Integraal waterbeheer Grevelingenmeer

Evaluatie van de ontwikkelingen in de periode 1980-1990

Samenvatting

Het Grevelingenmeer is een zout-watermeer, gelegen tussen Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee. Vanaf 1979 heeft de waterbeheerder, de directie Zeeland van Rijkswaterstaat, een consistent waterbeheer gevoerd. Dit beheer is erop gericht een minimum chloridegehalte van 16 g/l te garanderen en ook het effect van stratificatie in de diepe delen van het meer te minimaliseren. De beheerder tracht dit te realiseren door met de Brouwerssluis in de winterperiode water uit te wisselen met de Noordzee. Het chloridegehalte lag in de evaluatieperiode boven de streefwaarde en het effect van stratificatie bleef beperkt. Met dat effect wordt bedoeld: zuurstofloosheid in de diepe delen van het meer en een daarmee overeenkomend bodemoppervlak. Het relatief grootste oppervlak zuurstofloze bodem (4%) werd bereikt in de zomers van 1983 en 1986, in de andere zomers varieerde het tussen 0,5% en 2,5%. De beheerder heeft een norm van 5% gesteld.

De fysische toestand van het Grevelingenmeer is in de evaluatieperiode niet noemenswaardig veranderd. De belasting van het meer met nutriënten en microverontreinigingen door de polderwaterbelasting is, vergeleken met andere meren in Nederland, bijzonder laag. De concentraties nutriënten, zware metalen en organische microverontreinigingen in het water zijn daardoor laag. Concentraties nutriënten zijn afgenomen, de helderheid is toegenomen, het gehalte POC (particulair organisch koolstof) in de bodem is afgenomen en het kalkgehalte in de bodem is toegenomen. De probleemstof in het Grevelingenmeer is het TBT, tributyltin. Lokaal (in de jachthavens) komen zeer hoge concentraties in de bodem voor.

De wiervegetatie strekte zich door de hoge helderheid in 1990 dieper uit dan tien jaar eerder. Het bruinwier en het Japans bessenwier (een andere bruinwiersoort) kent een ruime verspreiding in het meer. Het groot zeegras is de laatste jaren qua biomassa en oppervlak bodembedekking sterk afgenomen. De oorzaak is onbekend!

Het gebruik van het meer door watervogels, gekwantificeerd door vogeldagen, is in de evaluatieperiode voor de meeste vogelsoorten toegenomen. Van de karakteristieke kustbroedvogels namen de aantallen broedparen van de bontbekplevier, de strandplevier en de dwergstern af, alleen het aantal broedparen van de kluut nam toe.

Bij de bodemdieren en de bodemvissen is een verschuiving in de soortensamenstelling opgetreden. Bij de bodemdieren is de biomassa van de mossel gehalveerd terwijl die van het muiltje is verdubbeld, kokkels en tapijtschelpen komen steeds minder voor. Bij de bodemvissen heeft de zwarte grondel een andere grondelsoort, het dikkopje, verdrongen.

De platvispopulatie is laag omdat deze soort zich niet in het meer voortplant. De grootte van de platvispopulatie is afhankelijk van het succes van de larvenintrek in het voorjaar. De aalstand is in de evaluatieperiode afgenomen.

1. Inleiding

Men hoeft echt geen natuurfreak te zijn om vast te kunnen stellen dat het Grevelingenmeer een uniek watersysteem is. Nergens ter wereld komt een dergelijk zout, stagnant meer voor. Het kent geen overmatige nutriëntenbelasting en er speelt geen verzuringsprobleem. En ondanks dat het meer in een sterk geïndustrialiseerde regio ligt, is de onontkoombare invloed van toxicanten er slechts gering.



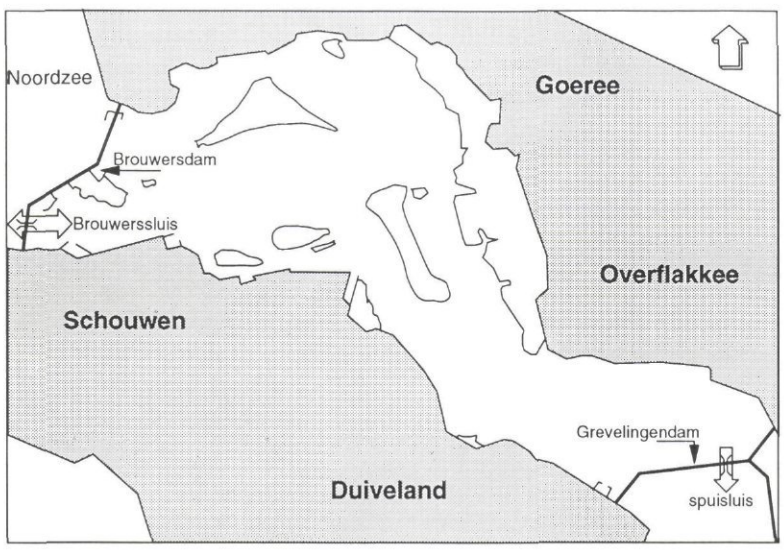
A. M. B. HOLLAND
Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee,
Middelburg

Het Grevelingenmeer is een zout-watermeer, gekenmerkt door een vast peil, een hoog zoutgehalte en een hoge helderheid en zuiverheid. Dit zijn ook de kenmerken waar Rijkswaterstaat als waterbeheerder naar streeft. Op het administratieve vlak gebeurt dat door een stringent vergunningenbeleid te voeren in het kader van de WVO. In het operationele vlak vormt het sluisbeheer het belangrijkste instrument. Met de Brouwerssluis kunnen peil en zoutgehalte geregeld worden.

De uitgangspunten voor het waterbeheer van het zoute Grevelingenmeer zijn opgesteld vanuit een integrale benadering. Er wordt gestreefd naar evenwicht tussen verschillende functies, waarbij natuur, visserij en recreatie de belangrijkste zijn. Voor het operationele beheer betekent dat het volgende: er wordt geen water van de Noordzee ingelaten als het zoutgehalte op de Noordzee lager is dan de streefwaarde van 16 gram chloride per liter. Dat kan vóórkomen, als de grote rivieren veel water via de Haringvlietsluizen afvoeren. Daarmee wordt ook tegengegaan dat microverontreinigingen, afkomstig uit Rijn en Maas, via de zee in het meer terechtkomen.

Om nadelige gevolgen voor het ecosysteem te vermijden, door stratificatie (gelaagdheid) in de zomer, wordt het uitwisselen beperkt tot de periode van 1 oktober tot 1 maart. In overleg met de aalvissers wordt het spuien naar de Noordzee onderbroken als de schieraal wil wegtrekken uit het meer.

Door het stagnante peil is de erosie aan onverdedigde oevers groot. Daarom zijn er zogeheten vooroever-verdedigingen aangelegd.



Afb. 1 - Het Grevelingenmeer.

Inmiddels heeft directie Zeeland ruim tien jaar ervaring met het integrale waterbeheer van het Grevelingenmeer. Een beheer dat in operationele zin zo constant mogelijk is uitgevoerd. Onder deze omstandigheden is het Grevelingenmeer onderweg naar een nieuw evenwicht. Dit artikel gaat in op de ontwikkelingen in ecologisch functioneren die er in de periode 1980 tot 1990 zijn geweest en vergelijkt het meer met enkele zoete wateren.

2. Het gebied

Het Grevelingenmeer (afb. 1), is als onderdeel van de Deltawerken in 1971 ontstaan door de aanleg van de Brouwersdam aan de Noordzeekant. De Brouwersdam is de tweede dam die de eilanden Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland verbindt. In 1964 was in het oosten de Grevelingendam al aangelegd. Het vaste peil werd geregeld met de schutsluis in de Grevelingendam.

Het van oorsprong zoute meer werd langzaam zoeter door het neerslagoverschot, afkomstig van het polderwater dat op het meer wordt geloosd. Die ontzilting had grote negatieve effecten op de aanwezige marine flora en fauna. Daarom werd besloten in de Brouwersdam een sluis te bouwen om wateruitwisseling met de Noordzee mogelijk te maken. Deze Brouwerssluis werd eind 1978 in werking gesteld en vanaf dat moment nam het chloridegehalte in het Grevelingenmeer weer gestaag toe.

In het begin van de jaren tachtig is er in de Grevelingendam een doorlaatmiddel gebouwd in de vorm van een hevel (bekend als de Flakkeese Spuisluis). Deze sluis is gebruikt in de laatste fase van de Deltawerken.

De fysische toestand van 1980 tot 1990

De fysische toestand van het Grevelingenmeer kan uitgedrukt worden in toestandsvariabelen (tabel I). Deze zijn in de tien jaar durende evaluatieperiode nauwelijks veranderd.

TABEL I – *Afmetingen Grevelingenmeer.*

Wateroppervlakte	10.800	ha
Oppervlakte buitendijkse gebieden	3.120	ha
Oppervlakte afwateringsgebied	9.900	ha
Inhoud	575.000.000	m^3
Lengte	23	km
Breedte	4-10	km
Gemiddelde diepte	5,4	m
Maximale diepte	48	m
Gemiddelde verblijftijd van het water	7	maanden

TABEL II – *Waterbalans Grevelingenmeer 1980 t/m 1989.*

Post	Debieten (m^3/sec.)		
	Gemiddelde	Maximum	Minimum
Brouwerssluis in	25	35 (1980)	15 (1984)
Brouwerssluis uit	27	33 (1980)	16 (1988)
Polderwateruitslag	1,5	1,7 (1988)	1,1 (1982)
Neerslag	3	3,1 (1988)	2,3 (1982)
Afstroming oevers	0,5	0,6 (1984)	0,2 (1982)
Verdamping	2,5	2,8 (1982)	1,9 (1988)

TABEL III – *P- (en N) belasting Nederlandse meren.*

			$gP/m^2/jr$	$gN/m^2/jr$
Grevelingenmeer	1980 t/m 1990	[1]	0,4	6
Eemmeer	1987	[5]	14,4	
IJsselmeer noord	1987	[5]	6,4	
IJsselmeer zuid	1987	[5]	12,4	
Volkerakmeer	1991	[4]	2,8	125
Bergse Plassen	1979	[2]	20,3	112
Braassemermeer	1979 t/m 1980	[2]	13,2	107
Brielse meer	1983	[2]	6,3	90
Kagerplassen	1979 t/m 1980	[2]	37,7	240
Wolderw.Nuldern.	1976 t/m 1979	[2]	8,8	6

Waterbalans

Aan- en afvoer via de Brouwerssluis vormen de belangrijkste posten op de waterbalans (tabel II). De neerslag, direct op het wateroppervlak en indirect via afstroming oevers, vormt de grootste zoetwaterpost. Het is tweemaal zoveel als de hoeveelheid polderwater die van een gebied van (slechts) 9.900 ha op het Grevelingenmeer wordt uitgeslagen.

De belasting door polder- en regenwater

De met het polder- en regenwater meegevoerde nutriënten vormen een geringe belasting voor het meer vergeleken met andere (zoete) meren in Nederland (tabel III). Zo bedraagt de belasting van het Grevelingenmeer met stikstof in de evaluatieperiode slechts vijf procent van die van het Volkerakmeer in 1991 en de fosfaatbelasting ongeveer 15 procent (informatie afkomstig van DBW/RIZA). Andere grote meren in Nederland blijken een veel hogere belasting met fosfaat te hebben dan het Grevelingenmeer. In tabel III is getracht de meest recente informatie over externe fosfaat- en stikstofbelasting van een aantal meren bij elkaar te brengen. Voor sommige meren zal deze belasting inmiddels lager zijn omdat saneringen zijn doorgevoerd. De fosfaatbelasting van de meren afkomstig uit [5] is een zogeheten interne fosfaatbelasting die, omdat het ongesaneerde meren betreft, gelijk gesteld mag worden aan de externe fosfaatbelasting.

Eén van de resultaten van de derde CUWVO-enquête [3], was het opnieuw vaststellen van de maximaal toelaatbare P-belasting ($g/m^2/jr$) bij een grenswaarde van 0,15 mg P/l als functie van de diepte H en verblijftijd τ. Voor het Grevelingenmeer kan daaruit bij benadering een maximaal toelaatbare belasting van 2,9 $gP/m^2/jr$ worden afgeschat.
Het Grevelingenmeer onderscheidt zich van andere meren in Nederland niet alleen omdat het zout is maar ook omdat de belasting van P en/of N zo laag is. Men kan stellen dat het Grevelingenmeer tot de voedselarmste onder de grotere meren in Nederland behoort.

3. Huidig beheer

Het landelijk beleid voor het waterbeheer is geformuleerd in waterkwaliteitsplannen en, aan het eind van de jaren tachtig, in de Derde Nota Waterhuishouding: 'Het hebben en houden van een veilig en bewoonbaar land en het ontwikkelen en instandhouden van gezonde waterhuishoudkundige systemen die een duurzaam gebruik garanderen'.
Aan dat beleid wordt in het beheer getracht invulling te geven door aan de volgende randvoorwaarden te voldoen: een peil van NAP –0,20 m, een chloridegehalte van tenminste 16 gram Cl/l en minimalisering van stratificatie-effecten. Dat laatste houdt in het oppervlak waar, onder de spronglaag, zuurstofarmoede (3 mg O_2/l) optreedt, te beperken tot circa 200 ha. Stratificatie of gelaagdheid wordt veroorzaakt door dichtheidsverschillen tussen waterlagen.

De Brouwerssluis is het belangrijkste beheersinstrument. Tijdens de wintermaanden (1 oktober-1 maart) staat de Brouwerssluis open om een zo groot mogelijke uitwisseling met de Noordzee mogelijk te maken. Na 1 maart wordt er niet meer met Noordzee-water uitgewisseld, omdat de kans op stratificatie toeneemt als de temperatuur stijgt. In deze

periode van het jaar versterken zout- en temperatuurstratificatie elkaar, waardoor de kans dat grote oppervlakken zuurstofloos worden sterk toeneemt [6].
Het streefpeil op het Grevelingenmeer (NAP -0,20 m) wordt in de spuiperiode geregeld met de Brouwerssluis.
In de winterperiode als de Brouwerssluis openstaat is de zoetwaterbelasting op het meer ook het grootst.

4. **Ontwikkelingen in waterhuishouding en waterkwaliteit**

Stratificatie

Zoals veel diepe meren is ook het Grevelingenmeer gestratificeerd. De waterlaag waarover de dichtheidsverschillen het sterkst verschillen wordt spronglaag genoemd. Voor het Grevelingenmeer is een 'maatgevende spronglaag' gedefinieerd: een spronglaag is maatgevend als de dichtheid per meter minimaal 0,3 g/l toe- of afneemt. In de evaluatieperiode lag de spronglaag in het Grevelingenmeer op een diepte van 12 à 13 m.
Het belangrijkste gevolg is zuurstofarmoede of zuurstofloosheid in de onderlaag. De omvang wordt aangegeven met het zuurstofloze oppervlak van de bodem, dat wordt berekend uit de zuurstofverdeling in de waterkolom. De ligging van de spronglaag en de zuurstofconcentraties in de waterkolom worden vastgesteld door metingen. Dat zijn metingen over de waterkolom vanaf een schip op 20 punten in het meer.
In afbeelding 2 is het zuurstofloze en zuurstofstofarme oppervlak in procenten van het totaal oppervlak van het Grevelingenmeer gegeven. Het is het maximum dat per jaar in één van de zomermaanden werd bereikt. Het beheer is erop gericht geweest te zorgen dat het zuurstofloze oppervlak beperkt bleef tot maximaal 5% van het totaal, ofwel 500 ha. Deze voor het Grevelingenmeer vastgestelde norm staat eveneens in de afbeelding.
Bij een zuurstofconcentratie van 0 tot 3 mg O_2/l is er sprake van zuurstofarmoede. Er treden dan voor sommige organismen onomkeerbare negatieve effecten op. Het hangt ook af van de periode dat de organismen aan de lage concentratie zijn blootgesteld. Bij de schelpdierwaterfunctie behoort een norm van 7 mg O_2/l.

Concentraties in het water

De waterkwaliteit in de evaluatieperiode wordt hier beschreven door jaargemiddelde waarden om de drie jaar weer te geven (tabel IV). Er kan niet worden volstaan met één getalswaarde voor tien jaar want de variatie tussen de jaren is aanzienlijk. De meeste gemiddelden zijn berekend uit de maandelijkse routine waterkwaliteitsmetingen van Rijkswaterstaat op maximaal drie monsterpunten.
In de evaluatieperiode veranderen de concentraties van een aantal waterkwaliteitsparameters ondanks het feit dat het waterhuishoudkundige beheer redelijk constant was.
In het verloop van de orthofosfaatconcentratie (afb. 3) is de verandeing in concentratieniveau goed te zien.

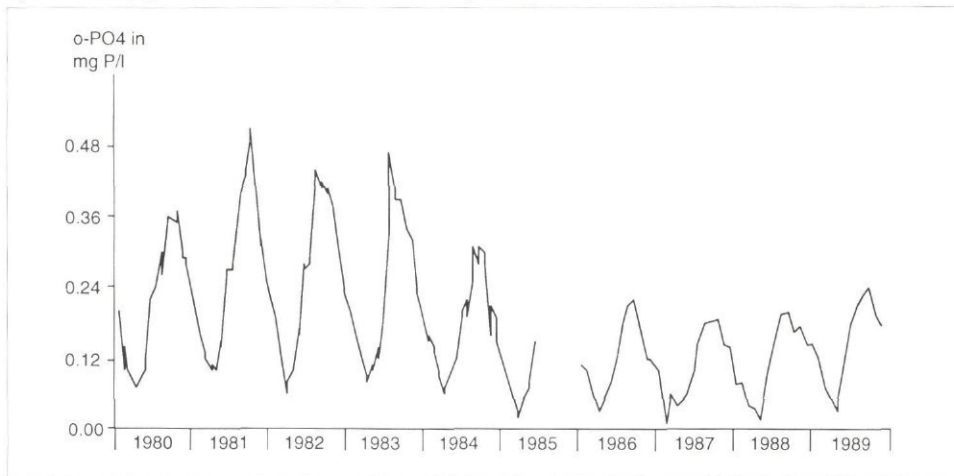
De maximumconcentraties in de zomer nemen af en ook de minimumconcentraties in de winter worden kleiner.

TABEL IV – *Waterkwaliteit Grevelingenmeer tussen 1980 en 1989.*

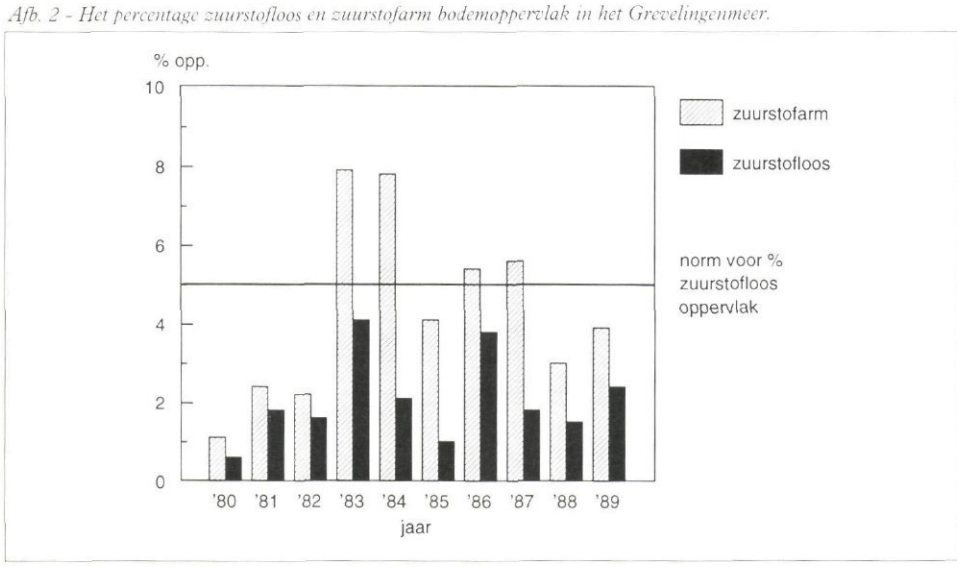
Waterkwaliteitskenmerk		Jaargemiddelden*			
		1980	1983	1986	1989
Watertemperatuur	°C	9,7	10,1	11,7	12,4
Chloride	g Cl/l	17,1	15,9	16,9	16,6
Zuurstof	mg O_2/l	9,9	9,2	9,2	9,1
Zuurgraad	s.e.	8,3	8,1	8,3	8,2
N-totaal	mg N/l	0,60	0,69	0,6	0,6
NH_4-N	mg N/l	0,07	0,06	0,09	0,05
NO_3/NO_2-N	mg N/l	0,18	0,23	0,20	0,15
o-PO_4-P	mg P/l	0,21	0,22	0,12	0,13
Silicium	mg Si/l	0,36	0,53	0,41	0,46
Chlorofyl	µg/l	3,1	3,8	3,6	2,3
Zwevend stof	mg/l	–	–	2,0	2,8
Doorzicht	dm	37	46	44	53

* representatief voor de waterkolom tot 15 m diepte.

Afb. 3 - Orthofosfaatconcentratie oostelijk deel Grevelingenmeer.



Afb. 2 - Het percentage zuurstofloos en zuurstofarm bodemoppervlak in het Grevelingenmeer.



Dat komt omdat het meer voor wat betreft de waterkwaliteit nog niet in evenwicht is. In de periode na de afsluiting van het meer, tot de ingebruikname van de Brouwerssluis (1971-1979), werd het fosfaat dat met het polderwater werd aangevoerd namelijk niet afgevoerd. Het accumuleerde in de bodem. Particulair fosfaat in het polderwater bezinkt namelijk in het meer en het oplosbare orthofosfaat wordt door primaire producenten, zoals plankton, in het celmateriaal ingebouwd, om na afsterving ook als particulair materiaal te bezinken. Door microbiologische afbraak komt het fosfaat daarna weer vrij. In de winterperiode is de orthofosfaatconcentratie hoog door de mobilisatie uit de bodem. Omdat er in diezelfde periode wordt uitgewisseld met Noordzeewater waarin minder fosfaat zit, wordt er fosfaat afgevoerd en raakt de bodem uitgeput. De belasting van fosfaat op het meer is in de evaluatieperiode niet sterk veranderd. Door de netto uitvoer via de Brouwerssluis wordt er zodoende jaar na jaar minder orthofosfaat in het water van het meer aangetroffen. De mobilisatie van fosfaat uit de bodem is een proces dat sterk temperatuurafhankelijk is. Het schoksgewijze verloop van de fosfaatconcentratie in het midden van de jaren tachtig is dan ook een gevolg van extreme wintertemperaturen.

Als de concentraties in het Grevelingenmeer worden vergeleken met de normen voor zwemwater, schelpdierwater en de natuurlijke achtergrondwaarden voor de Noordzee, dan kan het Grevelingenmeer geclassificeerd worden als een schoon, oligotroof (voedselarm) zout-watermeer.

Zware metalen

In een watersysteem zijn, ecotoxicologisch gezien, de opgeloste concentraties van de zware metalen het belangrijkste. Voor de opgeloste zware metalen zijn voor de Noordzee referentiewaarden gedefinieerd. Dat is een schatting van de natuurlijke achtergrondwaarde in een onbelaste Noordzee. In tabel V worden de concentraties in 1989 daarmee vergeleken, evenals met de detectiegrenzen van de routine waterkwaliteitmetingen. In de eerste helft van de jaren tachtig waren de gemeten concentraties zware metalen vaak hoger dan die van het voorbeeldjaar 1989. De oorzaak daarvan schuilt in verbetering van de bemonsterings- en analysemethodieken.

Het Grevelingenmeer is wat betreft de meeste opgeloste zware metalen een schoon zout-watermeer. Alleen de concentraties van opgelost arseen en nikkel in het meer zijn vele malen hoger dan de referentiewaarden voor de Noordzee. In vergelijking met de kustwateren zijn de verschillen echter kleiner.

Opgelost cadmium, chroom, kwik, lood en zink zijn in 1989 gelijk aan de referentiewaarde voor de Noordzee of komen uit op de detectiegrens. De concentraties opgelost arseen, koper en nikkel in het Grevelingenmeer zijn nog een factor 2 tot 3 hoger dan de referentiewaarde voor zout water.
De concentraties cadmium en koper worden mede bepaald door die in het kustwater.
De arseenconcentratie in het meer is tweemaal zo hoog als de concentratie gemeten in het kustwater. Dat komt door het vrijkomen van arseen uit de bodem, waar het in de periode voorafgaande aan de uitwisseling met de Noordzee is geaccumuleerd. Hier treedt waarschijnlijk hetzelfde proces op als bij fosfaat.

Organische microverontreinigingen

Ruim 40 organische microverontreinigingen zijn in de evaluatieperiode incidenteel bepaald. In 1982 is de helft van deze stoffen zesmaal geanalyseerd en in 1986 alle stoffen behalve de PAK's tenminste tweemaal. Bijna alle individueel gemeten organische microverontreinigingen in het water van het Grevelingenmeer waren gelijk aan nul of overeenkomstig de detectiegrens.
Geconcludeerd kan worden dat er in het Grevelingenmeer voor de meeste microverontreinigingen geen verontreinigingsprobleem bestaat.
Organotinverbindingen echter, en in het bijzonder de tributyltin-verbindingen (TBT), vormen lokaal, in jachthavens, wel een probleem. Deze verbindingen zijn het werkzame bestanddeel in aangroeiwerende jachtlakken.
In juni 1989 is een onderzoek uitgevoerd naar de TBT-gehalten in watermonsters afkomstig uit jachthavens in Nederland (tabel VI) [7].
De I-lijst in de Derde Nota Waterhuishouding geeft een norm voor de Algemene Milieukwaliteit (AMK 2000) van 10 ng/l!
De concentraties TBT in de havens van het Grevelingenmeer bleken tot de hoogste in Nederland te behoren. Dat wordt veroorzaakt door het grote aantal zeewaardige jachten dat in de havens is afgemeerd en doordat het Grevelingenmeer stagnant is, waardoor de uitwisseling van water kleiner is dan in getijdegebonden havens. Overigens is tijdens hetzelfde onderzoek gebleken dat het merendeel van de jachteigenaren al overgeschakeld was op anti-fouling verf zonder organotin.

TABEL VI - *Tributyltingehalten in jachthavens.*

Haven, juni 1989		ng Sn/l		
Haven	Watersysteem	Gem.	Min.	Max.
Scharendijke	Grevelingenmeer	2.930	1.830	3.440
Brouwershaven	Grevelingenmeer	3.620	1.390	7.210
Bruinisse	Grevelingenmeer	2.400	2.080	2.670
Scheveningen	Noordzee	160	60	270
Breskens	Westerschelde	110	20	270
Hindelopen	IJsselmeer	510	70	810
Oostmahorn	Lauwersmeer	70	40	130
Monnickendam	Gouwzee	320	80	540
Nieuwendijk	Biesbos	10	2	17

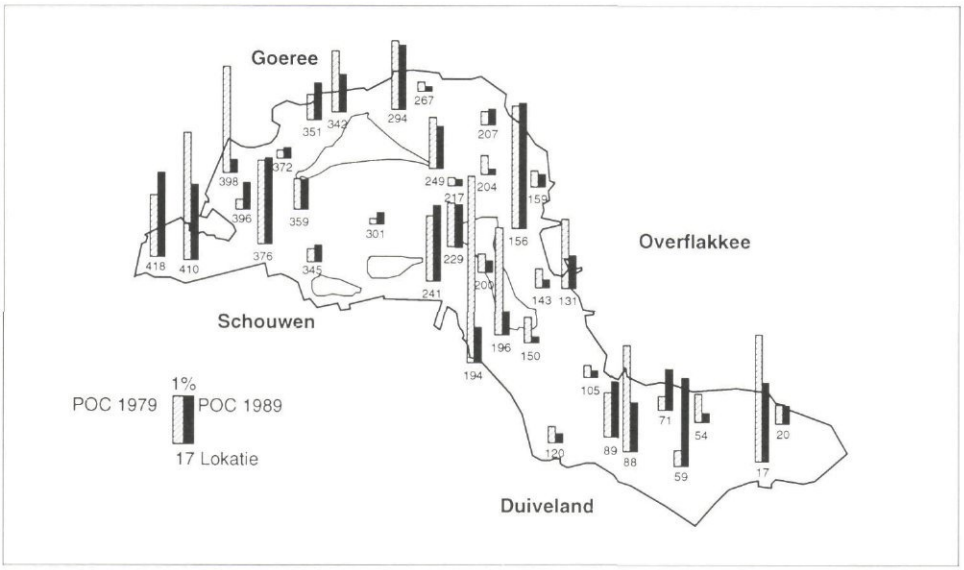
TABEL V - *Concentraties opgeloste zware metalen 1989.*

	µg/l			
	Grevelingenmeer	Kustwater Noordzee	Referentie	Detectiegrens
As Arseen	3,3	1,5	1 -1,5	0,1
Cd Cadmium	0,01	0,04	0,02-0,03	0,01
Cr Chroom	0,3	0,2	0,15-0,5	0,1
Cu Koper	0,5	1,0	0,2 -0,3	0,1
Hg Kwik	0,01	0,02	0,0025	0,01
Pb Lood	0,1	0,1	0,02	0,1
Ni Nikkel	1,9	0,6	0,3 -0,4	0,1
Zn Zink	1,0	1,0	0,3 -0,4	1,0

5. **Ontwikkelingen in de bodem**

Bodemsamenstelling

In 1979 is er door een omvangrijke bemonstering de bodemsamenstelling van het Grevelingenmeer vastgesteld. De volgende parameters werden bepaald: korrelgrootte, slibgehalte, kalkgehalte, chlorofylgehalte, gehalte particulair organisch koolstof (POC) van het sediment. De bepaling van de bodemsamenstelling is in 1989 op een beperkt



Afb. 4 - Particulair organisch-koolstofgehalte bodem Grevelingenmeer.

aantal lokaties herhaald.
Het chlorofylgehalte in de bodem is afgenomen, wat echter veroorzaakt wordt door het verschil in bemonsteringsseizoen. Er is een significante afname van het POC-gehalte in de bodem opgetreden. Afbeelding 4 brengt de veranderingen in POC-gehalte in beeld.
Het kalkgehalte nam in het westelijk deel significant toe, het gehalte bleek daar verdubbeld te zijn. Naar wordt aangenomen is dat een gevolg van het sluisbeheer. In het oostelijk deel trad geen verandering van het kalkgehalte op.

Bodemkwaliteit; zware metalen
In de bodem van het Grevelingenmeer zijn in verschillende jaren de gehalten aan zware metalen bepaald. Worden de zware metalen gehalten geclassificeerd, volgens de in de Derde Nota Waterhuishouding beschreven methode, dan blijken ondiepwater-monsters niet verontreinigd te zijn (klasse 1 specie). In de diepe voormalige geulen (diepe putten) is in een aantal gevallen klasse 2 specie aangetroffen door te hoge gehalten van kwik of arseen of zink.
Aan de rand van het Grevelingenmeer worden lokaal verontreinigde waterbodems aangetroffen. Evenals voor de organotinverbindingen het geval is, betreft het de (jacht)havens. In 1989 zijn de bodems van alle dertien havens geclasseerd op basis van de concentraties organische microverontreinigingen en zware metalen. In alle havens op drie na werd op een of meer monsterpunten klasse III sediment aangetroffen volgens het toen gehanteerde RWS-classificatiesysteem.
In dit artikel wordt hierop verder niet nader ingegaan, maar volstaan met de volgende opmerking. Verontreiniging van de bodems van (jacht)havens hangt samen met menselijke activiteiten zoals het beheer en onderhoud van de haven en van schepen en scheepsmotoren. Aanlegsteigers en remmingswerken zijn vaak van gecreosoteerd hout of van staal dat geconserveerd is met aardolie-derivaten. Dat is een bron voor PAK's. Klassieke teerprodukten, die gebruikt worden voor behandeling van de scheepshuid, bevatten deze stoffen ook, evenals uitlaatgassen van scheepsmotoren. Van de PCB's is veel minder duidelijk waar de bron van de belasting binnen de haven gezocht moet worden. Door de persistentie die deze stoffen kenmerkt, kan de verontreiniging van de havenbodem ook al jaren geleden zijn opgetreden.
Andere oorzaken in het ontstaan van verhoogde gehalten verontreinigingen in de bodem moeten gezocht worden in het gebruiken van de haven als stortlokatie. Een hoog loodgehalte in de bodem van één haven is daar het gevolg van, waarschijnlijk door onkunde of ongelukken.

6. Veranderingen in de biologische toestand

Plankton
In 1980 en 1981 bedroeg de primaire produktie door fytoplankton 214 respectievelijk 225 gram koolstof per m^2 per jaar. Voor het hele meer is dat 24.000 ton koolstof. Het chlorofyl-α gehalte, een maat voor de algenbiomassa, vertoonde in de evaluatieperiode sterke schommelingen (tabel VII).
De verschillen tussen de jaren zijn een gevolg van temperatuurverloop en zonneuren.
De informatie over zoöplankton is beperkt tot wat daarover in 1980 is onderzocht. Het geproduceerde fytoplankton wordt 'gegraasd' door raderdieren, zoals *Synchaeta*. Dit zoöplankton is 80 tot 200 micron groot. Veel kleiner zijn de ééncellige dieren (protozoën) die niet met een planktonnet van 65 micron kunnen worden gevangen. Deze soortgroep kan in het Grevelingenmeer zeer hoge aantallen bereiken. Naast deze dwergen komen in het Grevelingenmeer twee 'reuzen'soorten zoöplankton voor. Het zijn vertegenwoordigers van de roeipootkreeftjes (copepoden) en deze bereiken een omvang van $\pm$ 1.000 micron (1 mm).

Vissen
De soortenrijkdom is het grootst bij de Brouwerssluis en neemt naar het oosten af. Dit komt door het binnentrekken/binnenspuien van vissen. De soortensamenstelling in het Grevelingenmeer (1980-1989: 58 vissoorten) is vergelijkbaar met de Oosterschelde (1979-1989: 71 vissoorten). Kenmerkende vissoorten voor het Grevelingenmeer zijn: grondels, driedoornige stekelbaars, haring en koornaarvis. Deze kleinere vissen zijn belangrijk omdat ze door visetende vogels worden gegeten.

In de loop van de periode 1980-1989 is de soortensamenstelling nauwelijks gewijzigd, wel zijn er veranderingen in aantalsverdeling en biomassaverdeling opgetreden.
De standvissen grondel en koornaarvis namen sterk af na een drietal strenge winters. In 1988 en 1989 namen ze weer sterk toe.
Voor grondels is de totale biomassa in het gedeelte dieper dan 2 m zowel in 1982 als in 1988 bepaald op 12 ton als versgewicht. Er heeft echter een verschuiving plaatsgevonden binnen de grondelpopulaties. Was het dikkopje met een biomassa van 9 ton versgewicht in 1982 de belangrijkste soort, in 1988 is deze soort door de zwarte grondel met datzelfde totaalgewicht verdrongen.

TABEL VII – *Chlorofyl-α concentratie Grevelingenmeer 1980 t/m 1989.*

	Chlorofyl-α in µg/l									
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
jaargemiddelde	3,1	6,3	4,6	4,2	4,1	7,8	4,1	4,9	3,0	2,3
winterminimum	0,4	1,0	0,5	0,6	0,4	0,1	0,6	0,3	0,3	0,4
zomermaximum	6,7	29,0	10,8	9,6	9,5	19,8	11,4	25,7	14,5	8,5

Ook de schol en bot komen voor in het Grevelingenmeer. Voor de hengelsport is de schol een belangrijke vissoort. Platvis plant zich niet voort in het meer. De populatie is daardoor sterk afhankelijk van de intrek van larven in het voorjaar wat enerzijds wordt bepaald door de sterkte van de Noordzee-populatie en anderszijds door het sluisbeheer. In 1979 is er een grote intrek van larven geweest doordat de Brouwerssluis dat gehele jaar geopend was. De biomassa platvis wordt geschat op 225 ton schol en 88 ton bot (beide als versgewicht).
Voor de hengelsport zijn nog enige soorten interessant. Haring en geep trekken in het voorjaar het meer in via de Brouwerssluis. Met de hengel worden ze in voorjaar en zomer gevangen. In de afgelopen periode is er een toename van haring geweest vanaf 1983/1984.
Voor de beroepsvisserij is paling (of aal) belangrijk. De aal komt als glasaal het meer binnen via de Brouwerssluis, daarnaast is de aalpopulatie afhankelijk van het uitzetten van pootaal.
Volgens de beroepsvissers is de totale jaarvangst aan het eind van deze periode met bijna de helft afgenomen. Officiële gegevens ontbreken.
In het najaar wil de schieraal (paairijpe aal) wegtrekken door de Brouwerssluis. Het beheer houdt rekening met verzoeken van de beroepsvisserij om de trek af te remmen door gedurende 'donkere' perioden in september de Brouwerssluis dicht te houden.

Vogels
De watervogels die van het gebied gebruik maken gedurende de trek en in de winter, foerageren in het meer of de aangrenzende gebieden. Broedvogels nestelen op de permanent drooggevallen gronden.
De zoöbenthos-etende (zoöbenthos zijn de kleine organismen die op de bodem leven) vogels, zoals brilduiker en bergeend, zijn aangewezen op de ondiepe delen en aangrenzende oevers. De groep planteneters wordt vooral gevormd door knobbelzwaan, rotgans en smient die vooral foerageren in de zeegrasvelden.
De verdeling van de aantallen vogels in het Grevelingenmeer in 1989 wordt in tabel VIII gegeven.

De intensiteit waarmee vogels gebruik maken van een bepaald gebied kan worden uitgedrukt in vogeldagen.
Het aantal vogeldagen per jaar wordt als volgt bepaald: bij tellingen op één dag in het midden van iedere maand is het jaarlijks aantal vogeldagen de som van het maandelijks getelde aantal maal dertig.

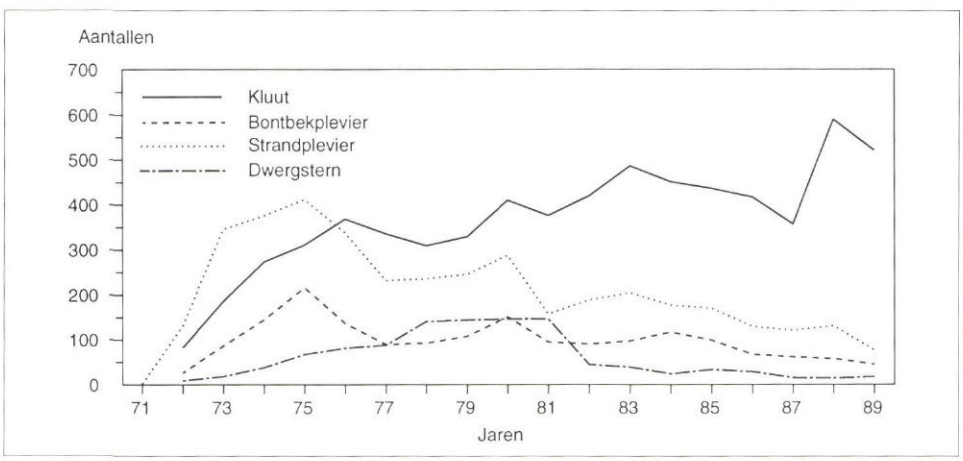
TABEL VIII - *Omvang van de vogelpopulatie in het Grevelingenmeer in 1989 en het relatieve aandeel broedvogels op het totaal in het Deltagebied.*

Vogelsoort		Vogeldagen	Broedparen
viseters:	fuut	320.000	
	middelste zaagbek	430.000	
	aalscholver	215.000	
zoöbenthoseters:	brilduiker	510.000	
	bergeend	140.000	
planteneters:	gans, zwaan, smient	3.700.000	
kustbroedvogels:	kluut		520 17%
	bontbekplevier		45 19%
	strandplevier		77 17%
	grote stern		2.600 76%
	visdief		311 6%
	noordse stern		10 24%
	dwergstern		17 6%

Het belang van het Grevelingenmeer voor de totale broedvogelpopulatie van het Deltagebied komt tot uitdrukking in de gegeven percentages.
De ontwikkeling in vogeldagen van enige vogelsoorten, vanaf de afsluiting van het Grevelingenmeer, is weergegeven in afbeelding 5 en 6.

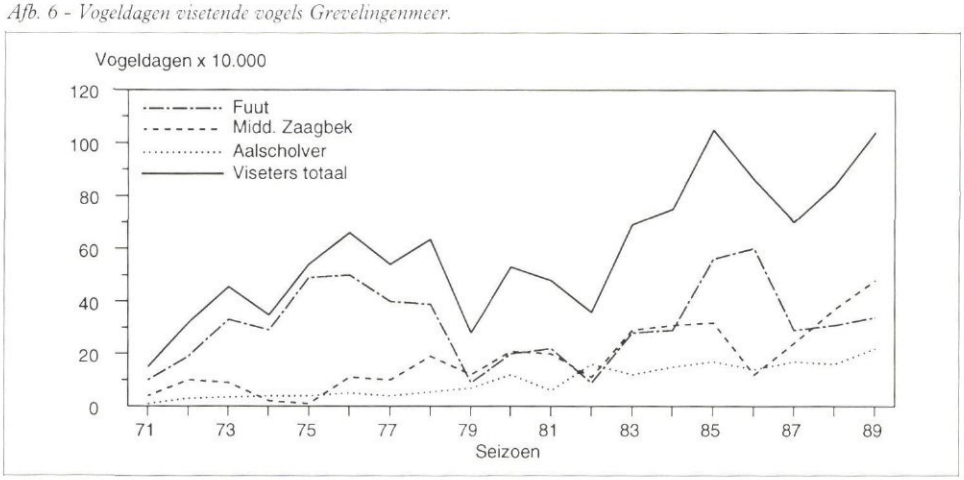
Sinds de afsluiting van het Grevelingenmeer is het aantal broedvogelsoorten toegenomen van 15 tot 90. De populatie van de kluut heeft zich op een hoog niveau kunnen handhaven. Dit viel samen met een algehele populatiegroei in het deltagebied.

Er zijn plantenetende vogels op het open water van het Grevelingenmeer door het voorkomen van groot zeegras. Belangrijke consumenten van zeegras zijn knobbelzwaan, rotgans, smient en meerkoet. Het is gebleken dat het aantal vogeldagen van smient en de knobbelzwaan sterk correleert met de aanwezige oppervlakte zeegras.



Afb. 5 - Aantallen broedvogels in het Grevelingenmeer.

Afb. 6 - Vogeldagen visetende vogels Grevelingenmeer.



Het Grevelingenmeer heeft zich sinds de afsluiting ontwikkeld tot een belangrijk gebied voor visetende vogels. De tendens van een toenemend aantal vogeldagen van deze vogels zette zich in de evaluatieperiode voort. De oorzaak daarvan is de toegenomen helderheid van het water en een groot aanbod aan potentiële prooivissen.

Bij de zoöbenthosetende vogels nam het aantal vogeldagen van de brilduiker in de evaluatieperiode toe. Het lage aantal vogeldagen van de brilduiker aan het begin van de evaluatieperiode is waarschijnlijk het gevolg van een afgenomen voedselaanbod door stratificatie-effecten of de strenge winter 1978/1979. De afname van het aantal vogeldagen van de brilduiker in het seizoen 1986/1987 moet vooral toegeschreven worden aan de ijsbedekking in januari 1987. De vogeldagen van de bergeend bleven in de evaluatieperiode ongeveer gelijk.

Wieren en zeegrassen

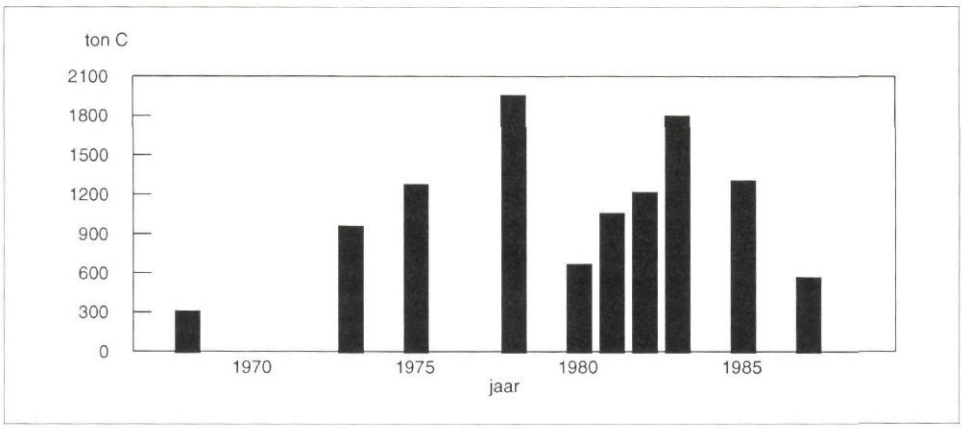
Het soortenaantal van de wiervegetatie in het Grevelingenmeer is, door het ontbreken van de getijbeweging en hoge stroomsnelheden, kleiner dan in de Oosterschelde. Door de grotere helderheid strekt de door wieren gedomineerde zone zich wel verder naar beneden uit: tot 8 à 9 m.

Het bruinwier *Dictyota dichotoma* werd in het Grevelingenmeer in 1989 op 724 ha aangetroffen, met een totaalgewicht van circa 47 ton koolstof. Een meer bekend bruinwier, het Japans bessenwier (*Sargassum muticum*), werd in 1989 op 60 ha aangetroffen. Het is een soort die vanaf 1980 snel over het meer is verspreid.

De groenwieren zijn dominant aanwezig op mossel- en oesterbanken, dijkbeschoeiingen en dammen, op andere wieren of loszwevend in het water. Het betreft vooral de soorten *Chaetomorpha spec* (in 1989 aanwezig op 387 ha, 10 ton koolstof), *Ulva spec* & *Enteromorpha spec* (in 1989 op 10 ha) en *Codium fragile* (1989: 34 ha; 10 ton koolstof).

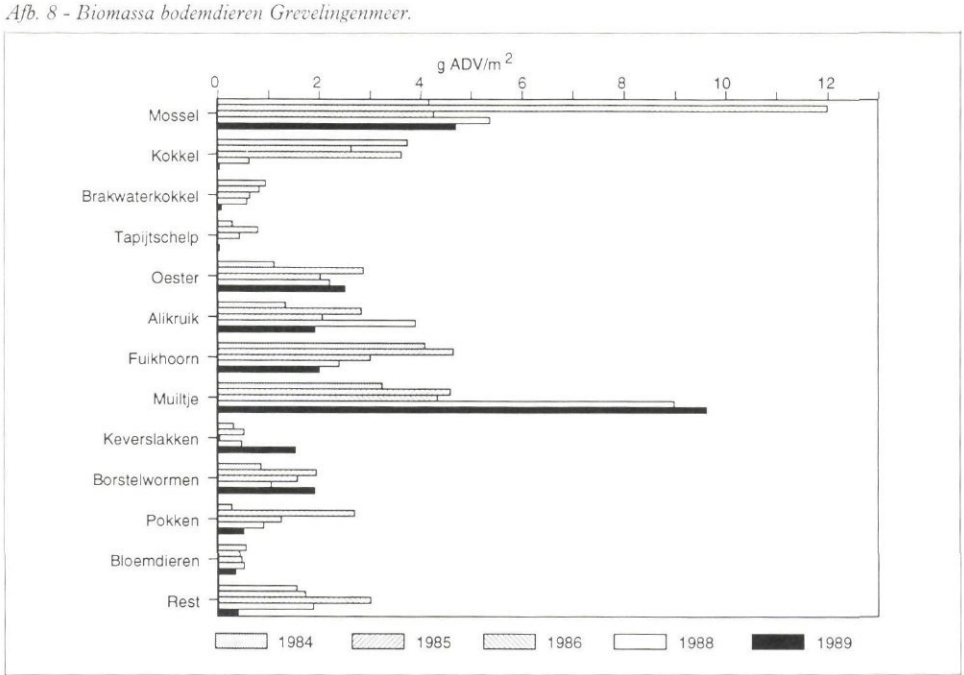
Ten opzichte van 1978 is er waarschijnlijk niet zoveel veranderd in de verspreidingspatronen van de meeste wieren. Een aantal soorten is weer waargenomen, nadat ze sinds de afsluiting verdwenen waren. Een relatie met de opening van de Brouwerssluis lijkt voor de hand te liggen. Het klein zeegras (*Zostera noltii*) is sinds de afsluiting van het meer vrijwel geheel verdwenen en heeft het groot zeegras (*Zostera marina*) zich in hoog tempo uitgebreid over alle ondiepe gebieden. In 1978 is een uitbreiding bereikt van circa 4.400 ha. De bovengrondse biomassa was toen circa 2.000 ton koolstof.

In 1980 is de populatie sterk achteruit gegaan om zich daarna weer te herstellen tot een oppervlak van circa 3.300 ha in 1985. Zowel in 1987 als in 1989 was het areaal zeegras afgenomen tot circa 1.500 ha (afb. 7).



Afb. 7 - Biomassa zeegras Grevelingenmeer.

Afb. 8 - Biomassa bodemdieren Grevelingenmeer.



Bodemdieren

Aantal en biomassa

De soortensamenstelling is niet zoveel veranderd in de laatste zes jaar van de evaluatieperiode. De gevlochten fuikhoorn komt het meest voor, samen met het muiltje en de mossel. Ook de wormen *Nephtys hombergii* & *Nereis virens* worden vaak aangetroffen. De platte slijkgaper *Scrobicularia plana* komt steeds minder voor, de witte dunschaal *Abra alba* wordt de laatste jaren weer meer gevonden. Voor de dominante soorten (of soortgroepen zoals borstelwormen *Polychaeta* en bloemdieren *Anthozoa*) is in afbeelding 8 de gemiddelde biomassa over het hele meer voor de jaren 1984 t/m 1989 naast elkaar gezet.

De biomassa wordt uitgedrukt in g ADW/m^2, dat betekent 'ashfree dry weight per square meter'. Dit asvrijdrooggewicht is het droge vleesgewicht van de organismen.

Duidelijk is de halvering van de mosselbiomassa na 1985 en de verdubbeling van de biomassa van het muiltje te zien. Deze soort heeft de rol van belangrijkste filtreerder overgenomen van de mossel. De biomassa voor de beide kokkelsoorten *Cerastoderma edule* & *Cerastoderma lamarci* nadert het nulpunt en ook de tapijtschelp *Venerupis* heeft nu een lage biomassa. De gevlochten fuikhoorn gaat geleidelijk naar de helft van de waarde in 1985.

Vooral de laatste twee jaren heeft zich een

• *Slot op pagina 223*

ambtelijke achterban gedachte bestuurlijke en maatschappelijke appreciatie tegen het licht te houden. Dit kan tot wijzigingen leiden in de waardering en daarmee in de prioriteitsstelling. In tweede instantie kunnen de bestuurders besluiten tot bijstelling van de doelen. Dit leidt immers tot een (gedeeltelijke) herformulering en herwaardering van aandachtspunten en mogelijke maatregelen. Na iteratie van het proces wordt het resultaat wederom voorgelegd aan het bestuur. Als de bestuurders ook daarna van mening zijn dat de prioriteitsstelling niet geheel weergeeft wat zij voorstaan, staat het hen vrij om in de plantekst aan te geven dat de prioriteitsstelling niet in alle opzichten bepalend is voor het plan van aanpak. Het is eveneens aan hen om hierbij nadere argumenten aan te geven of het te laten bij het besluit.

Verdere presentatie PRIMAVERA

In de loop van 1994 verschijnen de eindrapportage van het project PRIMAVERA en het computerprogramma met bijbehorend handboek.

STOWA is voornemens om deze informatie te verspreiden onder alle waterbeheerders in Nederland. Een plenaire presentatie van PRIMAVERA is gedacht als inhoudelijk deel van de voorjaarsvergadering van de NVA op 10 juni 1994. Verder verschijnen in dit blad op korte termijn twee artikelen als vervolg op dit artikel. In het eerstvolgende wordt ingegaan op de kern, de achtergrond en de gehanteerde wiskundige formules. Ter afsluiting van het drieluik wordt de ervaring in enkele praktijkgevallen in beeld gebracht. Aandacht wordt onder meer geschonken aan de geconstateerde valkuilen bij toepassing en reacties van gebruikers.

Voorts is vermeldenswaardig dat voor gebruikers een telefonische hulplijn zal worden opgezet. Verder wordt voorzien in een doorlopende evaluatie van de toepassing van de methodiek.

Literatuur

1. Rooy, P. T. J. C. van (1993). *Integraal waterbeheer van bestuur naar burger.* H_2O (26) nr. 4.
2. Roumen J. M. C. & Tolkamp, H. H. (1991). *Notitie inzake milieurendement. Zuiveringschap Limburg.*
3. Sluis, J. W. van, Rooy, P. T. J. C. van & Tolkamp, H. H. (1994). *PRIMAVERA: kern en achtergrond.* H_2O (27) in press.
4. STOWA (1994). *PRIMAVERA: computerprogramma en handboek.*
5. STOWA (1994). *PRIMAVERA: eindrapportage.*
6. Tolkamp, H. H., Rooy, P. T. J. C. van & Sluis, J. W. van (1994). *PRIMAVERA: praktijk en evaluatie.* H_2O (27) in press.

● ● ●

Grevelingenmeer

• *Vervolg van pagina 218*

verschuiving voorgedaan in de verdeling van de biomassa over de dieptestrata, dit artikel gaat daar in tegenstelling tot het rapport niet op in.

7. **Integraal waterbeheer, het werkt in het Grevelingenmeer**

Uit de evaluatie van 10 jaar integraal waterbeheer [1] van het Grevelingenmeer blijkt dat de randvoorwaarden van peil, zoutgehalte en stratificatie-effecten met het ingestelde beheer haalbaar en beheersbaar zijn.
De natuurfunctie is gediend met het hoge zoutgehalte, de grote helderheid en zuiverheid van het water. Dat blijkt uit de onveranderd hoge produktiviteit en de grote diversiteit van allerlei soorten organismen. Als resultaat is het aantal broedvogels en visetende vogels toegenomen.
Daarentegen nemen de aantallen plantenetende vogels af, wat samenhangt met de teruggang in het zeegras-areaal. De oorzaak voor die teruggang is nog niet duidelijk.
De recreatiefunctie profiteert van het ingestelde vaste peil, zowel de pleziervaart als het sportduiken wordt in het Grevelingenmeer in ruime mate beoefend. Door de aangelegde oeververdedigingen is de teruggang van het oppervlak droge oevers en eilanden zoveel mogelijk beperkt.
De visserij wordt door een actief sluisbeheer zo veel mogelijk geholpen. De geconstateerde teruggang in aantallen van sommige vissoorten, vooral de aal, is volgens ingewijden inherent aan het watersysteem en de mogelijkheden voor beheer.
Voorgesteld wordt zo mogelijk de uitwisselperiode te verlengen. Dat kan de visserijfunctie ten goede komen. Daarnaast worden in het rapport nog aanbevelingen gedaan voor beleid, beheer, onderzoek en monitoring.

Literatuur

1. Waterbeheer Grevelingenmeer (1980-1990). *Nota GWWS-91.086.* Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, DGW Dienst Getijdewateren.
2. *Vergelijkend onderzoek naar de eutrofiëring in Nederlandse meren en plassen. Resultaten van de derde eutrofiëringsenquête.* CUWVO werkgroep VI, 1987.
3. *Samenvatting en conclusies van het vergelijkend onderzoek naar de eutrofiëring in Nederlandse meren en plassen.* CUWVO werkgroep VI, mei 1988.
4. *En de zee werd meer..., Evaluatie waterbeheer Volkerak-Zoommeer.* Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Zeeland nota AX 92.087 en RIZA 92.029.
5. *Invloed van fosfaatnalevering op de fosfaatconcentratie in meren voor en na sanering van de externe belasting, Notanr. 92.021.* Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
6. *De toepassing van waterkwaliteitsmodellen voor het beleid en beheer van het Grevelingenmeer.* Kamer, J. P. G. van de, en Meulen, J. H. M. van der. H_2O (18) 1985, nr. 4
7. *Dissolved butyltins in fresh and marine waters of the Netherlands, Nota GWAO-90.008.* Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren.

● ● ●

VU-Afvalwater gecontroleerd

Het water dat via WC, gootsteen of welke afvoer dan ook bij de Vrije Universiteit Amsterdam wordt weggespoeld, wordt sinds november 1993 continu aan een nauwkeurige controle onderworpen alvorens het geloosd wordt op het gemeenteriool.

Om dit mogelijk te maken hebben de Dienst Veiligheid en Milieu en de Gebouwendienst van de VU in samenwerking met enige externe bedrijven en in overleg met de betrokken overheden een meet- en bemonsteringssysteem voor het afvalwater opgezet. Tussen het Hoofdgebouw en Cyclotron is één centraal afvalwatercontrolestation geïnstalleerd dat al het afvalwater uit de VU-laboratoria continu in de gaten houdt wat betreft de afgevoerde hoeveelheid en samenstelling. De terreinriolering is zodanig aangepast dat het afvalwater dit controlestation passeert. Hoofddoel is het vaststellen van de mate van biologische verontreiniging van het afvalwater. Uit vooronderzoek is namelijk gebleken dat deze veel lager is dan waar de gemeente bij de vaststelling van de zuiveringsheffing op afvalwater vanuit gaat. De metingen die vanaf medio november vorig jaar met het nieuwe meet- en bemonsteringssysteem worden uitgevoerd bevestigen deze resultaten. Met het meet- en bemonsteringssysteem kan de VU daarom deze heffing, die nu circa f 380.000,– bedraagt, omlaag brengen tot circa f 100.000,– en dit met terugwerkende kracht vanaf 1993.

De investering in het meet- en bemonsteringssysteem (kosten circa f 400.000,–) is snel terugverdiend. Daarnaast biedt afvalwatermonitoring de mogelijkheid de verontreiniging door milieugevaarlijke stoffen op te sporen en waar mogelijk terug te dringen.
(Persbericht VU Amsterdam)