groep, die in de jaren daarvoor op diepten tussen 15 en 20 algemeen was waargenomen, kwam in Scharendijke in 1994 tot aan de infralittorale zone voor. Toen kwam deze gemeenschap niet meer overal in de diepte voor. Op grote diepte kwamen op de harde substraten in het westelijk deel van het meer alleen nog bacteriën voor. In dit deel van het meer is de invloed van de spronglaag het grootst.

#### **Wieren in ondiepe gebieden en op (voor-)oeververdedigingen.**

Zowel in soortenaantal als in bedekking zijn de wieren ten opzichte van 1982-1984 afgenomen.

Daarbij moet wel worden bedacht dat veel soorten jaarlijkse fluctuaties vertonen; dit zou ook een verklaring kunnen zijn waarom sommige soorten wel in 1994 en niet in 1983 en 1984 zijn aangetroffen.

In het navolgende zullen de diverse wiersoorten beknopt worden beschreven.

#### *Groenwieren*

De groenwieren komen over het algemeen voor op mossel- en oesterbanken, dijkglooiingen en dammen, ook wel op andere wieren of soms loszwevend in het water. De voornaamste soorten zijn *Chaetomorpha* (in 1989: 387 ha); *Bryopsis hypnoides*, *Monostroma oxyspermum* en *Cladophora sericea* (samen: 208 ha) [33].

De soort *Chaetomorpha* schijnt duidelijk geassocieerd te zijn aan *Zostera marina* (Groot zee gras). *Zostera* koloniseert een plek waarna de losse *Chaetomorpha* volgt. In extreem dichte zee grasvelden is *Chaetomorpha* van ondergeschikt belang, maar in open zee grasvelden zijn de hoeveelheden veel groter.

De andere soorten hebben geen relatie met het zee gras maar komen voornamelijk voor op substraten waar zee grassen niet op groeien zoals mosselen en oesterbanken en op de harde substraten van dijken en dammen.

#### *Bruinwieren*

Naast de groenwieren zijn ook de bruinwieren van belang in het Grevelingenmeer.

De belangrijkste hiervan is *Dictyota dichotoma*. Deze wiersoort is een verschijning van de laatste jaren en wordt vooral aangetroffen op schelpdieren zoals mosselen en oesters waaraan het zich vasthecht (in 1989: 724 ha) [33].

De wiersoort *Scytosiphon lomentaria* neemt de laatste jaren toe; van de soort *Colpomenia peregrina* zijn de eerste exemplaren in 1986 waargenomen. De daarop gelijkende soort *Leathesia difformis* die in 1983 in grote getale voorkwam in het Grevelingenmeer is tijdens het onderzoek in 1994 niet aangetroffen.

Een andere zeer belangrijke bruinwiersoort is het Japans bessenwier *Sargassum muticum* (in 1989: 59 ha), dat echter over het hoogtepunt van zijn verspreiding heen schijnt te zijn.

Vooral in de jaren tachtig heeft *Sargassum muticum* een enorme opmars gemaakt in het Grevelingenmeer. In de zomer van 1989 bleek er echter een afname op te treden, waarschijnlijk als gevolg van hoge zomertemperaturen in dat jaar [33]. Het jaar daarop, 1990, kreeg deze soort nog een gevoelige klap; door de hogere temperaturen en de hoge lichtintensiteit, ontstonden er extreme microklimaatjes in de wervelden. Het gevolg daarvan was zuurstoflimitatie en zeer hoge temperaturen, tot wel 35 C, dit was waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van het afsterven van een zeer groot deel van de populatie in het Grevelingenmeer. Tijdens de inventarisatie van 1994 werd *Sargassum muticum* slechts spaarzaam aangetroffen.

#### *Roodwieren*

Van de roodwieren is *Chondrus crispus* het meest dominant, in ondiep water werd deze soort op een oppervlakte van ± 20 ha aan dammetjes en dijkglooiingen in 1989 aangetroffen [33]. Een andere in ondiep water vrij vaak geziene roodwiersoort is *Ceramium rubrum*, terwijl de soorten *Antithamnion spec.*, *Callithamnion spec.* en *Polysiponia violacea* in dieper water, tot 8 à 9 m. diep worden aangetroffen.

Diverse soorten werden bij het onderzoek van 1994 regelmatig waargenomen, maar waren niet in 1982/1984 gesignaleerd: *Acrochaetium sp.*, *Antithamnion plumula*, *Antithamnion tenuissimum*, *Callithamnion corymbosum*, *Ceramium diaphanum*, *Gracilaria verrucosa*, *Griffithsia devoniensis* en *Hypoglossum hypoglossoides* aangetroffen. *Antithamnion plumula* werd vooral in de diepere zones gevonden; de soort *Antithamnion tenuissimum* werd al eerder aangetroffen en kwam over het algemeen voor in zandige opnamen. Vooral de soort *Ceramium diaphanum* was in 1994 een algemene verschijning. *Gracilaria verrucosa* werd al eens eerder, in 1981, aangetroffen; *Griffithsia devoniensis* verdween na de afsluiting van het Grevelingenmeer, maar is sinds het in gebruik nemen van de Brouwerssluis in 1979 weer in wisselende hoeveelheden aanwezig.



#### 6.4 Groot zeegras (*Zostera marina*).

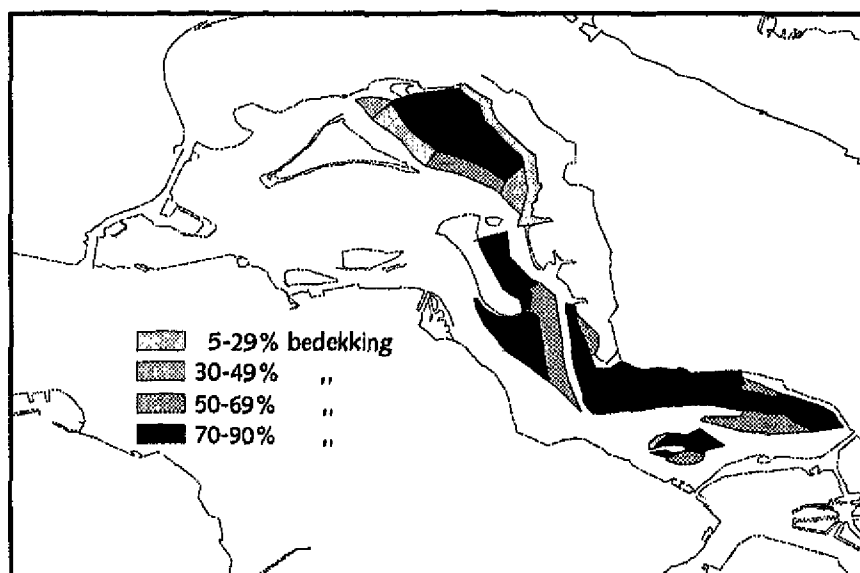
Het Zeegras in het Grevelingenmeer heeft tijden van glorie en van neergang gekend. Zowel de opkomst in de jaren zeventig als de neergang in de jaren tachtig en negentig werden niet voorzien. Pas achteraf kon dit fenomeen worden verklaard, en zelfs dan nog slechts gedeeltelijk.

Na de afsluiting in 1971 heeft het zeegras zich uitgebreid vanuit het oorspronkelijke verspreidingsgebied onder de noordoever bij Herkingen en Battenoord tot een gebied van totaal 4400 ha in 1978 in het noorden en het oosten van het meer (figuur 6.4; toestand 1983!). De grote helderheid, de afwezigheid van te sterke getijstroming, het voedselarme karakter van het meer (*lage nutriëntenbelasting, vooral stikstof*) en de geleidelijke verzoeting vòòr de opening van de Brouwersspuisluis, zijn de vier factoren die achteraf deze succesvolle kolonisatie kunnen verklaren.

Het zeegras kreeg de eerste klap in 1979-1980, door de opening van de Brouwersspuisluis, die een snelle verzilting maar ook een sterke stratificatie teweeg bracht. De toegenomen anaërobie van ondiepe bodems heeft toen veel ondergrondse wortelstelsels doen afsterven. In 1981 en volgende jaren trad slechts een gedeeltelijk herstel op.

Daarna is het zeegrasareaal langzaam maar zeker steeds verder afgenomen. In het oorspronkelijke verspreidingsgebied in het oosten is het zeegras geheel verdwenen. In 1994 en 1995 komt zeegras alleen nog voor met lage dichtheden in het gebiedje van enkele tientallen hectaren ten Westen van de Slikken van Flakkee (figuur 6.5).

**Figuur 6.4**  
Verspreiding van Groot zeegras in het Grevelingenmeer in 1983 (naar [34]).

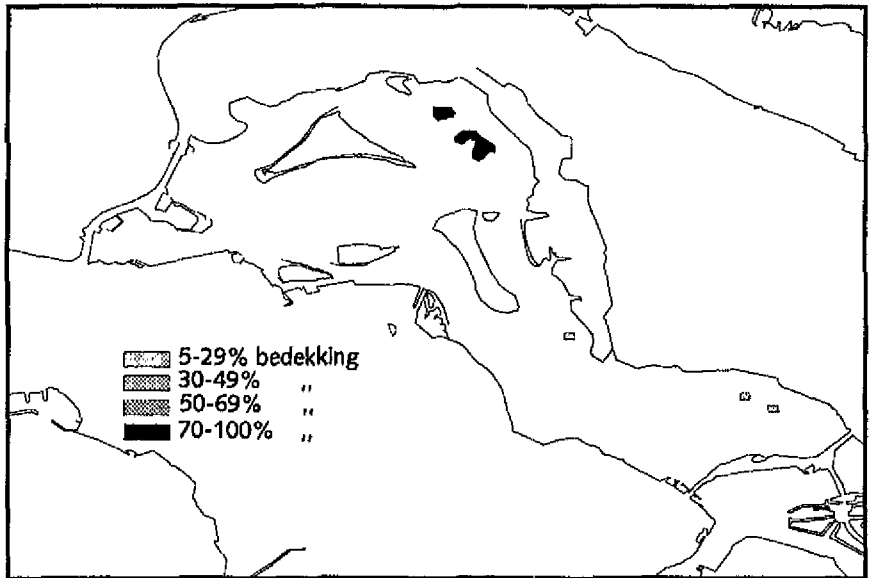


Allerlei factoren correleren met deze afname. De beste correlatie lijkt die met het chloridegehalte (zie figuur 6.6). In deze figuur is duidelijk te zien dat naarmate het chloridegehalte hoger is, de zeegraspopulatie kleiner wordt.

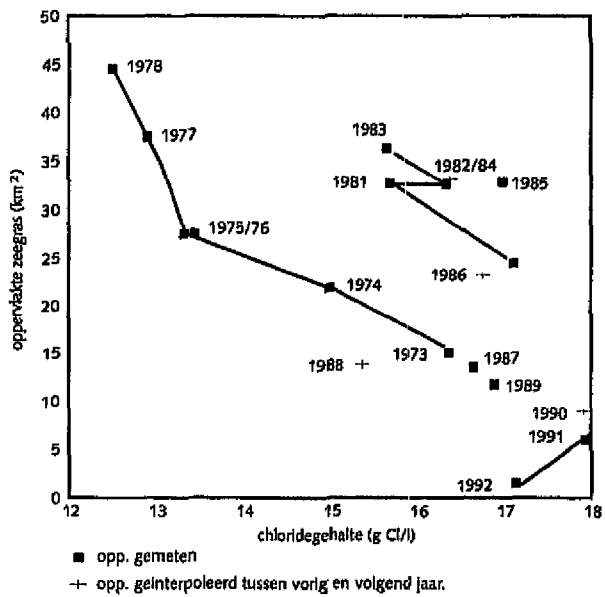
Het is dus waarschijnlijk dat het zeegras afhankelijk is van één of meerdere factoren die (kunnen) samenhangen met de zoetwaterbelasting van het meer.

Zo lijkt er ook een relatie te zijn met de fosfaatconcentraties in het meer. In figuur 6.7 is de oppervlakte bedekt met Groot zeegras samen met de ortho-fosfaatgehalten in de waterkolom tegen de tijd uitgezet.

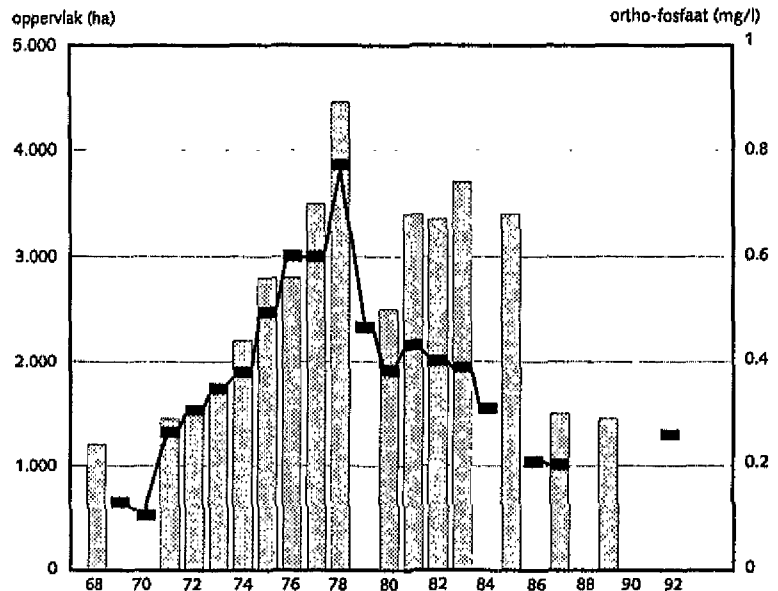
**Figuur 6.5**  
 Verspreiding van het Groot zeegras in het Grevelingenmeer in 1994 (naar [35]).



**Figuur 6.6**  
 Relatie tussen het chloridegehalte van het water en het oppervlak bedekt met Groot zeegras in het Grevelingenmeer. Periode 1973 t/m 1992 (naar [34]).



**Figuur 6.7**  
 Relatie tussen het ortho-fosfaatgehalte van de waterkolom en het oppervlak bedekt met Groot zeegras in het Grevelingenmeer. Periode 1968 t/m 1992 (naar [36]).



In de Oosterschelde zijn de zeegraslocaties direct gekoppeld aan de polderwateruitslagpunten. Het is bekend dat goede zaadkieming afhankelijk is van verlaagde chloridegehalten ( $< 16 \text{ g Cl}^-/\text{l}$ ). Ook is recent duidelijk geworden dat opgroeiend zeegras voor onder andere de stevigheid nogal wat silicium nodig heeft; tot 1% van het drooggewicht. Te hoge chloridegehalten tijdens de zaadkieming zouden, samen met groeibeperking door in recente jaren verlaagde siliciumconcentraties, de neergang van zeegras kunnen verklaren. Bovendien zou anaërobie van ondiepe bodems, veroorzaakt door de opeenvolging van warme zomers, als derde negatieve factor een rol kunnen hebben gespeeld.

### 6.5 Vegetatie op de oevers beïnvloed door het waterpeil.

De beschrijving van de vegetatieontwikkeling in dit hoofdstuk heeft slechts betrekking op de zone vanaf het water tot NAP +0.20 m. Die beperking is aangehouden omdat in dit evaluatierapport het waterbeheer en de gevolgen daarvan worden beschreven. Het peil van NAP +0.20 m komt voor, als gevolg van het sluisbeheer in combinatie met opwaaiing. Op de hoger gelegen oevers is het waterbeheer nauwelijks van invloed. In totaal gaat het om 415 ha oever, waarvan de grootste oppervlakten liggen op de Slikken van Flakkee (250 ha) en de Veermansplaat (70 ha). De beschrijving van de vegetatie-ontwikkeling is gebaseerd op het onderzoek dat op de Slikken van Flakkee is uitgevoerd. Dat onderzochte deel is slechts de helft van het totale oppervlak droge oever tot NAP +0.20 m. van het hele meer.

Op de oevers van het onderzochte, voormalige, slik ligt een twintigtal meetpunten (p.q.'s), verdeeld over het noordelijk en het zuidelijk deel. De snelheid en mate van ontwikkeling van de vegetatie is vooral afhankelijk van de mate van ontzilting van de bodem, die weer afhankelijk is van de hoogteligging. Overspoeling met meerwater en nalevering van zout uit het sediment ten gevolge van verdamping spelen op de laagste delen een belangrijke rol. Als gevolg daarvan is de laaggelegen strook langs de waterlijn veelal kaal of zeer soortenarm. Successie is hier dan ook niet of nauwelijks mogelijk als gevolg van deze extreme milieuomstandigheden. De vegetatie bestaat hier dan ook uit een zeer schaarse begroeiing van pioniersoorten van zilte, natte bodems: *Salicornia europaea* (Zeekraal) en soms ook *Suaeda maritima* (Schorrekruid).

Op de delen waar sprake is van ontzilting loopt de vegetatieontwikkeling parallel met het ontziltingsproces. Er is een duidelijke overgang van zout, sterk brak naar brak, zwak brak en eventueel naar zoet. Daar waar het kaal was of hier en daar wat *Salicornia europea* en/of *Suaeda maritima* groeide zijn soorten zoals *Spergularia salina* (Zilte schijnspurrie) en *Puccinellia maritima* (Gewoon kweldergras) erbij gekomen. In een iets later stadium verschijnen o.a. *Aster tripolium* (Zeeaster), *Agrostis stolonifera* (Fioringras), *Puccinellia maritima*, *P. distans ssp. distans* (Stomp kweldergras) en *P. distans ssp. borealis* (Bleek kweldergras). In de latere fase wordt de vegetatie soortenrijker en komen er naast de genoemde soorten ook voor: *Sagina maritima* (Zeevetmuur), *Juncus bufonius* (Greppelrus), *Centaureum ssp.* (Duizendguldenkruid), *Parapholis strigosa* (Dunstaart) en *Plantago coronopus* (Herthoornweegbree). Nog later krijgen vooral de grassen *Agrostis stolonifera*, *Puccinellia maritima* en *Juncus gerardii* (Zilte rus) een veel grotere bedekking. Het grootste deel van de vegetatie van het wat hoger gelegen gedeelte van de oeverzone heeft zich tot aan deze (sterk) brakke fase ontwikkeld.

Naarmate de bodem hoger ligt en dus meer ontzilt is, verloopt de successie sneller. Vanuit de brakke fase waarin grassen zoals *Calamagrostis*

*epigejos* (Duinriet) en *Elymus pycnanthus* (Strandkweek) verschijnen, loopt de ontwikkeling vrij snel richting de zwak brakke en zoete fase waarin struiken als *Rubus fruticosus* (Braam) en *Hippophae rhamnoides* (Duindoorn) zich hebben kunnen vestigen.

De hierboven beschreven vegetatie-ontwikkeling is bewust heel summier gehouden; een uitgebreide beschrijving van de vegetatieontwikkeling in de oeverzone van de Slikken van Flakkee is te vinden in [37]

## 6.6 Vissen

In het Grevelingenmeer is op verschillende momenten onderzoek verricht naar de toestand en de ontwikkelingen van de vissen in het meer. In 1982 heeft het bureau Waardenburg een onderzoek verricht en in 1988 werd dit gedaan door het CEMO, toen nog Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek. Daarbij werden op 48 plaatsen random verdeeld over het meer op een diepte van 2.0 m. tot >20.0 m. bemonsteringen met behulp van een boomkor verricht. De dieptezone van 0.0 tot 2.0 m. werd daarbij niet bemonsterd. De opdrachtgever voor beide onderzoeken was de directie Zeeland. Het onderzoek van 1982 is uitgewerkt door het bureau Waardenburg; het onderzoek van 1988 is uitgewerkt door RIKZ, toen nog Dienst Getijdewateren. De resultaten van deze twee onderzoeken alsmede de vergelijking daarvan zijn beschreven in de nota Waterbeheer Grevelingenmeer 1980-1990 [1].

Bureau Waardenburg heeft een monitoringsprogramma opgezet waarbij op diverse plaatsen fuiken zijn uitgezet. Over de periode 1980 t/m 1989 is hierover gerapporteerd [38]. In de periode 1980 t/m 1989 zijn in totaal 58 vissoorten onderscheiden.

Eind augustus/begin september 1994 is door het bureau Waardenburg opnieuw, in opdracht van directie Zeeland, een bestandsopname gemaakt van de visfauna in het Grevelingenmeer. Dit als een herhaling van de twee eerder genoemde onderzoeken. Nieuw hierbij was, dat nu ook de dieptezone van 0 tot 2 m. is bemonsterd; er werden in die zone 32 bemonsteringen verricht, zodat in totaal 80 bemonsteringen plaats vonden [39]. De verdeling van de bemonsteringen per dieptezone wordt in tabel 6.1 aangegeven.

Tabel 6.1 Verdeling bemonsteringen per dieptezone

Dieptezone trekken	Waterdiepte (m)	Oppervlak (km <sup>2</sup> )	Percentage (%)	Aantal
A ondiep	0.0- 2.0	3	40	32
B middeldiepte	2.0- 5.0	27	25	19
C diep	5.0-15.0	27	25	21
D zeer diep	15.0-20.0	8	7	3
E extra diep	>20.0	3	3	5

Er zijn twee vismethodieken toegepast, met de boomkor en met de boomkuil.

Met de boomkor, waarmee de bodemvissen werden gevangen, werden 21 soorten aangetroffen; het merendeel bestond uit grondels, met name Zwarte grondel en Dikkopje (tezamen goed voor 95% van het aantal

gevangen vissen). Van de platvissen werd Schol het meest gezien, Bot, Tong en Griet beduidend minder.

Met de boomkuil, waarmee de pelagische vissen werden gevangen, werden 23 soorten aangetroffen; het merendeel bestond uit Sprot, daarnaast zijn ook Haring en Koornaarvis van belang.

De meeste soorten komen verspreid over het gehele Grevelingenmeer voor, maar de dichtheden en biomassa's zijn in het westelijk deel veelal hoger dan in het oostelijk deel van het meer.

Het overgrote deel van de biomassa wordt bepaald door met name 0-jarige en 1-jarige vissen. De oorzaken van deze eenzijdige samenstelling van de populatie zijn van verschillende aard. Mogelijke factoren zijn o.a. het wegtrekken in het najaar (platvissen), natuurlijke sterfte (grondels) en predatie door vogels.

Het lijkt zeer aannemelijk dat het aantal dagen dat Noordzeewater wordt ingelaten in het voorjaar van invloed is op de intrek van 0-jarige platvis. Hoe meer water er met de Noordzee wordt uitgewisseld, des te groter zal de soortenrijkdom van het systeem naar verwachting kunnen zijn. Een voorbeeld van de invloed van de Brouwerssluis op de vispopulatie is het (in geringe aantallen) voorkomen van soorten als Ansjovis, Glasgrondel, Steenbolk en Wijting, Horsmakreel en Geep in het meer. De massale intrek van jonge Sprot is het meest duidelijke voorbeeld van de invloed van de uitwisselingsmogelijkheden.

Voor een aantal soorten fungeert het meer gedurende een seizoen als kinderkamer.

Tijdens de bemonstering van 1982 werden 18 soorten aangetroffen, in 1994 waren er 27 soorten in de netten gevangen. Dit lijkt weinig ten opzichte van de door Waardenburg aangetroffen 58 soorten in hun monitoringsprogramma, maar hierbij moet worden bedacht dat, de bestandsopnamen maar een momentopname zijn in een bepaald seizoen en dat sommige soorten maar heel sporadisch voorkomen en/of moeilijk met een net zijn te vangen.

## 6.7 Vogels

In het Grevelingenmeer worden maandelijks watervogeltellingen verricht, tevens vindt er jaarlijks een inventarisatie plaats van de in het Grevelingen gebied broedende vogels. De tellingen en de inventarisatie worden verricht vanaf de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971. Hierdoor is in de loop der jaren een unieke tijdreeks, zowel in nationaal- als internationaal verband, ontstaan van ongeveer 25 jaar over de ontwikkeling van de vogelstand in en om het Grevelingenmeer.

In het navolgende zal in het kort op de verschillende watervogelsoorten en de broedvogels worden ingegaan.

### 6.7.1 Watervogels

Het Grevelingenmeer neemt als zout meer binnen het Deltagebied een unieke plaats in. Het gebied overschrijdt ruimschoots de norm voor een watervogelgebied van internationale betekenis (1% van een deelpopulatie regelmatig aanwezig). Deze 1% norm wordt tijdens een groot deel van het jaar overschreden. De hoogste overschrijding wordt bereikt in de winter. Het gebied is van internationale betekenis voor negen watervogelsoorten zie tabel 6.2, waarvan Fuut, Brandgans en Middelste Zaagbek de belangrijkste zijn [40].

**Tabel 6.2.** Normoverschrijding (%) van internationaal belangrijke vogelpopulaties in het Grevelingenmeer per seizoen (situatie 1991/92-1993/94).

Soort	najaar	winter	voorjaar	zomer	maximum
Fuut	2.7	13.5	2.5	-	13.5
Brandgans	1.9	6.3	-	-	6.3
Middelste Zaagbek	5.0	4.5	-	-	5.0
Kleine zwaan	-	1.9	-	-	1.9
Lepelaar	1.6	-	-	-	1.6
Smient	1.1	1.6	-	-	1.6
Rotgans	-	1.1	1.2	-	1.2
Brilduiker	-	1.1	-	-	1.1
Grauwe Gans	1.0	-	-	-	1.0
som	13.3	30.0	3.7	0.0	

De watervogels die van het gebied gebruik maken gedurende de trek en in de winter foerageren in het meer of in de aangrenzende gebieden. Op basis van het voornaamste voedsel is een aantal vogelgroepen te onderscheiden.

Viseters (piscivoren) zijn onder andere Fuut, Geoorde Fuut, Aalscholver en Middelste Zaagbek.

Bodemdier-etende vogels (zoöbenthos-eters), zoals Brilduiker, Bergeend en steltlopers. Zij zijn aangewezen op de ondiepe delen en de aangrenzende oevers.

Planteneters (herbivoren) zijn met name Rotgans, Brandgans, Smient en Meerkoet.

De intensiteit waarmee vogels gebruik maken van een bepaald gebied kan worden uitgedrukt in vogeldagen. Het aantal vogeldagen per seizoen (lopend van juni t/m juli) wordt als volgt bepaald: bij tellingen op één dag in het midden van de maand is het jaarlijks aantal vogeldagen de som van het maandelijks getelde aantal maal dertig. De situatie zoals deze was in de seizoenen 1990/91 t/m 1994/95 is weergegeven in tabel 6.3.

**Tabel 6.3.** Gemiddeld aantal vogeldagen per seizoen (seizoenen 1990/91-1994/95) van enkele karakteristieke (groepen van) vogelsoorten.

	vogelsoort	vogeldagen
viseters:	Fuut	945 000
	Middelste Zaagbek	547 000
	Aalscholver	187 000
zoöbenthos-eters:	Brilduiker	308 000
	Bergeend	142 000
planteneters:	ganzen, zwanen, smienten	4260 000

#### Viseters

Het Grevelingenmeer heeft zich ontwikkeld tot het belangrijkste gebied voor visetende watervogels in de Delta. Naast een groot aanbod aan potentiële prooivissen is de helderheid van het water daarvoor een

doorslaggevende factor. Het aantal viseters is de laatste jaren verder toegenomen zie figuur 6.8. De Fuut, Middelste Zaagbek en Aalscholver zijn het talrijkste. Vooral het aantal Futen is spectaculair toegenomen; in januari 1994 werden er zelfs 16500 geteld. Ook de Middelste Zaagbek nam flink toe, maar de Aalscholver vertoonde een geringe afname. De aantallen Geoorde Futen (meer dan 1500 in najaar 1994) worden in geen enkel gebied in West-Europa geëvenaard. De toename van het aantal viseters zou kunnen zijn veroorzaakt door groei van de vogelpopulaties, toename van prooivissen door een reeks zachte winters (grondels) of verbeterde intrekmogelijkheden van pelagische vis door het langer openhouden van de sluis in het voorjaar (haring, sprot), en - ten slotte - toename van het doorzicht, waardoor vis beter vangbaar is. Echte onderzoeksgegevens zijn niet voorhanden. De omvangrijke vissterfte in de zomer van 1994 (zie bijlage 7) lijkt geen nadelige effecten te hebben gehad op de aantallen visetende vogels in het meer.

#### **Zoöbenthos-eters**

De foerageerfunctie voor bodemdier-etende eenden (met name Brilduiker en Bergeend) handhaaft zich (figuur 6.8). Steltlopers die op de slikkige delen van het gebied foerageren lijken iets in aantal toe te nemen. Soorten die vooral voedsel zoeken op de graslanden, zoals Kievit en Goudplevier, zijn hier buiten beschouwing gelaten omdat deze gebieden geen directe relatie hebben met het waterbeheer. Ook vogels die zich op hoogwatervluchtplaatsen in het Grevelingenmeer bevonden (overigens een belangrijke functie), maar foerageren op de slikken in de Oosterschelde, zijn hier niet beschouwd.

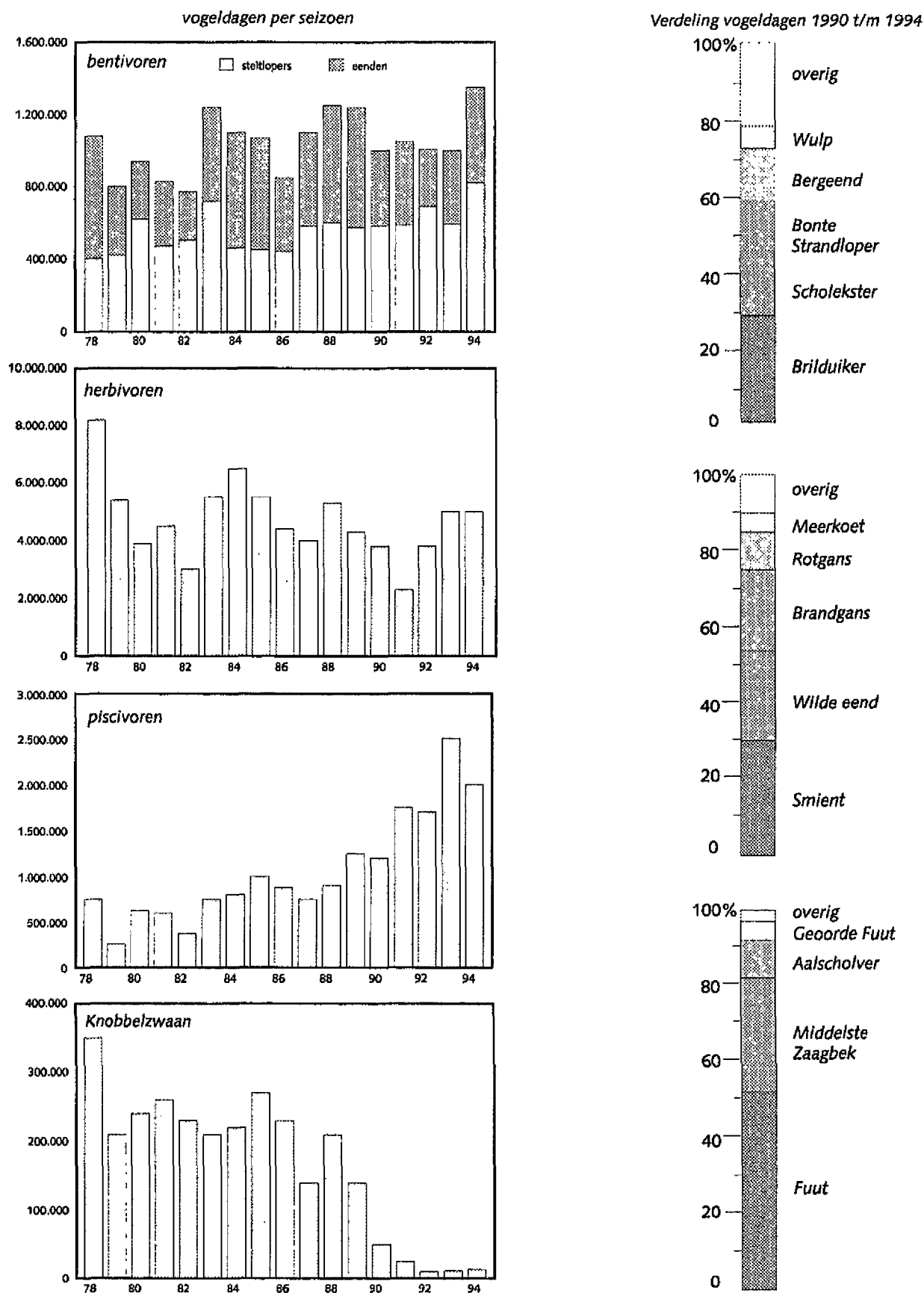
#### **Plantenetters**

Bij de plantenetende vogels heeft de Knobbelzwaan zich niet hersteld van de sterke afname na 1987 (figuur 6.8). Het aangrenzende Volkerakmeer is nu een beter rui- en foerageergebied voor deze soort, vooral na het vrijwel verdwijnen van zee gras uit het Grevelingenmeer. Ook de duizenden Tafeleenden, die voorheen 's nachts foerageerden op zaden van zee gras, zijn verdwenen. Van de overige herbivoren foerageert slechts een gering deel aquatisch op wieren e.d. Het overgrote deel graast op de permanent drooggevalle gebieden, zowel op zoutvegetaties als op (begrasde) graslanden. Daarnaast zijn er vogels die op het Grevelingenmeer worden geteld, maar (gedeeltelijk) binnendijks foerageren, zoals Rotgans, Smient en Wilde Eend.

### **6.7.2 Broedvogels**

Broedvogels nestelen met name op de permanent drooggevalle gronden. Sinds de afsluiting van het Grevelingenmeer is het aantal broedvogelsoorten toegenomen van 15 tot bijna 100. De meeste typische pionier-soorten, die broeden in open, dynamische kustmilieu's, zoals plevieren en sterns, bereikten hun maximale aantallen binnen tien jaar na de afsluiting (zie figuur 6.9).

Door voortschrijdende vegetatiesuccessie nam het geschikt areaal aan broedgebied voor deze kustbroedvogels af, maar toch konden zich relatief belangrijke populaties handhaven (tabel 6.4) [41]. Dit is vooral te danken aan de aanwezigheid van dynamiek door overspoeling met zout water en de noodzakelijke rust. De permanente bewaking gedurende de broedtijd van de Hompelvoet en Markenje is essentieel gebleken voor het voortbestaan van de kolonie Grote Sterns.

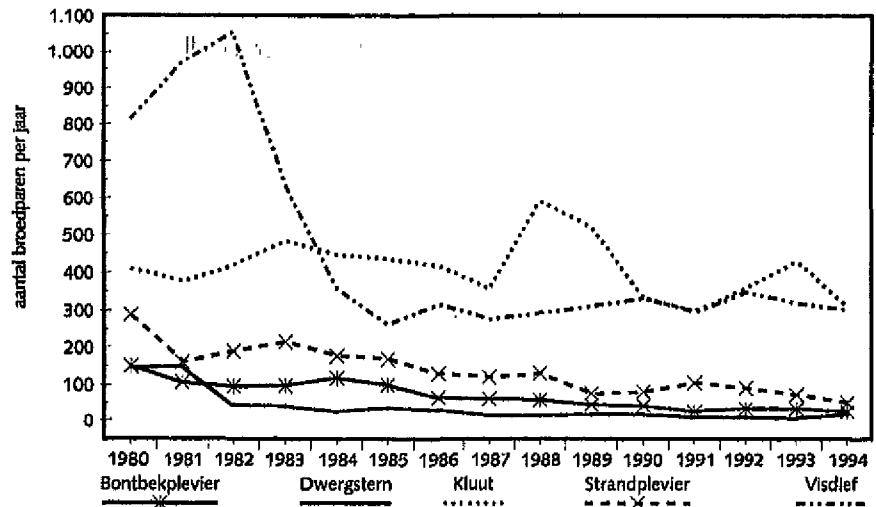


**Figuur 6.8** Aantal vogeldagen in het Grevelingenmeer per seizoen voor verschillende vogelgroepen.



Figuur 6.9

Aantallen broedparen in het Grevelingengebied  
Periode 1971 t/m 1993.



Tabel 6.4 Aantal broedparen van enkele karakteristieke kustbroedvogels in het Grevelingenmeer in 1990-94 en het percentage van de totale populatie van het Deltagebied wat in 1994 in het Grevelingenmeer broedde.

	gemiddeld 1990-1994	min. 1990-1994	max. 1990-1994	% Deltapopulatie in 1994
Kluut	347	299	430	12
Bontbekplevier	32	25	42	13
Strandplevier	80	51	105	19
Grote Stern	1905	1575	2250	58
Visdief	319	295	348	7
Noordse Stern	13	8	22	36
Dwergstern	11	5	17	8

De meeste kustbroedvogels broeden in gebieden die onder invloed staan van zout water, of waar zich door langzame ontzilting nog zoutvegetaties hebben kunnen handhaven. Relatief belangrijke broedplaatsen bevinden zich op schelpenbanken, die op natuurlijke wijze zijn ontstaan op de vooroever. In 1995 werd onderzoek verricht naar broedplaatkeuze en terreingebruik van Strandplevieren op de Slikken van Flakkee Zuid. Er werden 27 broedparen vastgesteld. Nesten werden vooral gevonden op een schelpenpad en gedeelten die nog enigszins onder invloed staan van zout water (NAP tot + 0.50 m.). De allerlaagste, kaalste delen (NAP -0.20 m. tot NAP) werden gemedend. (zie bijlage 8)



## 7. Functies en doelstellingen

---

In het Beheersplan voor de Rijkswateren 1992-1996 [3] zijn waterkwaliteitsdoelstellingen geformuleerd die bereikt moeten worden, wil het watersysteem kunnen voldoen aan de toegekende functies. Ook is daarin aangegeven of de toegekende functies naar verwachting zullen toe- of afnemen. Men verwacht daarbij, dat de functie Beroepsvisserij gelijk zal blijven en de andere functies zullen toenemen.

Gezien de aan het Grevelingenmeer toegekende functies, moet de waterkwaliteit voldoen aan de waterkwaliteitsdoelstellingen voor zwemwater en schelpdierwater.

In het navolgende zal op deze waterkwaliteitsdoelstellingen nader worden ingegaan.

### 7.1 Toetsing waterkwaliteitsdoelstellingen

In het kader van het "Milieumeetnet Rijkswateren" worden in het Grevelingenmeer metingen verricht om de zwemwater- en de schelpdierwaterkwaliteit te kunnen toetsen.

#### 7.1.1 Zwemwater

Door Rijkswaterstaat wordt op één punt in het Grevelingenmeer bij Bruinisse (GM20) vijf maal per jaar de bacteriologische kwaliteit van het water bepaald. Tijdens de periode 1989 t/m 1994 voldeed het Grevelingenmeer aan de waterkwaliteitsdoelstelling voor zwemwater.

Op een aantal plaatsen waar daadwerkelijk wordt gezwommen, wordt de zwemwaterkwaliteit onderzocht door de Provincie Zeeland. Dit zijn plaatsen bij de Grevelingendam, Den Osse en Scharendijke.

#### 7.1.2 Schelpdierwater

De toetsing aan de normen voor schelpdierwater in de waterfase wordt verricht door het RIKZ. De meting van bacteriën in de schelpdieren wordt uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek (RIVO-DLO) in opdracht van Rijkswaterstaat. De toetsingresultaten van 1986 t/m 1992 zijn gebundeld en vermeld in [42]. In deze periode voldeed het Grevelingenmeer aan de waterkwaliteitsdoelstelling. Gezien het verloop van de relevante waterkwaliteits-kenmerken mag er van worden uitgegaan dat ook in 1993, 1994 en 1995 aan de normen werd voldaan. De gegevens van deze jaren zijn nog niet verwerkt.

### 7.2 Visserij

Commercieel gezien is Paling de belangrijkste vissoort; in het meer wordt door zeven vissers door middel van fuiken op deze soort gevestigd. Daartoe is het meer in zeven vakken verdeeld, welke jaarlijks rouleren om een zo eerlijk mogelijke verdeling te waarborgen. De omvang van de vangsten is moeilijk te achterhalen; wel waren er in het begin van de negentiger jaren signalen dat de vangsten afnamen, maar dit is niet gekwantificeerd. Er is onder de palingvissers een enquête gehouden naar de gevangen hoeveel-

heden. Totale hoeveelheden zijn daarbij niet verkregen, maar wel voldoende informatie om voor vijf van de zeven palingvissers een jaargemiddelde vangst per fuik te kunnen berekenen. Voor de jaren 1988 t/m 1994 is dit respectievelijk 138, 138, 108, 119, 132, 119 en 200 kg per uitgezette fuik. Hoewel cijfers van voorgaande jaren ontbreken zou men kunnen concluderen dat, de vangsten in de negentiger jaren minder waren dan in de jaren daarvoor. De vangsten van het jaar 1994 geven echter weer een forse verhoging te zien ten opzichte van de voorgaande jaren. De grotere vangsten in 1994 worden door sommigen verklaard als zijnde een gevolg van de in de zomer van 1994 opgetreden (relatief kortdurende) zuurstofloosheid in de diepere delen van het meer waardoor de Paling meer naar de oppervlakte kwam. Of dit echter het geval is, is niet met zekerheid te zeggen.

Naast de palingvisserij is het Grevelingenmeer van belang voor de oester-teelt. In het Grevelingenmeer zijn 16 oestervissers actief. Op dit moment zijn er 116 oesterpercelen met een gezamenlijke oppervlakte van  $\pm$  580 ha. Deze percelen zijn geconcentreerd op 9 locaties, in januari 1995 heeft de TOG toegestemd in een uitbreiding daarvan. Hoeveel deze uitbreiding bedraagt is op dit moment nog niet bekend. Ook worden door palingvissers in het winterseizoen oesters geraapt in ondiep water in de natuurzone als bijverdienste. Staatsbosbeheer heeft Bureau Waardenburg een onderzoek laten doen naar de effecten van deze activiteit op de verstoring en verspreiding van watervogels.

Uit het onderzoek blijkt dat in de periode november-maart belangrijke vogelsoorten als Geoorde fuut, middelste zaagbek en brilduiker potentieel verstoring gevoelig zijn. Deze verstoring wordt actueel in rijke oesterjaren. In voedselarme oesterjaren speelt verstoring als gevolg van de oester oogst nauwelijks een rol in het gebied.

### 7.3 Recreatie

Er zijn door het Grevelingschap 25 lokaties aangewezen waar dagrecreatie is toegestaan.

Uit verkeerstellingen blijkt dat vrijwel alle deelgebieden het gehele jaar door worden bezocht door dagrecreanten. Concentratie vindt plaats in de recreatiezone op de Brouwersdam (63%) en de Grevelingendam (28%). In 1992 waren er 498.573 autopassages naar de dagrecreatieterreinen (zie tabel 7.1). Dit komt overeen met ongeveer 1372000 mensen (2.75 inzittenden per voertuig). In 1994 bedroeg het aantal autopassages ruim 525000 ( $\pm$  1.45 miljoen mensen). De helft van het totaal aantal bezoekers per jaar komt in de periode april tot en met juli. De maand juli is de drukste periode.

Tabel 7.1 Bezoek aan dagrecreatieterreinen in 1992 op basis van getelde autopassages. Per auto zijn 2,75 Inzittenden gerekend.  
Bron: Grevelingschap, 1992.

Dagrecreatieterrein	aantal auto's
punt van Goeree	97921
Kabellaarsbank	86770
binnenzijde Brouwersdam	130000 (afgeleid)
strand Grevelingendam	140084
Slikken van Flakkee	13799
zuidoever	30000 (geschat)
totaal	498574

In dit hoofdstuk wordt op een aantal belangrijke recreatie-activiteiten nader ingegaan [42a].

### **Surfen**

Het Grevelingschap heeft in 1988 drie surflokaties aangewezen: bij het Grevelingenstrand, ten zuiden van de Kabbelaarsbank en de Punt West. Ook de noordzijde van de Kabbelaarsbank en een lokatie langs de Grevelingendam (bij de trailerhelling) worden als surflokatie aangeduid. Een verbetering van de weg langs de Kabbelaarsbank en een uitbreiding van het surfgebied aldaar is onlangs gerealiseerd. Daarnaast wordt op tal van andere plaatsen gesurft: met name de lokale bevolking surft vanaf het recreatiestrand op de Slikken van Flakkee. Bij verordening van het Grevelingschap is het verboden te surfen op plaatsen (aangewezen door het Dagelijks Bestuur van het Grevelingschap) waar dit een gevaar is voor de watersport, de veiligheid of het natuurbehoud. Op een drukke dag bevinden zich ongeveer 1000 surfers op het meer.

### **Duiken**

Het Grevelingschap heeft drie lokaties aangewezen als concentratiepunt voor de duiksport: tussen West Repart en Scharendijke, ten westen van Den Osse en ten zuidoosten van de Slikken van Bommenede. In de praktijk worden door de sportduikers op meer lokaties gedoken. Op diverse kaarten en folders worden 11 tot 19 duiklokaties aangegeven, waarvan een aantal ook in de natuurzone is gesitueerd (zones 3,6,7 en 8). Op een aantal lokaties zijn voorzieningen in de vorm van parkeerplaatsen, trappen en vlonders aanwezig.

Het is niet bekend hoeveel er in het Grevelingenmeer gedoken wordt, omdat de afgegeven vergunningen gelden voor de hele Delta. Wel is duidelijk dat het aantal afgegeven vergunningen is verveelvoudigd (5000 in 1983, 33000 in 1995) en dat het Grevelingenmeer na de Oosterschelde het belangrijkste duikgebied is in de Delta.

### **Kanovaren**

In Scharendijke bevindt zich een kanoverhuurcentrum. Daarnaast worden vanaf een mobiel verhuurpunt bij West-Repart kano's verhuurd. De concentraties bevinden zich in de zones 4a, 6, 8 en 9 (zie figuur 7.1). Door het diffuse karakter is het moeilijk inzicht te krijgen in de exacte aantallen. Wel bestaat de indruk dat er een algemene tendens is in een toename van het aantal kanovaarders. Net als surfers kunnen kanovaarders gemakkelijk in ondiep water komen.

### **Sportvissen**

Het Grevelingenmeer wordt jaarlijks bezocht door enkele tienduizenden sportvissers. Sportvissers worden in hoofdzaak aan de westkant met name langs de Brouwersdam aangetroffen.

### **Watersport**

Watersport omvat het varen met zeil- of motorboten. Te onderscheiden zijn de watersporters met vaste ligplaatsen en passanten. Het watersportseizoen loopt van mei tot en met september. Passanten zijn met name in het hoogseizoen op het water (tweede helft van juli en de eerste helft van augustus). Zowel vaste ligplaatshouders als passanten kunnen aanleggen bij de jachthavens en bij door het Grevelingschap gerealiseerde openbare aanlegvoorzieningen. Er kan in het gehele gebied geankerd worden. In de Grevelingen is sinds kort de drie-dagen-regeling van het Grevelingschap in werking. Dit houdt in dat vaartuigen maximaal drie dagen op eenzelfde ligplaats buiten de jachthaven mogen liggen of ankeren. Na deze periode moet het vaartuig tenminste 1000 m verplaatst worden en

mag er gedurende 3 dagen niet worden teruggekeerd naar de eerder ingenomen ligplaats.

Uit gegevens van sluispassages uit 1995 is gebleken dat het totaal aantal sluispassages (jaarrond) is gestegen: 52411 vaartuigen tegen over 49442 vaartuigen in 1994 (gegevens RWS). Dit is mogelijk het gevolg van de mooie zomer van 1995. Sinds december 1995 zijn twee banen voor snelle motorboten nabij de Brouwersdam en nabij het Grevelingenstrand officieel in gebruik genomen.

In tabel 7.2 zijn de aantallen ligplaats opgenomen in de jachthavens die zijn vermeld in de brochure (1994) van de Provinciale VVV's van Zeeland, Zuid-Holland en Noord-Brabant. In tabel 7.3 is de capaciteit en de bezetting van de openbare aanlegvoorzieningen weergegeven.

**Tabel 7.2** Aantal ligplaatsen in de jachthavens rond het Grevelingenmeer.

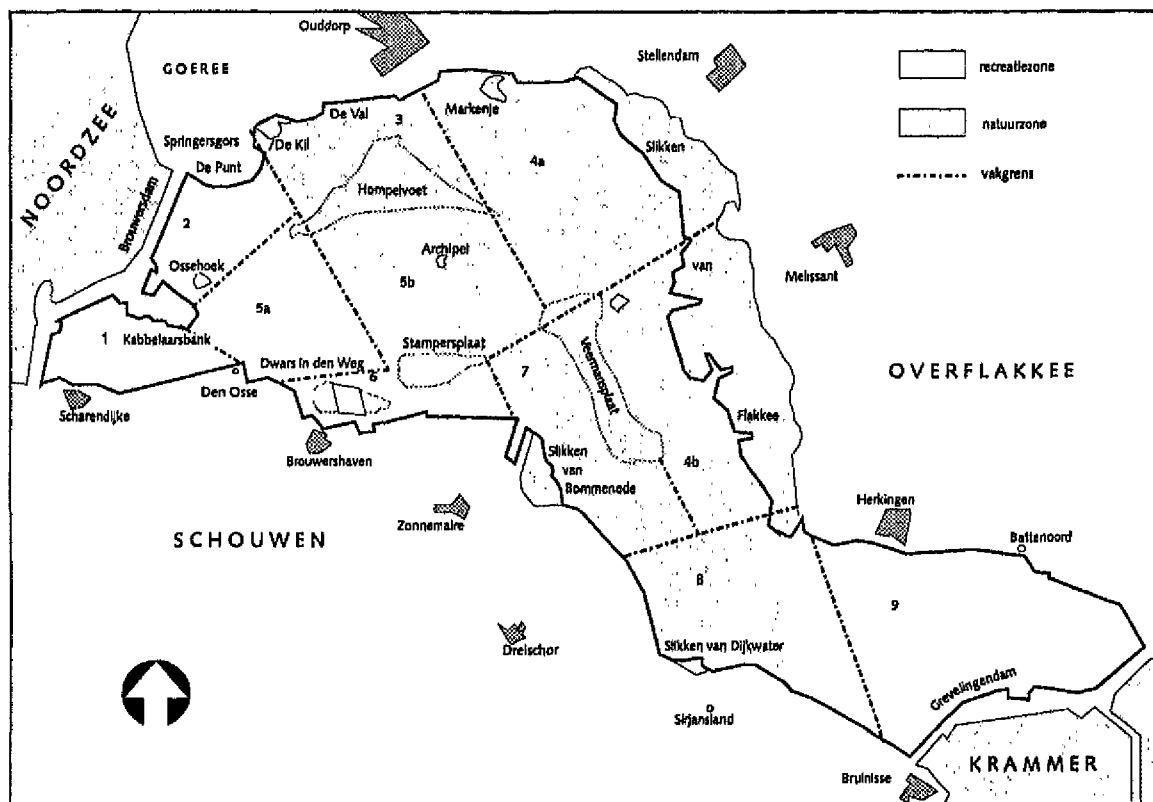
Jachthavens	Zone	vast + passanten
Bruinisse werkhaven	9	148
Bruinisse Aqua Delta	9	608
Brouwershaven oude haven	6	400
Brouwershaven nieuwe haven		
Den Osse	5a	435
Scharendijke	1	700
Port Zélande Kabellaarsbank	2	600
Ouddorp	3	189
Herkingen	9	275
Battenoord	9	85
<b>TOTAAL</b>		<b>3440</b>

**Tabel 7.3** Capaciteit en bezetting van openbare aanlegvoorzieningen in het Grevelingenmeer.

Openbare aanlegvoorzieningen	zone	bestemd voor aantal:	telling (1994)
Grevelingendam oost	9	10	0
Grevelingendam west	9	10	0
Veermansplaat noord	7	10	56
Bommenede	6	25	20
Stampersplaat oost	6	25	144
Stampersplaat west	6	10	107
Dwars in de weg	6	10	0
West Repart	1	10	0
Middelplaathaven	1	10	90
Ossehoek zuid* 6,5 ha	2	80-90	144
Ossehoek noord*			37
Haven Springersdiep	2	10	38
De Punt	2	10	75
Archipel* 1,5 ha	5b	40-50	107
Hompelvoet	4a	5	20
Slikken van Flakkee	4b	5	37
Mosselbank* 1,8 en 3,0 ha	9	60-100	186
		390 (max.)	1061

\* door het Grevelingschap gerealiseerde Watersporteilanden

Figuur 7.1 geeft de functieverdeling binnen het Grevelingenmeer aan. De nummers van de vakken komen overeen met de in dit hoofdstuk genoemde vaknummers.



Figuur 7.1 De Zonering van de functies in het Grevelingenmeer

### 7.3.1 Effecten van recreatie op natuurwaarden

Voor het Grevelingenmeer zijn door het Grevelingschap duidelijke beleidskeuzes gemaakt ten aanzien van de natuur:

De hoofdfunctie natuur houdt in: "...Natuurgebied: een gebied dat primair bestemd is voor het instandhouden en uitbouwen van aldaar aanwezige natuurwaarden en/of voor het langs natuurtechnische weg creëren van nieuwe natuurwaarden. Invoegen van recreatie-elementen kan zo nodig plaats vinden, voorzover dit niet strijdig is met natuurbelangen...". De doelstelling voor deze natuurfunctie wordt omschreven als: "...Het verkrijgen van een gevarieerd natuurgebied, met een stabiele ruimtelijke verdeling van de verschillende componenten van een kusthaf-ecosysteem". Binnen de uit deze doelstelling af te leiden randvoorwaarden wordt ernaar gestreefd een zo groot mogelijke bijdrage te leveren aan het behoud van bedreigde plant- en diersoorten en de instandhouding van bijzondere bodemkundige en geomorfologische patronen en processen.

Het merendeel van de deelgebieden in de natuurzone heeft het karakter van een open landschap met ondiep water en schelpenbanken met daarvan afhankelijke vogelsoorten. Door dit open landschap zijn deze vogels sterk verstoring gevoelig zowel tijdens als buiten de broedtijd. Verstoring van vogels is het meest aantoonbare effect van recreatie op natuurwaarden. Andere mogelijke effecten op de natuurwaarden zijn moeilijker aantoonbaar.

Verstoring van vogels is gebonden aan ruimte en tijd. Daarom is een indeling van voor vogels drie belangrijke perioden gemaakt: de broedtijd, ruitijd en gedurende de winterperiode.

**Verstoring tijdens de broedtijd (periode: april-half juli)**

Met name aan het begin van de broedtijd, is verstoring voor vogels zeer bepalend voor het al dan niet vestigen van broedvogels. Daarbij speelt de factor 'aanwezigheid' een grote rol; de aanwezigheid van één recreant kan evenveel verstoring veroorzaken als een grote groep mensen. Het gaat voornamelijk om weidevogels, kluten, sterns en plevieren.

Verstoring door landrecreatie in de vorm van terreinbezoek door wandelaars (al dan niet met hond) is het meest belangrijke bron van verstoring. Vanaf het water kunnen surfers, kano's en ondiep liggende vaartuigen zoals platbodems verstoring veroorzaken.

De Hompelvoet en Markenje worden in de broedtijd bewaakt, waardoor de verstoring daar nihil is (zie ook [43]).

Voor de Slikken van Bommenede is, naar aanleiding van geconstateerde conflicten tussen de twee functies recreatie en natuur, inmiddels een totaalplan ontwikkeld waarin is voorzien in deze twee belangen. Met de uitvoering hiervan zal in 1996 worden begonnen.

De Slikken van Flakkee Zuid is vanwege de beweiding met Heckrunderen gedurende het gehele jaar niet toegankelijk, ook de Slikken van Dijkwater zijn gedurende het gehele jaar afgesloten voor publiek.

Gebieden waar wel knelpunten verwacht kunnen worden tijdens de broedtijd zijn de Slikken van Flakkee Zanddepot, de Veermansplaten, het Springersgors/De Kil, de Stampersplaten en Dwars in den weg.

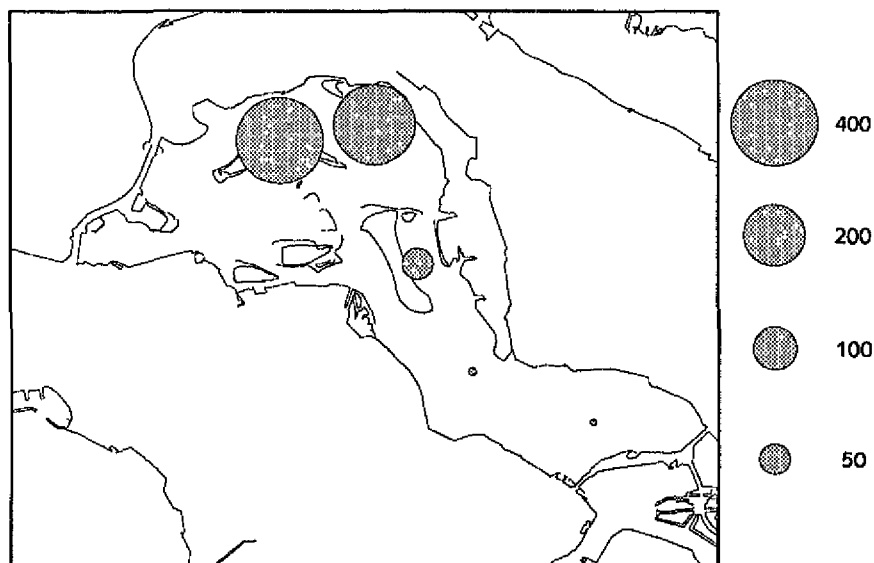
**Verstoring tijdens de rui (periode: juli-augustus)**

Vogels als futen en eenden verliezen deze periode het vliegvermogen door verlies van alle slagpennen en stellen daarom hoge eisen aan de rustplaatsen. De top van de rui valt duidelijk in juli, maar loopt in augustus nog door. Tijdens de rui bevinden de eenden en futen zich normaliter in de ondiepwatergebieden vanwege het zicht op de omgeving en het voedselaanbod. In deze periode zijn de vogels het meest kwetsbaar. Dit is de reden waarom de dieren zich in juli terugtrekken in de onderwaterzones rond de Hompelvoet en Markenje (zones 3 en 4a), de laatste rustige ondiepwatergebieden in de maand juli (zie figuur 7.2).

De waterrecreatie heeft in dit seizoen haar topdagen. Verstoring wordt veroorzaakt door waterrecreatie in de vorm van surfers, kano's en boten in de ondiepwatergebieden in de natuurzone.

Het lijkt erop dat de watervogels in juli niet verder kunnen worden teruggedrongen zonder daadwerkelijk afbreuk te doen aan de ruifunctie van het Grevelingenmeer.

**Figuur 7.2**  
Concentraties van de Geoorde Fuut in juli 1994.  
Bron: SBB/RIKZ.



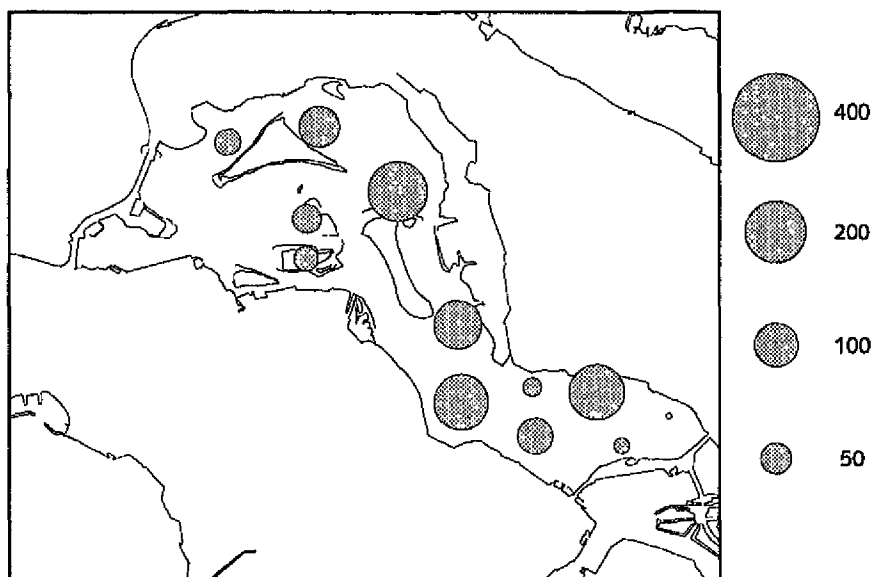


In augustus is de rui al grotendeels voorbij. De vogels spreiden zich dan meer, omdat ze minder kwetsbaar zijn (zie figuur 7.3).

**Figuur 7.3**

Concentraties van de Geoorde Fuut in augustus 1994.

Bron: SBB/RIKZ.



#### Verstoring gedurende de winter (periode: november-februari)

Gedurende deze periode zijn de vogels aangewezen op deze gebieden vanwege de rust en het voedselaanbod tijdens hun trekbewegingen. Deze tijd hebben ze nodig om op krachten te komen of om de winter door te komen.

Het gaat voornamelijk om futen en eenden (fuut, Geoorde fuut, middelste zaagbek, brilduiker), die in deze periode verspreid over het hele meer voorkomen.

Verstoring door recreatie in deze periode is gering, maar zou veroorzaakt kunnen worden door wintervaart. Er is melding gedaan van het snel varen met 'Zodiacs' bij Scharendijke door de concentratie overwinterende futen.

Tabel 7.4 is samengesteld op basis van werkelijke constatering van verstoring van vogels. In de tabel wordt aangegeven hoe intensief de land- en waterrecreatie is en in welke mate zich conflicten voordoen gedurende de broed-, rui- en winterperiode.

**Tabel 7.4** Verstoring van de natuur (vogels) door recreatie

gebied	intensiteit landrecreatie	conflicten			intensiteit waterrecreatie	conflicten		
		broed	rui	winter		broed	rui	winter
Springersgors/De Kil	-	+	0	0	-	+	+	0
Hompelvoet	0	0	0	0	-	0	0	0
Markenje	0	0	0	0	+	+	+	0
Slikken van Flakkee Noord (+ondlep)	-	0	0	0	-	+	-/+?	0
Slikken van Flakkee Midden (+ondlep)	++	+	+	0	++	+	+	0
Slikken van Flakkee Zuid	0	0	0	0	-	0	+	0
Slikken van Dijkwater	0	0	0	0	0	0	0	0
Slikken van Bommenede	+	++	-	-	+	+	-	-
Vermansplaten (+ondlep)	-	0	0	0	+	+	+	0
Stampersplaat/Dwars in de Weg	+	+	0	0	+	+	+	0
Hoek van Scharendijke	0	0	0	0	+	0	+	++

0 = (vrijwel) afwezig

- = gering

+ = vrij intensief

++ = intensief

Bronnen: Staatsbosbeheer (SBB), Provincie Zeeland; Directie Milieu en Waterstaat, Natuur- en Vogelwacht Schouwen-Duiveland, Vereniging voor Natuur- en Landschapsbescherming Goeree-Overflakkee, Bureau Sandvicensis, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ).

## 7.4 Ecologisch functioneren

Niet alleen het waterbeheer beïnvloedt het ecosysteem van het Grevelingenmeer. Het beleid en beheer dat voortkomt uit het vervullen van de visserij- en de recreatiefunctie dragen ook bij aan het ecosysteem-functioneren. Met betrekking tot de relatie tussen recreatie en de vogelstand als tot de visserij en de vogelstand zijn er plaatselijke conflicten vastgesteld.

Daarnaast zijn er lokale problemen als gevolg van antropogene belastingen; dit is met name het geval in de jachthavens in het Grevelingenmeer waar hoge concentraties toxische organotinverbindingen worden aangetroffen.

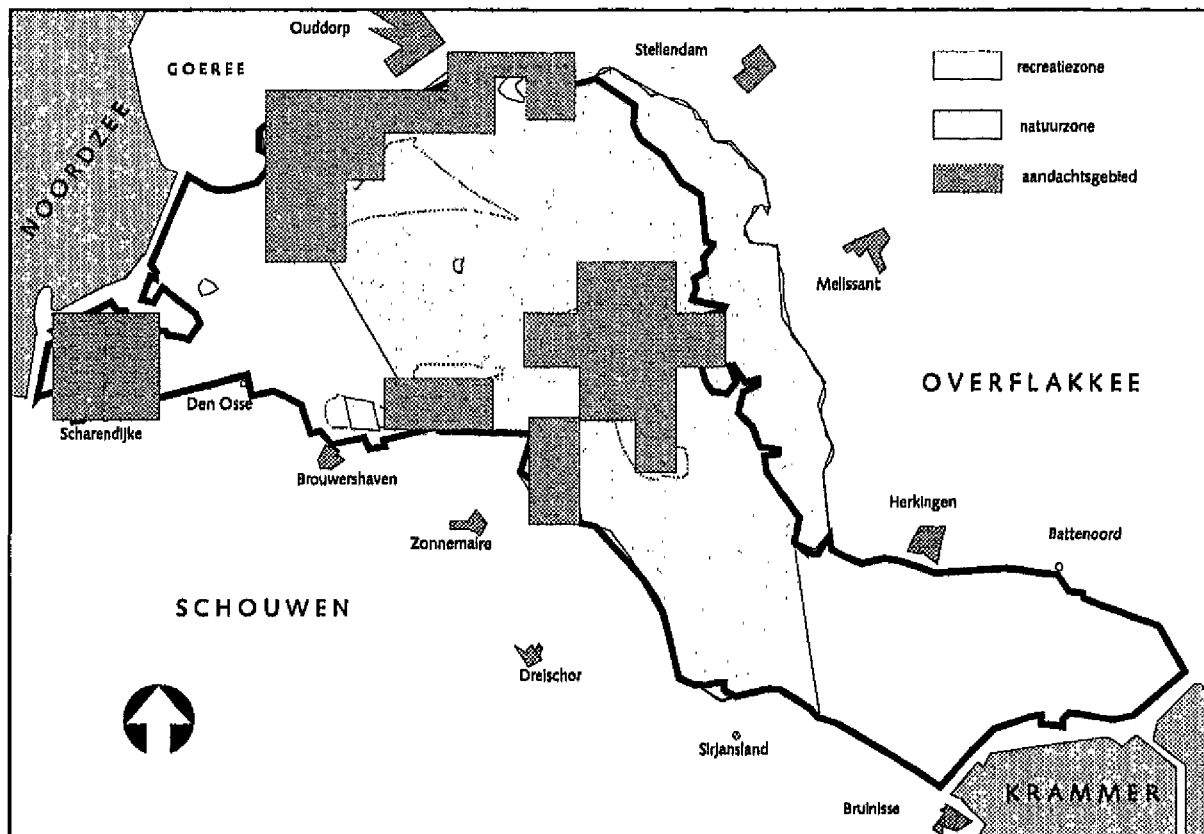
Afgezien daarvan kan worden gesteld dat het ecosysteem Grevelingenmeer in zijn eigen aard, ondanks de met elkaar min of meer conflicterende functies, op een hoog niveau functioneert.

## 7.5 Milieugebruiksruimte

De mate waarin het Grevelingenmeer de toegekende functies kan vervullen is beperkt. Het maximale milieubeslag dat gebruiksfuncties op het meer kunnen leggen wordt beperkt door ecologische randvoorwaarden. De draagkracht van het Grevelingenmeer voor menselijk gebruik kan worden gezien als de milieugebruiksruimte die het meer biedt.

Milieugebruiksruimte is dat deel van natuur en milieu dat in principe eindeloos voor sociaal-economische doeleinden kan worden gebruikt. Dit houdt in dat natuurlijke hulpbronnen niet worden uitgeput en dat de integriteit van ecosystemen niet onaanvaardbaar wordt aangetast. Indien de beschikbare milieugebruiksruimte niet wordt overschreden en rechtvaardig wordt verdeeld is duurzame ontwikkeling gewaarborgd. Het bepalen van milieugebruiksruimte is een interactief proces tussen wetenschap en politiek. Wetenschappelijke gegevens kunnen inzicht geven in de draagkracht van het milieusysteem voor menselijke activiteiten.

Nauwkeurige en zekere uitspraken over de draagkracht zijn echter veelal niet mogelijk door de complexiteit van het milieusysteem en gebrek aan inzicht in oorzaak-effect relaties. Tevens dienen speculaties te worden gemaakt over toekomstige ontwikkelingen in het milieubeslag van menselijke activiteiten. Ten aanzien van het Grevelingenmeer biedt het begrip milieugebruiksruimte mogelijk aangrijpingspunten om recreatieve en andere gebruiksfuncties en de natuur en landschapfunctie optimaal op elkaar af te stemmen. De gebruiksfuncties worden dan van een vastgestelde ruimte voorzien. Een beleidsmatige keuze hierin is reeds gedaan door de aanwijzing van de recreatie- en de natuurzone. De milieugebruiksruimte in de natuurzone is beperkt; natuurbelangen prevaleren boven recreatie belangen. In de recreatie-zone zijn de gebruiksfuncties minder aan beperking onderhevig. Op basis van de milieudruk zijn aandachtsgebieden aan te wijzen waarin de milieugebruiksruimte opgevuld raakt en mogelijk zelfs wordt overschreden. In figuur 7.4 zijn deze aandachtsgebieden aangegeven. De aandachtsgebieden zijn verstoringsgevoelig door recreatieve activiteiten.



Figuur 7.4 Aandachtsgebieden milieugebruiksruimte in het Grevelingenmeer.  
(Naar M. Törig)



## 8. Aanbevelingen

Het ecosysteem Grevelingenmeer functioneert op een hoog niveau binnen de gestelde randvoorwaarden en de toegekende functies. Toch zijn er onderdelen die met enige inspanning beter tot hun recht kunnen komen. In het navolgende wordt daarop nader ingegaan.

### Beleid

Aan het Grevelingenmeer zijn drie hoofdfuncties toegekend; dit zijn recreatie, visserij en ecologische doelstellingen van het middelste niveau. De natuurfunctie is daarbij het meest kwetsbaar en moeilijk te kwantificeren. Toekenning van de ecologische doelstellingen van het hoogste niveau aan het gehele meer of aan delen die de functie natuur hebben zou zinvol zijn.

### Beheer

Voldoende inzicht in het chloridegehalte van het inlaatwater, liefst gemeten in de Brouwerssluis zelf en inzicht in het peil van het meer kan voorkomen dat het peil te grote fluctuaties vertoont of dat water met een te laag chloridegehalte wordt ingelaten.

Het verdient aanbeveling om voor zowel het peil als het chloridegehalte een norm en een bandbreedte aan te geven.

De periode van uitwisseling, oktober t/m maart, is ingesteld als maatregel om stratificatie te voorkomen. In principe is het mogelijk de periode van uitwisseling te verlengen, mits daarbij goed wordt gelet op de meteorologische omstandigheden. Wanneer voor langer uitwisselen wordt gekozen zullen daarvoor regels moeten worden opgesteld en moet de benodigde apparatuur beschikbaar zijn om aan deze regels te kunnen voldoen.

De verticaalmetingen van temperatuur, zuurstof en chloride moeten, zeker in het voorjaar en de zomer, worden voortgezet. Door deze meetgegevens direct te analyseren, wordt een vinger aan de pols gehouden in verband met de kans op stratificatie.

Hoewel de kans op verspreiding van de vervuiling in de bodem van de jachthavens niet zo groot is bij een stagnant meer zoals het Grevelingenmeer, is het toch wenselijk deze onderwaterbodems te saneren.

In verschillende gebieden binnen de natuurzone is verstoring door verschillende recreatie-activiteiten geconstateerd. Bezien moet worden of de ingestelde zonering wel functioneert.

Het is belangrijk dat de bewaking op de Hompelvoet en Markenje gehandhaafd blijft. Verbeterd toezicht is wenselijk voor de Slikken van Flakkee Midden en Noord. Aanvullende maatregelen kunnen bestaan uit het vermelden op de waterkaart, alsmede het aanbrengen van bebording rond de Kleine Veermansplaat en Springersgors/ De Kil.

Ook dient het plaatselijk incident met het varen van snelle motorboten vanuit Scharendijke in de winter door overlage te worden opgelost.

### Onderzoek

Om relaties te leggen of conclusies te trekken tussen biotische en abiotische aspecten, is het nodig om over voldoende gegevens te beschikken. Dit is niet altijd het geval. Er is weinig bekend van de primaire produktie in het meer, de biomassa en verspreiding van fyto- en zoöplankton, vissen in de pelagische zone en kleinere soorten bodemdieren. Om een beheersadvies te kunnen geven, is er een monitoringsprogramma nodig dat omvangrijker is dan het huidige.

De tellingen van de watervogels en broedvogels moeten worden voortgezet, zeker vanwege de veranderende habitats in de directe omgeving (Volkerak-Zoommeer, Markiezaat en Oosterschelde). Ook is het wenselijk om de voedselkeuze van watervogels als Fuut, Middelste Zaagbek, Aalscholver en Brilduiker nader te onderzoeken om op deze wijze meer inzicht in de draagkracht van het gebied te verkrijgen.

Het meest zinvol is daarbij de monitoringsprogramma's te koppelen aan de evaluatieperiode (nu gesteld op 5 jaar) om zodoende aan het eind van de evaluatieperiode over een goede dataset met gegevens te beschikken van kwaliteitsparameters in het water en de bodem en biomassa en verspreiding van organismen op alle trofieniveau's.

Met betrekking tot de ontwikkeling van de vogelstand zijn er met name in de broed- en ruitijd plaatselijk conflicten vastgesteld. Nader onderzoek naar de ontwikkeling van de recreatie in de natuurzone in de broed- en ruitijd is gewenst voor de volgende deelgebieden:

- Springersgors/ De Kil/Markenje met betrekking tot de uitwaaiing van het recreatiegebied de Punt Oost;
- het gebruik van het dagrecreatieterrein Slikken van Flakkee Midden door surfers, alsmede de verstoring in het ondiepwatergebied en de Kleine Veermansplaat;
- het gebruik van de Grote Stampersplaat als gevolg van betreding door wandelaars in de broedtijd en vanuit de aangelegde haven.

#### Monitoring

Het basisbestand van de MWTL-gegevens (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) bevat hiaten en soms ook fouten. Er zitten met name in de waterkwaliteitsgegevens nabij de bodem en op de halve waterdiepte grote hiaten. Met ingang van 1996 zijn de routinemeetpunten in het westen en het oosten van het meer vervallen. Alleen het punt GM40 (Dreischor) wordt nu nog regelmatig bemonsterd voor de relevante waterkwaliteitskenmerken; het is van groot belang dat de metingen op dat punt stringent worden doorgevoerd met een voldoende frequentie en op de drie diepteniveau's.

Uit de gegevens is gebleken dat bij extreme omstandigheden (vorst) van het routinematige meetprogramma wordt afgeweken. Juist deze extreme omstandigheden zijn interessant om onderzocht te worden. Bij uitvallen van metingen ontstaan hiaten in het bestand, die bij een statistische analyse grote onnauwkeurigheden kunnen introduceren. Het verdient dan ook aanbeveling om alternatieven te bedenken om tijdens extreme omstandigheden toch te kunnen bemonsteren.

Ook tijdens andere extreme omstandigheden zoals hoge watertemperaturen tijdens warme zomers verdient het aanbeveling om extra bemonsteringen te verrichten. Op deze wijze kunnen de juist dan optredende ecologische processen worden gevolgd en kan een beter inzicht in de gevolgen van de extreme omstandigheden worden verkregen.

In verband met de aanvoer van larven en de uitwisseling van genetisch materiaal is het wenselijk het spulregime van de Brouwerssluis nog eens kritisch onder de loupe te nemen. Een belangrijke vraag daarbij is het effect van temperatuur en zoutgehalte op de voortplanting en handhaving van vele soorten hard- en zachtsub levensgemeenschappen.

Het is wenselijk de oevererosie door middel van periodieke peilingen te blijven volgen. Op deze wijze kan de hypothese worden getoetst dat een groter wateroppervlak achter een indirecte oeververdediging weer leidt tot een toename van de erosiesnelheid. Verder is het van belang dat het opgestelde meetprogramma routinematig wordt afgehandeld; momenteel ontbreken te veel belangrijke gegevens

## 9. SYNTHESE

### Historische ontwikkeling

Het estuariene zeegebied tussen de eilanden Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland draagt de naam "De Grevelingen". De fysische verandering van De Grevelingen in het Grevelingenmeer nam uitvoerigstechnisch zeven jaar in beslag, van 1965 tot en met 1971. De rivierinvloed op het zeegebied was daarmee verdwenen, hetgeen als positief werd beschouwd, omdat de kwaliteit van Rijn en Maas slecht was. Een andere positieve invloed, die van het zoute zeewater, nam met de afdamming echter af. In de eerste tien jaar na afdamming veranderde de kwaliteit van het meer sterk. Het op het meer geloosde polderwater ging, langzaam maar zeker, een stempel drukken op het meer: het meer werd brakker en de fosfaatconcentraties namen toe. Van het stagnante brakwater meer dat ontstond werd de milieu- en natuurfunctie zó laag gewaardeerd dat men, eind jaren zeventig, veel geld investeerde in verbetering. Er kwam een sluis in de Brouwersdam waarmee het zoutgehalte van het meer kon worden verhoogd. Deze sluis zou ook gebruikt kunnen worden als besloten zou worden het zoute meer te veranderen in een zoet meer. Vanaf 1979 werd met de sluis Noordzeewater uitgewisseld, de natuurwaarden en het milieu konden als gevolg daarvan herstellen.

In het jaar 1979 heeft de Brouwerssluis het hele jaar open gestaan om zo, door intensieve uitwisseling met de Noordzee, een hoog zoutgehalte te krijgen. Het openzetten heeft, in combinatie met een brak Grevelingenmeer, toen stratificatie tot gevolg gehad met een spronglaag op 6 tot 8 meter diepte. Dat had weer tot gevolg dat er onverwachte veranderingen optraden, die voorkomen hadden kunnen worden. Er is toen besloten om in volgende jaren de uitwisseling te beperken tot de winterperiode. Vanaf 1980 heeft het Grevelingenmeer daardoor een hoog zoutgehalte.

In het begin van de jaren tachtig is veel onderzoek gedaan om een definitieve keuze te kunnen maken tussen een zout of een zoet Grevelingenmeer. In 1983 is er daarom door Rijkswaterstaat een beleidsanalyse uitgevoerd. Destijds voerde de overheid een interimbeleid voor wat betreft MER's (milieu-effect rapportages). De beleidsanalyse werd beschouwd als MER voor de keuze zoet of zout. In 1986 is besloten het meer zout te houden.

Uitwisselen van water via de Brouwerssluis tussen 1 oktober en 1 maart is in 1980 voorgesteld als beheersmaatregel. Overigens bevindt zich naast de Brouwerssluis nog een vissluis, waarmee gedurende het gehele jaar een klein debiet kan worden uitgewisseld. In 1980 zijn voor het beheer drie randvoorwaarden gesteld:

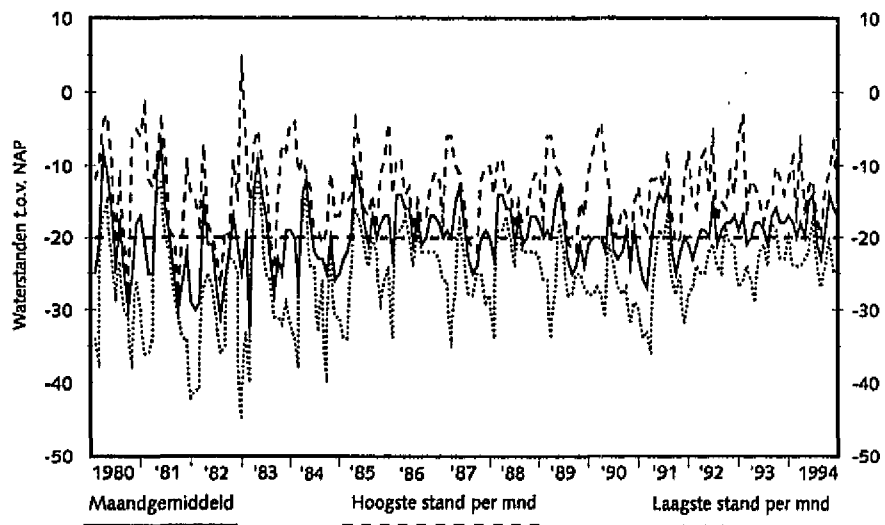
1. een stagnant peil van NAP-0.20 m;
2. een zoutgehalte van minimaal 16 g Cl<sup>-</sup>/l;
3. boven maximaal 5% van het bodemoppervlak mag zuurstofloos water aanwezig zijn.

Het ontwerp van de waterhuishoudkundige infrastructuur van het Grevelingenmeer is bepalend geweest voor het peil van NAP-0.20 m. De randvoorwaarde voor het zoutgehalte ligt dicht bij de concentratie die het euhalinum begrenst. Het euhalinum is het zoutgehalte-traject van 22 tot 16.5 g Cl<sup>-</sup>/l, waarbinnen veel soorten mariene organismen voor kunnen komen en optimaal kunnen gedijen.

- Door directie Zeeland van Rijkswaterstaat is in 1993 een aangepast waterbeheer van het Grevelingenmeer vastgesteld. Dat houdt het volgende in:
- Uitwisseling via de Brouwerssluis in de periode 1 oktober tot 1 april.
  - Sturen op een hoog zoutgehalte (chloridegehalte inlaatwater gelijk of groter dan 16 g Cl<sup>-</sup>/l).
  - Sluiting van de Brouwerssluis tijdens de schieraaltrek. Hierbij wordt uitgegaan van maximaal ca. 30 dagen in de periode oktober tot en met december.
  - De vissluis staat het gehele jaar open.
  - Streefpeil op NAP -0.20 m.

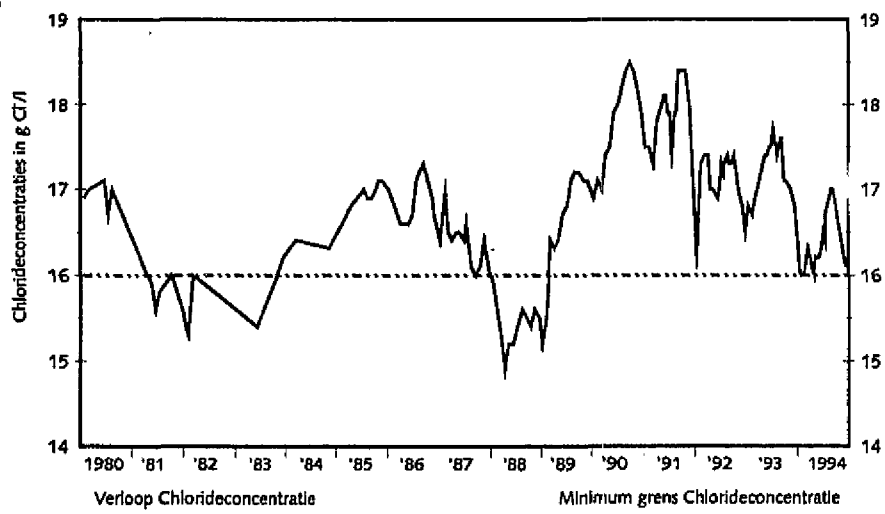
Het verloop van het peil en het zoutgehalte als gevolg van het sinds 1980 gevoerde beheer wordt in de figuren 9.1 en 9.2 weergegeven.

**Figuur 9.1**  
Maandgemiddeld peilverloop Grevelingenmeer in cm. t.o.v. NAP.



Directie Zeeland van Rijkswaterstaat handhaaft het peil in principe op NAP - 0.20 m., waarbij in de praktijk wordt getracht de afwijking niet groter te laten zijn dan plus of min 0.10 m. Er komen echter grotere afwijkingen voor. Die afwijkingen zijn soms het gevolg van bewust sturen. Zo werd de uitwisselingsperiode nogal eens op een verhoogd peil gestopt, om zo een buffer voor verdamping in de zomer te hebben.

**Figuur 9.2**  
Chlorideconcentraties in g Cl<sup>-</sup>/l op meetpunt GM40.





Zowel het streefpeil van NAP - 0.20 m., als het chloridegehalte van 16 g Cl<sup>-</sup>/l zijn streefwaarden. Er is geen bandbreedte vastgesteld. Over de periode van sluiten van de Brouwerssluis tijdens schieraaltrek is geen duidelijke afspraak gemaakt. De afspraak dat de sluis maximaal circa 30 dagen gesloten mag zijn in deze periode, geeft een grote speelruimte. Afhankelijk van het gebruik van deze ruimte kan het (eco)systeem verschillend functioneren en reageren.

Zo geeft een zoutgehalte van 16 g Cl<sup>-</sup>/l andere effecten op het ecosysteem dan een zoutgehalte van enkele grammen per liter hoger. Een duidelijk voorbeeld is de invloed van het zoutgehalte en daarmee samenhangende factoren op het zeegras. Ook fysische effecten zoals stratificatie worden door verschillen van enkele grammen bepaald. Daarom verdient het de voorkeur dat het verschil in zoutgehalte tussen de zee en het meer zo klein mogelijk is als er wordt uit-gewisseld. Het zou echter beter zijn het chloridegehalte niet hoger dan 16 g Cl<sup>-</sup>/l te laten worden.

Het gevoerde waterbeheer is in de afgelopen vijftien jaar een werkbare beheersmethode gebleken. Over het algemeen is voldaan aan de randvoorwaarden.

Ook ten aanzien van het waterpeil zijn er invloeden. Het waterpeil van het meer is bijvoorbeeld van invloed op het zoutgehalte van het grondwater in de bodem van de oevers. Dat is weer van invloed op de vegetatie die daar voor kan komen. Het waterpeil is ook van invloed op de erosiesnelheid van de ondiepe voor-oevers, zelfs al zijn die met vooroever-verdedigingen beschermd.

Een stagnant peil veroorzaakt erosie van oevers. Daarom zijn de erosiegevoelige delen van de oevers van het meer, en van de eilanden in het meer, verdedigd tegen golfaanvallen door directe oeververdedigingen en/of indirecte (voor)oever-verdedigingen. Desondanks eroderen de oevers. De erosiesnelheid van de oevers neemt echter gestaag af. In de periode 1980-1990 is door de oeverachteruitgang ± 40 ha droge oever verdwenen op de plaatsen die zijn onderzocht. De gebieden die zijn onderzocht omvatten het grootste deel van de erosiegevoelige delen. Uit de metingen die in de periode daarna zijn uitgevoerd blijkt, dat de snelheid van achteruitgang met 75% is gedaald, waardoor in de periode 1990 tot 1995, bij benadering, nog maar 5 ha droge oever aan het water is prijs gegeven in de gebieden die zijn onderzocht.

De vegetatieontwikkeling op de delen van de oever die direct beïnvloed worden door het peil is onderzocht. Het betreft de oever van de Slikken van Flakkee tot NAP +0.2 m, dat is 50% van het oppervlak van dat areaal in het meer. In het grondwater van de oever bestaat een zout/zoetgradiënt door overspoeling van de laagste delen van de droge gronden met meer-water tegenover de directe neerslag van regenwater en de afstroming van regenwater vanaf de hogere delen. De vegetatieopbouw is gerelateerd aan deze zout/zoetgradiënt.

De aan het meer grenzende laaggelegen gronden zijn zeer schaars begroeid met pioniersoorten van zilte, natte bodems, zoals Zeekraal en Schorrekruid. Op de hogere delen, waar sprake is van ontzilting, loopt de ontwikkeling van vegetatie parallel aan het ontziltingsproces: delen die oorspronkelijk schaars begroeid waren met de eerder genoemde pioniersoorten zijn in chronologische volgorde begroeid met Zilte schijnspurrie, Gewoon kweldergras, Zeeaster en andere grassoorten. In de tijd dat delen van deze gronden tot de sterk brakke tot brakke fase gerekend moeten worden is de soortenrijkdom nog groter dan de hiervoor genoemde soortenrijkdom in tijd of ruimte.

De oppervlakte met schaarse begroeiing is afgenomen. Sommige vogelsoorten die bij voorkeur op kale grond broeden zijn daardoor in de mogelijkheden beperkt.

Door de grote variatie in bodembedekking en vegetatie op de drooggevallen gronden is het aantal broedvogelsoorten sinds de afsluiting toegenomen van 15 tot 100 soorten. Het beweidingsbeheer op een deel van de slikken heeft daar mede toe bijgedragen. De voortschrijdende vegetatiesuccessie heeft voor een aantal soorten kustbroedvogels het geschikte areaal aan broedgebied echter doen afnemen. Anderzijds zijn de schelpenbanken, die op natuurlijke wijze op de vooroever zijn ontstaan, aan het broedvogel-areaal toegevoegd. Het peilbeheer is van groot belang voor het reguleren van het areaal van kale-grond broeders. Een zo hoog mogelijk winterpeil of een tijdelijk extra verhoogd peil kan de oprukkende vegetatie terugdringen waardoor er een groter oppervlak met schaarse begroeiing zal ontstaan.

Op basis van beleidsvoornemens uit 1988 zijn meerdere watersport-eilanden aangelegd of ingericht. Ook zijn er oeverlocaties ingericht ten behoeve van recreatie en watersport. De recreatiedruk vanaf het land is daarbij vooral geconcentreerd in het westen en oosten van het meer. De ontwikkeling van die druk wordt gedemonstreerd door de toename van de verkeersintensiteit, zoals blijkt uit een door de Provincie Zeeland uitgevoerd onderzoek. Er zijn aanwijzingen dat de recreatiedruk op de zone met een natuurfunctie groter is dan voor een duurzame ontwikkeling nodig kan zijn.

### Toestand

#### *Uniek:*

Het water van het Grevelingenmeer is zout, helder en schoon. De bodem kent weliswaar de sporen van het verleden toen er door de rivieren nog verontreinigd slib werd aangevoerd. Echter, de lage belasting met nutriënten via polderwater en neerslag resulteert in een lage algenbiomassa. Allerlei eutrofiërings-gerelateerde invloeden op de waterkwaliteit komen daardoor niet voor. Met de hoge kwaliteit van water en bodem is de belangrijkste voorwaarde vervuld voor het optimaal functioneren van het ecosysteem. Het ecosysteem Grevelingenmeer is uniek. De natuurwaarde van het meer is dienovereenkomstig hoog.

De waterkwaliteit van het Grevelingenmeer voldoet aan de waterkwaliteitsdoelstellingen die horen bij de functie zwemwater en de functie schelpdierwater. De ecologische doelstelling van het middelste niveau is aan het meer toegekend. Dat komt overeen met een ontwikkeling naar een natuurlijke toestand, maar nog niet gelijk daaraan. Er zijn echter geen normen gedefinieerd die voor de beoordeling van deze doelstelling moeten worden getoetst.

De water- en bodemkwaliteit van het meer voldoet, afgezien van de bodems van havens, aan de streefwaarden voor bodem en water. Van de vijf onderzochte zware metalen, cadmium, koper, kwik, lood en zink is het alleen kwik waarvan het gehalte boven de grenswaarde ligt. Het water van het Grevelingenmeer is daardoor wat betreft deze stoffen nog schoner dan de centrale Noordzee.

Met het huidige beleid wordt gestreefd naar een "natuurlijke" soortendiversiteit binnen de bestaande fysische randvoorwaarden, zonder dat die soortendiversiteit gekwantificeerd is. Het belang van verschillende soorten varieert sterk per soort. Sommige soorten zijn vanwege de grote biomassa van belang, andere soorten zijn juist van belang doordat ze sporadisch voorkomen.

Het zeegras bijvoorbeeld is als ecotoop voor het ecosysteem van belang vanwege de schuilmogelijkheden voor vissen, voedsel voor ganzen en habitat voor veel soorten geleedpotigen.

Hoe meer soorten (gebiedseigen) organismen, des te hoger is de natuurwaarde en daarmee de uniciteit. Dat levert een belangrijke koppeling tussen soortendiversiteit en omvang van soorten. De grote oppervlakten die in 1983 met zeegras waren bedekt gaven het Grevelingenmeer een hogere natuurwaarde dan in de huidige toestand met een bedekking die nog maar 1.5% van die van 1983 is.

#### *Kwetsbaar*

Het Grevelingenmeer is uniek door zijn geïsoleerde ligging en de door de mens afgeschermd en afgeregeld externe invloeden. Dat maakt het meer tegelijk kwetsbaar omdat de afgeschermd omstandigheden een risico vormen voor onverwachte en ongewenste veranderingen. De kwetsbaarheid is nog groter als er door het beheer onvoldoende wordt gelet op het controleren van belangrijke randvoorwaarden. Het significant aantonen van een verband tussen de ontwikkeling van soorten organismen en abiotische factoren, laat staan het beheer, is vaak niet goed mogelijk. De significante verschillen in de bodemparameters POC en kalk van de bodemonderzoeken uit 1989 en 1979 zijn niet bevestigd met een vergelijkbaar bodemonderzoek dat in 1995 is uitgevoerd. Ook is niet bewezen dat geulen en putten trendmatig verslibben. Uit het onderzoek van 1995 zijn geen significante verschillen gebleken ten opzichte van 1979 voor kalk-, het slib- of het POC-gehalte. Een in 1989 geconstateerde toename van het kalkgehalte in de westelijke diepe putten, ten opzichte van 1979 heeft zich daarna tot 1995 niet doorgezet. De kwetsbaarheid blijkt onder andere uit het niet voldoen aan de grenswaarde in een aantal gevallen. Het betreft de bodems van (jacht)havens. Van alle dertien havens is in 1989 de bodemkwaliteit onderzocht. Toen bleek dat in acht van de dertien havens een klasse 3 en soms klasse 4 specie aanwezig was. (RWS-classificatie). Naar aanleiding van die resultaten is in 1994 een nader onderzoek uitgevoerd naar de bodemkwaliteit in de haven van Brouwershaven, de oude haven van Ouddorp en de aanlegplaats West-Repert. In alle havens wordt klasse 3 en 4 aangetroffen. Oorzaak is meestal het gehalte aan PAK's. Soms is echter ook het kopergehalte of het PCB gehalte mede de oorzaak van deze hoge verontreinigingsgraad van het slib. Een speciaal lokaal probleem wordt overigens gevormd door de hoge concentraties van organotinverbindingen in het havens van het Grevelingenmeer. De concentraties zijn het hoogste van alle havens in Nederland. Oorzaak is het gebruik van anti-fouling op basis van tributyltinverbindingen. Deze anti-fouling mag weliswaar niet meer worden toegepast, maar het duurt nog jaren voordat de voorraden op zullen zijn of de werkzame bestanddelen op de schepen zullen zijn vervangen.

#### **Toekomst**

##### *Streefbeeld*

Voor het bepalen van een streefbeeld kan er gekozen worden voor de amoëbe-benadering. In die benadering is voor een selecte, representatieve, groep van organismen aangegeven in welke omvang deze in het meer voor zouden moeten komen om zo een goede natuurwaarde te vertegenwoordigen. Die omvang is voor de zoutwatersystemen gebaseerd op een historische referentie. Voor het Grevelingenmeer bestaat die referentie echter niet. Het unieke Grevelingenmeer bestaat immers pas vijftien jaar. Daarom kan niet anders dan dat er een referentieniveau wordt gekozen dat hoort bij een geïsoleerd, zout, stagnant en oligotroof meer. Als we voor dit referentieniveau kiezen, dan moeten we ons realiseren dat het unieke systeem tegelijk inhoudt dat het kwetsbaar is.

We moeten er rekening mee blijven houden dat het voor kan komen dat er iets gebeurt door natuurlijke ontwikkelingen. Ook daarvan zijn voorbeelden; denk aan strenge winters die een enorme impact hebben op het vóórkomen van schelpdieren als kokkels en oesters. Bij zeer langdurige, strenge, vorst vriest ook het Grevelingenmeer dicht. Als dat te lang duurt, treden er zeker effecten op die op geen enkele manier te voorkomen zijn.

#### *Beheer*

Het beheer is een resultante van de maatschappelijke doelstellingen en keuzes. Wanneer men kiest voor het in stand houden van het unieke karakter van een zoutwatermeer, dan kiest men tevens voor een kwetsbaar systeem. Het één impliceert het ander. Duidelijkheid daarover voorkomt onterechte verwijten aan de beheerder op het moment dat de risico's werkelijkheid worden. Die kwetsbaarheid openbaart zich met name onder extreme omstandigheden. Voorbeelden zijn zuurstofloosheid door langdurige hitte in combinatie met weinig wind, en de sterfte van oesterbroed in het voorjaar van 1996 die waarschijnlijk samenhangt met de strenge winter. Dergelijke gebeurtenissen horen bij het systeem zoals het is ingericht en wordt beheerd.

Het is voor de beheerder een uitdaging om te streven naar manieren om het unieke karakter van het meer te behouden of zelfs te versterken en tegelijkertijd de risico's die daarmee verbonden zijn vóór te blijven. Dit anticiperen op risico's vereist alert en secuur beheer.

Een mogelijkheid die nadere aandacht verdient is het nader fijnregelen van het spui- en inlaatregime van de Brouwerssluizen. Tot nu toe wordt in de winterperiode alleen zeewater ingelaten met een chloridegehalte van minimaal 16 g/l. Uit dit rapport komen duidelijke aanwijzingen dat een te hoog chloridegehalte nadelig is voor de zeegrasontwikkeling, een zeer waardevol element in het zoutwater ecosysteem. Overwogen kan worden ook een maximumgehalte te definiëren en de ondergrens van 16 g/l te vervangen door een bandbreedte van bijvoorbeeld 15 - 17 g/l. We willen hierbij nadrukkelijk aantekenen dat een dergelijke verandering eerst meer in detail op alle gevolgen bestudeerd zou moeten worden.

Een tweede mogelijkheid is het instellen van een ander peilregime. Door het instellen van een hoger winterpeil (tot het broedseizoen) en een lager zomerpeil bereikt de beheerder dat de flauwe oevers onbegroeid blijven en geschikt blijven of worden voor kale grondbroeders. Vooral voor de kustbroedvogels is er een schaarste aan geschikt broedbiotoop in de gehele Delta. Hier biedt het Grevelingenmeer dus een kans op wat extra. Fluctuerende waterpeilen vertragen bovendien de erosie van de oevers, omdat de golfaanval dan minder geconcentreerd op één plaats aangrijpt.

Ten slotte kan ook de periode van uitwisseling aangepast worden: op maat, dus flexibel, met de vinger aan de pols.

Deze beheersalternatieven kunnen verder uitgewerkt worden.

## 10. Literatuur

---

- [1] **Holland A.M.B.** Waterbeheer Grevelingenmeer 1980-1990. *RWS-Dienst Getijdewateren, Nota GWWS-91.086, 1991.*
- [2] **Oorthuijsen W. & Iedema C.W.** Analyse Waterbeheer Grevelingenmeer. *RWS directie Zeeland, Nota AX92.036, 1992.*
- [3] **Anonymus.** Beheersplan voor de Rijkswateren 1992 - 1996. *Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993.*
- [4] **Anonymus.** Derde Nota waterhuishouding. *Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 250, nrs. 1-2.*
- [5] **Anonymus.** Beleidsvoornemens 1988. *Natuur en Recreatieschap de Grevelingen, 1988.*
- [6] **Ruigh E.F.W. e.a.** Analyse van de nutriëntenbelasting van het Veerse Meer vanuit de omliggende polders. Toepassing van de modellen DEMGEN, NITSOL/PHOSOL en DIWOMA. *Waterloopkundig Laboratorium, 1993.*
- [7] **Stikvoort E.** Effecten peilverhoging Grevelingenmeer juni 1992 op broedsucces kustbroedvogels. *RWS-Dienst Getijdewateren, Werkdocument GWWS-92.854x, 1992.*
- [8] **Koole R.** Stratificatie in het Grevelingenmeer en de gevolgen daarvan voor de zuurstof en nutriëntenhuishouding over de periode 1980 - 1994. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Werkdocument RIKZ/AB-95.828x, 1995.*
- [9] **Koole R.** Stratificatie en bodemsamenstelling Grevelingenmeer. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Werkdocument RIKZ/AB-95.870x, 1995.*
- [10] **Laane R.W.P.M.** Background concentrations of natural compounds. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport DGW-92.033, 1992.*
- [11] **Anonymus.** Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water. *Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21 990, nr. 1.*
- [12a] **Ritsema R. & Laane R.W.P.M.** Dissolved butyltins in fresh and marine waters of the Netherlands in 1989. *RWS-Dienst Getijdewateren, Nota GWWS-90.008, 1990.*
- [12] **Evers E. e.a.** Butyltin: analyse van de problematiek in aquatisch milieu. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Nota RIKZ 95.007, 1995.*
- [13] **Nieuwenhuize J., Hermans P.M.J. e.a.** De bodemsamenstelling van 36 meetpunten in het Grevelingenmeer in 1995 en een analyse van lange termijnontwikkelingen (1967-1995). *Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek/Centrum voor Estuariene en Mariene Oecologie, (NIOO/CEMO) Rapporten en verslagen (concept), 1995.*

- [14] Nieuwenhuize J., Hermans P.M.J. e.a. De bodemsamenstelling van 36 meetpunten in het Grevelingenmeer in 1989. *Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapporten en verslagen nr. 1990-10, 1990.*
- [15] Nieuwenhuize J., Hermans P.M.J. & Lambeck R.H.D. Statistische betrouwbaarheid van de bodemkaart van het Grevelingenmeer. *Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapporten en verslagen nr. 1981-1, 1981.*
- [16] Consemulder, J. Oeverontwikkeling Grevelingenmeer periode 1980-1995. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Werkdocument RIKZ/AB-96.807x, 1996.*
- [17] Koeman, R., Rademaker, M. & Gremmen, W. Biomonitoring van fytoplankton in de Nederlandse zoute en brakke wateren 1990. *TRIPOS, 1991.*
- [18] Koeman, R., Rademaker, M. & Buma, A. Biomonitoring van fytoplankton in de Nederlandse zoute en brakke wateren 1991. *TRIPOS, 1992.*
- [19] Anonymus. Biomonitoring van fytoplankton in de Delta 1992. *TRIPOS, Rapportnr. 94002, 1994.*
- [20] Anonymus. Biomonitoring van fytoplankton in de Nederlandse zoute en brakke wateren 1993. *TRIPOS, Rapportnr. 94003, 1994.*
- [21] Anonymus. Biomonitoring van fytoplankton in de Nederlandse zoute en brakke wateren 1994. *TRIPOS, Rapportnr. 95003, 1995.*
- [22] Bakker, C. & Vries, I. de. Phytoplankton- and nutrient dynamics in saline lake Grevelingen (SW Netherlands) under different hydrodynamical conditions in 1978-1980. *Neth. J. Res. 18: 191-220.*
- [23] Craeymeersch e.a. Het macrozoöbenthos van de Westerschelde, Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar/najaar van 1991. *NIOO/CEMO, 1992.*
- [24] Craeymeersch e.a. Het macrozoöbenthos van de Westerschelde, Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar/najaar van 1992. *NIOO/CEMO, 1993.*
- [25] Craeymeersch e.a. Het macrozoöbenthos van de Westerschelde, Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar/najaar van 1993. *NIOO/CEMO, 1994.*
- [26] Craeymeersch e.a. Het macrozoöbenthos van de Westerschelde, Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voorjaar/najaar van 1994. *NIOO/CEMO, 1995.*
- [27] Kluijver, M. de. De sublittorale hard-substraat levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer. *AquaSense, Rapportnr. 95.0683, 1995.*
- [28] Moorsel, G.W.N.M. van. Ontwikkeling van levensgemeenschappen op hard substraat in het Grevelingenmeer in de periode 1979-1995. *Bureau Waardenburg, Rapportnr. 95.54, 1996.*
- [29] Coosen J. Ontwikkelingen bodemdieren Grevelingenmeer 1980-1989. *RWS-Dienst Getijdewateren, Notitie GWWS-89.652, 1989.*

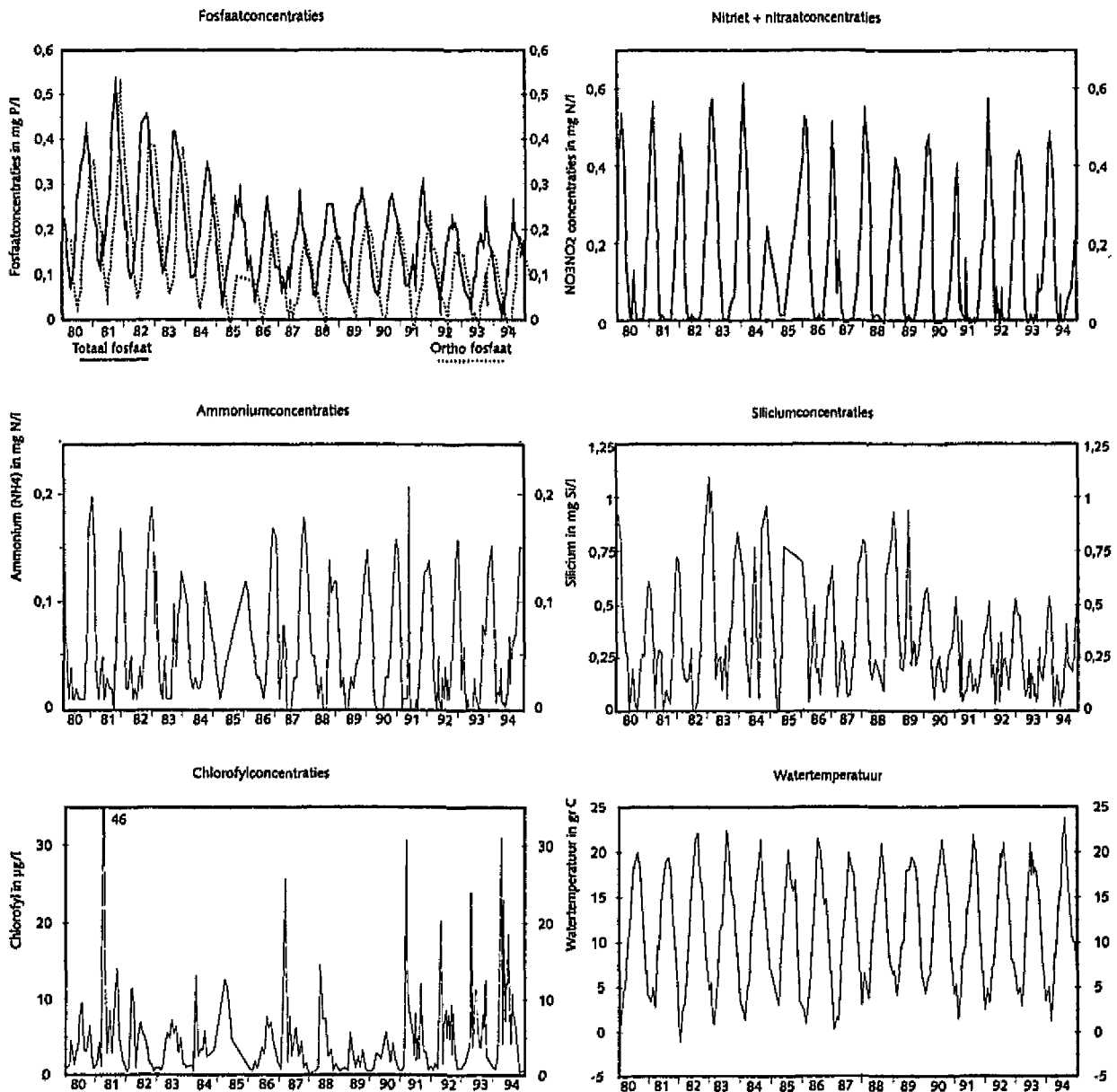
- [30] Moorsel G.W.N.M. van & Begeman J. Inventarisatie onderwaterlevensgemeenschappen op 16 transecten in het Grevelingenmeer in 1994 en vergelijking met 1982-1984. *Bureau Waardenburg, Rapportnr. 95.11, 1995.*
- [31] Stikvoort E. Ontwikkeling zachtsub-benthos Grevelingenmeer 1990-1994. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Werkdocument RIKZ/AB-95.875x, 1995.*
- [32] Moorsel G.W.N.M. van & Winden J. v/d. Effecten van oestercultuur op flora en fauna in het Grevelingenmeer. *Bureau Waardenburg, Rapportnr. 95.02, 1995.*
- [33] Apon L.P. Verspreiding en biomassa van het macrofytobenthos in het Grevelingenmeer in 1989. *Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapporten en Verslagen 1990-3, 1990.*
- [34] Wijgengangs L.J.M, Katwijk M.M. van. Zeegrassteffe in het Grevelingenmeer; een studie naar de mogelijke oorzaken van de afname van het Groot zeegras sinds eind jaren tachtig. *Vakgroep Oecologie, Werkgroep Aquatische Oecologie, KU Nijmegen, 1993.*
- [35] Verschuure, J.M. Verspreiding en biomassa van Groot zeegras (*Zostera Marina L.*) in het Grevelingenmeer en Veerse Meer in 1994. *NIOO/CEMO, 1994.*
- [36] Wijgengans, L.J.M. Zeegras in het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. Relatie met voedingsstoffen en zoutgehalte. *NIOO/CEMO, 1994.*
- [37] Zuidweg J. Peilopzet Grevelingenmeer. *RWS-Dienst Getijdewateren, Werkdocument GWWS-93.878x, 1993.*
- [38] Meijer A.J.M., Waardenburg H.W. Monitoring-onderzoek aan de visstand van het Grevelingenmeer: resultaten 1980-1989. *Bureau Waardenburg, 1989.*
- [39] Meijer A.J.M. Bestandopname visfauna Grevelingenmeer augustus/september 1994. *Bureau Waardenburg, Rapport nr. 95.18, 1995.*
- [40] Meininger P.L. Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. Watervogels in de Zoute Delta 1991-1994. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport RIKZ-95.025, 1995.*
- [41] Meininger P.L., Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 1994 met een samenvatting van zestien jaar monitoring, 1979-1994. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Werkdocument RIKZ/OS-95.807x, 1995.*
- [42] Kruik H.J. de, van Dongen A. van 1994. Overzicht van het schelpdierwateronderzoek in de rijkswateren 1986-1992. *RWS-Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport RIKZ-94.042, 1994.*
- [42a] Lundahl L., Beijersbergen J.W. & Meininger P.L. 1995. Conflicten natuur-, recreatie en visserijfunctie in het Grevelingenmeer. *Provincie Zeeland, afdeling Milieu en Waterstaat, Middelburg. Rapport 95-05.*
- [43] Kraker, C. de & Derks, P.J.T. verslagen 'Hompelvoet/Markenje'. *I.o.v. Staatsbosbeheer Regio Deltagebied.*





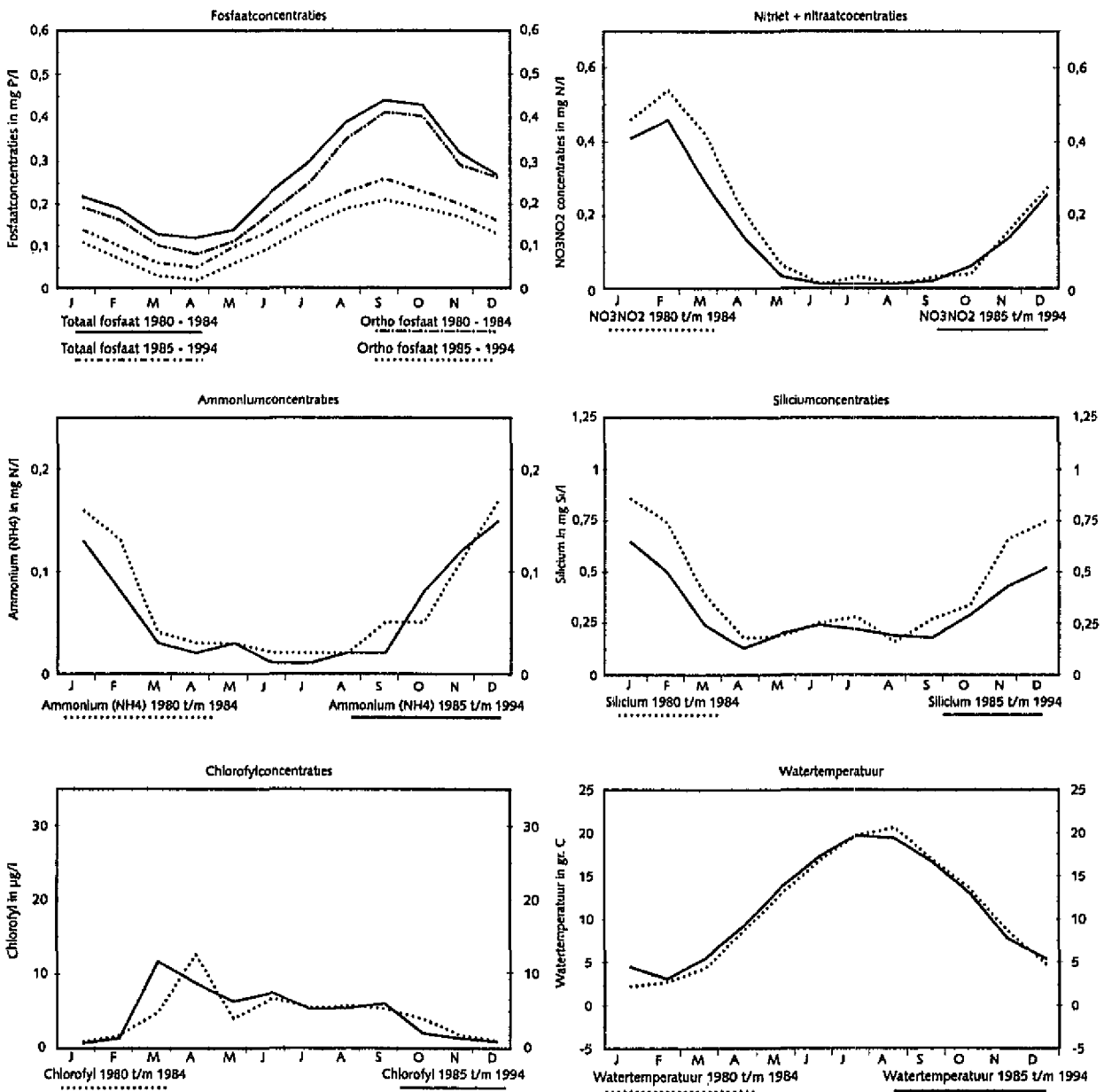
# Bijlage 1

Verloop in de tijd van : P, NO<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, SILI, CHLfa en Watertemperatuur.  
 Meetpunt GM40; periode 1980 t/m 1994.



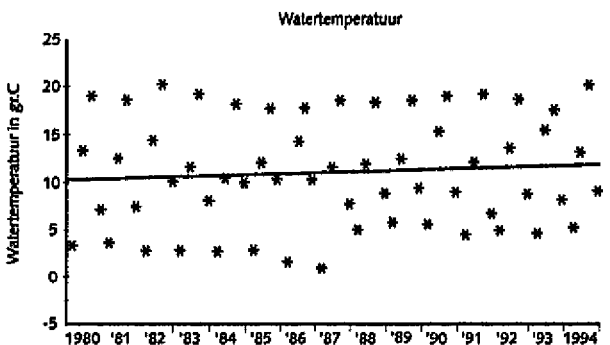
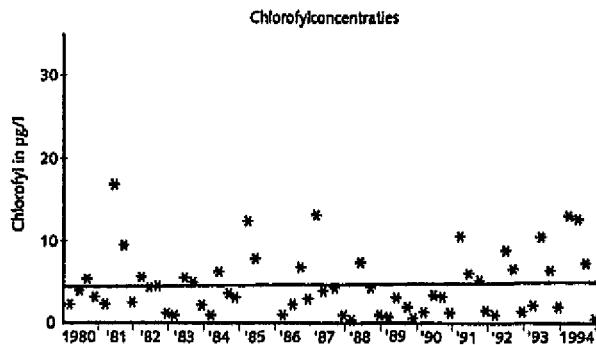
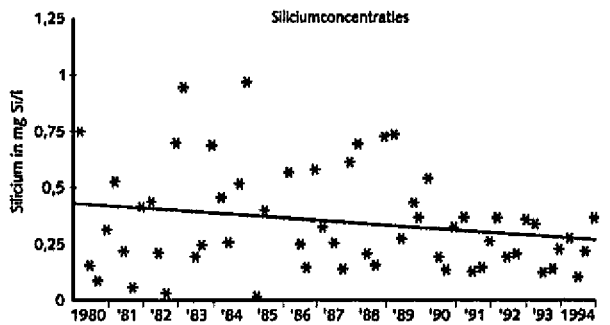
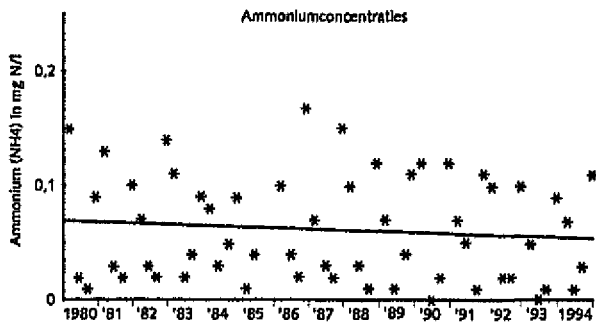
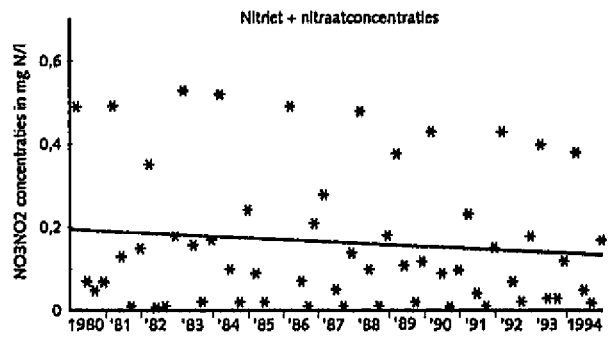
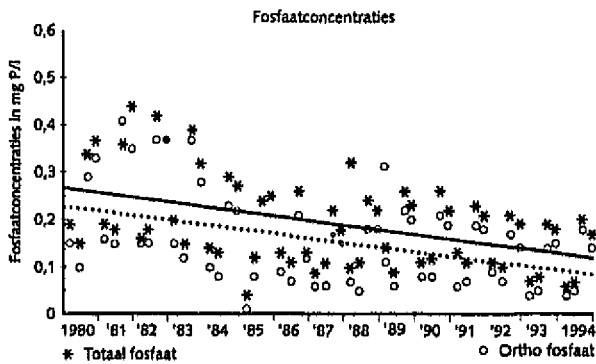
# Bijlage 2

Maandgemiddelde concentraties van : P, NO<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, SILI, CHLfa en Watertemperatuur.  
 Meetpunt GM40; periode 1980 t/m 1994.



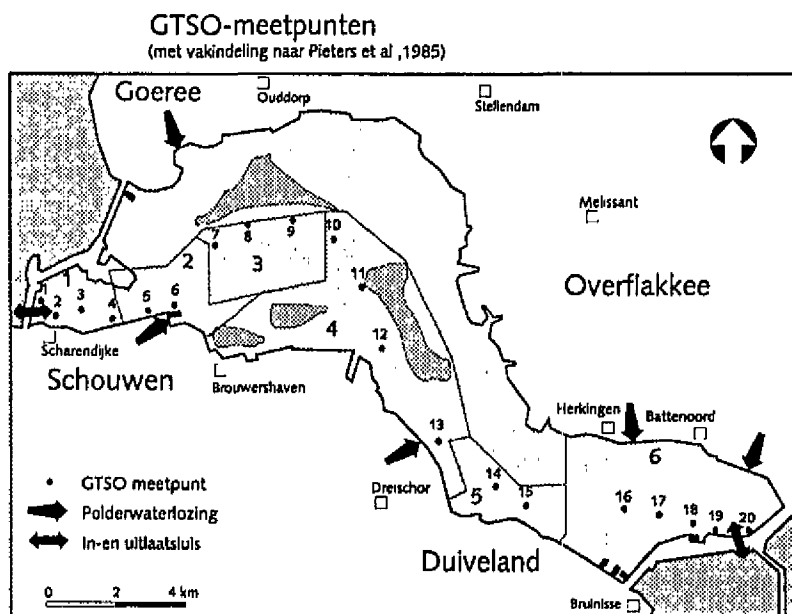
# Bijlage 3

Trendverloop berekend uit kwartaalgemiddelden.  
 Meetpunt GM40; periode 1980 t/m 1994.



# Bijlage 4

Berekening zuurstofarm en zuurstofloos bodemoppervlak.



De berekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van onderstaande oppervlakte-diepte-relatie. Het meer is verdeeld in een aantal vakken, zoals aangegeven in de figuur. In deze figuur zijn ook de GTSO-meetpunten aangegeven. De wiskundige formule van de oppervlakte-diepte relatie is:

$$A = a * c * (b - z)^{c-1}$$

Daarin is A = bodemoppervlak in m<sup>2</sup>  
z = diepte in m

Voor elk vak zijn de coëfficiënten a, b en c bepaald:

vak	coëfficiënten		
	a	b	c
1	3.48	49.8	4.20
2	24.6	40.4	4.00
3	907.0	24.5	3.50
4	3070.0	28.2	3.20
5	1840.0	24.5	3.20
6	916.0	19.4	3.80

## Bijlage 5

### Waarnemingen van palingvissers en duikers.

In 1994 zijn door de directie Zeeland enquêteformulieren uitgezet onder de palingvissers in het Grevelingenmeer om een indruk te krijgen van de zuurstofhuishouding in het meer.

De bedoeling was om praktijkervaringen van deze beroepstak over het gehele meer te verkrijgen. De respons hierop was wel wat teleurstellend, slecht 3 van de 7 palingvissers zonden het enquêteformulier terug; de bevindingen van deze 3 vissers zijn van de periode april t/m oktober 1994 en zijn kort samengevat:

*21 april 1994 locatie Grevelingendam.*

Schimmelplekken ter grootte van  $\pm 20 \text{ m}^2$  waargenomen (dit was ook het geval in 1993); ankers en kettingen kwamen van  $\pm 6 \text{ m}$ . diepte zwart en stinkend naar rotte eieren boven water. Op de bodem werden wel krabben waargenomen.

*16 mei 1994 locatie Veermansplaat.*

De ervaringen op deze locatie waren identiek aan die bij de Grevelingendam. Op deze locatie waren de verschijnselen niet in 1993 waargenomen. Behalve krabben werden ook zeesterren op de bodem waargenomen.

*2 juni 1994 locatie Ossehoek.*

Geen leven op of boven de bodem geconstateerd (waterdiepte 7 à 10 m.). Op deze plaats worden ieder jaar met het stijgen van de watertemperatuur dode palingen, krabben etc in de fuiken aangetroffen; het sediment is zwart en stinkt naar rotte eieren.

*20 juni 1994 locatie Paardenplatengat (kop Veermansplaat).*

Bij een waterdiepte van  $\pm 1 \text{ m}$ . zijn hier schimmelplekken ter grootte van  $\pm 10 \text{ m}^2$  aangetroffen.

*26 oktober 1994 locatie Grevelingendam (G51) en Brouwersdam (SJ6).*

De waterdiepte is ter plaatse  $\pm 10 \text{ m}$ .; op beide locaties is gedoken en zijn vrij grote schimmelplekken geconstateerd, ook de voorgaande 3 jaren was dit het geval.

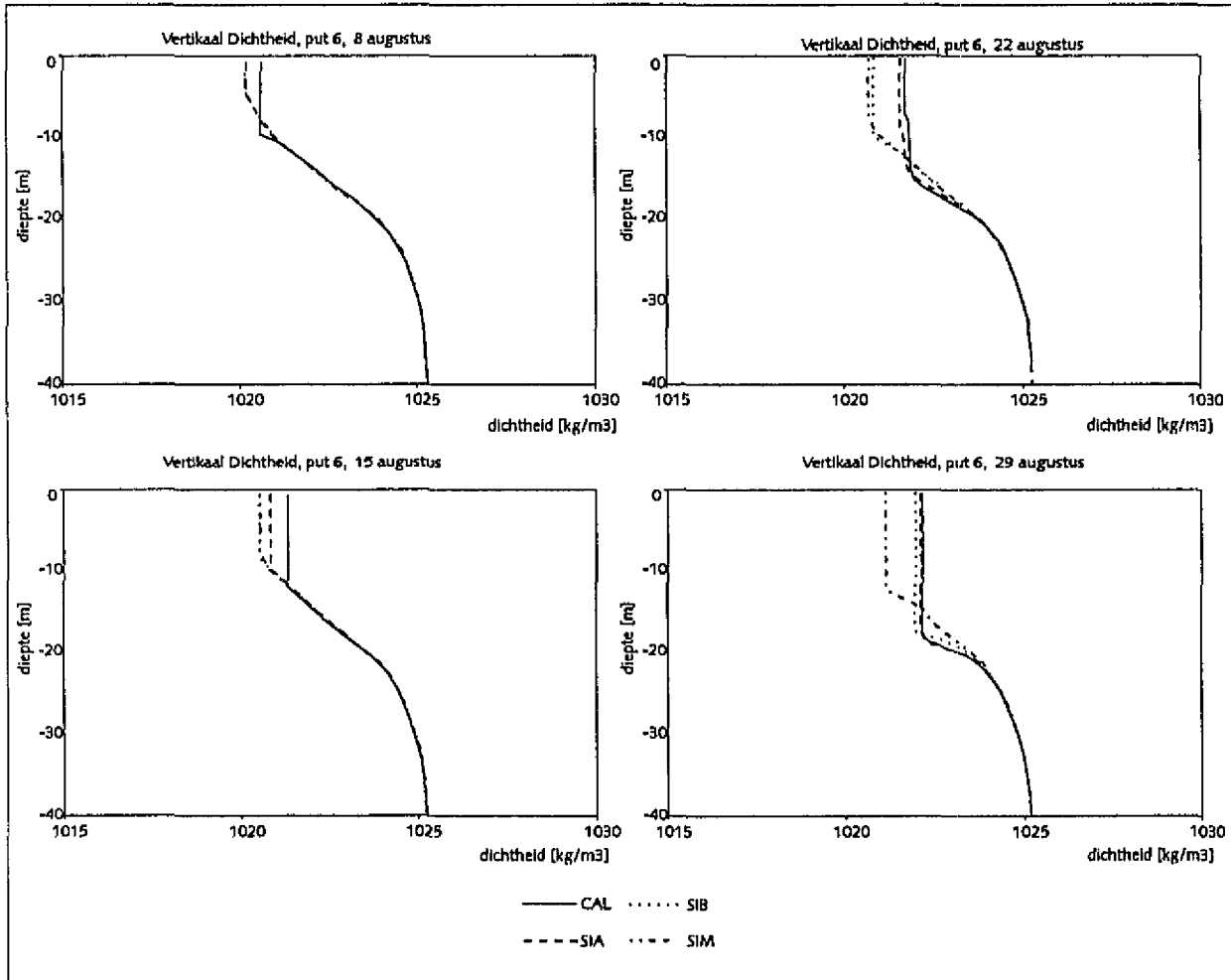
Op dezelfde datum zijn bij de Veermansplaat (SP1 en H12) dezelfde verschijnselen geconstateerd.

Sportduikers zijn ter plaatse benaderd met de vraag of zij het "onderwaterbeeld" over de jaren hebben zien veranderen. De bevindingen van de duikers komen overeen met de ontwikkeling van de zuurstofarmoede in de diepere delen ieder jaar in de zomer. Zij "proeven" onder water of zij in een zuurstofarme of zuurstofloze waterlaag terecht komen. Dat is waarschijnlijk het gevolg van zwavelwaterstof in dat water. De sportduikers constateren een achteruitgang van het bodemleven en de vissen in de afgelopen jaren. In 1994 is veel dode paling gezien, meer dan in de jaren daarvoor. Er zijn ook berichten binnengekomen van grote hoeveelheden dode vis bij de haven van Ouddorp. Voor zover wij kunnen beoordelen betreft deze hoeveelheid dode vis, op die ene plaats, een bijvangst die overboord is gezet.

Alle sportduikers die de situatie op grote diepte kennen, geven tevens aan dat, zodra er in het najaar weer met uitwisselen wordt begonnen, het onderwaterbeeld met sprongen verbetert en ook vis en mobiele bodemdieren de bodem heel snel bevolken als de waterkwaliteit door het uitwisselen goed is geworden.

# Bijlage 6

Figuren simulaties STRESS.



## Bijlage 7

### Meeuwen als opruimers na vissterfte.

Naar aanleiding van meldingen van zuurstofloosheid in het Grevelingenmeer en sterfte van vis, werd op 11 augustus 1994 het westelijk deel van dit gebied steekproefsgewijs gecontroleerd op de aanwezigheid van dode vissen, met name in aanspoelhoeken e.d. Er werden concentraties dode vis aangetroffen op slechts twee plaatsen: enkele honderden nabij cafeteria 't Dolfijntje' nabij Scharendijke en enkele duizenden in een aanspoelhoek bij de Brouwerssluis. Op de meer open delen van het meer werden (met de kijker) slechts enkele dode vissen gezien. De waargenomen dode vis betrof - op een grote paling na - uitsluitend Haring, ogenschijnlijk behorende tot één jaarklasse, met een lengte tussen 15 en 20 cm. Op grond van deze waarnemingen zou geconcludeerd kunnen worden dat het om een relatief geringe vissterfte zou gaan.

Onder 'normale' omstandigheden zijn enkele honderden meeuwen aanwezig langs de Brouwersdam. Deze ochtend vielen echter de uitzonderlijk grote concentraties op, die zich hoofdzakelijk ophielden tussen Scharendijke en de Kabbelaarsbank. Naar schatting ging het om minimaal 8000 vogels; gezien de regelmatige verplaatsingen van vogels over de Brouwersdam, tussen Noordzee en Grevelingenmeer, mag worden aangenomen dat er ten minste 10 000 meeuwen in het gebied foerageerden, voor 95% Zilvermeeuwen. Veel meeuwen vlogen rustig boven het water, af en toe duikend, waarbij ze soms geheel onder water verdwenen. Andere meeuwen dreven in losse groepen op het water, voedsel uit het water pikkend. In alle (tientallen) gevallen werd gezien dat de meeuwen kleine vissen aten, zeer waarschijnlijk de genoemde Haring. Vissen die om wat voor reden dan ook (dood, verzwakt etc.) aan de oppervlakte kwamen, vormden duidelijk het stapelvoedsel voor de meeuwen. Veel kans om aan te spoelen hadden de vissen niet, behalve op plaatsen die voor de meeuwen onbereikbaar waren (tussen bootjes in haventje bij Scharendijke), of waar de aanwezigheid van sportvissers de meeuwen afschrikte.

Om een globaal beeld te krijgen van de omvang van de vissterfte is de volgende berekening gemaakt. Op basis van door Spaans (1971; *Ardea* 59: 73-188) vermelde gegevens, kan worden geschat dat een Zilvermeeuw naar schatting 200 gram vis (*Clupeidae*) per dag eet. Dit komt aardig overeen met het door Meire et al. (1994; *Hydrobiologia* 282/283: 525-546) genoemde getal van 49 gram ADW per dag (met een geschatte omrekeningsfactor van 4-5x naar versgewicht). Rekenend met 10 000 aanwezige meeuwen, betekent dit een dagelijkse consumptie van 2000 kilo vis. Een verzamelde 'modale' haring van 17 cm woog 34 gram. Dit impliceert een dagelijkse consumptie van 60 000 haringen. De situatie met 'enorme aantallen meeuwen en dode vissen' duurt volgens mededelingen van sportvissers al minstens een dag of tien. Dit zou sterfte betekenen van ruim een half miljoen haringen. Met moet zich realiseren dat zonder de aanwezigheid van de opportunistische meeuwen er wellicht 20 000 kilo rotte vis langs de Brouwersdam zou liggen.

Het zou zinvol zijn de omvang van de sterfte van haring te relateren aan de aanwezige populatie. Recente gegevens uit het Grevelingenmeer zijn

echter niet bekend. Doornbos (1984, Neth. J. Sea Res. 18: 457-479) vermeldde een 'standing stock' in september/oktober 1981 van 36 ton (versgewicht) haring. Deze auteur berekende op jaarbasis een consumptie van 10 ton haring, waarbij moet worden aangetekend dat consumptie door meeuwen hierbij niet is beschouwd. Deze getallen kunnen wellicht helpen om de geschatte consumptie van 20 ton haring in slechts tien dagen in een context te plaatsen.



## Bijlage 8

### Broedende Strandplevieren op de Slikken van Flakkee Zuid in 1995

De Nederlandse broedpopulatie van de Strandplevier omvatte in de eerste helft van de twintigste eeuw waarschijnlijk tussen 900 en 1000 broedparen. Na 1950 vond een afname plaats, onderbroken door een tijdelijke opleving in de jaren zeventig door een toename in Flevoland en door de Deltawerken. Na 1980 heeft de afnemende trend zich voortgezet, in 1994 resulterend in een populatie van nauwelijks 300 paar, waarvan  $\pm 90\%$  in het Deltagebied. Omdat de afgesloten, snel verzoete, zeearmen in het Deltagebied op afzienbare termijn hun functie als broedgebied (vrijwel) zullen verliezen, zal de soort dan vooral zijn aangewezen op de resterende broedgebieden langs Oosterschelde, Westerschelde en Grevelingenmeer. Het Grevelingenmeer is sinds de afsluiting in 1971 een belangrijk broedgebied voor de Strandplevier. De eerste jaren na de afsluiting (in mei 1970) vond een spectaculaire vestiging plaats van Strandplevieren op de permanent drooggevalle gronden. Het maximum aantal broedparen werd vier jaar na het wegvallen van het getij geteld: 412 paar (Meininger 1986). Vooral door snelle successie van de vegetatie, bosaanplant, inrichting van recreatiegebieden en sterk toegenomen menselijke verstoring werden Strandplevieren steeds meer teruggedrongen op slechts enkele gebieden; de aantallen namen geleidelijk af tot 72 paar in 1993 en slechts 51 paar in 1994. De resterende broedgebieden zijn tot nu toe vooral in stand gebleven door onregelmatige overspoeling met zout Grevelingenwater en door een trage ontzilting.

Veruit het belangrijkste broedgebied van de Strandplevier wordt gevormd door de Slikken van Flakkee Zuid. Van de 51 paar die in 1994 in de Grevelingen werden aangetroffen, broedden er 26 op de Slikken van Flakkee Zuid.

Opvallend was daarbij dat minimaal acht paren broedden in de middenberm van een schelpenpad in het westelijk deel van het gebied. De onderlinge nestafstanden bedroegen 50-100 m. Op dit pad is ter verharding een mengsel gestort van o.a. kokkels en muiltjes. De middenberm heeft een spaarzame vegetatie van vooral Grote weegbree, Hertshoornweegbree en lage grassen. Het pad wordt omringd door een begraasde, vlakke. De overige paren kwamen tot broeden in meer natuurlijke delen van het gebied. De bodembedekking met lage vegetatie in een straal van 1 m rond het nest was meestal minder dan 10%. Naast vegetatie was de bodem meestal voor een (groot) deel bedekt met schelpen of was kaal. Broedvogels van 'het schelpenpad' leidden hun jongen spoedig na het uitkomen over afstanden van minimaal 300-1000 m naar opgroei gebieden ten westen van de 'eerste inham', maar ook naar de vlakke ten zuiden van het zanddepot. De 'opgroei gebieden' liggen in lage gebieden waar in de winter enige overspoeling plaatsvindt met zout water. Deze plaatsen worden gekenmerkt door een mozaïekachtig landschap, zoutvegetaties en spaarzaam begroeide of kale stukken. Daarbij werden de grote, kale laagste delen gemedend door vogels met jongen.

Het schelpenpad bood blijkbaar een dermate aantrekkelijk broedhabitat, dat hier een soort kolonievorming optrad. Opvallend was ook het vrijwel ontbreken van broedende Strandplevieren in grote, schijnbaar geschikt lijkende delen. Verder viel de concentratie op van 12 paren, waarvan 4

paar in het meest oostelijke deel. Omdat het oostelijk deel relatief weinig wordt bezocht door vee, kan dit wijzen op een zekere voorkeur voor onbegraasde gebieden.

Buiten het schelpenpad broedden Strandplevieren vooral in de gedeelten die nog enigszins onder invloed staan van zout water (zone 0-50 cm +NAP).

Geconcludeerd kan worden dat het vergroten van het gebied met mozaïek-achtige patronen van zoutvegetaties, afgewisseld met kale plekken, een positief effect zou kunnen hebben op het aantal broedparen van de Strandplevier op de Slikken van Flakkee Zuid. Dit zou wellicht kunnen worden bereikt door een gericht peilbeheer.

## Bijlage 9

---

### Lijst met afkortingen.

ADW	(Average Dry Weight) Asvrijdrooggewicht
DIN	(Dissolved Inorganic Nitrogen) opgelost anorganisch stikstof
DSP	Diarrheic Shellfish Poisoning
GTSO	Grevelingen Temperatuur, Saliniteit en O <sub>2</sub>
MER	Milieu Effect Rapportage
MILBOWA	Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water
MWTL	Monitoring Waterstaatskundige Toestand des Lands
PAK's	Poly Aromatische Koolwaterstoffen
PCB	Polychloorbenzeen
POC	(Particulate Organic Carbon) particulier organisch koolstof
p.q.	Permanent quadrant
STRESS	STRatificatie in REServoirS
TBT	TriButylTin



# Colofon

---

Voor de realisatie van dit rapport is een werkgroep ingesteld. De volgende mensen hebben hieraan een bijdrage geleverd:

G. Wattel, H. Smit, A. Holland, J. Coosen, D. de Jong, P. Meininger, I. de Vries, (allen RIKZ), N. Houtekamer, E. Daemen (Rijkswaterstaat directie Zeeland), J. Beijersbergen (Provincie Zeeland, directie Milieu en Waterstaat), M. de Kluijver (AquaSense).

Behalve de leden uit de werkgroep hebben ook anderen een bijdrage geleverd aan het rapport:

E. Stikvoort, B. Wetsteijn, A. van der Pluijm, J. Consemulder, P. Bollebakker, I. Peperzak, T. Pieters, R. Dulijn (allen RIKZ), R. Koole (Delta Project Management), M. Törig, W. Morren (Katholieke Universiteit Nijmegen), M. Lundahl (Provincie Zeeland, directie Milieu en Waterstaat).

De eindredactie was in handen van:

G. Wattel, A. Holland, I. de Vries (RIKZ) en R. Koole (DPM).

Visuele vormgeving:

T. Westerveld en H. van Reeken (RIKZ).