

rijkswaterstaat
dienst getijdewateren
bibliotheek 450
C-13272

ANALYSE WATERBEHEER GREVELINGENMEER

onderbouwing voor het
waterhuishoudkundig beheer
van het
Grevelingenmeer

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	pag. 3	5.1.1 Water	
Samenvatting	4	5.1.2 Oevers	
1. Inleiding	7	5.2 Beheersalternatief vanuit de functierecreatie	
1.1 Voorgeschiedenis		5.3 Beheersalternatief vanuit de beroepsvisserij	
1.2 Hoofddoelstelling		5.4 Samenvatting beheersalternatieven per functie	
1.3 Aanpak		6. Beoordeling van de alternatieven	47
1.4 Projectorganisatie		6.1 Duurzaamheid	
1.5 Uitgangspunten en afbakening van het beheersplan		6.1.1 Stratificatie en zoutgehalte	
1.6 Vaststelling beheersplan		6.1.2 Stratificatie en zuurstofloosheid	
2. Het Grevelingenmeer	9	6.1.4 Een verkenning van grenzen	
2.1 Morfometrie en inrichting		6.1.3 Stikstofhuishouding: het model ECOLUMN	
2.2 Het waterbeheer vanaf 1971		6.2 Peilopzet	
2.3 Toestand, autonome ontwikkeling en het ecologisch functioneren van het Grevelingenmeer na de afsluiting		6.2.1 Effecten op waterkwaliteit, verzilting van de bodem en vegetatie	
2.3.1 Waterbelasting en verblijftijd		6.2.2 Overige effecten	
2.3.2 Morfologie en bodem		6.3 Samenvatting beoordeling alternatieven en peilopzet	
2.3.3 Nutriënten		6.3.1 Alternatieven	
2.3.4 Chlorofylgehalte, doorzicht en zwevend stof gehalte		6.3.2 Peilopzet	
2.3.5 Zoutgehalte, temperatuur en stratificatie		7. Optimalisatie functies	55
2.3.6 Zuurstof		7.1 Optimalisatie voor de functie natuur	
2.3.7 Toxicanten		7.1.1 Uitwisseling	
2.4 Ecologisch functioneren: de stikstofkringloop en productie		7.1.2 Peil	
3. Functies van het Grevelingenmeer	23	7.2 Optimalisatie voor de functie recreatie	
3.1 Natuur		7.3 Optimalisatie voor de functie beroepsvisserij	
3.1.1 Water		8. Aandachtspunten	57
3.1.2 Oevers		8.1 Calamiteiten	
3.2 Recreatie		8.2 IJsvorming	
3.3 Visserij		8.3 Aanzanding	
4. Beheer en duurzaamheid	39	9. Conclusies en toekomstig beheer	59
4.1 Aanpak		10. Aanbevelingen voor monitoring en onderzoek	61
4.2 Duurzaamheid		11. Literatuurlijst	63
4.2.1 Zoutgehalte en stratificatie		12. Bijlage: reacties op de (concept)nota betrokkenen	67
4.2.2 Zuurstofloosheid en stratificatie			
4.2.3 Voorkomen van verontreiniging			
4.2.4 Trofieniveau: concentratie voedingsstoffen			
5. Wensen en beheersalternatieven vanuit de functies	43		
5.1 Beheersalternatieven vanuit de functie natuur			

VOORWOORD

In de voorliggende nota is aangegeven hoe in de planperiode 1992 tot en met 1996 het waterhuishoudkundig beheer in het Grevelingenmeer zal plaatsvinden. Deze nota is opgesteld onder verantwoordelijkheid van de hoofdingenieur-directeur van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

Bij de totstandkoming van de onderbouwing van het waterhuishoudkundig beheer heeft de Dienst Getijdewateren te Middelburg een belangrijke bijdrage geleverd. Tevens zijn er werkgroepen ingesteld met deskundigen vanuit verschillende diensten en disciplines om het noodzakelijke onderzoek zo goed mogelijk te structureren en om de wensen vanuit de verschillende functies mee te nemen.

In de voorliggende nota is gebruik gemaakt van bestaande informatie en van speciaal voor dit doel uitgevoerd onderzoek. De literatuurlijst geeft een overzicht van de geraadpleegde bronnen.

De hoofdpunten van het voorgestelde waterhuishoudkundig beheer zijn opgenomen in het Beheersplan Rijkswateren. Na de officiële vaststelling van het Beheersplan Rijkswateren door de Minister van Verkeer en Waterstaat wordt het in deze nota voorgestelde waterhuishoudkundig beheer eveneens als vastgesteld beschouwd.

Voor de vaststelling van het peilbeheer is een peilbesluit noodzakelijk. Het peilbesluit wordt door de hoofdingenieur-directeur van directie Zeeland vastgesteld.

SAMENVATTING

Het vanaf 1980 gevoerde waterhuishoudkundig beheer van het Grevelingenmeer heeft het karakter van een interimbeheer. Na het besluit in 1986 van de Minister van Verkeer en Waterstaat tot een zout Grevelingenmeer diende een meer definitief waterhuishoudkundig beheersplan opgesteld te worden. Het voorliggende beheersplan is tot stand gekomen onder auspiciën van een projectgroep met vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat, het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, de Dienst Milieu en Waterstaat van de Provincie en het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek.

Uitgangspunten voor het waterhuishoudkundig beheer zijn de huidige infrastructuur en de keuze voor een zout Grevelingenmeer en het beleid zoals is verwoord in de derde nota waterhuishouding. Verder is aangenomen dat op korte termijn geen wijzigingen zullen optreden in het visserijbeleid en de belasting met polderwater en nutriënten. Hoofddoelstelling van het waterhuishoudkundig beheer is een beheer vast te stellen waarmee de condities worden gecreëerd voor een duurzaam gezond functionerend ecosysteem en waarbij de aan het meer toegekende functies zo goed mogelijk tot hun recht komen.

Allereerst zijn criteria geformuleerd voor een duurzaam gezond functionerend Grevelingenmeer. Hiervoor is gebruik gemaakt van onderzoeksresultaten, proceskennis en ervaringen met het meer in het afgelopen decennium.

De aldus geformuleerde criteria zijn:

- Een zoutgehalte groter of gelijk aan 16 g Cl⁻/l.
- Spronglaag op minimaal 15 meter diepte.
- Zuurstofloosheid over niet meer dan 5% van het bodemoppervlak.
- Een nutriëntengehalte niet hoger dan het huidige niveau.

Vervolgens zijn de wensen vanuit de verschillende gebruiksfuncties recreatie, natuur en visserij geïnventariseerd. Deze wensen hebben geleid tot het opstellen van drie beheersalternatieven:

- 1) Huidig beheer (uitwisselen in de periode 1 oktober tot 1 maart).
- 2) Minimaal uitwisselen (uitwisselen in de periode januari, februari of januari, februari, maart).
- 3) Maximaal uitwisselen (jaarrond uitwisselen).

Naast uitwisselen is doorspoeling in west-oost-richting met behulp van de Flakkeese spuuisluis mogelijk. Deze mogelijkheid is meegenomen bij de verkenningen van de alternatieven.

Voor het peil bestaat de wens vanuit de "functie natuur" van een kortdurende peilverhoging in de winter. Deze wens is vertaald in een (peil)variant en daarna verkend op mogelijke effecten.

Uit verkenning van de alternatieven op basis van systeembekennis, modelberekeningen en de beoordeling van de alternatieven op bovenstaande criteria blijkt het volgende:

- Uitwisselen of doorspoelen maakt weinig verschil voor het chloridegehalte, de stratificatie en het gehalte aan voedingsstoffen.
- Het huidige beheer voldoet het best. Minimaal of maximaal uitwisselen vergroot risico op stratificatie en zuurstofloosheid.
- Uitwisselen geniet de voorkeur boven doorspoelen aangezien meer import/intrek van vis is te verwachten.
- Door verlenging van de uitwisselperiode tot en met maart kan enigszins tegemoet gekomen worden aan wensen van aalvisserij en natuur.
- Tijdens periodes van schieraaltrek kan de Brouwerssluis worden gesloten.
- Het ontbreken van kwantitatieve gegevens met betrekking tot de ontwikkeling van de oevervegetatie en onduidelijkheid ten aanzien van de omvang van effecten van tijdelijke peilopzet leiden ertoe een proef vooralsnog niet te starten.

Aanbevolen wordt de ontwikkelingen in het watersysteem verder te volgen door een monitoringsprogramma. Het opstellen van een optimaal programma geniet aandacht.

Voor het operationele beheer betekent het bovenstaande het volgende:

- Uitwisseling via de Brouwerssluis in de periode 1 oktober tot 1 april.
- Sturen op een hoogzoutgehalte (chloridegehalte inlaatwater gelijk of groter dan 16 g Cl⁻/l).
- De Brouwerssluis is gesloten tijdens schieraaltrek. Hierbij wordt uitgegaan van maximaal 30 gesloten dagen in de periode oktober tot en met december.
- De vissluis staat het gehele jaar open.
- Streefpeil op NAP -0,2 m.

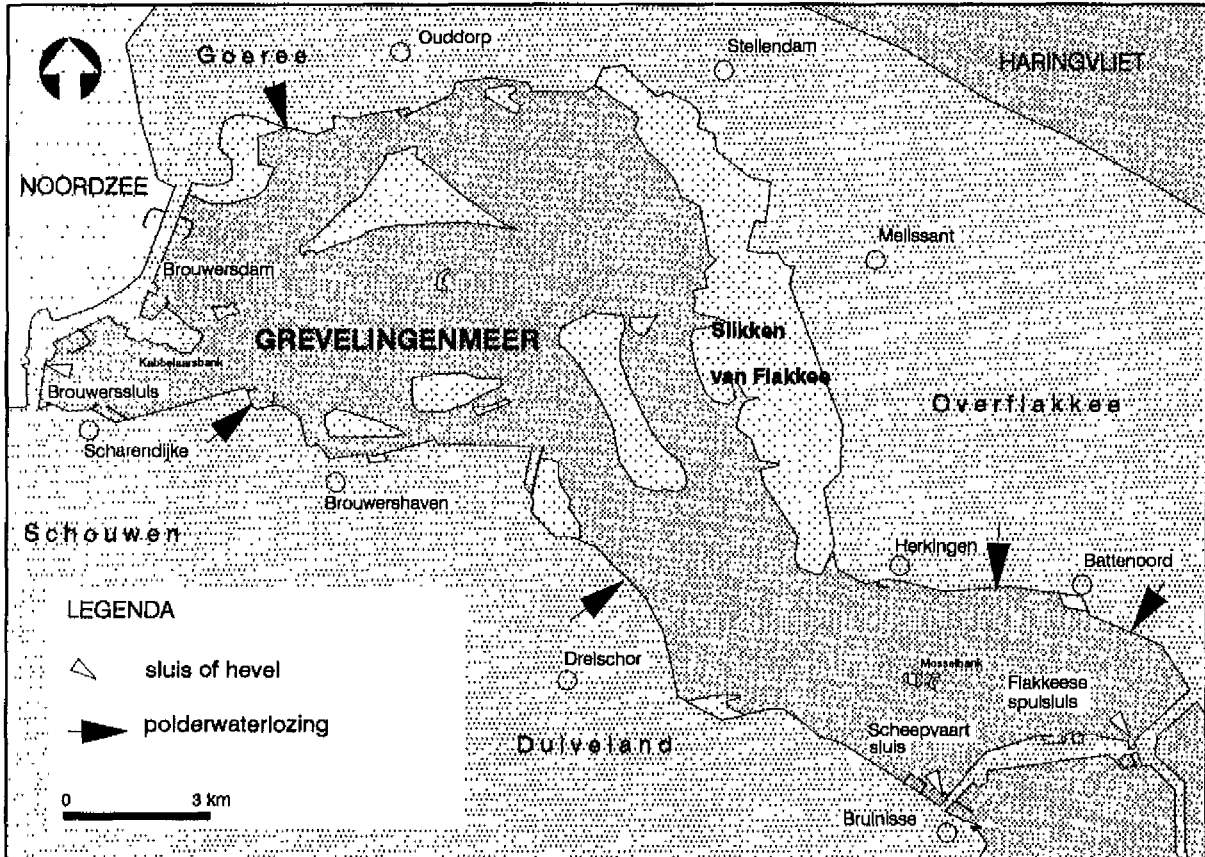


fig. 1 Overzichtskaart Grevelingenmeer

1. INLEIDING

1.1 Voorgeschiedenis

In afwachting van de definitieve keuze zout of zoet is vanaf 1980 een interim waterhuishoudkundig beheer gevoerd, gericht op een zout Grevelingenmeer.

Na een milieu-effectrapportage (MER) heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat in 1986 officieel besloten tot een zout Grevelingenmeer. Dit gegeven vormt aanleiding tot het opstellen van een definitief plan voor het waterhuishoudkundig beheer van het Grevelingenmeer.

1.2 Hoofddoelstelling

Hoofddoelstelling van het waterhuishoudkundige beheer is een beheer te presenteren waarmee de condities worden gecreëerd voor een duurzaam gezond functionerend ecosysteem en waarbij de aan het meer toegekende functies zo goed mogelijk tot hun recht komen. De nadruk zal liggen op het goed functioneren van het ecosysteem zelf, als drager van de verschillende aan het meer toegekende functies.

1.3 Aanpak

Allereerst zijn de randvoorwaarden voor een gezond duurzaam functionerend Grevelingenmeer geformuleerd. Vervolgens zijn vanuit de verschillende functies wensen geïnventariseerd, voor zover deze wensen een relatie hebben met het waterbeheer. De wensen zijn vertaald in alternatieven voor het waterhuishoudkundig beheer.

In de voorliggende nota worden de verschillende alternatieven getoetst aan de geformuleerde randvoorwaarden.

De huidige toestand van het watersysteem is niet alleen het resultaat van het gevoerde waterhuishoudkundig beheer, maar wordt ook bepaald door de inrichting van het meer en autonome ontwikkelingen. De implicaties van de verschillende alternatieven voor het functioneren van het ecosysteem worden vastgesteld aan de hand van ontwikkelingen tot nu toe (trends) en op basis van modelberekeningen.

Een globale beschrijving van de (ecologische) ontwikkelingen sinds de afsluiting wordt gegeven. Hierbij zijn 2 fasen te onderscheiden: de periode waarin het Grevelingenmeer vrijwel geheel was afgesloten (1971-1978) en de periode na 1978 met wateruitwisseling via de Brouwerssluis tot en met heden.

Voor de beoordeling van de alternatieven is het noodzakelijk dat er inzicht is in de verwachte ontwikkelingen, zowel bij voortzetting van het huidige beheer als bij de (overige) scenario's. In de afgelopen 10 jaar is het gevoerde waterbeheer ongewijzigd geweest. Hierdoor is enig inzicht gekregen in de processen die de ontwikkelingen sturen. Niet alle ontwikkelingen zijn te verklaren of te correleren aan het gevoerde beheer. Bij onzekerheden ten aanzien van mogelijke ontwikkelingen van bepaalde aspecten is gebruik gemaakt van het "best professional judgement" van deskundigen.

1.4 Projectorganisatie

Voor de afstemming met de functies is een projectgroep ingesteld met vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat directie Zeeland en Dienst Getijdewateren, het Ministerie van LNV (NBLF en dir. Visserijen), Provinciale Waterstaat Zeeland, de Provinciale Planologische Dienst en het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek (DIHO). Voor de wetenschappelijke begeleiding en onderbouwing is door directie Zeeland in samenwerking met de Dienst Getijdewateren van Rijkswaterstaat veel informatie verzameld en voorbereidend onderzoek verricht. Hierbij is tevens gebruik gemaakt van gegevens en expertise van het DIHO.

1.5 Uitgangspunten en afbakening van het waterhuishoudkundig beheer

De keuze van een zout Grevelingenmeer is uitgangspunt van het beheer. Er wordt uitgegaan van de huidige waterhuishoudkundige infrastructuur, welke is ontworpen op een peil van NAP -0,2 m. Doorspoeling in oost-westrichting is met de Flakkeese spuisluis in de huidige staat niet mogelijk

vanwege de mogelijkheid van ontgroning aan de kant van het Grevelingenmeer.

Het huidige visserijbeleid en de huidige belasting met polderwater gelden als uitgangspunten voor het beheer. De mogelijke gevolgen van de uitvoering van het Noordzee Actieplan (NAP) ten aanzien van de belasting met meststoffen en een gewijzigd beleid door toepassing van het Besluit Dierlijke Meststoffen worden verkend, evenals substantiële veranderingen in schelpdiercultures.

Het beheer van de droge gronden wordt in deze nota buiten beschouwing gelaten; hiervoor is de "Beheersvisie drooggevalle gronden" opgesteld. De oeverzone welke door peilfluctuaties beïnvloed kan worden, heeft een duidelijk raakvlak met het waterbeheer. De relatie peil en oeverzone wordt derhalve in deze nota wel beschouwd.

1.6 Vaststelling beheersplan

Hoofdpunten van het in de voorliggende nota voorgestelde waterhuishoudkundig beheer zijn opgenomen in het Beheersplan Rijkswateren. Na vaststelling van het Beheersplan Rijkswateren is het in deze nota voorgestelde waterhuishoudkundig beheer feitelijk vastgesteld.

Voor vaststelling van het peil is een peilbesluit met de daaraan gekoppelde wettelijke procedure noodzakelijk. Het peilbesluit wordt vastgesteld door de hoofdgenieur-directeur van directie Zeeland.

2. HET GREVELINGENMEER

2.1 Morfometrie en inrichting

De sluiting van de Grevelingendam in 1964 betekende het einde van het open estuarium Grevelingen. In 1971 werd in het westen de Grevelingen afgesloten van de Noordzee door de Brouwersdam en hiermee was het Grevelingenmeer (fig. 1) een feit.

In de Brouwersdam is in 1978 een doorlaatmiddel gebouwd met een capaciteit van ca. 120 m³/s (getijgemiddeld): de Brouwerssluis. Bij de Brouwerssluis is tevens een vissluis gebouwd. Deze vissluis bestaat uit een ca. 200 meter lange koker,

Tabel 1 Karakteristieke grootheden van het Grevelingenmeer bij een streefpeil van NAP -0,20 m.

Tabel 1	
Wateroppervlak	10800 ha
Oppervlak buitendijkse gebieden	3120 ha
Oppervlak afwateringsgebied	± 9900 ha
Inhoud	575 x 106 m ³
Lengte	23 km
Breedte	4 - 10 km
Gemiddelde diepte	5,4 m
Maximum diepte	48 m
Verblijftijd van het water	± 7 mnd

met een inwendige doorsnede van 2 meter met een platte bodem. De koker heeft 2 uitmondingen aan de buitenzijde: een op NAP -5,0 m en een op NAP -10,5 m. Hierdoor kan vis op twee niveaus naar binnen zwemmen. De kokers zijn voorzien van een beweegbare schuif.

In de Grevelingendam is in 1983 een hevel geïnstalleerd met een capaciteit van ca. 80 m³/s: de Flakkeese spuisluis. Deze hevel is aangelegd voor het op peil houden van het zoutgehalte van het Zijpe tijdens de compartimenteringswerken, door water uit het meer naar het Zijpe te spuien. Op die manier is doorspoeling in west-oostrichting met behulp van de

hevel mogelijk. Tevens kan de hevel worden ingezet voor peilbeheer door wateruitlaat. Bij Bruinisse bevindt zich een kleine scheepvaartsluis.

Het totaal oppervlak van het Grevelingenmeer bedraagt ca. 10.800 ha. Ongeveer 60% van dit oppervlak is ondieper dan 4 meter; de gemiddelde diepte van het meer bedraagt ruim 5 meter, de maximale diepte bedraagt ca. 48 meter. Het areaal aan buitendijkse gebieden bedraagt ca. 3120 ha. (tabel 1).

De erosiegevoelige drooggevallen gebieden zijn beschermd door directe verdedigingen of vooroeververdedigingen.

Lit.: 36, Rijkswaterstaat, interne gegevens.

2.2 Het waterbeheer vanaf 1971

Na de afsluiting in 1971 werd het Grevelingenmeer hoofdzakelijk gevoed met regen- en polderwater. Water werd afgelaten via de scheepvaartsluis van Bruinisse. Dit betekende een verzoeting en toename van de fosfaatconcentratie in het Grevelingenmeer. Het chloridegehalte daalde tussen 1971 en 1978 van 17 g Cl⁻/l naar 12 g Cl⁻/l. In 1978 werd de Brouwerssluis voltooid, waarmee uitwisseling met water uit de Noordzee mogelijk werd. Eind 1978 is de sluis geopend. In het voorjaar 1979 is er een hardnekkige stratificatie opgetreden door grote verschillen in chloridegehalte van het

ingelaten zeewater en het Grevelingenmeerwater. Dit heeft in dat jaar geleid tot zuurstofloosheid over ca. 8% van het bodemoppervlak. De stratificatie is in het najaar van 1980 opgeheven door sterke wind.

Na een analyse van het waterbeheer is in 1980 een interimbeheeringesteld, gericht op een Grevelingenmeer met een constant hoog zoutgehalte, zonder ondiepe stratificatie en de daarbij behorende zuurstofloosheid. In principe bestaat dit interimbeheer uit uitwisseling van water met de Noordzee via de Brouwerssluis in de periode van 1 oktober tot 1 maart. In de periode van 1 maart tot 1 oktober is de sluis gesloten. In de praktijk heeft de uitwisselperiode de laatste jaren tot in april plaatsgevonden.

Ten opzichte van de oorspronkelijke open situatie is de uitwisselcapaciteit minder dan 1%. In november 1984 is de Flakkeese spuisluis in gebruik genomen. In de winter 1986/1987, tijdens de laatste fase van de compartimentering, bleek dat 30 tot 40% van de totale uitlaat uit het Grevelingenmeer door de Flakkeese spuisluis gerealiseerd werd. In de winter van 1987/1988 is 15% met de hevel uitgelaten. Daarna is de hevel vrijwel niet meer gebruikt. Van het interimbeheer is afgeweken bij overmacht zoals een te groot verschil in waterstand van het binnen- en buitenwater, bij technische storingen, grote verschillen in chloridegehalte tussen Noordzee- en Grevelingenmeerwater, bij calamiteiten en bewust zoals ten behoeve van de palingvisserij. De laatste jaren is de sluis in april gesloten. In het najaar wordt de sluis tijdens perioden van schieraaltrek af gesloten. De vissluis staat het gehele jaar open.

Het waterhuishoudkundig beheer van de laatste 10 jaar bestaat uit uitwisselen van Grevelingenmeerwater met Noordzeewater via de Brouwerssluis in de winterperiode.

Lit.: 52, 8, Rijkswaterstaat, interne gegevens.

2.3 Toestand autonome ontwikkelingen en het ecologisch functioneren van het Grevelingenmeer na de afsluiting

Na de afsluiting van het Grevelingenmeer is een nieuwe situatie ontstaan. Het getij viel weg en een

analyse waterbeheer grevelingenmeer

aantal ontwikkelingen is in gang gezet welke zich nu nog deels voortzetten.

2.3.1 Waterbelasting en verblijftijd

In de periode 1971-1978 werd het Grevelingenmeer alleen gevoed met regen- en polderwater.

Door vijf poldergemalen -de Kille, Herkingen en Battenoord op Goeree en Den Osse en Dreischor op Schouwen- wordt overtollig polderwater van een gebied van in totaal ± 9900 ha op het Grevelingenmeer geloosd.

De totale zoetwaterbelasting (neerslag, afstroming en polderwater) varieerde in de periode 1980 tot 1989 tussen $113,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ en $163,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar. De zoetwaterbelasting is de laatste 10 jaar niet veranderd. Deze belasting bestaat voor ca. 30% uit -deels brak- polderwater en voor ca. 60% uit neerslag.

Bij het huidige beheer ligt de totale inlaat van zeewater tussen $600 \cdot 10^6$ en $1200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per winterperiode.

Het uitlaatvolume is in verband met de peilhandhaving gelijk aan de totale zoetwaterbelasting en zoutwaterinlaat. Hierin zijn verdamping en lekverliezen verdisconteerd. Een overzicht van de waterbalans wordt gegeven in fig. 2.

In het open estuarium was de verblijftijd van het water enkele dagen. Na de afsluiting in 1971 nam deze toe tot 4 à 10 jaar. Bij het huidige beheer, dus met uitwisseling via de Brouwerssluis in de periode oktober-maart, is de verblijftijd gereduceerd tot ca. 7 maanden.

Bij het huidige beheer wordt per jaar het totale watervolume van het Grevelingenmeer bijna 2 keer ververs.

Lit.: 49, 60, 15.

2.3.2 Morfologie en bodem

De kenmerken van een zeearm zijn nog terug te vinden in de morfologie van het Grevelingenmeer. De voormalige getijgeulen bestaan uit diepe putten en daartussen gelegen ondiepere zadels, zandplaten en slikken. Uit de verdeling van slib en zand

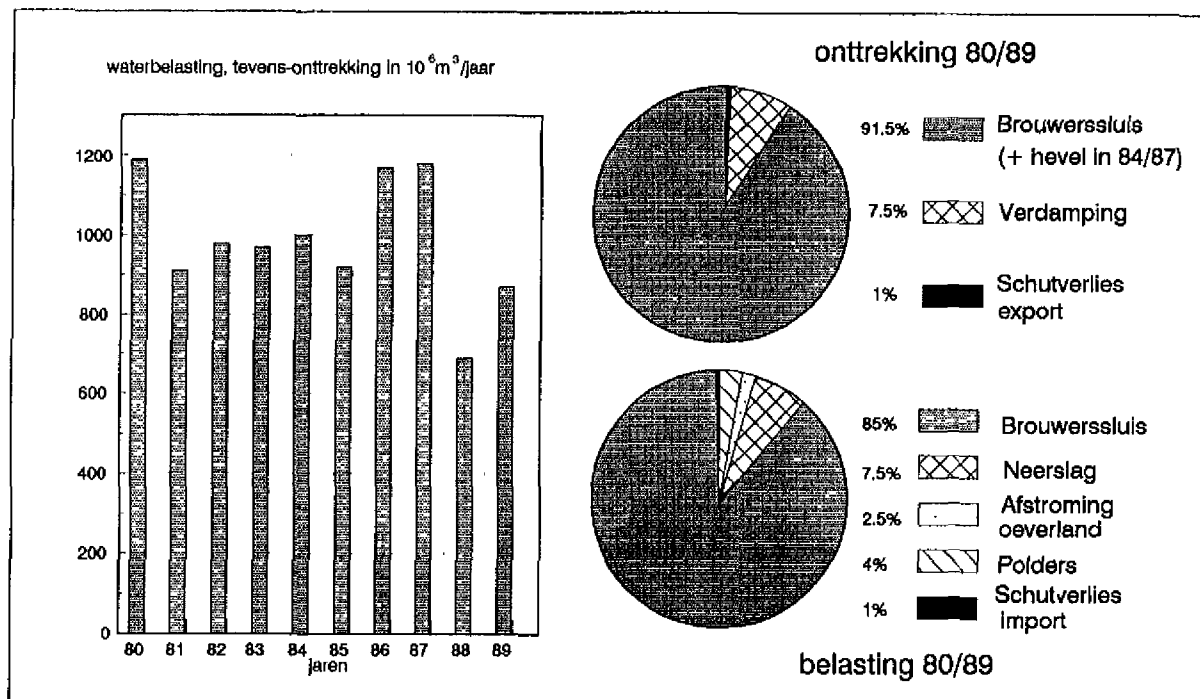


fig. 2 Waterbalans Grevelingenmeer in de periode 1980 - 1989



Brouwersdam met de Brouwerssluis. In het midden Port Zélande

over het gebied is nog steeds de oude estuariene situatie van voor 1964 terug te vinden.

In 1979 is door het DIHO de bodemsamenstelling van het Grevelingenmeer onderzocht. In 1989 is dit onderzoek in beperkte omvang herhaald. Een vergelijking van de resultaten van de onderzoeken staat in tabel 2 (interpretatie Rijkswaterstaat). De in de tabel aangegeven veranderingen zijn niet statistisch getoetst.

Tabel 2 Veranderingen in bodemsamenstelling tussen 1979 en 1989.

Tabel 2			
gehalte	verandering	absoluut	relatief
POC% tot - 5 m	onveranderd	0,45%	0%
POC% van -5 tot - 40 m	afgenomen	van 2,6 naar 1,7%	- 35%
slib% tot - 5 m	toegenomen	van 2,8 naar 4%	+ 40%
slib% -5 tot - 40 m	afgenomen	van 21 naar 20%	- 5%
chlorofyl tot - 5 m	afgenomen	van 11 naar 5 $\mu\text{g/g}$	- 50%
chlorofyl -5 tot - 40 m	afgenomen	van 35 naar 17 $\mu\text{g/g}$	- 50%
calciet tot - 5 m	toegenomen	van 4,6 naar 5,9%	+ 25%
calciet -5 tot - 40 m	toegenomen	van 8 naar 12%	+ 50%
med. korrelgr. - 5 m	onveranderd	2.7 phi-unit	0%

In 1989 zijn de gehalten aan chlorofyl en POC (= gehalte particulaat organisch koolstof) in de bovenste 3 cm van de bodem (dieper dan 5 meter) afgenomen ten opzichte van de gehalten in 1979. De verschillen in POC- en chlorofylgehalte kunnen het gevolg zijn van de verschillen in het tijdstip van bemonstering.

Het slibgehalte in het ondiepe deel is toegenomen en in het deel dieper dan 5 meter vrijwel gelijk gebleven.

De toename in het calcietgehalte wordt verklaard uit import van gesuspendeerd calciet tijdens het uitwisselen. In het Grevelingenmeer bezinkt het calciet en blijft achter in het systeem. Tevens zijn in de periode 1979 tot en met 1988 ca. 67500 m³ mosselschelpen in het Grevelingenmeer gebracht. Effecten op het functioneren van het systeem door toename van het calcietgehalte worden niet verwacht. Het storten van schelpen betekent extra aanbod van hard substraat, wat op zich gunstig

beoordeeld kan worden. Op hard substraat kunnen ook andere organismen dan oesterlarven groeien.

Er is, op enkele diepgelegen punten na, geen verschil in diepteligging van de bodem aangetoond op de locaties van de monsternamen. Samen met de resultaten van het slibgehalte is dit in tegenspraak met het gangbare idee dat de geulranden zich opvullen met fijn sediment dat afkomstig is van de ondiepe delen. Wellicht is de grootste verandering in sedimentatie en slibverdeling in de eerste jaren van de afsluiting opgetreden.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de nauwkeurigheid van de dieptemetingen in de ordegrootte van decimeters valt. Hierdoor worden kleine verondiepingen niet opgemerkt.

Na 1971 is de grenslaag tussen zuurstofrijk en zuurstofloos sediment dichter aan het bodemoppervlak komen te liggen. Waarschijnlijk houdt dit verband met een meer verdichte bodem na de afsluiting van het estuarium en de blijvende aanvoer van oxydeerbaar materiaal (detritus) naar de bodem. Of er de laatste jaren veranderingen in de zuurstofbehoefte van de bodem is opgetreden is niet bekend. Wel zijn er meldingen van oestervissers die duiden op een verslechterde zuurstoftoestand in de bodem.

Door de veranderde hydraulische toestand na de afsluiting zocht het systeem naar een nieuw morfologisch evenwicht. Dynamische processen van op-

bouw en afbraak van schorren en platen vonden niet meer plaats. Golfwerking was de belangrijkste overgebleven hydraulische kracht.

Erosie van de oevers en verstelling van de geulranden met fijnsediment waren hiervan het gevolg. Hierdoor is beneden de 12 meter diepte geen hard substraat meer te vinden. Vooroeververdedigingen en directe oeververdedigingen hebben ervoor gezorgd dat de voormalige platen en ondiepe gebieden voor een belangrijk deel behouden zijn. In de periode 1980-1990 is er desondanks een afname van ca. 60 ha aan (droog) oevergebied; hiervan is ca. 19 ha achter de vooroeververdedigingen onder water verdwenen. Hieruit blijkt dat er ook op verdedigde oevers nog steeds enige erosie plaatsvindt.

Op de drooggevallen gronden trad ontzilting in werking. Zandige, hooggelegen delen raakten snel

ontzilt en oppervlakkig ontkalkt. Sommige lagere delen met een slecht doorlatende bodem zijn niet ontzilt. Waar regelmatig overspoeling met zout water plaatsvindt ten gevolge van opwaaiing en scheefstand van de waterschijf, is de bodem zout gebleven. Verzilting in oeverzones kan ook in de zomer optreden door capillaire werking.

De morfologie van het gebied is na de afsluiting in grote lijnen grotendeels behouden. Het slibgehalte in de delen dieper dan 5 meter is niet toegenomen. Waarschijnlijk hebben de grootste erosie- en sedimentatieprocessen zich in de eerste jaren van de afsluiting voltrokken. Oevererosie vindt nog steeds plaats. Het gedrag en de veranderingen van de zuurstofhoudende laag in de bodem is onvoldoende bekend.

Lit.: 36, 37, 38, 15, 13.

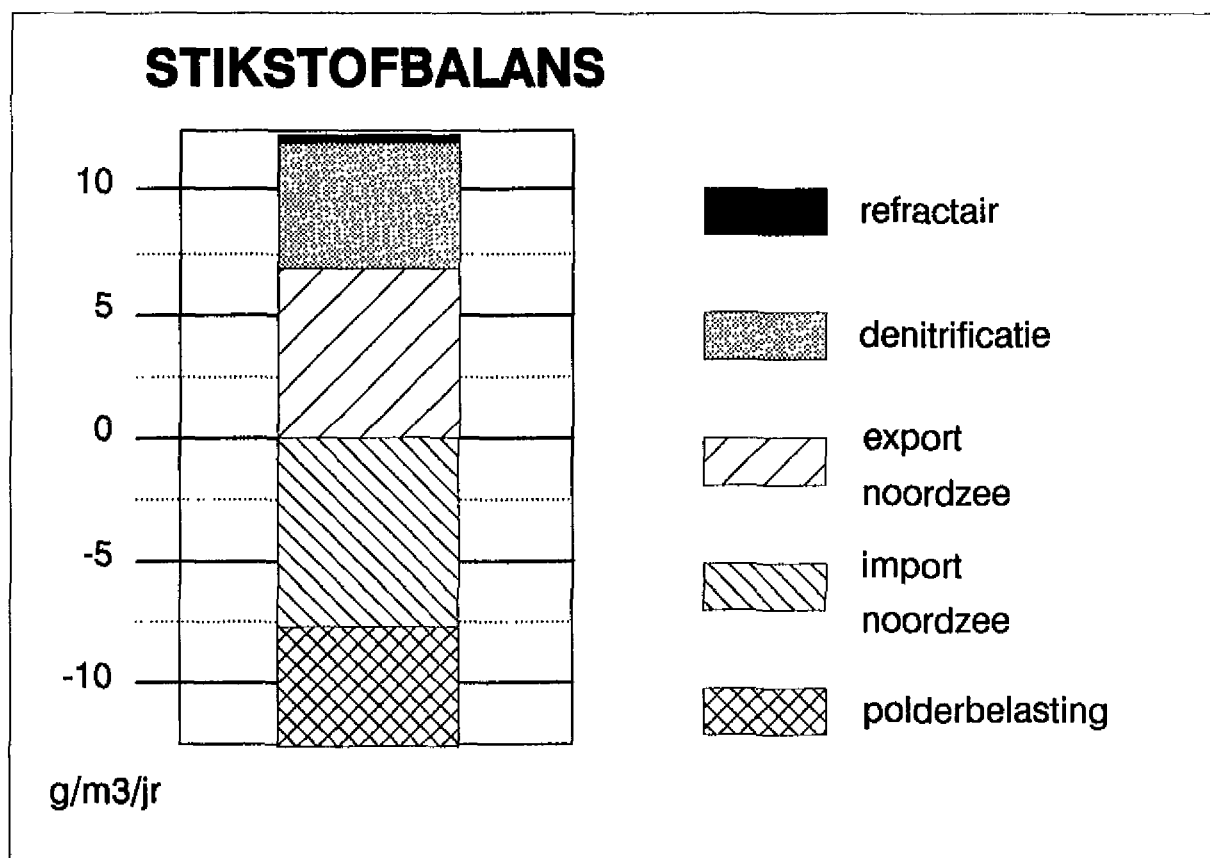


fig. 3 Stikstofbalans in het Grevelingen berekend voor 1981

2.3.3 Nutriënten

Algemeen

Nutriënten zijn de voedingsstoffen voor (water-) planten en algen. Het gaat hierbij met name om fosfaat- en stikstof. Daarnaast speelt silicium een rol als onmisbare bouwstof voor de celwand van diatomeeën (kiezelwieren).

Belasting met nutriënten

De belasting van het Grevelingenmeer met nutriënten is relatief laag. In de periode 1971 tot en met 1979 kwam stikstof met name via polderwater (50%) en neerslag (40%) het systeem binnen. Vanaf 1980 komt ook een deel van de stikstofverbindingen via het zeewater in de winterperiode het Grevelingenmeer in. Dit wordt ook weer voor een groot deel in de winter door uitwisseling geëxporteerd. Hierdoor vindt de netto-import nog steeds hoofdzakelijk plaats via het polder- en regenwater. Een tweede exportweg van stikstof loopt via het proces van denitrificatie (paragraaf 2.4). Hierbij wordt het gasvormige N_2 gevormd, dat uit het systeem ontsnapt. De belasting van het systeem bedraagt momenteel ca. $5 \text{ g N/m}^2/\text{j}$ (fig. 3).

De denitrificatie compenseert vrijwel de gehele netto stikstofimport.

De belasting van het Grevelingenmeer met (ortho)fosfaat vindt plaats via het polder- en regenwater. In de afgesloten periode (1971-1978) nam hierdoor het gehalte van de voedingsstof orthofosfaat toe. Deze trend is doorbroken door de inwerkingstelling van de Brouwerssluis. Fosfaat verdwijnt uit het Grevelingenmeer door uitwisseling met het Noordzeewater. De concentratie aan fosfaat is in de Noordzee lager dan in het Grevelingenmeer. Bij uitwisseling vindt er netto transport plaats van fosfaat naar Noordzee.

Silicium wordt hoofdzakelijk via het polderwater aangevoerd. In de periode 1971-1978 is het siliciumgehalte niet gestegen ondanks de aanvoer via het polderwater. Een deel van het silicium verdwijnt als refractair materiaal naar de bodem.

Concentratieverloop in het seizoen

Het concentratieverloop van stikstof, fosfaat en silicium vertoont een zich herhalende trend in het seizoen.

In de zomer is de ammonium- (NH_4N) en nitraatconcentratie (NO_3) nul of vrijwel nul. De stikstofverbindingen worden dan maximaal benut voor algengroei. In de maand december is de concentratie van ammonium en nitraat (+ nitriet (NO_2)) in het water maximaal. De algenproductie is in de winter zeer laag en de belasting met polderwater relatief hoog.

Jaarlijks vertoont het ortho-fosfaatgehalte een toename in de zomer, ondanks opname van orthofosfaat door plankton en bodemalgen. De toename in de zomer is een gevolg van de mobilisatie van ortho-fosfaat vanuit de bodem, een proces dat temperatuur-afhankelijk is. Omdat stikstof beperkend is heeft deze verhoging van de fosfaatconcentratie in de zomer weinig direct effect op de mate van planktongroei. In de winterperiode vindt accumulatie van fosfaat in de bodem plaats.

Het opgelost siliciumgehalte neemt in het voorjaar af door opname van silicium door kiezelswieren. Op het moment dat silicium beperkend is, worden andere algensoorten dominant. Door mineralisatie komt er langzaam weer silicium beschikbaar. In de periode augustus/september verschijnen in de regel weer veel kiezelswieren, waardoor het siliciumgehalte voor een tweede keer tot een laag niveau daalt. Vanaf oktober neemt de concentratie van opgelost silicium weer toe.

Concentratieverloop in de laatste 10 jaar

De gehalten aan voedingsstoffen in het Grevelingenmeer zijn sinds 1980 veranderd.

Uit de trend van maandgemiddelde gehalten van $NO_2 + NO_3$ blijkt dat het gehalte is gedaald van ca. $0,24 \text{ mg N/l}$ in 1980 tot ca. $0,14 \text{ mg N/l}$ (N als $[NO_2] + [NO_3]$) in 1988 (fig. 4).

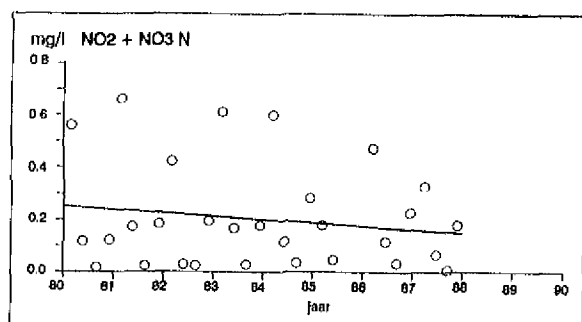


fig. 4. Kwartaalgemiddelde gehalten nitriet + nitraat in het Grevelingenmeer. De lijn geeft de (berekende) trend aan.

Tabel 3 Chlorofyl-a concentraties in verschillende bekkens tijdens de voorjaarsbloei.

Tabel 3			
Chlorofyl-a in ug/l	Grevelingenmeer	Veerse Meer	Oosterschelde midden
Gemiddeld gehalte	10-20	60-200	20-40

Het geheel van uitwisseling, denitrificatie en import van stikstof via polder- en regenwater leidt tot een evenwichtsniveau dat lager ligt dan de nitraat- en ammoniumconcentraties in de Noordzee. Het gehalte aan ammonium is in de periode 1980-1990 gelijk gebleven en bedraagt gemiddeld over het jaar ca. 0,07 mg NH₄ N/l per jaar.

Het gemiddelde gehalte aan orthofosfaat is gedaald van ongeveer 0,22 mg o-PO₄ P/l tot ca. 0,11 mg o-PO₄ P/l in de tweede helft van de tachtiger jaren. Het fosfaatgehalte van het Grevelingenmeer convergeert naar het fosfaatgehalte van de Noordzee (fig. 5).

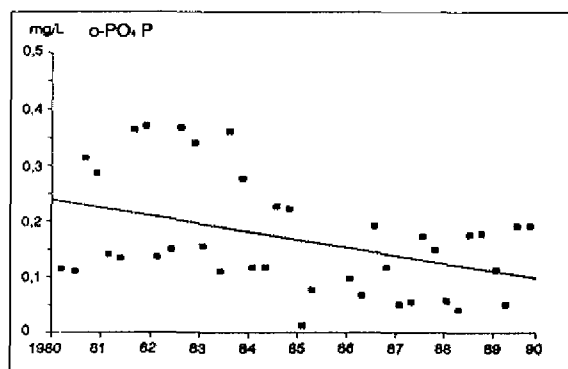


fig.5. Kwartaalgemiddelde waarden ortho-fosfaat in het Grevelingenmeer. De lijn geeft de (berekende) trend aan.

De jaargemiddelde concentratie silicium in de periode 1980-1990 lijkt een lichte toename in de tijd te vertonen: van 0,39 mg Si/l naar 0,45 mg Si/l (fig. 6).

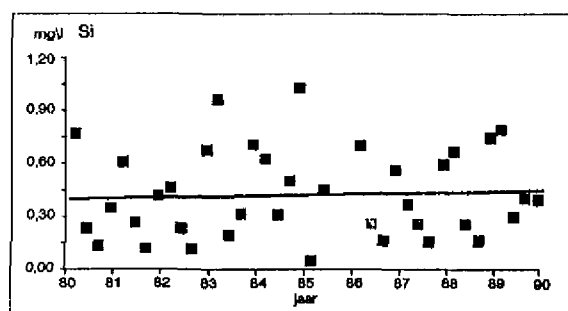


fig.6. Kwartaalgemiddelde gehalte aan silicium (opgelost). De lijn geeft de (berekende) trend aan.

De spreiding van de meetwaarden is door de seizoeninvloeden echter groot.

Gezien de lage nutriëntenconcentraties kan het Grevelingenmeer worden beschouwd als een mesotroof watersysteem.

De belasting van het Grevelingenmeer met voedingsstoffen is relatief laag. Zowel het nitraat- als het fosfaatgehalte is in het laatste decennium in het Grevelingenmeer afgenomen. De beschikbaarheid van stikstof is in de zomer beperkend voor algenproductie. Denitrificatie compenseert vrijwel de gehele netto-import van stikstof. Er kan gesproken worden van een mesotroof watersysteem.

Lit.: 23, 49, 15.

2.3.4 Chlorofylgehalte, doorzicht en zwevend stof gehalte

Tijdens de voorjaarsbloei in de periode maart-juni ligt de concentratie aan chlorofyl-a in de regel tussen 10 en 20 ug/l. Dit is vergeleken met omliggende wateren laag (tabel 3).

Na de afsluiting nam de helderheid van de waterkolom toe, omdat door het verdwijnen van de getijstromen de zwevende stof bezonk. Voor 1971 bedroeg het doorzicht ca. 15 dm. Na de aanleg van de Brouwersdam steeg het doorzicht in 1 jaar naar gemiddeld ca. 40 dm. In de periode 1980-1990 is het doorzicht jaargemiddeld 40 dm gebleven. Er kunnen echter grote verschillen optreden in het doorzicht, variërend van enkele decimeters tot meer dan 7 meter. Vooral in het voor- en najaar kan het doorzicht beperkt zijn. Dit lage doorzicht wordt veroorzaakt door een hoog gehalte aan zwevend stof ten gevolge van harde wind en in geringe mate door verhoogde chlorofyl-concentraties. Gemiddeld over het jaar bedraagt het gehalte aan zwevend stof ca. 2 mg/l.

Het doorzicht in het Grevelingenmeer bedraagt in de periode 1980-1990 jaargemiddeld 40 dm. Het chlorofylgehalte en het zwevend stof gehalte is in deze periode laag.

Lit.: 49, 15.

2.3.5 Zoutgehalte, temperatuur en stratificatie

Na de afsluiting van de Grevelingen in mei 1971 kwamen de getijstroomingen tot stilstand en verviel de continue verversing van het bekken met het zeewater. In juni 1972 werd voor het eerst stratificatie waargenomen in de diepe putten bij den Osse en Scharendijke. De spronglaag in beide putten lag op 20 meter diepte en de onderlaag werd zuurstofloos over een oppervlak van 150 tot 200 ha.

INTERMEZZO: STRATIFICATIE

Stratificatie treedt op in diepe bekkens met weinig doorstroming. Door verschillen in temperatuur in de onder- en bovenlaag ontstaat een gelaagdheid in het water. In diepe zoute of brakke meren speelt het verschil in chloridegehalte in boven- en onderlaag tevens een grote rol. De diepere waterlagen zijn kouder en hebben een hogere dichtheid dan de ondiepere lagen. Stratificatie wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een spronglaag: een laag met een sterk verloop in temperatuur en het chloridegehalte. Zoutstratificatie en temperatuurstratificatie versterken elkaar (fig. 7). Bij aanwezigheid

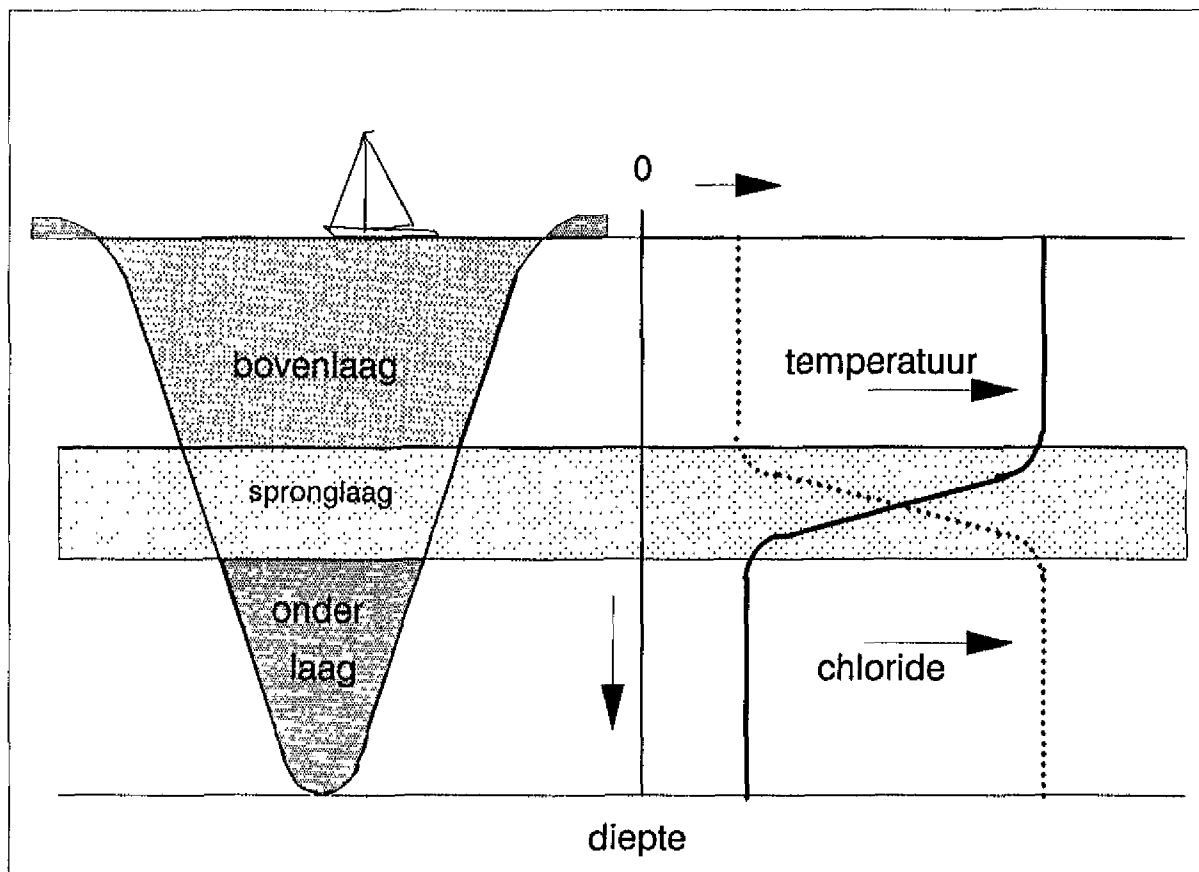


fig 7. Verloop van de temperatuur en het chloridegehalte in een situatie met gelaagdheid.

van gelaagdheid ten gevolge van dichtheidverschillen treedt er weinig warmte-uitwisseling op tussen onder- en bovenlaag. De bovenlaag zal in het voorjaar sneller opwarmen. Hierdoor wordt de zoutstratificatie versterkt door de temperatuurstratificatie. Dit kan leiden tot een stabiele gelaagdheid die gedurende de zomermaanden gehandhaafd blijft. Ten gevolge van de gelaagdheid wordt uitwisseling van o.a. zuurstof tussen de onder- en bovenlaag geblokkeerd. Door toevoer van afgestorven organisch materiaal naar de bodem van diepere delen blijft daar de zuurstofvraag groot. Hierdoor kan zuurstoftekort nabij de bodem ontstaan. De afbraak van organisch materiaal stagneert en er vinden veranderingen plaats in biochemische processen. Bij langdurig zuurstoftekort kan zwavelwaterstof gevormd worden, wat in lage concentratie giftig is voor veel organismen. Het zwavelwaterstof bereikt de zuurstofrijke laag niet vanwege de stratificatie.

De temperatuur van de bovenlaag varieert van ca. 0°C tot 20°C, en in de onderlaag van tussen ca. 3 en 8°C. Vergeleken met de periode voor de afsluiting warmt het meer in de zomer sneller op en in de winter koelt het meer sneller af. De snelle opwarming is van grote invloed op het ontstaan van stratificatie.

De gemiddelde watertemperatuur is in de periode 1980 - 1988 het hoogst in augustus (gemiddeld $\pm 19^{\circ}\text{C}$) en het laagst in januari/februari (gemiddeld 1°C). In de zomer kan het maximum temperatuurverschil tussen boven- en onderlaag in het westelijk deel 17°C bedragen. 's Zomers kan het oostelijk deel tot 3°C warmer zijn dan het westelijk deel ten gevolge van diepteverschil. In de winter kan het westelijk deel tot 1,5°C warmer zijn dan het oostelijk deel. Dit is een gevolg van de inlaat van relatief warmer zeewater.

In de periode 1971 tot en met 1978 daalde het chloridegehalte van ca. 17 g/l Cl⁻ tot ca. 12 g/l Cl⁻. In 1978 werd de Brouwerssluis voor proeven regel-

matig geopend. Hierdoor ontstond zoutstratificatie. In december 1978 werd de sluis officieel in gebruik genomen. Het beoogde chloridegehalte van 16 g Cl⁻/l werd in twee maanden bereikt, de doelstelling van geringe stratificatie niet. In februari 1979 bedroeg het chlorideverschil tussen boven en onderlaag 1,7 g/l Cl⁻. In de veronderstelling dat continueren van uitwisseling verdergaande menging tot stand zou brengen is met het inlaten van zeewater doorgegaan. De chloridestratificatie werd versterkt door de temperatuurstratificatie en de meteorologische omstandigheden waren ongunstig. Eerst in het najaar van 1979 werd onder invloed van de sterke wind de stratificatie deels opgeheven. Tijdens het interimbeheer is het chloridegehalte steeds hoog geweest: altijd ruim boven de 15 g/l Cl⁻ (volumegewogen gemiddelde). De laagste chloridewaarden worden aangetroffen in de periode met een hoge polderwaterbelasting in het voorjaar en relatief lage chloridegehalten aan het eind van de verversingsperiode; de hoogste chlorideconcentraties worden aangetroffen aan het eind van warme, droge zomers. Horizontaal is er nauwelijks een gradiënt in het chloridegehalte aanwezig. Tijdens doorspoelen in de winter kan het gehalte in het westelijk deel maximaal 1 g/l Cl⁻ hoger zijn dan in het oostelijk deel.

De stabiliteit van stratificatie kan worden uitgedrukt in een hoeveelheid arbeid die nodig is om de stratificatie op te heffen. In het Grevelingenmeer is de stabiliteit in de periode februari tot mei vrij laag. In juni neemt de stabiliteit snel toe door opwarming van de bovenlaag. Het aandeel van de temperatuur in de totale stabiliteit van de gelaagdheid kan in de zomermaanden oplopen tot ruim 80%. Vanaf september neemt de stabiliteit van de stratificatie af door daling van temperatuur en het optreden van sterke wind. Alleen sterke wind kan de stratificatie oplossen.

In de periode vanaf 1981 is de stratificatie beperkt gebleven tot de diepe putten. In een warme periode in de zomer bevindt de maatgevende spronglaag zich op ongeveer 15 meter.

De volumegewogen gemiddelde watertemperatuur varieert tussen 20 en 0°C. In de zomer treden grote verschillen op in de temperatuur van boven- en onderlaag. Deze verschillen in temperatuur bepa-

len voor een belangrijk deel de stabiliteit van de gelaagdheid die in de zomermaanden optreedt. Zoutstratificatie en temperatuurstratificatie versterken elkaar. De stratificatie is bij het huidige beheer beperkt gebleven tot de diepe putten. Het gemiddelde chloridegehalte ligt in de periode 1980-1988 tussen 15,3 g/l Cl⁻ en 17,5 g/l Cl⁻.

Lit.: 49, 47, Rijkswaterstaat, interne gegevens

2.3.6 Zuurstof

De invloed van de stratificatie is af te leiden uit de jaarlijks optredende omvang van het zuurstofarm (kleiner of gelijk aan 3 mg O₂/l) en zuurstofloos (0 mg O₂/l) oppervlak. In juni 1979 ontstond een zuurstofloos oppervlak over 800 ha of ca. 8% van het bodemoppervlak. In juli 1979 kon kustwater worden ingelaten met een hoog chloridegehalte. Dit relatief zware zuurstofrijke water verplaatste zich naar de diepte, waardoor het zuurstofgehalte nabij de bodem weer steeg. Het zuurstofloze water werd verdrongen en kwam in andere gebieden terecht; ook dit was ongewenst.

De aangevoerde zuurstof was snel verbruikt en de stratificatie bleef gehandhaafd. Eerst in het najaar van 1979 werd de stratificatie opgeheven door windwerking. Na de opheffing van de stratificatie steeg het zuurstofgehalte in de diepere delen weer. Fig. 8 geeft het verloop van het zuurstofloze en zuurstofarme oppervlak in de periode 1980-1988. Het grootste bodemoppervlak met zuurstofarmoede in de periode 1980-1988 werd waargenomen in juli 1983 en augustus 1984 in warme perioden met weinig wind. Op 27 augustus 1984 is in de gehele zuidgeul zuurstofarmoede waargenomen over een oppervlak ter grootte van 845 ha of ca. 8% van het totale bodemoppervlak. Het zuurstofloze oppervlak bedroeg 440 ha of ca. 4% van het bodemoppervlak. Dit is de helft van het oppervlak dat in 1979 zuurstofloos werd.

Het maximale zuurstofloze oppervlak is bij het huidige beheer beperkt gebleven tot maximaal 5% van het totale bodemoppervlak.

Lit.: 47, 49.

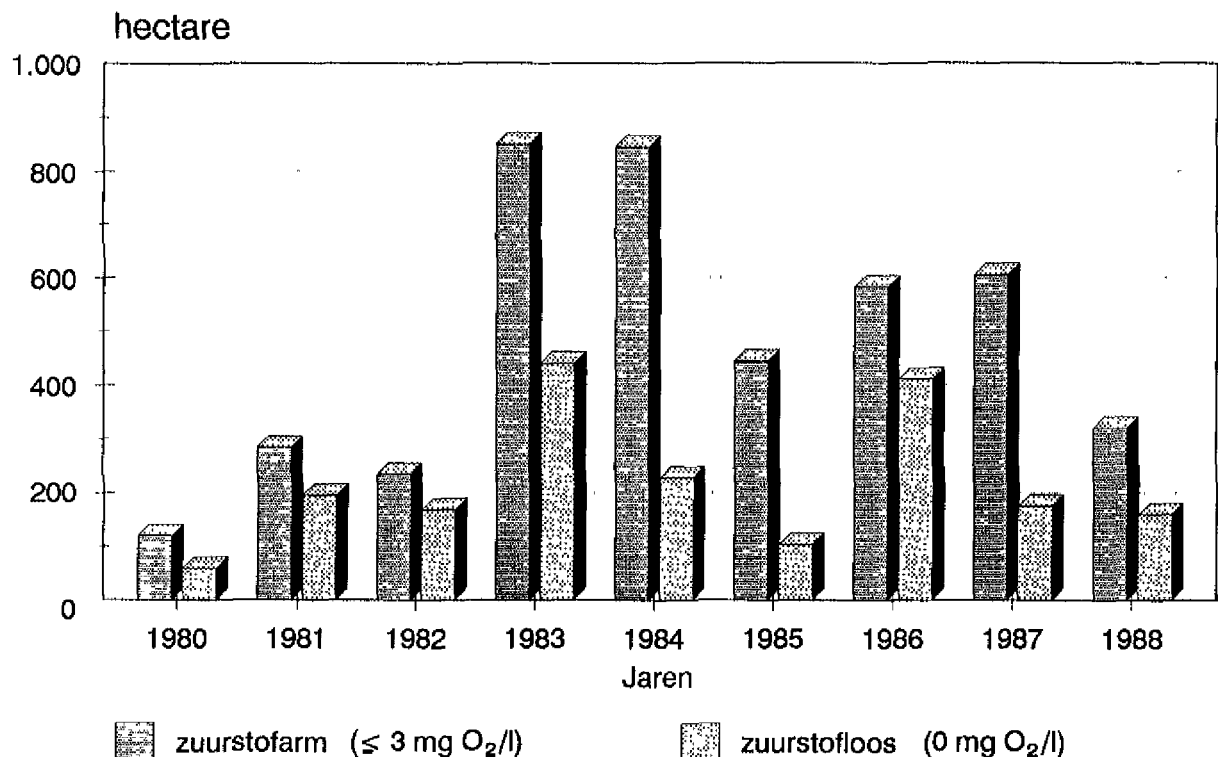


fig.8. Maximaal zuurstofloos en zuurstofarm bodemoppervlak in de periode 1980-1988.

uit: lit 50

2.3.7 Toxicanten

De belasting met nutriënten en microverontreinigingen is relatief gering en erfenissen uit het verleden zijn beperkt gebleven. Door de aanleg van de Grevelingendam in 1965 kon het water van de grote rivieren met de vervuilingsspiek in de zeventiger jaren niet door de Grevelingen stromen. Het Grevelingenmeer is mede hierdoor relatief schoon.

De concentratie van de -opgeloste- zware metalen cadmium (Cd), chroom (Cr), kwik (Hg) en lood (Pb) en zink (Zn) hebben de detektielgrens benaderd of hebben die onderschreden. Cd en Cr benaderen de referentiewaarde voor zoute wateren. Voor Pb-, Zn- en Hg-opgelost kan dit niet worden vastgesteld omdat de referentiewaarde lager is dan de detektielgrens (tabel 4).

Tabel 4 Zware metalen in het water van het Grevelingenmeer in de periode 1980 tot en met 1989.

parameter (opgelost)	maximum in µg/l	minimum	1989 µg/l	referentie- waarde zout	detektielgrens
As	± 3		3,3	1 - 1,5	0,1
Cd	0,1	0,01	0,01	0,02 - 0,03	0,01
Cr	1,0	0,1	0,3	0,15 - 0,5	0,1
Cu	2,0	0,8	0,5	0,2 - 0,3	0,1
Hg	0,01		0,01	0,0025	0,01
Pb	0,2	0,1	0,1	0,02	0,1
Ni	± 1		1,9	0,3 - 0,4	0,1
Zn	± 1		1,0	0,3 - 0,4	1,0

De concentraties van opgelost Koper (Cu) en Nikkel (Ni) in het Grevelingenmeer zijn ongeveer gelijk aan die van het kustwater bij Goeree en overschrijden de referentiewaarde voor zoute wateren met ongeveer een faktor 2 tot 3. Ook arseen (As) overschrijdt de referentiewaarde met ongeveer een faktor 2.

De bodem van het Grevelingenmeer is voor het overgrote deel schoon en valt in klasse 1 (volgens de interim normering van Rijkswaterstaat).

De bodemkwaliteit in diepere delen valt meestal in klasse 2 op basis van de aangetroffen gehalten aan polycyclische aromatische verbindingen (PAK's) en

in de havens wordt met zware metalen, PAK's, PCB's en soms met pesticiden verontreinigd slib aangetroffen. Voor de organische microverontreinigingen blijken de bodems van bijna alle havens in klasse 3 of 4 te vallen.

Verontreiniging in diepe putten hangt samen met transport van fijn verontreinigd sediment naar de diepere delen. Mogelijk is er nog sprake van een kleine erfenis uit de periode van voor 1965, mede gezien de persistentie van sommige stoffen.

Er is geen gradiënt van verontreiniging van PAK's en zware metalen aangetoond nabij de Brouwerssluis, hetgeen betekent dat er geen wezenlijke import van deze toxicanten vanuit de Noordzee plaatsvindt.

De verontreiniging in havens hangt samen met menselijke activiteiten, zoals beheer en onderhoud van de haven en de schepen maar ook ten gevolge van illegale lozing van chemisch afval.

In het gehele meer is tevens verontreiniging met organotinverbindingen (tributyltinoxide: TBT) aangetoond. Deze verontreiniging is afkomstig van anti-foulingverf, welke toegepast wordt op scheepsrompen ter bescherming tegen de aangroei met algen. Nergens in Nederland zijn vergelijkbare hoge concentraties gevonden als in de havens van het Grevelingenmeer en het Veerse Meer. Dit houdt verband met de relatief geringe verversing van de zoute meren in combinatie met de intensieve waterrecreatie. Als niveau waaronder het risico verwaarloosbaar klein is, wordt 10 ng Sn/l genoemd (I-lijst algemene milieu kwaliteit); in het Grevelingenmeer zijn lokaal waarden boven de

7000 ng Sn/l gemeten. Effecten op organismen zijn aangetoond.

Vanaf 1990 is er een landelijke verordening van kracht waarin het gebruik van organotinhoudende verven voor schepen kleiner dan 25 meter verboden is. De concentraties aan TBT zijn nog steeds hoog.

De gevolgen van vervanging van TBT door andere middelen, zoals koperhoudende algenwerende verf, dient kritisch te worden gevolgd.

Het Grevelingenmeer voldoet aan de voorwaarden voor zwemwater en schelpdierwater. Voor schelpdierwater is geen norm voor TBT opgenomen.

Bij de huidige infrastructuur en het gevoerde waterbeheer heeft het Grevelingenmeer zich ontwikkeld tot een relatief schoon watersysteem. Verontreiniging met TBT is hoog. Lokaal zijn de bodems van havens verontreinigd ten gevolge van menselijke activiteiten.

Lit.: 35, 42, 15, interne gegevens Rijkswaterstaat directie Zeeland.

2.4 Ecologisch functioneren: stikstofkringloop en productie

Voor het ecologisch functioneren van het Grevelingenmeer is een aantal milieucondities en -processen bepalend. Het meest van invloed zijn het zoutgehalte, de stratificatie, de nutriëntenbelasting, de waterkwaliteit in termen van verontreiniging, de morfologie, de stroming en het ontbreken van getij. Een aantal van deze milieucondities en processen wordt direct en indirect beïnvloed door de inrichting en het gevoerde waterhuishoudkundig beheer. Bovenstaande condities en processen vormen de randvoorwaarden voor het ecologisch functioneren. De stikstofkringloop heeft een sterke interactie met de bovenstaande condities en de aquatische natuur.

De stikstofkringloop heeft een centrale plaats in het Grevelingenmeer als productiesysteem. Aan de basis van het Grevelingenmeer als ecosysteem ligt de primaire productie door algen. In de winterperiode is de productie door algen beperkt door gebrek aan

licht. Zodra de lichtconditie in het voorjaar gunstig is neemt de primaire productie toe totdat stikstof beperkend is voor de algengroei. De productie wordt op dat moment volledig bepaald door de beschikbaarheid van stikstof. In een gestratificeerde toestand is de beschikbaarheid van stikstof boven de spronglaag bepalend.

INTERMEZZO: DE STIKSTOFKRINGLOOP

Voor de groei van algen zijn voedingsstoffen nodig. Omdat in de loop van het voorjaar en in de zomer stikstof beperkend is voor de groei van algen, is de stikstofkringloop maatgevend voor de primaire productie (1). Stikstof komt via neerslag, polderwater, afspoeling en zeewater het meer binnen (fig 9). Het lage stikstofgehalte wordt veroorzaakt door een lage belasting met stikstof en een verwijderingsproces van stikstof. Onder zuurstofarme omstandigheden wordt door bepaalde bacteriën nitraat omgezet in stikstofgas (N_2). Dit proces heet denitrificatie. Stikstofgas ontsnapt aan het systeem.

De denitrificatie compenseert onder de huidige omstandigheden vrijwel de gehele netto import van stikstof.

Denitrificatie kan alleen plaatsvinden bij de aanwezigheid van voldoende nitraat. Hierdoor is denitrificatie gekoppeld aan nitrificatie. Voor de bacteriële vorming van nitraat moet ammonium en zuurstof beschikbaar zijn. Detritus (=afgestorven organisch materiaal) is een bron van ammonium. In de toplaag van de bodem komen zowel zuurstofrijke- als zuurstofarme plekken voor. Op de bodem verzamelt zich het detritus, een bron voor ammonium. Door de aanwezigheid van ammonium, zuurstofarme en zuurstofrijke zones in de toplaag van de bodem kunnen de biochemische processen nitrificatie en denitrificatie in dit micromilieus plaatsvinden.

De algenproductie in het voorjaar vraagt

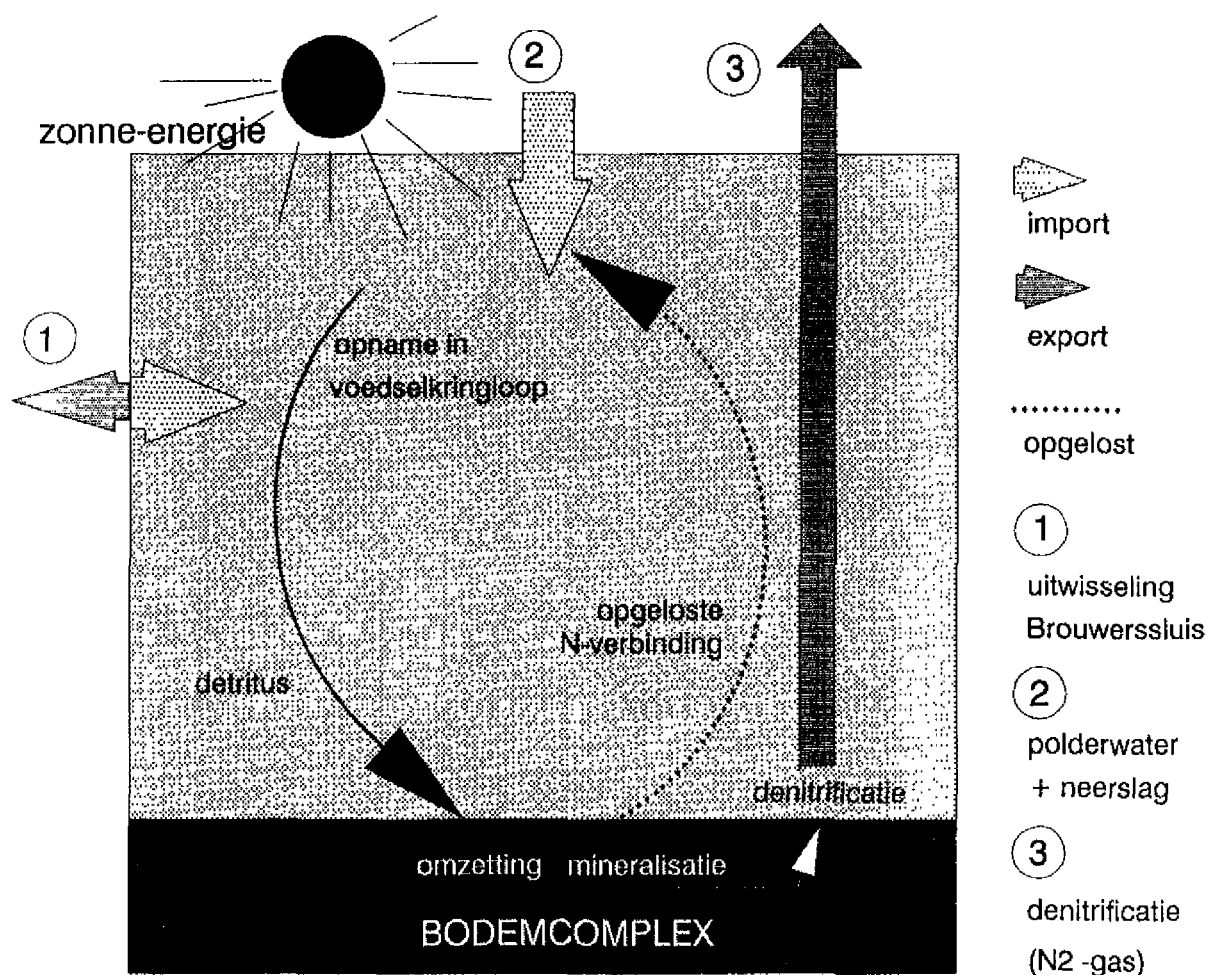


fig.9. Schematische voorstelling N- kringloop

meer voedingsstoffen dan er bij de mineralisatie (2) vrij komt. Stikstof en fosfaat worden in een vaste verhouding in de cellen ingebouwd (N:P=16:1). De N/P verhouding in het Grevelingenmeer bedraagt in de winter ca. 2:1. Dit betekent dat er weinig stikstof beschikbaar is ten opzichte van fosfaat. Hierdoor wordt de beschikbaarheid van stikstof in de loop van het voorjaar de beperkende factor voor fytoplanktonontwikkeling. Vanaf dit moment houden productie van algen en beschikbaarheid van stikstof elkaar in evenwicht. In de zomer bevindt zich het grootste deel van de stikstofverbindingen in het bodemdetritus. In het najaar stijgt de concentratie in de waterfase weer door de mineralisatie van afgestorven materiaal, menging van onder- en bovenlaag en de grotere belasting met polderwater. Hierdoor kan opnieuw algengroei plaatsvinden.

(1) Primaire productie = Vorming van organische stof in algen en hogere waterplanten door omzetting van CO₂ onder invloed van licht.

(2) Mineralisatie = Afbraak van organische stof tot anorganische bestanddelen door bacteriën.

Door de grote helderheid van het water begint de ontwikkeling van fytoplankton reeds in februari. Piekwaarden van het fytoplankton worden gemeten in het voorjaar en in de nazomer/herfst tot en

met oktober. De periode waarin primaire productie kan plaatsvinden is door de helderheid van het meer verlengd.

Circa 50% van de netto primaire productie van

algen in de waterfase wordt door filtrerende bodemdieren als mossels, kokkels, oesters, muiltjes etc. geconsumeerd. Jaarlijks wordt door de bodemfauna de bovenstaande waterkolom ca. 80 maal doorgepompt. De consumptie van algen door het zoöplankton wordt op ca. 10-15% van die van de bodemfauna geschat. Door de hoge graasdruk en het lage gehalte aan stikstof blijft het chlorofylgehalte laag.

De mineralisatiesnelheid wordt door de activiteit van bodemdieren verhoogd. De omzetting van onverteerbare deeltjes in pseudofaeces leidt tot een snelle afbraak van deze deeltjes.

Het transport van dood organisch materiaal naar de bodem is door graas 2 tot 3 maal zo groot dan via passieve bezinking. Hierdoor vormen de filtrerende bodemdieren een schakel in de stofstroom van de waterfase naar de waterbodem en zijn van grote invloed op de snelheid waarmee een stikstofdeeltje de hele cyclus van productie, afsterven en mineralisatie doorloopt. Dit laatste wordt de turnover-snelheid genoemd. In het Grevelingenmeer is de turnoversnelheid hoog. De opname van stikstof door algen bedraagt meer dan $30 \text{ g N.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$. De concentratie aan het begin van het groeiseizoen bedraagt ca. $5 \text{ g N.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$. Dit betekent dat een stikstofdeeltje meerdere malen per jaar door algen wordt ingebouwd. Een turnover van ca. 8x per jaar is berekend.

Door deze hoge turnoversnelheid wordt een relatief hoge primaire productie bereikt, ondanks een lage concentratie aan voedingsstoffen.

Het grote areaal aan ondiepe gebieden en de helderheid van het water biedt goede mogelijkheden voor op de bodem levende algen, welke voor ca. 35% bijdragen in de primaire productie. Tevens is een groot areaal ondiep gebied gunstig voor een snelle afbraak en mineralisatie van detritus.

Stikstof is in de zomer de beperkende faktor voor fytoplanktongroei.

De filtrerende bodemfauna vergroot de turnover-snelheid van stikstof en andere mineralen. Hierdoor komen mineralen snel beschikbaar voor het fytoplankton. Door de hoge turnover-snelheid wordt ondanks de lage nutriëntenconcentratie een relatief hoge primaire productie mogelijk.

Lit.: 55, 56, 85.

3. FUNCTIES VAN HET GREVELINGENMEER

Aan het Grevelingenmeer zijn de planologische hoofdfuncties natuur en recreatie toegekend. Daarnaast heeft het waterbekken de functies visserij en ontvangend oppervlaktewater.*3

3.1 Natuur

Op het land wordt met de functie natuur in de regel een ruimtelijk afgebakende functie bedoeld, bijvoorbeeld ter onderscheid van de functie landbouw of recreatie. Op de drooggevalen gronden is op een aantal plaatsen sprake van zonerings om de natuurfunctie veilig te stellen.

In het aquatisch deel van het Grevelingenmeer is natuur een integraal onderdeel van het watersysteem. Natuur kan hier niet gescheiden worden beschouwd van biologische, fysische en chemische processen.

In deze paragraaf wordt de functie natuur in termen van natuurwaarden en afzonderlijke aspecten van de natuur (wieren, zeegras, bodemdieren, vogels, vissen etc.) toegelicht. Relaties met milieucondities en de effecten van het gebruik van de Brouwerssluis worden aangegeven voor zover dit mogelijk is. Lange termijn ontwikkelingen en het onderkennen van de "eigenheid" van het systeem zijn daarbij belangrijke aandachtspunten.

Het sluisbeheer is enerzijds voorwaarden schepend en anderzijds sturend voor de natuur. Het interim waterhuishoudkundig beheer is gericht op een hoog zoutgehalte en het beperkt houden van stratificatie. Daarmee is het beheer voorwaarden schepend voor de natuur. Het sluisgebruik op zich kan sturend zijn door de directe invloed op de intrek of uittrek van organismen.

3.1.1 Water

Fyto- en zoöplankton

Begin jaren tachtig schommelde de primaire productie van het fytoplankton rond de 200 gr C/m²/j. Ten opzichte van 1977 was dit een stijging

met een faktor 3. Deze stijging van primaire productie is een gevolg van de hoge turnover-snelheid van stikstof (zie paragraaf 2.4).

Er bestaat een verschil in de samenstelling van plankton in een meer en in een getijdegebied. Door het ontbreken van getij domineren in het Grevelingenmeer zuiver planktonische soorten, zoals diatomeeën en zweepwieren (flagellaten).

Het aantal soorten zoöplankton is in het Grevelingenmeer aanzienlijk lager dan in de Oosterschelde.

Lit.: 7.

Zeegras en makrowieren

Na de afsluiting in 1971 hebben de vastzittende wiersoorten zich uitgebreid van ca. 3,5 m naar 8 m beneden de laagwaterlijn. Dit is een gevolg van het hoge doorzicht.

De soortenrijkdom is in het Grevelingenmeer geringer dan in de Oosterschelde.

Het gewoon zeegras nam na de afsluiting snel toe van enkele honderden hectaren tot 4400 ha in 1978 (fig. 10). In 1980 neemt het bestand af. Na een periode van herstel nam vanaf 1985 het areaal alleen maar af tot weer enkele honderden hectaren in 1991. Voor deze afname is geen eenduidige verklaring. Genoemd worden het constant hoge zoutgehalte, enkele strenge winters, genetische uitputting, een parasitaire slijmzwam en een laag nutriëntengehalte.

In 1980 kwam Japans bessenwier voor het eerst voor in het Grevelingenmeer, waarna het wier zich explosief heeft weten te ontwikkelen (fig. 11). In 1989 leek het maximale areaal waar Japans bessenwier kan groeien bereikt te zijn (ca. 58.8 ha). In 1990 nam het areaal aanzienlijk af. In 1991 is geen herstel opgetreden. De oorzaak van de afname is onbekend.

*3 In het beheersplan Rijkswateren 1992 - 1996 worden functies vanuit de waterhuishouding aangeduid.

Voor het Grevelingenmeer zijn dit: natuur en landschap, zwemwater, oeverrecreatie, sportvisserij, recreatievaart en beroepsvisserij.

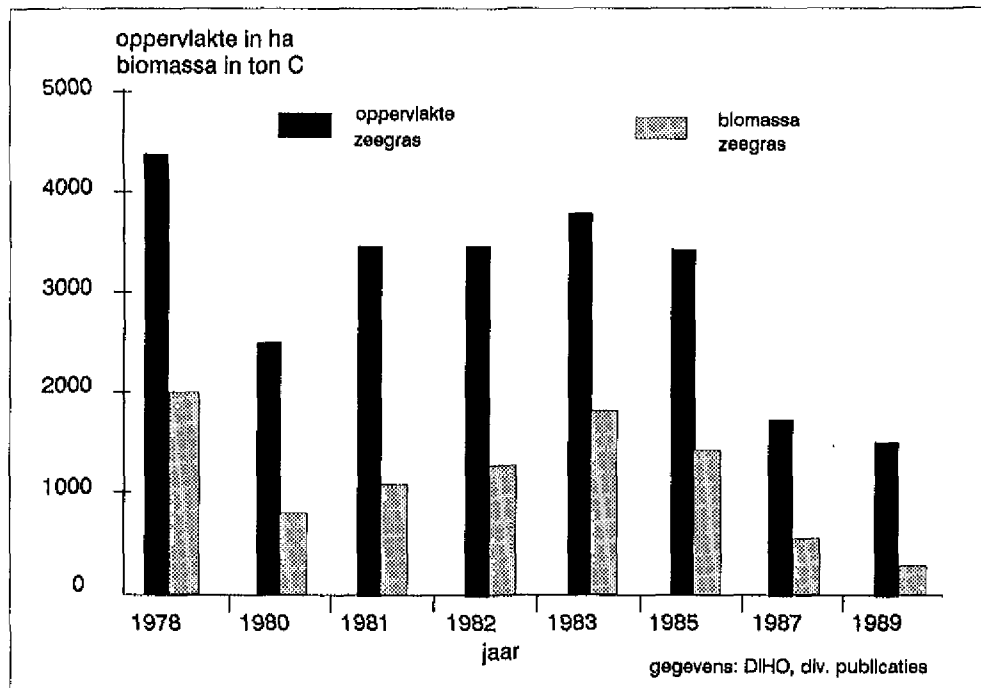


Fig.10 Oppervlakte en biomassa van zeegras (*Zostera marina*) in het Grevelingenmeer vanaf 1978.

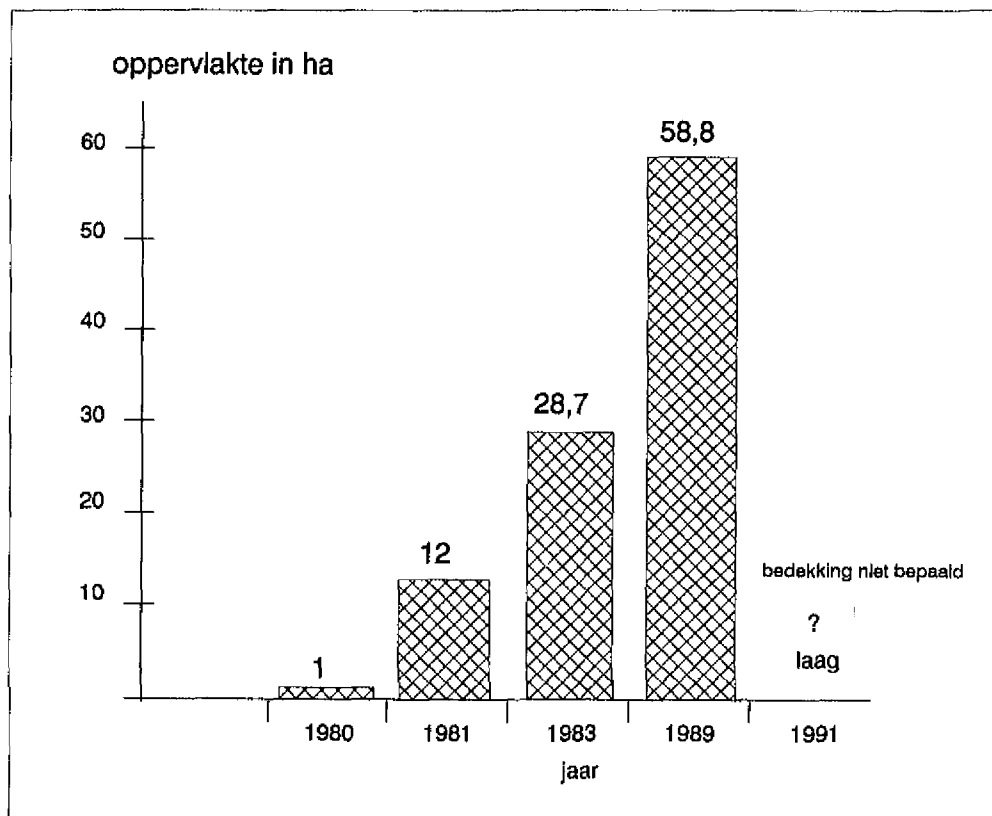


Fig.11 Bedekking met Japans bessenwier (*Sargassum muticum*) in 1980, 1981, 1983 en 1989 in het Grevelingenmeer.

De aanwezigheid van de dammen, vooroeververdedigingen en bestortingen heeft bijgedragen tot de verspreiding van Japans bessenwier, het roodwier *Chondrus crispus* en het groenwier *Codium fragile*.

De afname van *Ulva* sp. en de toename van het bruinwier *Dictyota dichotoma* heeft mogelijk een verband met het lage nutriëntengehalte.

Lit.: 6, 36, 60, 17.

Bodemdieren

Na de afsluiting is het aantal soorten grotere bodemdieren (> 3 mm) in het Grevelingenmeer met ca. 25% afgenomen tot ongeveer 60 soorten. Enkele nieuwe soorten zijn verschenen, zoals de gevlochten fuikhoorn en de brakwaterkokkel. Een deel van de oorspronkelijke soorten heeft haar verspreidingsgebied kunnen vergroten. Een voorbeeld vormt de verspreiding van de mossel in nieuwe gebieden na de afsluiting.

De openstelling van de Brouwerssluis gedurende het gehele jaar 1979 betekende een import van mariene organismen als de wulk, Japanse zakpijp, doorschijnende zakpijp, de zakpijp *Ascidibla aspersa*, de hooiwagenkrab, de Noordzeekrab, de gorgelpijppoliep en de brokkelster. Van deze organismen lijken alleen de zakpijpen zich binnen het Grevelingenmeer te kunnen handhaven.

In de soortensamenstelling van de bodemdieren is na 1980 niet veel veranderd. Wel zijn er verschuivingen opgetreden in aantallen en biomassa van soorten (fig. 12). Na 1985 is de biomassa van de mossel gehalveerd en van het muiltje verdubbeld. Het aandeel van het muiltje in de totale biomassa bedroeg in 1988 31%. De aantallen van de gewone kokkel en de brakwaterkokkel zijn sinds 1980 sterk afgenomen.

De totale biomassa van de grotere bodemdieren is vanaf 1977 tot en met 1988 niet wezenlijk veranderd (fig. 13). Het aandeel van de filterende bodemdieren in de totale biomassa bodemdieren blijkt de laatste jaren vrij constant op 2/3 te liggen. De meest algemene soorten zijn de gevlochten fuikhoorn, het muiltje en de mossel. Wel lijkt vanaf 1988 de biomassa in diepere delen groter te zijn (fig. 14). Dit is in tegenstelling tot de oesters die volgens oestervissers steeds ondieper gedijsen.

Het voortplantingssucces van de gewone en brakwater kokkel, de mossel en gevlochten fuikhoorn was van 1984 tot en met 1988 vrijwel nihil, terwijl die van het muiltje was toegenomen. Voedsel-limitatie, concurrentie, weersomstandigheden en predatie door bijvoorbeeld krabben zijn van invloed op het voortplantingssucces. Ook de aanwezigheid van TBT kan van invloed zijn.

De beschikbaarheid aan harde bodem is sinds de afsluiting afgenomen en daarmee ook de biomassa aan bewoners van de harde substraten. De betekenis van de vooroeververdedigingen is voor de bodemdieren van het harde substraat gering.

Lit.: 15, 16, 25, 26, 27, 28, 57, 58.

Vis

Na de afsluiting in 1971 nam het aantal vissoorten af.

De ingesloten schol en bot groeide voortreffelijk in het Grevelingenmeer. Door natuurlijke sterfte, intensieve bevissing en het ontbreken van natuurlijke aanwas reduceerde het aantal schol en bot met meer dan 90% in 8 jaar tijd.

Kleine pelagische vissoorten, zoals de koornaarvis, sprout en driedoornige stekelbaars, namen na de afsluiting enorm in aantal toe.

In de periode 1980-1989 zijn in het Grevelingenmeer in totaal 58 vissoorten aangetroffen.

Circa 12 soorten plantten zich in het Grevelingenmeer voort (brakwatergrondel, botervis, dikkopje, zwarte grondel, harnasman, koornaarvis, meun, puitaal, vorskwab, zeedonderpad en zeenaalden). De aanwezigheid van de overige soorten, waaronder 10 zeer algemeen voorkomende soorten, is afhankelijk van de intrekmogelijkheden via de Brouwerssluis.

Bekend is de intrek van glasaal, schol- en botlarven, haring en stekelbaars in het voorjaar en voorzomer. Na de openstelling van de Brouwerssluis herstelde de scholstand zich enigszins tot ca. 2 miljoen stuks. Uitgaande van de aanwezigheid van 14 miljoen schollen in 1971 is een bestand van ca. 14% van de aantallen van 1971. Dit gegeven geeft aan dat

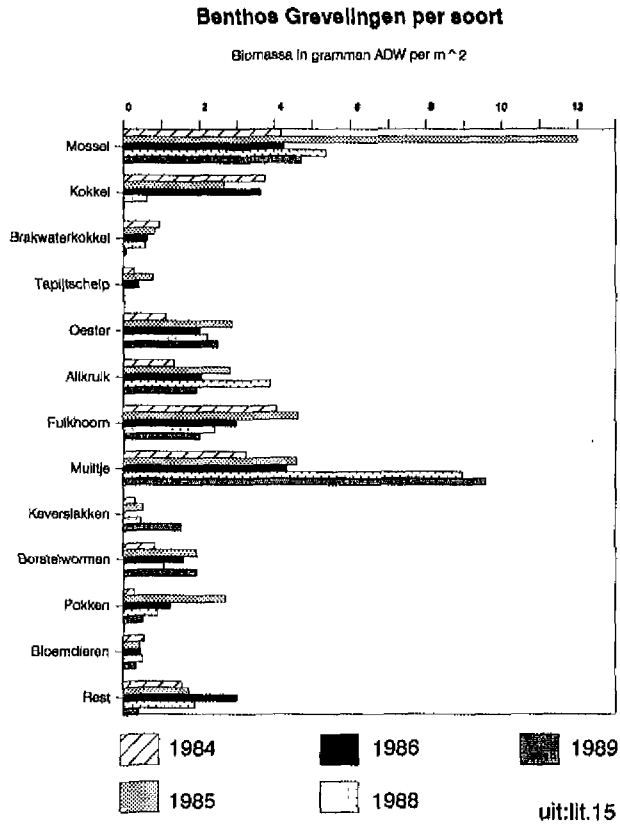


Fig.12 Biomassa grotere bodemdieren per soort in het Grevelingenmeer.

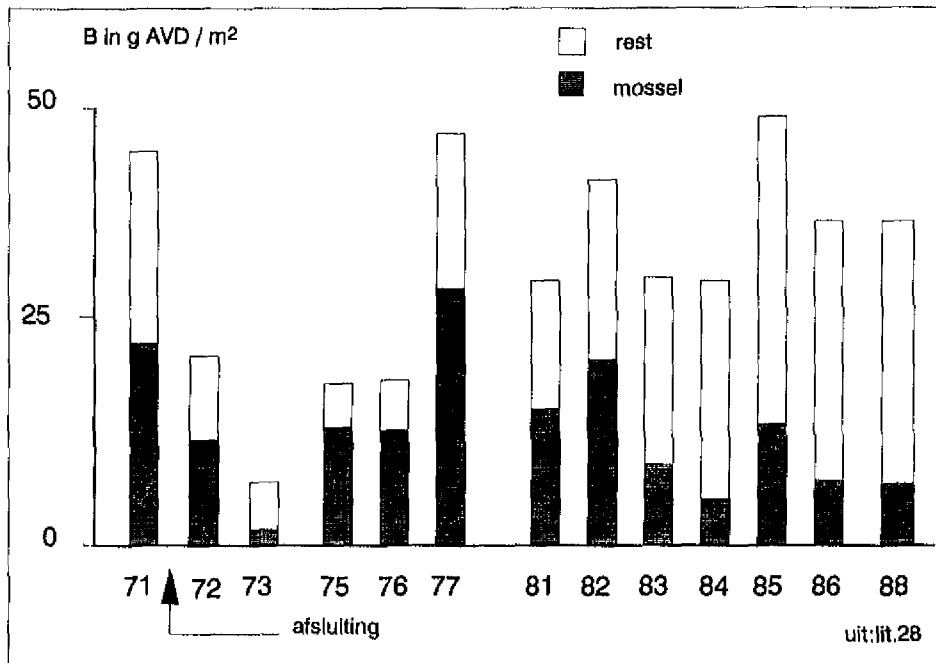


Fig.13 De gemiddelde biomassa per m² van grotere bodemdieren in het gebied >1,5 m diepte en het aandeel van de mossel daarin vanaf 1991.

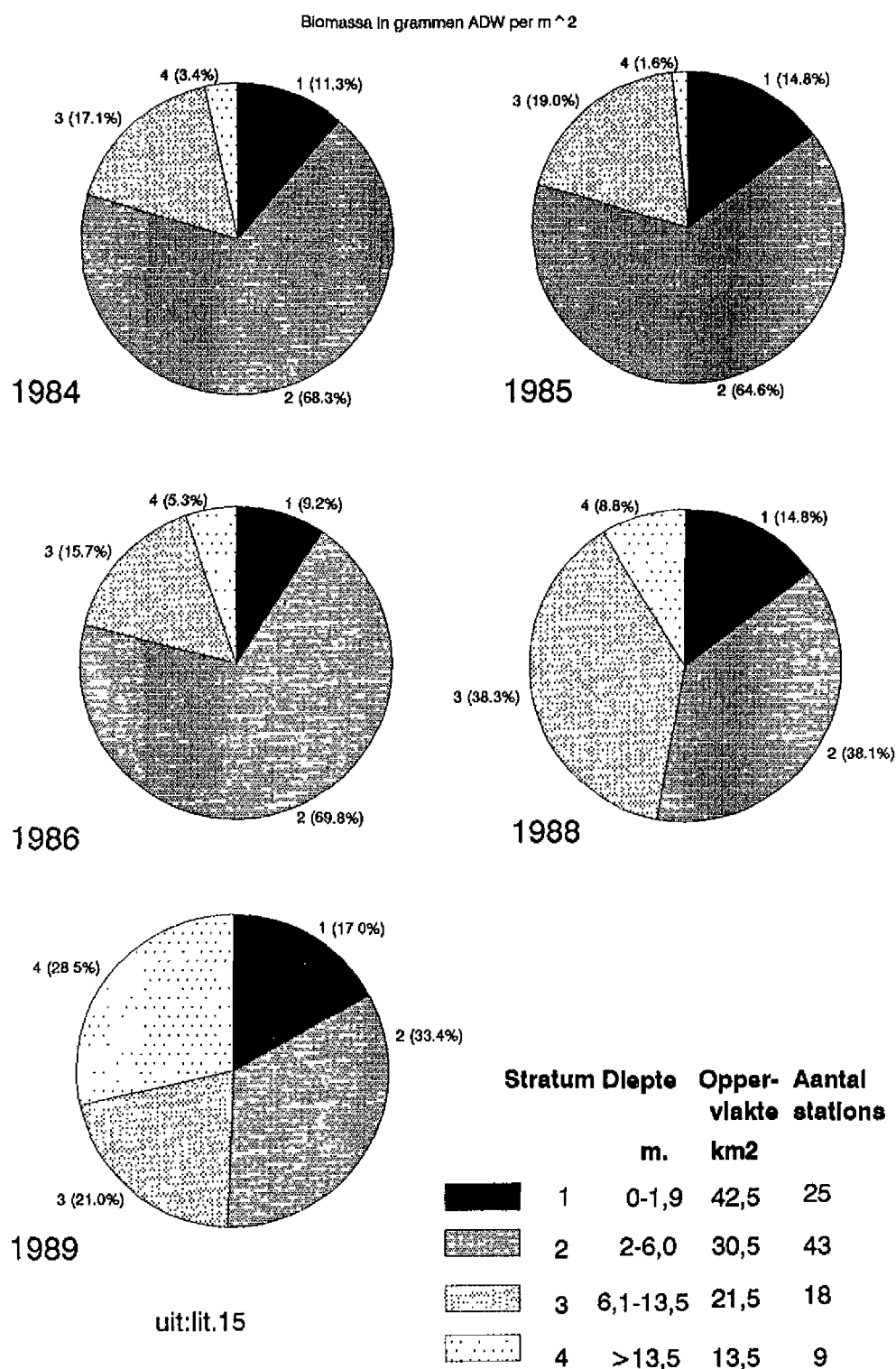


Fig.14 Biomassa grotere bodemdieren per diepte stratum.

intrek via de Brouwerssluis plaatsvindt. De intrek reduceerde weer sterk in de opvolgende jaren 1980 t/m 1984 (fig. 15), wat een relatie heeft met het vanaf 1980 gevoerde sluisbeheer. De biomassa van schol en bot in 1988 is echter niet veranderd ten opzichte van de biomassa in 1982 (fig. 16 en 17). De zomergasten werden na de instelling van het huidige beheer niet of nauwelijks in de korvangsten aangetroffen. Grondels, aal en platvis zijn de meest algemene bodembewonende vissoorten in het Grevelingenmeer. De aantallen van grondels en andere kleine vissoorten kunnen van jaar tot jaar sterk fluctueren. Van pelagisch levende (kleine) vissoorten zijn onvoldoende kwantitatieve gegevens bekend door het ontbreken van geschikte vangmethoden.

De totale biomassa van de 3 soorten grondels in de zone dieper dan 2 meter was in 1988 niet veranderd ten opzichte van de biomassa in 1982. Wel was er een verschuiving van het dikkopje (fig. 18) naar de zwarte grondel (fig. 19) opgetreden. In de zone dieper dan 20 meter werden in 1988 geen dikkopjes gevangen.

De gebruikte monstermethode (kor) was niet geschikt voor kwantificering van aal. De aalvangst door beroepsvissers is de laatste jaren sterk teruggelopen (zie paragraaf 3.3, fig. 24).

Grote roofvissen zoals kabeljauw en zeebaars ontbreken vrijwel geheel in het meer. Predatoren van de kleine vissoorten zijn in het Grevelingenmeer de fuut, de aalsolver, middelste zaagbek, de zeedonderpad en strandkrab.

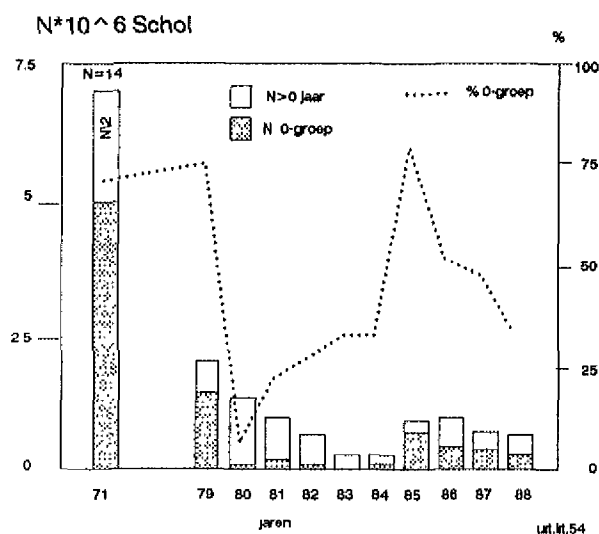


Fig. 15 De scholpopulatie in het Grevelingenmeer van 1979 t/m 1988.

N/1000 m2 schol

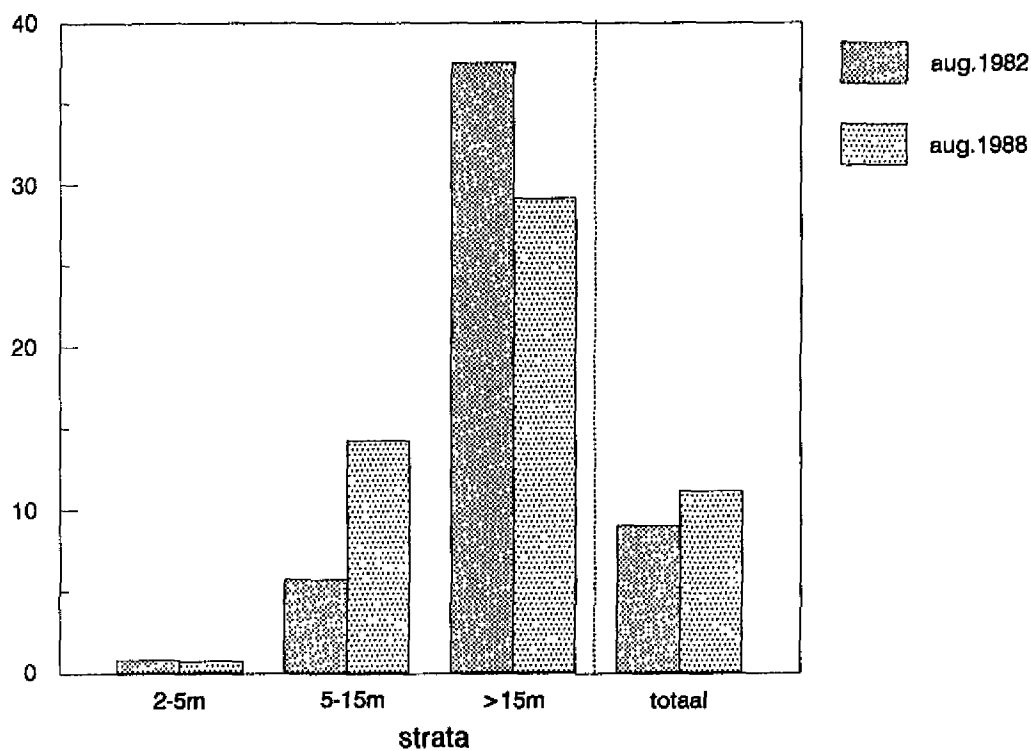


Fig.16 Dichtheid van schol in 1982 en 1988.

uit:lit 54

N/1000 m2 bot

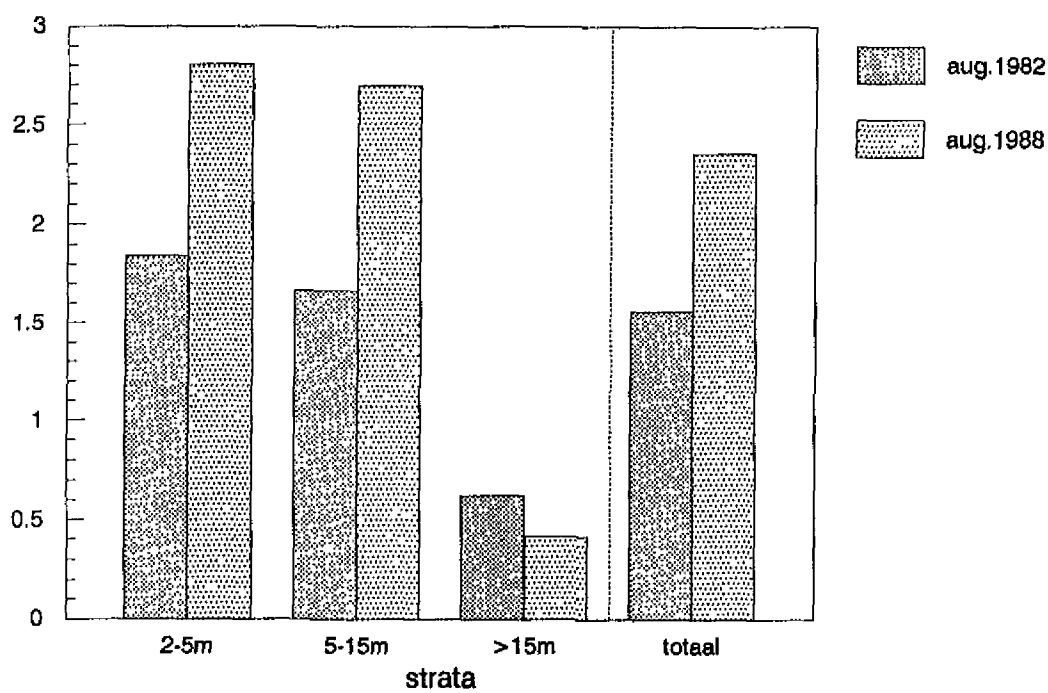


Fig.17 Dichtheid van bot in 1982 en 1988.

uit:lit.54

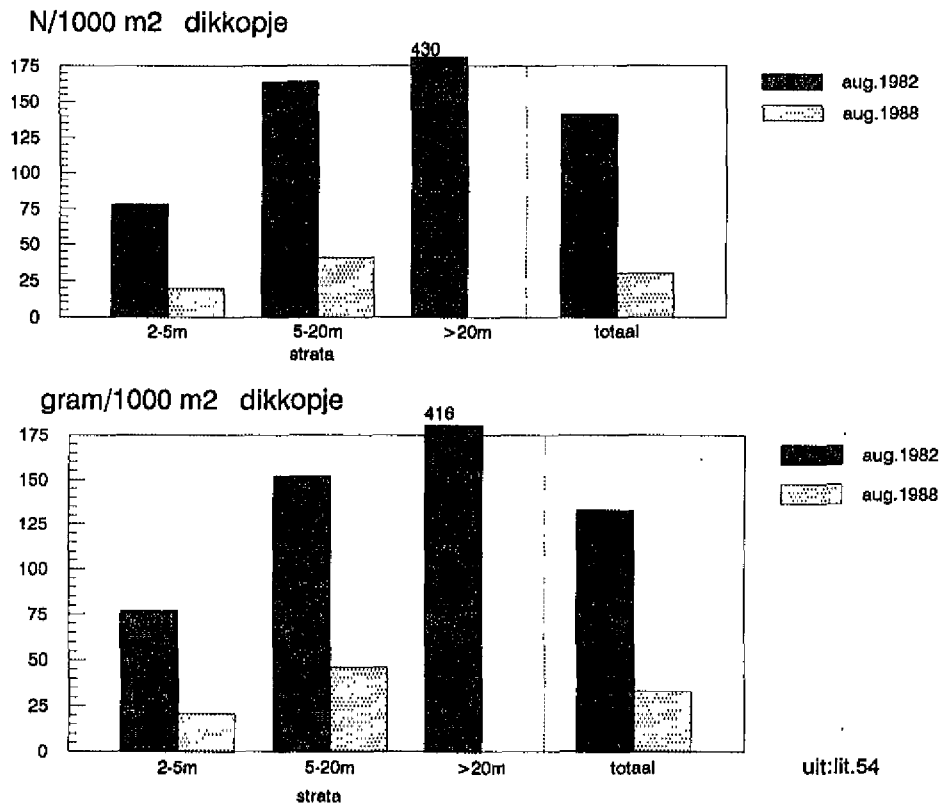


Fig.18 Dichtheid en biomassa van het dikkopje.

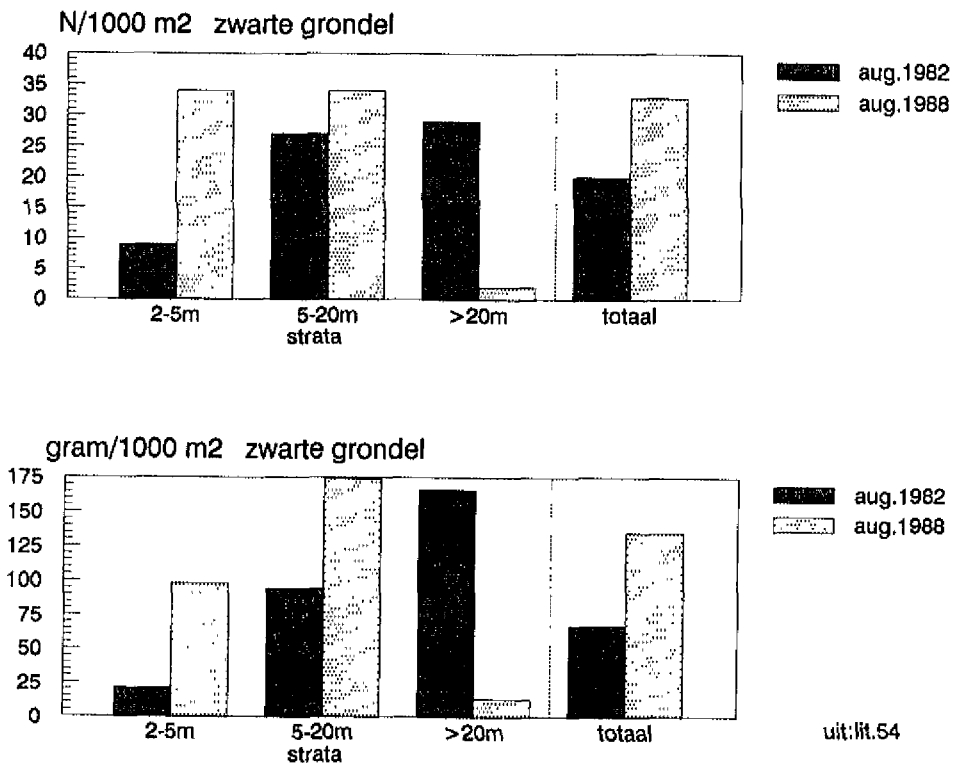


Fig.19 Dichtheid en biomassa van de zwarte grondel.

Kwantitatieve en kwalitatieve waarnemingen van visintrek bij de Brouwerssluis zijn beperkt. Wel is gebleken dat er (jonge) vis in- en uittrekt. Een voorbeeld vormt schol. (fig. 15).

Lit.: 14, 31, 53.

Vogels

Het Grevelingenmeer vervult een functie als voedsel- en rustgebied voor grote aantallen doortrekkende en overwinterende vogels en als hoogwatervluchtplaats voor vogels die met laag water fourageren in de Oosterschelde.

Vijftien watervogels benaderen of overschrijden de 1%-norm van de Ramsar Convention on Wetlands. Dit gegeven is indicatief voor de betekenis van het Grevelingenmeer voor deze vogels.

Het wegvalen van het getij na de afsluiting betekende dat het gebied voor veel bodemdieretende steltlopers minder geschikt werd. Het aantal steltlopers nam dan ook sterk af.

De belangrijkste bodemdieretende vogels zijn de brilduiker en de bergeend (fig. 20). Het aantal brilduikers benadert in de winter de 1%-norm van de Ramsar Convention on Wetlands.

Op de drooggevallen gronden is er een afname van een aantal pioniervogels van de kustzone, zoals de bontbekplevier, strandplevier en dwergsterns (fig. 21) en een toename van weide- en struweelvogels. Deze veranderingen zijn een gevolg van veranderende milieu-omstandigheden en ontwikkelingen van de vegetatie. De kluut heeft zich weten te handhaven. Van de Nederlandse populatie grote sterns broedt nog ca. 40 tot 50% (ca. 4500 broedparen) in het gebied.

De toegenomen helderheid van het water in combinatie met het voorkomen van grote aantallen van kleine vissoorten was gunstig voor de op het zicht jagende visetende vogels. Dit blijkt uit de explosieve toename van de fuut, aalscholver en middelste zaagbek sinds 1971 (fig. 22). Het voedsel van de

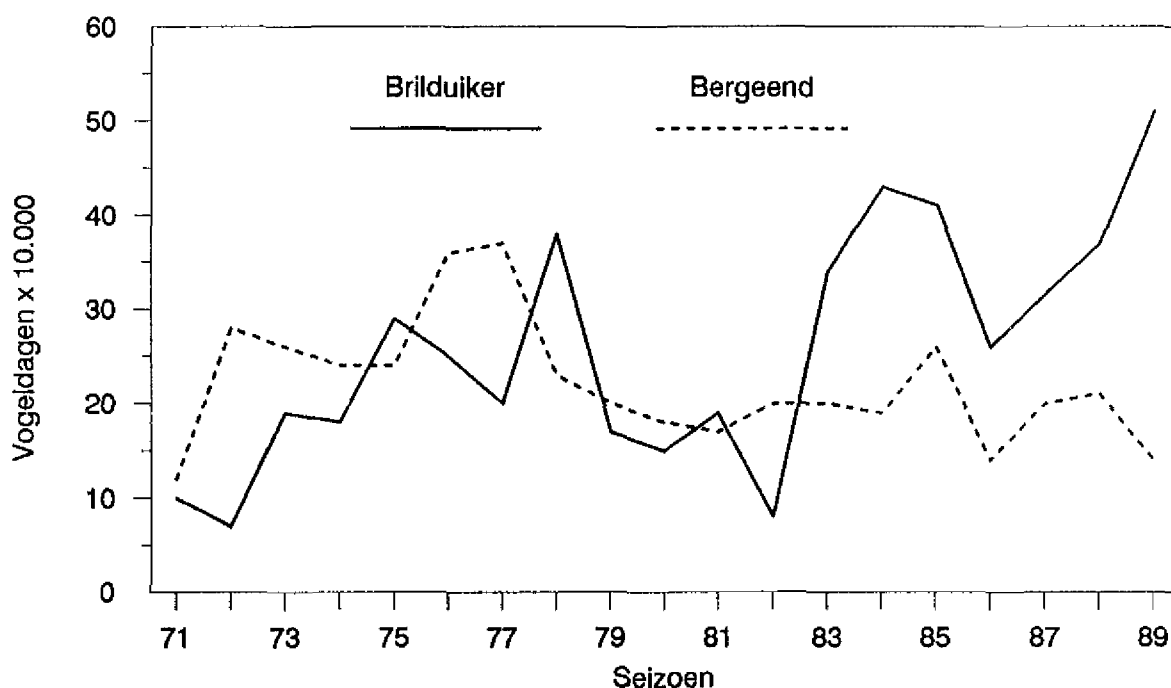
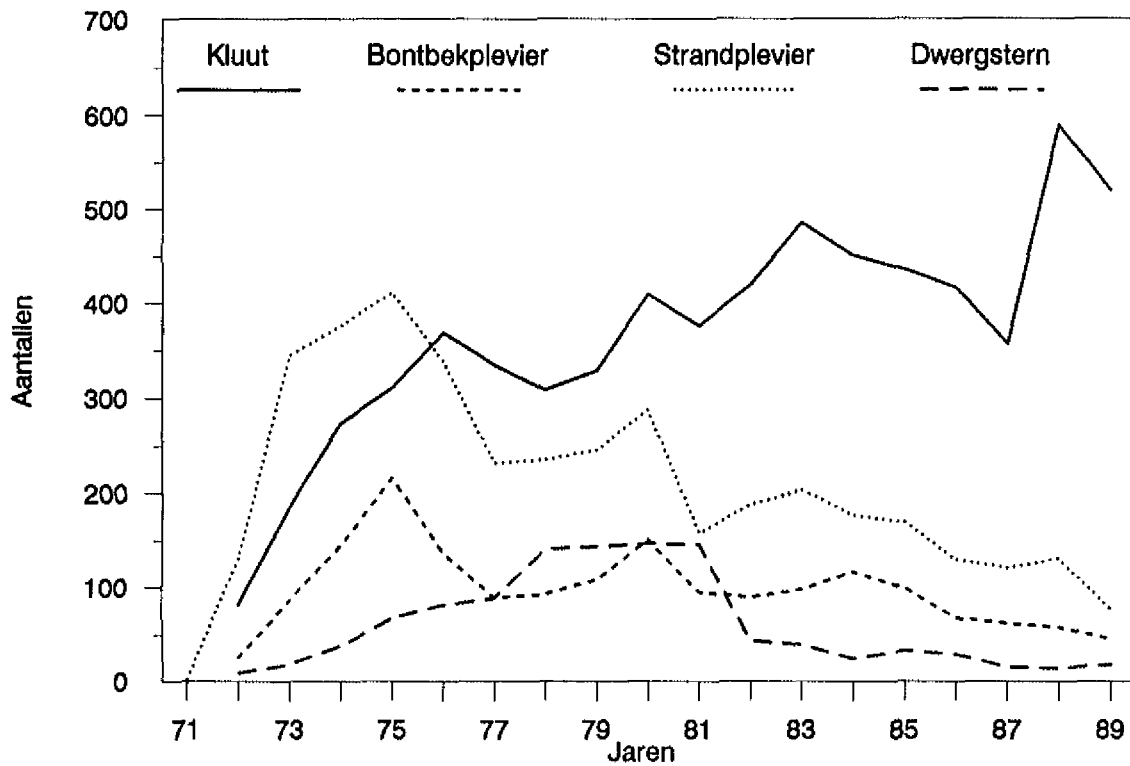


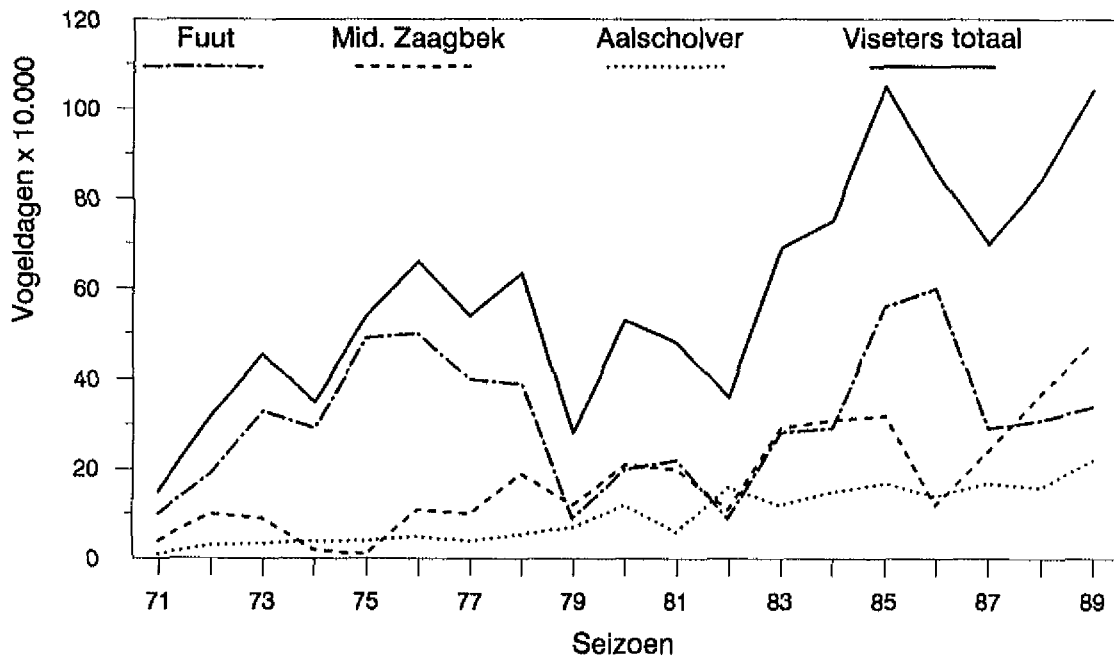
Fig. 20 Vogeldagen bodemdieretende vogels Grevelingen 1971/72 - 1989/90.

uit: lit 15 en 45



uit: lit. 15 en 45

Fig. 21 Aantal broedparen van enkele karakteristieke kust broedvogels in het Grevelingenmeer in 1971-1989.



uit: lit. 15 en 45

Fig. 22 Vogeldagen visetende vogels Grevelingen 1971/72 - 1989/90

fuut en de middelste zaagbek bestaat voor 60% uit grondels. De overige 40% bestaat uit sprut, haring, koornaarvis, stekelbaars en garnaal. Voor 1984/1985 wordt de jaarlijkse visconsumptie door vogels geschat op 257 ton versgewicht.

Voor de plantenetende watervogels is berekend dat halverwege de jaren tachtig het aantal eenden ruwweg was verdubbeld ten opzichte van het aantal in 1971. Het aantal rotganzen en meerkoeften is ongeveer vertienvoudigd.

Het voorkomen van plantenetende vogels zoals de knobbelzwaan en de smient, op het open water van het Grevelingenmeer werd vooral bepaald door het voorkomen van zeegras. Tafeleenden uit het Haringvliet fourageerden 's nachts op zaden van zeegras.

De sterke achteruitgang van het zeegras is van invloed op het aantal aanwezige plantenetende watervogels.

Na de afsluiting van het Krammer-Volkerak in 1987 en de sterke opkomst van waterplanten is dit gebied aantrekkelijk geworden voor veel planten-etende vogels. Hierdoor is er een verplaatsing van een aantal vogels opgetreden van het Grevelingenmeer naar het Krammer-Volkerak. Dit blijkt onder andere uit het hoge aantal knobbelzwanen dat de laatste jaren in het Krammer-Volkerak wordt waargenomen.

Op de drooggevallen gronden fourageren grote aantallen brand- en kolganzen. Wintertalingen profiteren van de aanwezige zeekraalzaden.

Lit.: 11, 14, 32, 45.

De meeste aanwezige flora en fauna is niet afhankelijk van recrutering of import uit de Noordzee. In het Grevelingenmeer hebben zich gemeenschappen ontwikkeld die bij de heersende omstandigheden horen.

Dit geldt niet voor de aanwezigheid van vele vissoorten. Voor verschillende vissoorten betekent het sluiten van de Brouwerssluis in het voorjaar wel een barrière voor recrutering. Het gaat hierbij o.a. om glasaal, jonge platvis, stekelbaars en haring en zomergasten als geep en zeebaars.

Veranderingen in de samenstelling van verschillende soorten organismen vinden (nog) steeds plaats. Dit kan duiden op het feit dat het meer nog steeds in ontwikkeling is.

3.1.2 Oevers

Door het droogvallen van voormalige platen en slikken zijn processen in werking gezet die bepalend zijn voor de successie van de vegetatie op de drooggevallen gronden. Ontzilting is hierbij een sturende factor. De snelheid van veranderingen in de zouthuishouding in de bodem is afhankelijk van een aantal factoren. Hoogteligging, afstand tot het meer, bodemsamenstelling en het weer spelen daarbij een belangrijke rol. De percolatie van regenwater en daarmee samenhangend de snelheid van ontzilting hangt af van de doorlatendheid van de bodem.

Vooral door wind komen peilschommelingen en opwaaiing voor. Grote oppervlakten laagliggende gebiedsdelen worden overspoeld met zout water, waardoor (her)verzilting optreedt. Op de slikken van Flakkee kan bij storm opwaaiing plaatsvinden tot NAP +0,50 m.

In de zomerperiode kan lokaal accumulatie van zout optreden ten gevolge van verdamping en capillaire opstijging. Hierdoor treedt een vorm van herverzilting op. Dit verschijnsel manifesteert zich vooral op in fijnzandige en lutumhoudende bodems.

Ontwikkelingen in de vegetatie worden sterk bepaald door bodemprocessen en de aanwezigheid van gradiënten. In de overgangszone van water naar land is een aantal gradiënten ontstaan: van zout naar zoet, van droog naar nat, kalkrijk-kalkarm, voedselrijk en voedselarm. Des te geleidelijker de gradiënten in de abiotische factoren des te groter zijn de overgangszones van de vegetaties.

Langs de oevers van de drooggevallen gronden wordt een groot aantal vegetatietypen onderscheiden: oevers met rietvegetaties; oevers met een gordel van zoutvegetatie, gevolgd door deels ontzilte grasvegetaties; oevers met een smalle vegetatiezone kenmerkend voor aanspoel-selgordels, eveneens gevolgd door graslandvegetaties. Tevens is een relatief groot areaal aan vegetatie ontstaan, dat karakteristiek is voor vochtige duinvalleien. Het

kalkgehalte in de bodem speelt bij het voorkomen van deze vegetatie een grote rol. Ontkalking verloopt op deze gronden zeer langzaam.

Het voorkomen van riet aan de oevers duidt op het uittreden van zoet water op de betreffende locatie. Natuurwaarden van de oevervegetaties zijn vooral gelegen in kenmerken van een kusthafstelsel. Het voorkomen van zoutminnende, ijle vegetaties, de overgangszones naar graslandvegetaties en vegetaties van vochtige duinvalleien zijn hierbij kenmerkend. In ijle, open vegetaties broeden pioniervogels van de kustzone.

De in de winter optredende inundaties met zout water geven een zekere dynamiek in het zoutgehalte van de bodem. Gordels van aanspoelsel kunnen worden gevormd, waarachter zoet water stagneert. Deze processen zijn van invloed op de ontwikkeling van gradiënten en uiteindelijk op de ontwikkeling van vegetatie. De dynamiek is echter beperkt door het vaste peil.

Ook de aanleg van (voor-)oeververdedigingen heeft lokaal geleid tot een verminderde dynamiek.

Er zijn aanwijzingen dat de overgangzone zout/zoet versmalt. Deze aanwijzingen zijn gebaseerd op verandering van vegetatietypen in de oever-

zone. Gepubliceerde systematische vegetatieopnamen in de tijd ontbreken echter.

In de oeverzone is door het vaste peil de (hydrologische) dynamiek beperkt. Er zijn aanwijzingen dat overgangszones van zout naar zoet versmalt. Hierdoor gaan natuurwaarden verloren. Dit blijkt o.a. uit afname van pioniervogels van de kustzone. Deze afname hangt samen met verandering in de vegetatie.

Lit.: 9, 22, 44, 48, 43, 18..

3.2 Recreatie

Het Grevelingenmeer biedt met het uitgestrekte water- en oevergebied mogelijkheden voor verschillende vormen van recreatie. De belangrijkste zijn: watersport, waaronder plankzeilen en duiksport, hengelsport, verblijfsrecreatie en dagrecreatie.

Een indicatie voor de intensiteit van de recreatievaart geeft het aantal sluispassages bij Bruinisse. Het aantal passages lijkt zich sinds 1985 te stabiliseren rond 50.000 per jaar (fig. 23). Hiermee is deze sluis de op één na drukste recreatiesluis van Nederland.

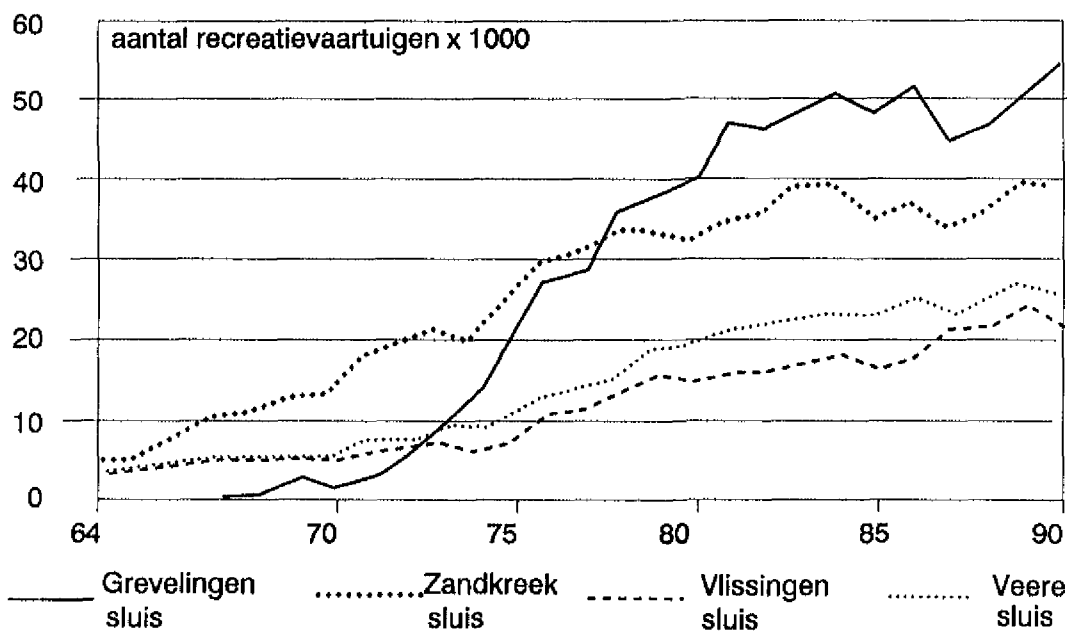


Fig. 23 Aantal passages recreatievaart bij verschillende sluisen in Zeeland.

De aanleg in de zomer van 1990 van De Mosselbank, 2 recreatie-eilanden van respectievelijk 1.3 en 2.4 ha in het oosten van het Grevelingenmeer, vergroot het aantal scheep-vaartbewegingen in dit deel van het meer. Aanleiding tot bouw van de recreatie-eilanden vormde het tekort aan aanlegplaatsen in het oostelijk deel van het Grevelingenmeer. Tevens zou de uitbreiding van aanlegplaatsen op deze speciaal voor de watersport aangelegde eilanden kunnen bijdragen tot een verlichting van de recreatiedruk op de natuureilanden.

In 1990 is het recreatiedorp Port Zélande op de Kabbelarsbank tot stand gekomen. In hoeverre de aantrekkingskracht van Port Zélande en verbetering van de doorvaart van de Krammersluizen een toename van de pleziervaart op het Grevelingenmeer zullen veroorzaken is nog niet duidelijk. Eind 1991 bood het Grevelingenmeer 3045 vaste ligplaatsen in jachthavens. Op korte termijn worden dit 4445. De invloed van de recreatie op de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer is niet onderzocht. Uit een verkenning, verricht door de werkgroep Emissies van de CUWVO, blijkt dat voor de Nieuwkoopse Plassen de bijdrage in de P-belasting vanuit de watersport beperkt is. Bekend is dat de hoge concentratie aan organotinverbindingen veroorzaakt is door gebruik van TBT-houdende anti-fouling verf voor conservering van scheepsrompen.

Het aantal dagrecreanten is sinds 1988 toegenomen, mede door vergroting van de toegankelijkheid van de Grevelingendam vanuit Brabant door de opening van de weg over de Philipsdam in 1988. Tevens hebben de mooie zomers van 1989 en 1990 bijgedragen tot een extra toename van het aantal bezoekers. Het aantal bezoekers wordt thans geschat op ongeveer 750.000 per jaar.

Op een mooie dag in het hoogseizoen worden ca. 1000 zeilplanken geteld. Op topdagen wordt het aantal duikers op 300 geschat.

De sportvisserij in het Grevelingenmeer bestaat uit (boot)visserij op schol, bot en paling en vanaf de Brouwerssluis op trekkende haring. Kort na de afsluiting vormde het Grevelingenmeer een aantrekkelijk gebied voor sportvissers door de grote

hoeveelheden ingesloten platvis en de beschutte ligging van het getijloze Grevelingenmeer.

Door de intensieve bevissing in de eerste helft van de zeventiger jaren (250.000 sportvissersbezoeken per jaar), natuurlijke sterfte en het ontbreken van de mogelijkheid van visintrek liep de platvisstand sterk terug en het Grevelingenmeer werd minder interessant voor de sportvisserij. In de periode tussen 1971 en 1978 is door de Deltafederatie van sportvissers schol, bot, schar en regenhoogforel uitgezet. Na de openstelling van de Brouwerssluis zijn de visuitzettingen gestaakt. Het gebruik van de Brouwerssluis gaf enige intrek van jonge schol. In de winter kunnen de grotere, volwassen schollen weer wegtrekken, waardoor de dichtheid aan schol relatief laag blijft.

Thans zijn er naar schatting 5.000 tot 10.000 visbezoeken per jaar. Om de sportvisserij in het Grevelingenmeer nieuw leven in te blazen is door de Deltafederatie van sportvissers overwogen om salmoniden uit te zetten. Uitzetting van zalm en zeeforel biedt perspectieven voor de opbouw van een voor de sportvisserij aantrekkelijke en in deze omgeving unieke visstand. Inmiddels heeft uitzetting van salmoniden op beperkte schaal plaatsgevonden.

De goede waterkwaliteit, het heldere water, de aantrekkelijke omgeving, het vaste peil en de beschutting door dijken en dammen hebben bijgedragen tot de populariteit van het Grevelingenmeer als recreatiewater. Het aantal recreanten neemt nog toe.

Lit: 24, 46, 20, LNO interne gegevens.

3.3 Visserij

De beroepsvisserij bestaat uit aalvisserij, oesterkweek en oestervisserij.

In het Grevelingenmeer zijn 9 aalvissers actief. Er wordt gevist met fuiken volgens een roulatiesysteem, zodat gunstige locaties in de loop der tijd door alle vissers afzonderlijk kunnen worden bevist. De aalvissers in het Grevelingenmeer zijn in belangrijke mate afhankelijk van de schieraalvangst in het najaar, wanneer het grootste deel van de jaar-

vangst plaatsvindt. Omdat schieraal naar zee wil trekken wordt de sluis in het najaar tijdens schieraaltrek ten behoeve van de aalvisserij regelmatig gesloten.

De aalvangst is in het Grevelingenmeer de laatste jaren sterk afgenomen. Volgens opgave van beroepsaalvissers is de vangst in 1990 met ca. 50% gedaald ten opzichte van de vangsten van voor 1987 (fig. 24). De gestage terugloop van vangst wordt deels veroorzaakt door een slechte glasaalintrek. De glasaalintrek is landelijk gezien de laatste 10 jaar slecht geweest.

Er wordt gestreefd naar een jaarlijkse uitzetting van ca. 2500 kg glasaal in het Grevelingenmeer. Dit streven wordt niet gehaald, door hoge prijzen op de Europese markt. Derhalve wordt intrek van glasaal en aal via de Brouwerssluis van groot belang geacht. De vissluis is continu in bedrijf wanneer de Brouwerssluis gesloten is. Er vindt wel enige intrek plaats van glasaal en andere vissoorten (ongepubl. geg.). Glasaal bevindt zich meestal in de periode februari tot en met juni voor de kust.

In het Grevelingenmeer wordt de vangst aan aal geschat op ca. 8 kg per ha. In het Veerse Meer is dit ca. 20 kg per ha. De uitgangssituatie voor aalvisserij in het Grevelingenmeer is slecht. De intrek van glasaal is beperkt door het ontbreken van een (zoetwater) lokstroom.

Voor de aalvisserij is naast een goede waterkwaliteit de periode van sluisgebruik van groot belang.

De schelpdiervisserij bestaat uit de visserij op wilde oesters en oesterteelt, welke economisch van relatief groot belang is.

Momenteel opereren 16 oesterbedrijven in het Grevelingenmeer, waarvan er 10 zijn gebundeld in de vereniging VERVOEX en 5 in OSTREA. Het 16e bedrijf wordt gevormd door de gezamenlijke aalvissers. Na het wegvallen van de oesterteelt in de Oosterschelde ten gevolge van het voor het eerst voorkomen van de oesterziekte *Bonamia ostreae* in 1980, bood het Grevelingenmeer een goed alternatief. De Zeeuwse platte oester bleek hier uitstekend te gedijen en de teelt van dit schelpdier kende

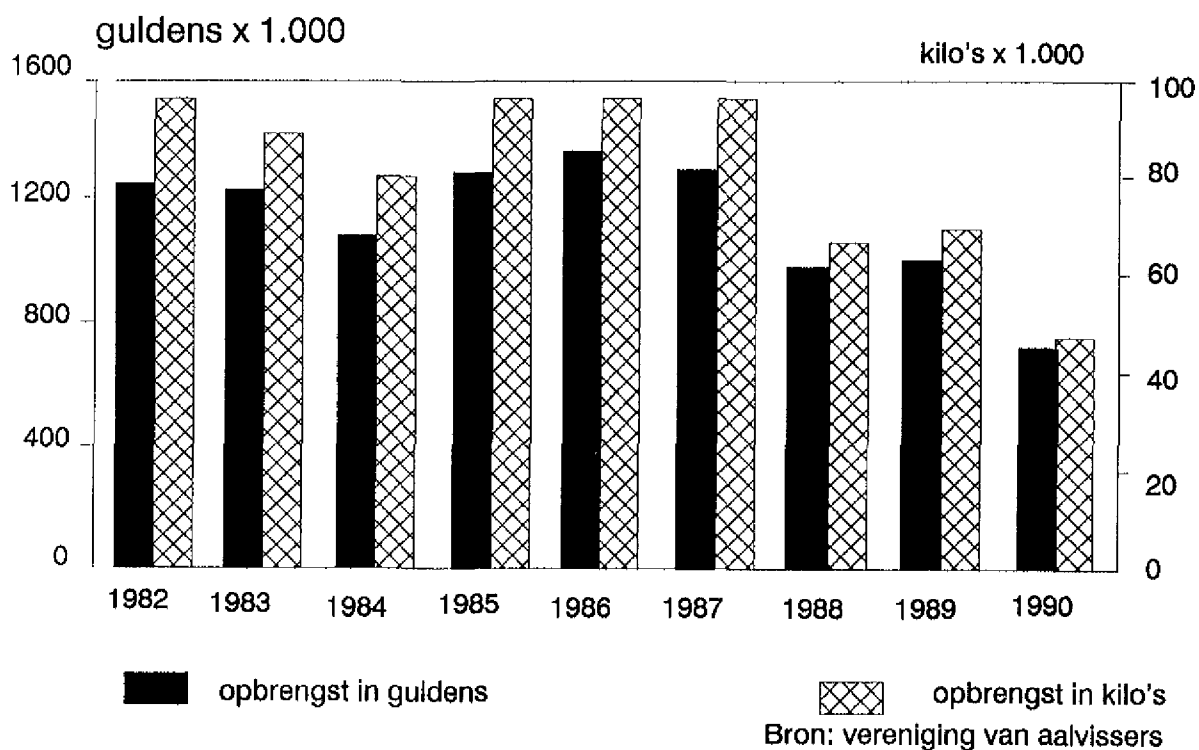


Fig. 24 Opbrengst aal in het Grevelingenmeer.

vanaf die tijd een opgaande lijn. Het Grevelingenmeer was de laatste kweekplaats in noordwest Europa waar aanzienlijke hoeveelheden van de platte oester konden worden gekweekt die vrij waren van parasiet *Bonamia ostreae*. In het najaar van 1988 is de parasiet aangetroffen in het Grevelingenmeer. Ondanks pogingen om de mogelijke infectiehaard te isoleren en te verwijderen bleek de infectie niet te stoppen. In 1990 is in proefpercelen van het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO) tot 95% sterfte van de oesters geconstateerd. Van het restant is een deel besmet met de parasiet. Over het verdere verloop van de oesterziekte en de toekomst van de teelt van de Zeeuwse platte oester kan alleen maar gespeculeerd worden. Onderzoek zal gericht zijn op het vinden van een resistente stam. Herstel van de traditionele teelt van de Zeeuwse platte oester wordt vooralsnog niet verwacht. Mogelijk zal moeten worden overgeschakeld op andere teelttechnieken en/of andere producten.

De Grevelingen speelt momenteel geen rol als leverancier voor de winning van mosselzaad. Dit komt door het ontbreken van mosselzaad in noemenswaardige hoeveelheden en doordat het belang voor de oesterteelt maatgevend was. Bij een grote zaadval van mosselen kan niet uitgesloten worden dat in het Grevelingenmeer op mosselzaad gevist kan worden.

Het zoute water, de goede waterkwaliteit, de beperkte stratificatie, de beschutte ligging en de relatief hoge primaire productie maken schelpdiercultures in beginsel mogelijk. De kweek van de Zeeuwse platte oester is op het ogenblik in commercieel aantrekkelijke hoeveelheden niet mogelijk vanwege *Bonamia ostrea*.

Lit: 15, 30, interne gegevens RIVO (RIOP-project).



Onderwaterleven in het Grevelingenmeer. Foto: Bureau Waardenburg.

analyse waterbeheer grevelingenmeer

4. BEHEER EN DUURZAAMHEID

4.1 Aanpak

Een duurzaam gezond functionerend ecosysteem is bepalend voor zowel de functie natuur als voor de overige functies. Dit gegeven is uitgangspunt in de beoordeling van alternatieven voor het waterbeheer. Daarnaast bestaan er wensen vanuit de verschillende functies. Het gaat hierbij om wensen die een relatie hebben met het sluisgebruik. De wensen vanuit de functies zijn richtinggevend voor het opstellen van beheersalternatieven (zie paragraaf 5).

4.2 Duurzaamheid

Het duurzaam gezond functioneren van het Grevelingenmeer kan alleen bereikt worden door het scheppen of handhaven van de milieucondities, waarbij ook op langere termijn de economische en ecologische waarden van het systeem gewaarborgd zijn. Tevens bevat de term duurzaamheid een element van zelfregulatie. De omstandigheden moeten zodanig zijn dat het systeem niet snel uit het evenwicht wordt gebracht of steeds bijgestuurd moet worden: het resultaat van het beheer moet een zekere mate van robuustheid vertonen. In tegenstelling tot de zoete wateren bestaat er voor zoute wateren geen norm voor de basis-kwaliteit. Dit betekent dat voor het Grevelingenmeer gezocht moet worden naar adequate streefwaarden of criteria.

Het zoutgehalte, de mate van stratificatie en het zuurstofloos bodemoppervlak, de mate van verontreiniging en het trofieniveau zijn hierbij sturende milieuparameters. Voor deze parameters worden criteria opgesteld.

Een voor de uitvoering van het beheer belangrijk uitgangspunt is dat het beheer eenvoudig en eenduidig uitgevoerd moet kunnen worden.

Bij de beoordeling van de alternatieven voor het waterbeheer staat het gezond ecologisch functioneren van het Grevelingenmeer centraal. Wensen vanuit gebruiksfuncties zijn aanvullend. Het beheer moet operationeel eenvoudig uitgevoerd kunnen worden.

4.2.1 Zoutgehalte en stratificatie

Bij de keuze voor een zout Grevelingenmeer is uitgegaan van een zo hoog mogelijk zoutgehalte. Bij dit hoge zoutgehalte zou voortplanting van schol in het Grevelingenmeer tot de mogelijkheden behoren. Voortplanting van schol vindt niet plaats in het Grevelingenmeer. Hierdoor kan het chloridegehalte ter discussie worden gesteld. Voor de ontwikkeling of handhaving van een marien ecosysteem is een chloridegehalte van minimaal 13 g Cl⁻/l voldoende. Een hoger zoutgehalte geeft een hogere diversiteit. De beste uitgangssituatie voor het Grevelingenmeer wordt bereikt door het zo beperkt mogelijk houden van stratificatie. Dit kan worden gerealiseerd door de chloridestratificatie zo beperkt mogelijk te houden. Het chloridegehalte van het Noordzeewater voor de Brouwerssluis bedraagt in de regel meer dan 16 g Cl⁻/l (fig. 25).

Bij een verschil groter dan 0,5 g Cl⁻/l neemt de kans op stabiele stratificatie snel toe, afhankelijk van de weersomstandigheden. Een zoutgehalte dat overeenkomt met het zoutgehalte van het water op de Noordzee voor de Brouwerssluis geeft de beste uitgangssituatie voor het uitwisselen of doorspoelen. Een constant hoog chloridegehalte van groter of gelijk aan 16 g Cl⁻/l voldoet om de doelstelling van beperkte stratificatie te bereiken.

In de praktijk is gebleken dat sturing van de uitwisseling op een chloridegehalte van 16 g Cl⁻/l goed te realiseren is.

Een hoog zoutgehalte (groter of gelijk aan 16 g Cl⁻/l) met geringe fluctuaties biedt de beste uitgangssituatie voor een duurzaam functionerend zout Grevelingenmeer.

Lit.: 5, 19, 10.

4.2.2 Zuurstofloosheid en stratificatie

Voor de beoordeling van de mate van stratificatie is de diepte van de spronglaag en de stabiliteit van de stratificatie bepalend. Tijdens warme perioden met weinig wind wordt bij het huidige beheer maximaal ca. 5% van het bodemoppervlak zuurstofloos. De

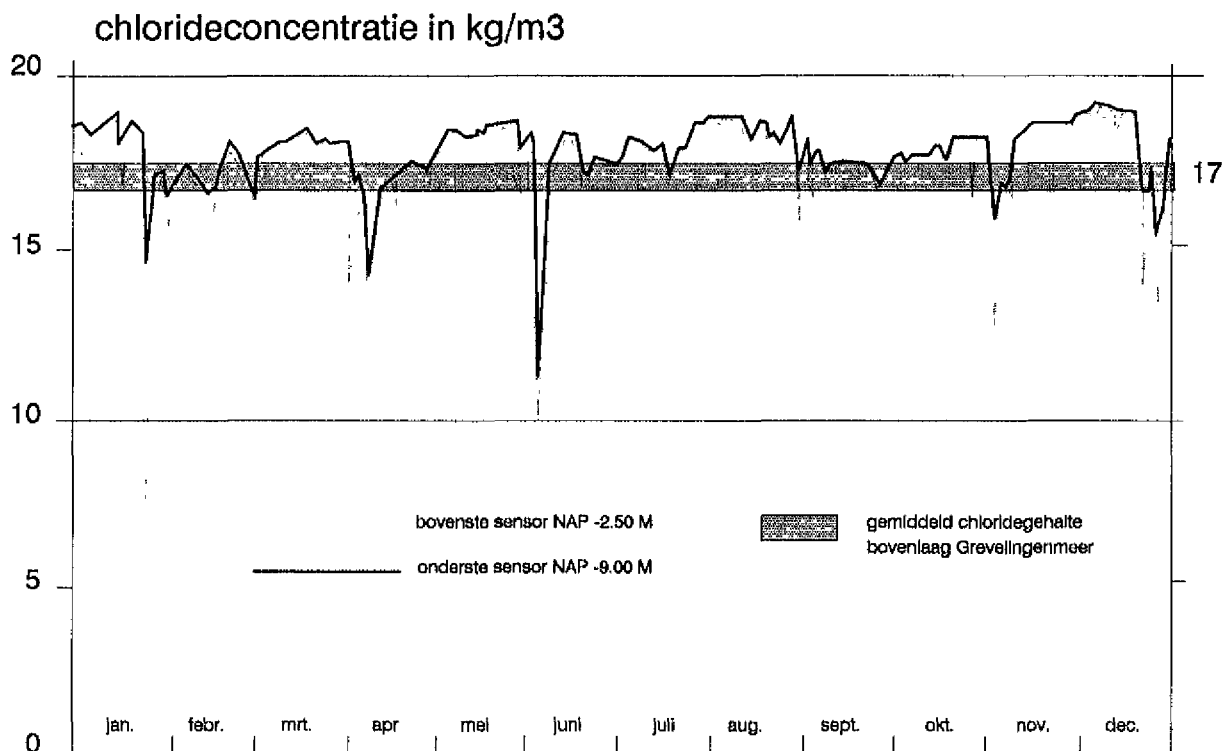


Fig.25 Chloridegehalte van het Noordzeewater voor de Brouwersluis voor een normaal jaar.

maatgevende sprongdiepte ligt dan op ca. 15 meter diepte. De stratificatie beperkt zich tot diepste putten bij Scharendijke en Den Osse (paragraaf 2.3.6). Stratificatie in de diepe putten kan bij de gegeven inrichting niet worden voorkomen. Stratificatie is een normaal verschijnsel in een diepe put met weinig stroming.

Bij een spronglaagdiepte minder dan ca. 13 meter komt de zuurstofloze laag over de zedels van diepste putten en verplaatst zich over de andere diepere delen. Hierdoor zal het zuurstofloos oppervlak zich snel kunnen uitbreiden. Bij een spronglaagdiepte van ca. 13 meter kan ca. 14% van het totale bodemoppervlak zuurstofloos worden. Een gevaar bij een dergelijke situatie is het feit dat de diepteligging van de spronglaag niet meer beheerst kan worden.

Als criterium voor een duurzaam functionerend Grevelingenmeer wordt een maximum van 5% zuurstofloos bodemoppervlak gehanteerd. Hierbij bevindt zich de maatgevende spronglaag op 15 meter diepte.

Lit.: 10, 47, 49, Rijkswaterstaat, interne gegevens.

analyse waterbeheer grevelingenmeer

4.2.3 Voorkomen van verontreiniging

Verontreiniging komt vooral het systeem binnen via havens die lokaal worden verontreinigd of via het polderwater. Door het huidige waterbeheer wordt de water- en bodemkwaliteit van het Grevelingenmeer niet ongunstig beïnvloed.

De bodem van sommige havens zal gesaneerd moeten worden. Tevens worden maatregelen genomen die in het kader van WVO-regelgeving en -handhaving vallen. In (jacht-)havens en de sluis in de Grevelingendam zullen de komende jaren maatregelen worden genomen voor het aanbrengen van voorzieningen voor het inzamelen van bilgewater, olie en ander afval, voor zover dat nog niet is gebeurd. Onderhoudsactiviteiten aan schepen, zoals het stralen en schilderen zijn aan milieuvoorschriften gebonden. Het gebruik van TBT voor schepen kleiner dan 25 meter is sinds januari 1990 verboden.

Een duurzaam functionerend systeem is gebaat bij een zo laag mogelijk verontreinigingsniveau. Voorkoming van verontreiniging in het Grevelingenmeer geschiedt grotendeels via WVO-maatregelen.

4.2.4 Trofieniveau: concentratie voedingsstoffen

De concentratie aan voedingsstoffen is in het Grevelingenmeer relatief laag. De concentratie aan stikstof en vooral ortho-fosfaat is de laatste 10 jaar afgenomen.

Hoge concentraties aan algen ontbreken, deels door de lage concentratie aan voedingsstoffen en deels door de grote graasdruk, welke door bodemdieren wordt uitgeoefend. Ongewenste algensoorten, zoals *Phaeocystis pouchetii* en toxische dinoflagellaten zijn niet in hinderlijke concentraties aanwezig. Er is geen uitbundige groei van zeesla en draadwieren. De belasting van de bodem met organisch materiaal is beperkt, waardoor de zuurstofvraag nabij de bodem beperkt blijft. Wel bestaat er de hypothese dat het lage nutriëntengehalte en lage algenconcentraties de slechte groei en broedval van mosselen veroorzaakt en mogelijk de conditie van het zeegras negatief beïnvloedt.

Het duurzaam functioneren van het Grevelingenmeer lijkt vooralsnog de beste kansen te hebben bij een laag trofieniveau (= gelijk of lager dan huidig niveau). Een hogere primaire productie kan het gevaar inhouden dat er een extra zuurstofvraag nabij de bodem optreedt door bezinking van dood organisch materiaal. In het Veerse Meer wordt bijvoorbeeld door het hoge trofieniveau tijdens een gestratificeerde toestand in warme zomers ca. 25% van het bodemoppervlak zuurstofloos.

Een beheer, gericht op een laag nutriëntengehalte biedt de beste kansen voor een duurzaam gezond functionerend ecosysteem.

Lit.: 3, 56.

5. WENSEN EN BEHEERSALTERNATIEVEN VANUIT DE FUNCTIES

5.1 Beheersalternatieven vanuit de functie natuur

5.1.1 Water

Uit paragraaf 3.1 blijkt dat het Grevelingenmeer een aantal natuurwaarden en ontwikkelingen kent, die niet direct afhankelijk zijn van het sluisgebruik. Een uitzondering hierop vormt het voorkomen van verschillende vissoorten. In het voorjaar (en de zomer) is er een (potentiële) intrek van verschillende vissoorten. Deze trekbeweging wordt geblokkeerd door een gesloten sluis.

In het Grevelingenmeer zijn nog steeds autonome ontwikkelingen gaande. Deze zijn niet alle als zodanig bekend, evenals de relatie met milieucondities (paragraaf 3.1.1). In het streefbeeld worden derhalve *hoofddijnen aangegeven*.

Streefbeeld voor het Grevelingenmeer is een zout productief meer met een hoog doorzicht. De oevers kenmerken zich door open zouttolerante vegetaties met brede overgangszones naar meer grazige vegetaties van ontzilte bodems. Er is geen sterke algenbloei. Het nutriëntengehalte is laag.

Het water is gedurende het gehele jaar tot minimaal 15 meter diepte zuurstofrijk. Een omvangrijke populatie aan filtrerende bodemdieren is hierdoor mogelijk. De filtrerende bodemdieren grazen een groot deel van de fytoplanktonproductie weg. Hierdoor blijft het doorzicht hoog.

Uitgestrekte zeegrasvelden kunnen voorkomen en een voedselbron vormen voor waterplantenetende vogels. De visstand kenmerkt zich door het voorkomen van veel kleine vissoorten. Migratie van vis en andere organismen is mogelijk omdat de Brouwerssluis open staat. Op en rond het meer komen in het najaar grote aantallen visetende vogels voor.

Het zoutgehalte is voldoende hoog (minimaal 13 gr Cl⁻/l) voor de ontwikkeling van een stabiel marien ecosysteem. Een hoger chloridegehalte geeft naar *verwachting een hogere diversiteit*.

Omdat de (directe) relatie tussen sluisbeheer en ontwikkelingen in flora en fauna in een groot aantal gevallen niet bestaat of niet duidelijk is, zijn niet alle wensen te vertalen in beheersmaatregelen.

Voor de natuur lijkt uitwisseling of doorspoeling gedurende het gehele jaar het beste perspectief te bieden.

Het chloridegehalte voor een mariene gemeenschap moet minimaal 13 gr Cl⁻/l bedragen. Een hoger chloridegehalte geeft een hogere diversiteit.

Lit.: 40.

5.1.2 Oevers

Voor oevers bestaat de wens voor het handhaven c.q. ontwikkelen van een groot areaal aan oevergebieden waar zich onder invloed van het zoute water natuurlijke processen kunnen afspelen die horen bij het kusthafsysteem. Handhaving van brede overgangszones tussen zout/zoet en een grotere dynamiek van het water in de oeverzone is gewenst.

Voortschrijdende ontziltiging en het ontbreken van dynamiek in het peil zijn van (negatieve) invloed op de overgangszones. Met een fluctuerend peilbeheer zijn er mogelijkheden om de oeverzone te beïnvloeden. Een tijdelijke peilopzet lijkt een effectieve maatregel om een brede overgangszone te waarborgen en de dynamiek te vergroten.

Met het behoud c.q. uitbreiding van overgangszones en de zoutminnende vegetaties blijven er broedmogelijkheden voor pioniervogels uit het kustmilieu (par. 3.1.1). Gelet op het verdwijnen van het broedbiotoop voor deze soorten in noordwest Europa ligt hier een speciaal belang.

De mogelijke voordelen van een peilopzet dienen te worden afgezet tegen de nadelen, zoals erosie, kans op schade.

Peilopzet zal als een aparte optie, los van de beheersalternatieven, worden benaderd.

Voor de wens van handhaving of uitbreiding van (brede) overgangszones in de oevers lijkt een tijdelijke peilopzet gunstig.

Om de kans op schade zo klein mogelijk te houden

zal een peilopzet bij rustig weer (weinig wind) moeten plaatsvinden. Bij rustig weer is een peilopzet van 40 cm vanuit het oogpunt van natuur minimaal vereist. Hierdoor kunnen flauw hellende oevers worden overspoeld, welke bij de overheersende windrichting en het normale peil niet worden beïnvloed. Een geringere peilopzet heeft minder effect en een hogere peilopzet maakt de kans op schade te groot.

Hoewel het effect van een peilopzet op verzilting van de bodem in de nazomer het grootst is, wordt een peilopzet in het vroege voorjaar buiten het broedseizoen gunstiger ingeschat met het oog op de vegetatie-ontwikkeling. Verzilting van de bodem ten gevolge van een peilopzet in de nazomer wordt waarschijnlijk door de herfstregens in korte tijd weer teniet gedaan.

Voor verkenning van de peilopzet wordt uitgegaan van een inundatie van ca. 1 week, exclusief de tijd die nodig is voor opzet en aflat.

Voor het peil wordt een opzet van 40 cm gedurende ca. 1 week in een periode van rustig weer in het vroege voorjaar (buiten het broedseizoen) voorgesteld.

Lit.: 12, 48, 9.

5.2 Beheersalternatief vanuit de functie recreatie

Voor de recreatie is handhaving van de huidige toestand gewenst: geen stank door rottende planten, goede bereikbaarheid van de oevers, voldoende open water zonder hinder van vegetatie en een goede waterkwaliteit, waarbij met name de helderheid gewaardeerd wordt. Ter voorkoming van schade aan recreatievoorzieningen is een vast peil gewenst. Goede bereikbaarheid van de oevers hangt samen met een vast peil. Het peil zal voor deze functie niet verder in beschouwing genomen worden. De wens voor een doorvaartverbinding met de Noordzee valt buiten de bandbreedte van deze verkenning.

In feite bestaat alleen vanuit de sportvisserij een duidelijke wens: herstel of het scheppen van een voor de sportvisserij aantrekkelijke visstand. Als referentie voor een aantrekkelijke visstand wordt hierbij een vangst van 6 (plat)vissen per visbezoek (ca. 6 uur) gehanteerd.

Herstel van een platvisstand zoals die aangetroffen werd direct na de afsluiting is niet mogelijk. Naar schatting kan maximaal 10 tot 15% van de scholstand van 1971 worden bereikt.

Uitzetting van salmoniden, met name Zeeforel en Atlantische Zalm, lijkt perspectieven te bieden. Een gesloten sluis biedt goede mogelijkheden voor het binnen houden van uitgezette vis. Ook het huidige beheer biedt mogelijkheden. Een proefuitzet moet duidelijkheid geven in de effecten van uitzetting van salmoniden en de mogelijkheden welke het Grevelingenmeer biedt voor de betreffende salmoniden. Vraagpunten voor een proefuitzet zijn geformuleerd door de "Werkgroep Salmoniden". De vraagpunten zijn onder andere gericht op de overleving van de salmoniden, de kwantificering van uittrek, het menu van de salmoniden in het Grevelingenmeer, de rol van de vis als voedselconcurrent van visetende vogels en mogelijke extra verstoring in het meer ten gevolge van toename sportvissers. Inmiddels zijn 15.000 zeeforellen uitgezet, zonder dat er begeleidend onderzoek wordt uitgevoerd.

Vanuit de waterrecreatie bestaan geen aanvullende wensen voor het waterbeheer. Voor de sportvisserij biedt het huidige beheer of een beheer met minimaal doorspoelen of uitwisselen mogelijkheden voor opbouw van een salmonidenbestand.

Lit.: 24, 53.

5.3 Beheersalternatief vanuit de beroepsvisserij

Vanuit de aalvisserij bestaat de wens de intrek van glasaal (periode februari tot juni) en de intrek van rode aal (zomerperiode) zo groot mogelijk te maken en het wegtrekken van schieraal te minimaliseren. De uittrek van schieraal vindt vooral plaats in de periode september-december, met name in de periode tussen volle en nieuwe maan tussen zonsopgang en middernacht. Ook tijdens donker stormachtig weer kan schieraaltrek plaatsvinden. Met de uittrek van schieraal wordt in de praktijk van het sluisbeheer al zoveel mogelijk rekening gehouden: tijdens de schieraaltrek is de sluis in de regel gesloten. Het vergroten van de intrek van glasaal

kan gebeuren door langer in het voorjaar te blijven uitwisselen of doorspoelen en door de aanleg van een lokstroom.

Bij een lager chloridegehalte van het Grevelingenmeerwater ten opzichte van het zeewater wordt een lokstroom gevormd bij het spuien. Indien het Grevelingenmeerwater als lokstroom fungeert, is voor de import van glasaal uitwisselen gunstiger dan west-oost doorspoelen. Bij doorspoelen in west-oostrichting is er geen lokstroom aan de kust en is er slechts sprake van passieve import van glasaal vanuit de Noordzee.

Grote aantallen kwallen en zwemkrabben zijn hinderlijk voor de fuikvisserij. In het najaar treedt soms overlast op van kwallen en zwemkrabben. Een gesloten sluis kan deze overlast voorkomen, daar de kwallen en zwemkrabben van de Noordzee afkomstig zijn.

Tabel 5 Samenvatting van de alternatieven ten aanzien van het gebruik van de doorlaatmiddelen per functie

Tabel 5	
functie	alternatieven t.a.v. gebruik doorlaatmiddelen
natuur	- maximalisatie van de periode van uitwisseling of doorspoeling - tijdelijke peilopzet
recreatie	- huidig beheer of minimalisatie van uitwisseling of doorspoeling (voor salmoniden)
visserij	- maximalisatie van de uitwisseling of doorspoeling; echter gesloten in de periode tussen augustus en januari

Voorkomen van *Bonamia ostreae* is als wens geuit vanuit de oesterteelt. Dit was ingegeven door mogelijk gebruik van de hevel waardoor Oosterscheldewater ingelaten zou worden. De wens is inmiddels achterhaald: de parasiet is inmiddels in het Grevelingenmeer aanwezig. Bovendien is oost-west doorspoelen niet mogelijk bij de huidige inrichting.

Voortvloeiend uit de wens vanuit visserij geldt het alternatief maximalisatie van de uitwisseling, echter gesloten in de periode tussen augustus en januari.

Tevens is een lager chloridegehalte gewenst. Een zo laag mogelijk chloridegehalte biedt de mogelijkheid van een lokstroom voor glasaal bij uitwisselen.

5.4 Samenvatting beheersalternatieven per functie

De geformuleerde alternatieven moeten worden beschouwd als uitgangspunten voor verkenning van verschillende beheersmogelijkheden. Afhankelijk van de resultaten van de verkenningen kunnen de alternatieven nog aangepast worden.

Met behulp van de modelsimulaties zullen verschillende alternatieven worden verkend. De resultaten van de simulaties zullen worden getoetst aan de criteria.

Voor minimaal uitwisselen is een periode van 2 maanden in de winter als uitgangspunt gekozen. Voor maximaal uitwisselen of doorspoelen is het gehele jaar genomen.

6. BEOORDELING VAN DE ALTERNATIEVEN

Een afweging van de verschillende beheersalternatieven vindt plaats op basis van verschillende in hoofdstuk 4 geformuleerde criteria ten aanzien van de duurzaamheid. Met behulp van de modellen STRESS en ECOLUMN zijn het chloridegehalte, de stratificatie en de stikstofhuishouding voor de verschillende alternatieven gesimuleerd. Hiermee wordt de beheersruimte verkend. Tevens is een eindbeoordeling van de alternatieven gegeven.

6.1 Duurzaamheid

6.1.1 Stratificatie en zoutgehalte

INTERMEZZO: STRESS

Met het stratificatiemodel STRESS kan de stratificatie ten gevolge van temperatuurverschillen en verschillen in concentratie aan opgeloste stoffen worden beschreven.

STRESS staat voor STRatificatie in REServoirS. Onder reservoirs worden natuurlijke of kunstmatige meren verstaan.

Peilvariaties, belastingen, onttrekkingen, alsmede neerslag, verdamping en andere meteo-informatie worden door het model verdisconteerd. Met het model STRESS kan voor verschillende vormen van sluisbeheer in het Grevelingenmeer het verwachte chloridegehalte en de optredende stratificatie beschreven worden.

Simulaties met het stratificatiemodel STRESS zijn bepaald met polderwater- en meteorologische gegevens van een normaal jaar (1981) en een jaar met een nat en warm voorjaar (1983).

De extra inlaat (en uitlaat) ten behoeve van de peilvariatie is niet van invloed op het uiteindelijke chloridegehalte en de spronglaagdiepte.

De effectiviteit van de menging van de bovenlaag blijkt bij de berekeningen voor doorspoelen of uitwisselen even groot. Derhalve zal in het vervolg geen onderscheid worden gemaakt tussen uitwisselen en doorspoelen.

Tabel 6 geeft in een vereenvoudigde vorm de resultaten van de STRESS-berekeningen. Bij het alternatief van minimaal uitwisselen is de kans op uitbreiding van het zuurstofarme oppervlak groter dan bij het huidige beheer. De omvang van het risico is moeilijk te bepalen. Bij uitwisselen volgens het huidige beheer blijft de spronglaag dieper dan ca. 15 meter.

Tabel 6 Effecten van de verschillende alternatieven op het chloridegehalte en de spronglaagdiepte volgens STRESS-simulaties

Tabel 6			
beheersalternatieven	chloridegehalte	diepte (m) spronglaag	criteria
huidig beh. uitw	> 15,5	16-18	spronglaag > 15 m
minimaal uit *	14,5-15,5	13-18	
maximaal uitw **	> 15,5	14-18	chloridegeh
			> 16 g Cl ⁻ /l

*minimaal=januari, februari en januari, februari, maart

**maximaal=jaarrond

Aanvullend zijn enkele simulaties uitgevoerd. Hier is de periode van minimaal uitwisselen uitgebreid naar december en naar december en april. Deze uitbreiding leidt tot vrijwel gelijke waarden van het chloridegehalte en spronglaagdiepte als geconstateerd bij de alternatieven uitwisselen of doorspoelen".

Uit deze resultaten kan worden opgemaakt dat met name uitwisseling in de najaarsperiode van invloed is op de uiteindelijke ligging van de spronglaag.

Om meer inzicht te krijgen wat de gevolgen zijn van langdurige sluiting van de Brouwerssluis voor het chloridegehalte en de spronglaagdiepte is met het model onderzocht wat het betekent voor het chloridegehalte en spronglaagdiepte wanneer de sluis 3 jaar gesloten blijft. Dit alternatief is beschouwd naar aanleiding van het gegeven dat een gesloten sluis goede mogelijkheden biedt voor de uitzet van vis (paragraaf 5.2). Uit de modelresultaten blijkt dat het chloridegehalte van de bovenlaag in die periode daalt tot een concentratie van 11-14 g Cl/l. De spronglaag komt op tot ca. 12 meter, hetgeen kan leiden tot een zuurstofloos oppervlak van ca. 15%. Een dergelijke situatie wordt negatief beoordeeld.

Uit het voorgaande kan het volgende worden geconcludeerd:

Doorspoelen is niet effectiever dan uitwisselen. Ten aanzien van het chloridegehalte scoren alle alternatieven goed.

Ten aanzien van de spronglaagdiepte scoort het huidige beheer het beste, minimaal uitwisselen het slechtst. Bij maximaal uitwisselen neemt de kans op problemen ten gevolge van stratificatie iets toe.

Lit.: 10.

6.1.2 Stratificatie en zuurstofloosheid

Een zuurstofloos bodemoppervlak van ca. 5% wordt als een normaal gegeven beschouwd in de zomer. Stratificatie en zuurstofloos bodemoppervlak vertonen een nauwe samenhang.

Ondiepe stratificatie leidt tot een groter bodemoppervlak met zuurstofarmoede. Derhalve scoren de alternatieven "minimaal en maximaal uitwisselen" minder goed ten aanzien van dit aspect dan het alternatief "huidig beheer".

Voor het aspect zuurstofloos bodemoppervlak geldt een overeenkomstige score als voor stratificatie. Ten aanzien van zuurstofloos bodemoppervlak scoort het huidige beheer het beste.

6.1.3 Concentratie voedingsstoffen: het model ECOLUMN

INTERMEZZO: ECOLUMN

Het wiskundige model ECOLUMN beschrijft aspecten van het ecologisch functioneren van het Grevelingenmeer. Hierbij staat de stikstofhuishouding centraal, omdat stikstof bepalend is voor de productiviteit in het Grevelingenmeer. Naast stikstof is ook de silikaathuishouding in het model verwerkt. De beschikbaarheid aan silikaat bepaald het aandeel van diatomeeën in de totale samenstelling van fytoplankton.

Met het model kunnen beheersvarianten voor het Grevelingenmeer worden vergeleken. De simulaties met ECOLUMN geven inzicht in de productiviteit van planktonische en bodemalgen, nutriënten-concentraties in water en bodem en andere aspecten van de nutriëntenkringloop.

Het model moet worden beschouwd als een benadering van de werkelijke situatie. De resultaten van de modelberekeningen moeten dan ook als indicatief worden beschouwd.

Conform de simulaties met STRESS zijn met waterkwaliteit- en waterkwantiteitgegevens van 1981 (normaal jaar) en 1983 (extreem jaar met nat en warm voorjaar) simulaties voor de verschillende alternatieven uitgevoerd.

6.1.4 Een verkenning van grenzen

In tabel 7 en figuur 26 staan de resultaten van de ECOLUMN-simulaties voor de verschillende alternatieven in vereenvoudigde vorm weergegeven. Voor het overzicht zijn vaste waarden gegeven en geen bandbreedtes van waarden, zoals bij de oorspronkelijke modelresultaten. Er wordt in het model geen onderscheid gemaakt tussen doorspoelen en uitwisselen.

Tabel 7 Mediane zomer-(z) en wintergemiddelde(w) concentraties van $\text{NH}_4\text{-N}$ (g/m^3), $\text{NO}_3\text{-N}$ (g/m^3), SiO (g/m^3) en chlorofyl-a (mg/m^3) voor 1983.

Tabel 7								
	NH4N		NO3-N		SiO		chlorofyl-a	
	z	w	z	w	z	w	z	w
huidig beheer	0,03	0,12	0,09	0,46	0,23	0,78	4,0	0,9
maximaal uitw	0,04	0,13	0,12	0,50	0,21	0,65	5,3	0,10
minimaal uitw	0,03	0,11	0,09	0,43	0,23	0,88	3,9	0,9

maximaal uitw = gedurende het gehele jaar uitwisselen

minimaal uitw = uitwisselen in januari t/m maart

De verschillen voor de meeste beschouwde parameters zijn klein. Hieruit blijkt de robuustheid van het systeem voor de verschillende alternatieven. Het alternatief, waarbij minimaal wordt uitgewisseld leiden tot de laagste ammonium- en nitraatgehalten en de laagste concentratie en productie van het fytoplankton (behalve diatomeeën), het alternatief waarbij de sluis het langste open staat leiden tot de hoogste stikstofgehalten en de hoogste concentratie en productie van het fytoplankton (fig. 26).

Tevens geeft het alternatief waarbij minimaal wordt uitgewisseld hogere concentraties aan silicium, een verlaagd chlorofyl-a-gehalte en een relatief groter aandeel van de diatomeeën ten opzichte van het overig fytoplankton.

Een alternatief waarbij de toevoer van detritus naar de bodem zo klein mogelijk is moet gunstig worden beoordeeld. Dan vindt de minste accumulatie plaats van afbreekbaar organisch materiaal en is de (potentiële) zuurstofvraag beperkt. De hoe-

veelheid refractair stikstof is indicatief voor de totale toevoer van detritus naar de bodem.

Hoewel er geen berekeningen zijn uitgevoerd naar de zuurstofvraag bij een verhoogde primaire productie, kan worden gesteld dat voor het beperkt houden van het zuurstofarme bodemoppervlak onder de spronglaag een lage primaire productie de beste uitgangssituatie biedt.

Het gegeven dat het Grevelingenmeer een mesotroof meer is benadrukt de bijzondere toestand waarin het meer verkeert.

Naast berekeningen met de beheersalternatieven is een verkenning van de gevoeligheid van het systeem uitgevoerd. Variabelen zijn hierbij verandering in graasdruk door filtrerende bodemdieren of belasting met nutriënten. Hiertoe zijn enkele simulaties uitgevoerd bij een verdubbeling respectievelijk halvering van de belasting met nutriënten en een verdubbeling en halvering van de graasdruk (fig. 27).

Deze verkenning kan in het licht worden gezien van mogelijke veranderingen in het schelpdierenbestand (oesterteelt), meststoffenbesluit (verhoging mesttoevoer in Zeeland) of het bereiken van de doelstellingen van het Rijnactieplan of Noordzeeactieplan (reductie nutriënten).

Bij de interpretatie van de resultaten moet worden beseft dat de gepresenteerde waarden indicatief zijn. Niet alle ecologische processen zijn in het model verwerkt. Bij verdubbeling van het aantal filterfeeders bijvoorbeeld wordt de voedselvoorziening een probleem.

Halvering van de stikstofbelasting leidt tot een

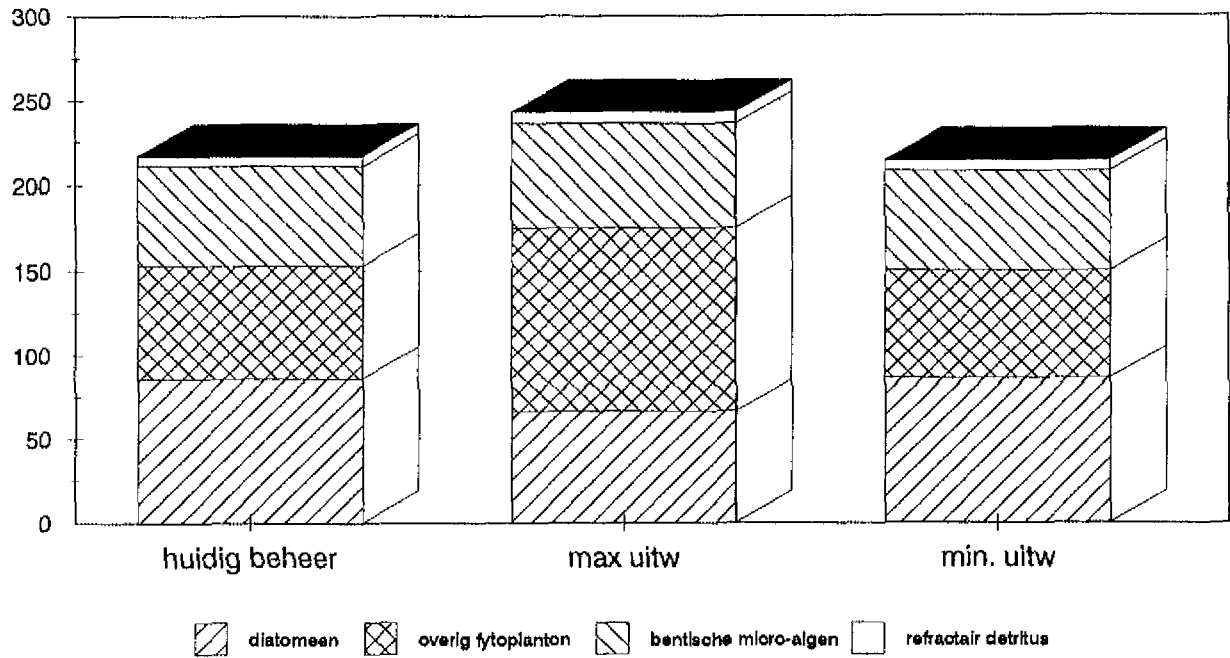
primaire produktie gr C/m²/jr

Fig .26 Berekende primaire produktie voor de beheersalternatieven.

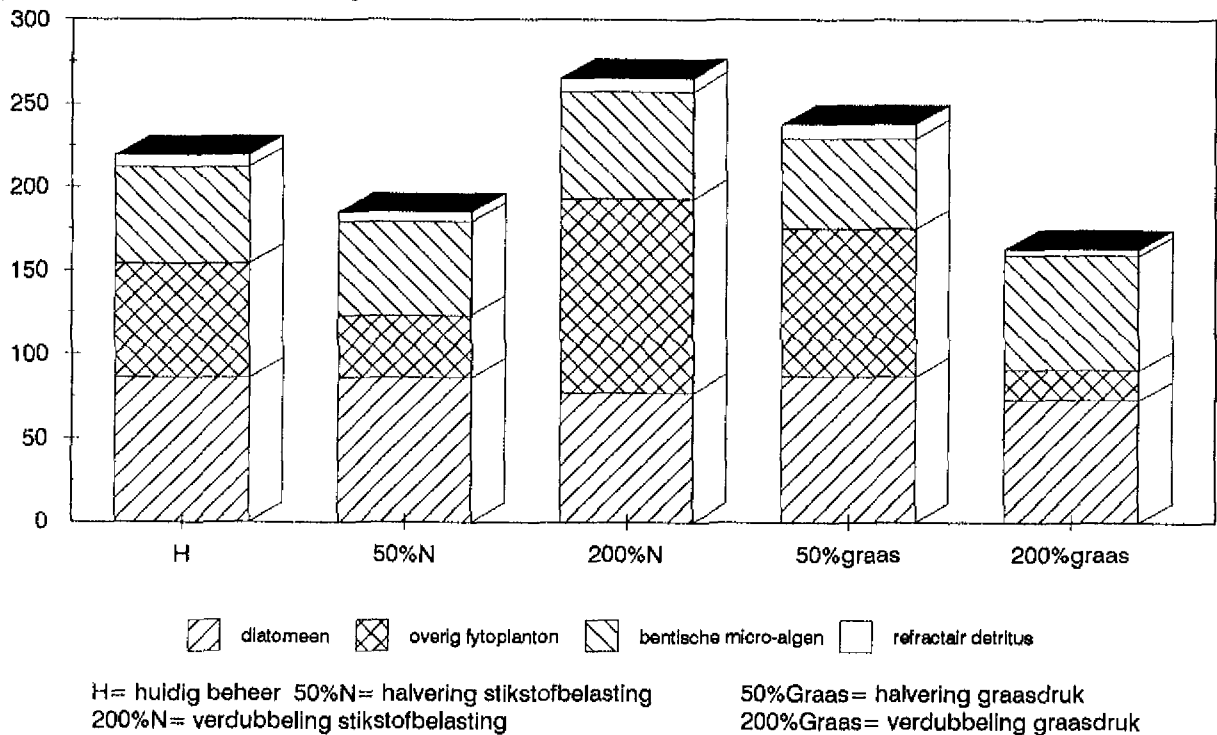
primaire produktie gr C/m²/jr

Fig .27 Berekende primaire produktie.

verlaging van de primaire productie met ongeveer 15%; verdubbeling van de stikstofbelasting leidt tot een verhoging van de totale primaire productie met ca. 21%. Hieruit blijkt de robuustheid van het systeem. Overigens is een verdubbeling van de stikstofbelasting nog steeds laag vergeleken met de belasting van bijvoorbeeld het Veerse Meer (40 g/m²/j).

Halvering van het bestand aan filtrerende bodemdieren, wat min of meer overeenkomt met halvering van de graasdruk, geeft een verhoging van ca. 8% van de totale primaire productie. Verdubbeling van de graasdruk geeft een verlaging van de primaire productie met ca. 25% en heeft daarmee een groter effect dan halvering van de nutriëntenlast. Bij verdubbeling van de graasdruk neemt de hoeveelheid refractair materiaal duidelijk af.

Bij een beoordeling van de alternatieven op basis van de eutrofiëringsparameters scoren alle alternatieven goed; alle scena-rio's leveren een mesotroof meer op. De robuustheid van het Grevelingenmeer ten aanzien van de belasting en veranderingen in graasdruk lijkt hoog te zijn binnen de beschouwde grenzen.

Lit.: 29, 50.

6.2 Peilopzet

6.2.1 Effecten op waterkwaliteit, verzilting van de bodem en vegetatie

Uit STRESS-berekeningen, ECOLUMN-simulaties en ervaringen met het Veerse Meer kan worden gesteld dat een kortdurende peilopzet van 0,4 m (zie hoofdstuk 5.1.2) in de winter een verwaarloosbare invloed heeft op het chloridegehalte, de spronglaagdiepte en het nutriëntengehalte in het meer.

Het effect van peilopzet op verzilting van de bodem is waarschijnlijk beperkt. Uit metingen, uitgevoerd op de Veermansplaat in de zomer van 1990 blijkt dat herverzilting optreedt tot op NAP +0,2 m. Deze hoogte komt overeen met het bereik van de voorgestelde peilmaatregel. Hierdoor wordt het effect op verzilting van de bodem in twijfel getrokken. De peilopzet zal niet in de zomer maar in het voorjaar plaatsvinden.

De verwachting is dat een peilopzet in het voorjaar weinig invloed heeft op verzilting van de bodem omdat het zoute water niet diep in de bodem zal doordringen. De inundatie met zout water kan wel sturend zijn op de ontwikkeling van de vegetatie. De bovenste laag van de bodem is daarbij van belang als ontkiemingsmedium en als wortelzone. Planten van een zout milieu zijn bij en na inundatie waarschijnlijk in het voordeel.

Tevens wordt verwacht dat bij een peilopzet de dynamiek van processen in de oeverzone wordt vergroot, bijvoorbeeld door de vorming van schoorwallen. In feite kan alleen een proef en nauwkeurige monitoring antwoord geven over de effectiviteit van de maatregel.

De huidige ontwikkeling van de vegetatie in de betreffende gebieden is onvoldoende in kaart gebracht om veranderingen van de vegetatie als gevolg van verdergaande ontzilting in de tijd goed te kunnen volgen.

Een kortstondige peilopzet in het vroege voorjaar heeft waarschijnlijk weinig invloed op verzilting van de bodem. Wel wordt een effect verwacht op vegetatie-ontwikkeling. Om de effectiviteit van de maatregel te kunnen beoordelen dient de ontwikkeling van de vegetatie van de oeverzone als gevolg van de ontzilting te worden vastgelegd.

Lit.: 44, Rijkswaterstaat, interne gegevens directie Flevoland afdeling delta.

6.2.2 Overige effecten

Het peil kan verhoogd worden met een snelheid van ca. 0,06 m per getij. Om het voorgestelde peil (NAP +0,2 m) te bereiken zijn ca. 4 dagen nodig. Hierna kan het peil weer omlaag. Inundatie gedurende langere tijd is wellicht effectiever met het oog op de beoogde processen.

Verlaging naar het oude peil kan geschieden in combinatie met de hevel. Hierdoor ligt de snelheid van aflat hoger, nl. ca. 0,10 m per getij, hetgeen betekent dat onder normale omstandigheden ca. 2 dagen noodzakelijk zijn om het peil te doen dalen tot het oorspronkelijke niveau.

Bij zeer rustig weer (windkracht kleiner dan 3 Bft) is

de kans op schade naar verwachting gering. Kans op schade hangt samen met de weersontwikkeling. Voor enkele dagen is een redelijk betrouwbare weersvoorspelling te maken, voor de gehele periode van de peilopzet niet. Het is niet ondenkbaar dat tijdens de opzet het weer verandert. Door opwaaiing en waterstandsverhogingen op de Noordzee en de omgeving van Bruinisse kan in de praktijk het spuien geremd of onmogelijk worden. De waterhuishoudkundige infrastructuur van het Grevelingenmeer is gedimensioneerd op NAP-0,20 m. Schade aan vooroeverdedigingen en andere voorzieningen (steigers, boten in jachthavens, beerputten/toiletten op eilanden, bosaanplant en woningen Kabbelaarsbank(?)) is mogelijk onder stormomstandigheden.

Erosie achter vooroevers zal vergroten door een toegenomen golfwerking bij wind tijdens de peilopzet. Opslibbing zal niet plaatsvinden omdat het water te weinig slib bevat.

De omvang van mogelijke schade is moeilijk te kwantificeren. Over afwikkeling van eventuele schade dient voorafgaand aan een proef duidelijkheid te bestaan.

Kans op schade ten gevolge van peilopzet is aanwezig. Deze kans is in belangrijke mate afhankelijk van de weersontwikkeling. Bij een peilopzet dienen vooraf afspraken gemaakt te zijn over vergoeding van schade.

6.3 Samenvatting beoordeling alternatieven en peilvariant

6.3.1 Alternatieven

Doorspoelen en uitwisselen zijn even effectief.

Tabel 8 Samenvatting scores voor chloridegehalte (Cl⁻/l), spronglaagdiepte, nutriëntengehalte .

Tabel 8			
	chloride gehalte	spronglaag diepte	nutriëntengehalte
huidig beheer	0	0	0
minimaal uitw/dsp	0	-	0
maximaal uitw/dsp	0	0/-	0

Toetsing van de alternatieven aan de criteria voor het chloridegehalte (minimaal 16 g Cl⁻/l), spronglaagdiepte gekoppeld aan het zuurstofloos bodemoppervlak (dieper dan 15 meter, maximaal 5% zuurstofloos) en aan nutriënten (laag nutriëntengehalte) wordt in de tabel 8 aangegeven.

Het huidig beheer geeft de beste uitgangssituatie voor een gezond functionerend duurzaam ecosysteem. Grote afwijkingen van het huidig beheer geven een vergroot risico op ondiepe stratificatie en zuurstofloosheid nabij de bodem. Dit voorgestelde beheer is geen statisch gegeven; enige rek is mogelijk. De wensen vanuit de functies zijn gebruikt om alternatieven te formuleren. Om zoveel mogelijk tegemoet te komen aan de wensen vanuit de functies wordt in paragraaf 7 verkend in hoeverre met deze wensen rekening kan worden gehouden bij het toekomstig beheer.

6.3.2 Peil

Onduidelijkheid over de effectiviteit van de maatregel, de kans op schade, de aansprakelijke instantie voor schade en onduidelijkheid in de ontwikkeling van de vegetatie en de zout-zoet gradiënten geeft onvoldoende basis voor het nemen van de voorgestelde peilmaatregel.

Vanuit de natuurbescherming wordt sterk aangedrongen tot het nemen van een dergelijke maatregel. De afname van het aantal pioniervogels van de kustzone is indicatief voor een verandering van de vegetatie. Aanbevolen wordt de ontwikkelingen in vegetatie en zout-zoet gradiënt goed te volgen door middel van een monitoringprogramma. Indien uit onderzoek blijkt dat de huidige gradiënten zout-zoet gaan afnemen, dient de afweging om een proef te starten opnieuw te worden gemaakt.

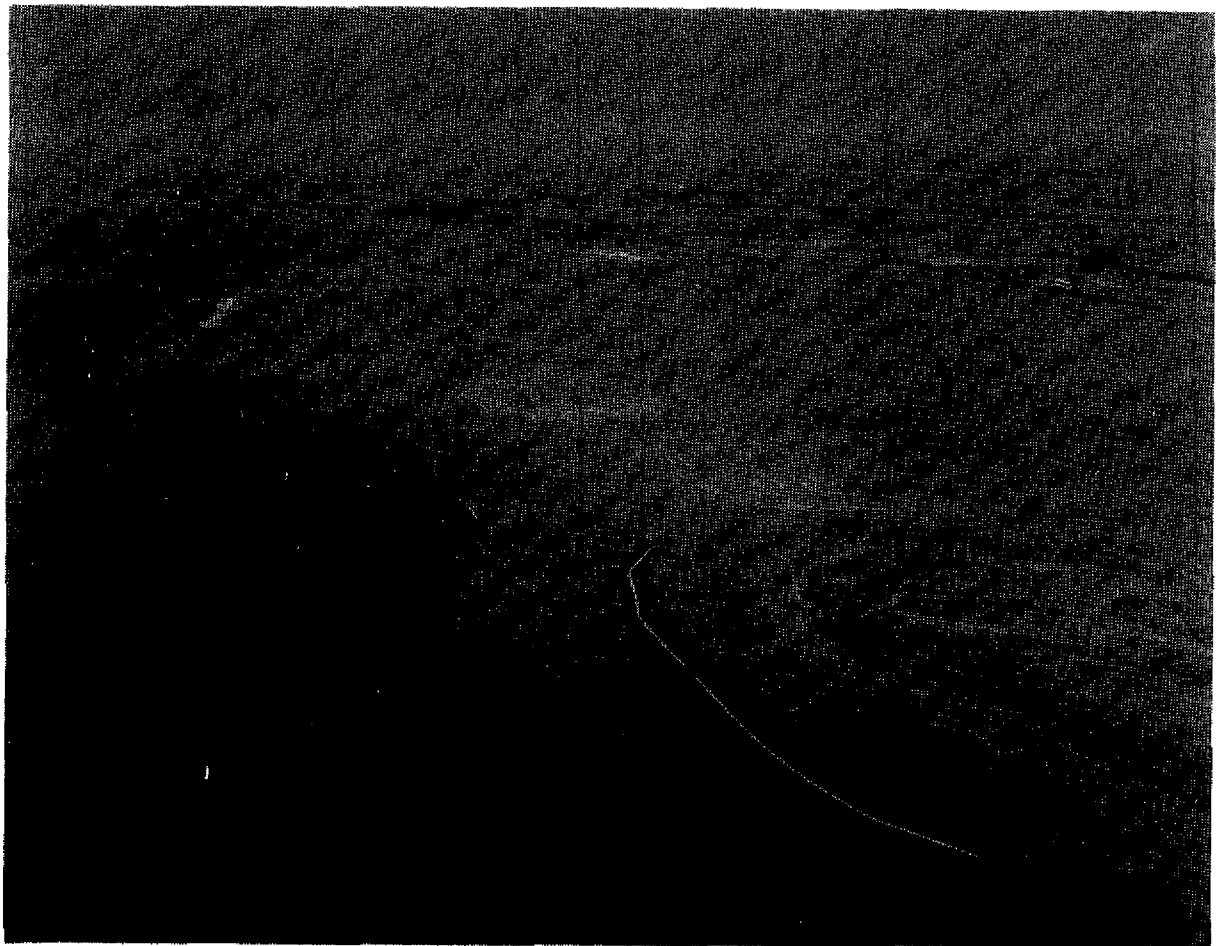
0 = voldoet aan criterium

- = scoort minder dan criterium

+ = scoort beter dan criterium

Bij uitvoering van een proef dient er overeenstemming te zijn over de financiering van eventuele schade.

Gezien de kans op schade, onduidelijkheid in de effectiviteit van de peilmaatregel en de onduidelijkheid in de huidige ontwikkeling van de zoutzoetgrens en vegetatie wordt afgezien van de voorgestelde peilmaatregel van 40 cm verhoging in het voorjaar.



Slikken van Flakkee met vooroeververdedigingen.

analyse waterbeheer grevelingenmeer

7. OPTIMALISATIE FUNCTIES

7.1 Optimalisatie voor de functie natuur

Uit het voorgaande blijkt dat het huidige beheer goed voldoet. Aan een aantal wensen wordt bij voortzetting van het huidige beheer niet voldaan. In deze paragraaf wordt aangegeven wat nog mogelijk is om enigszins tegemoet te komen aan de wensen.

7.1.1 Optimalisatie uitwisseling

Vanuit de functie natuur is het alternatief maximaal uitwisselen of doorspoelen geformuleerd op basis van de wens om de barrière voor vis (en andere organismen) zo klein mogelijk te houden. Vooral de intrek van jonge vis wordt belemmerd. Verlenging van de openstand van de Brouwerssluis in het voorjaar zou tegemoet komen aan deze wens. Hierbij gaat de voorkeur uit naar uitwisselen. Bij west-oost doorspoelen is er geen lokstroom aanwezig. De verwachting is dat uitwisseling meer intrek van jonge vis geeft.

Uit de verkenningen voor de waterkwaliteitscriteria blijkt dat verlenging van de openstand tot en met maart mogelijk is, zonder dat er grote veranderingen in het nutriëntengehalte, chloridegehalte, spronglaagdiepte verwacht wordt. In de praktijk heeft een dergelijke verlenging verschillende jaren plaatsgevonden zonder merkbare verandering van de spronglaagdiepte.

Openstand in de maand april betekent een vergroot risico op stabiele stratificatie. De snelle opwarming van het Grevelingenmeerwater en het daarbij optredende dichtheidsverschil met het inlaatwater ligt hieraan ten grondslag. Bij weinig wind en een klein verschil in dichtheid van het ingelaten en aanwezige water zal zich een stabiele stratificatie opbouwen.

Verlenging van uitwisseling met een maand (tot en met maart) is mogelijk.

7.1.2 Optimalisatie peil

Mogelijkheden voor peilopzet ter vergroting van natuurwaarden zijn, zonder de kans op schade te vergroten, afwezig. Zoals in hoofdstuk 6 is beschre-

ven blijft de wens van peilopzet staan, met daaraan gekoppeld een monitoringprogramma om de veranderingen in de oeverzone goed te kunnen volgen.

7.2 Optimalisatie voor de functie recreatie

Voor waterrecreatie zijn er geen speciale wensen, anders dan het handhaven van een goede waterkwaliteit en een vast peil.

Voor de sportvisserij biedt het huidige beheer of minimalisatie van uitwisseling mogelijkheden voor uitzet salmoniden. Minimalisering van uitwisseling is niet gewenst vanwege de vergrote kans op stratificatie.

Uit een proefuitzet met begeleidend onderzoek zal moeten blijken wat de mogelijkheden zijn van het Grevelingenmeer voor salmoniden (zie paragraaf 5.2). Uitzet van vis kan geen claims leggen op het waterhuishoudkundig beheer.

Het huidige beheer voldoet goed voor de waterrecreatie. Voor de sportvisserij blijft de wens bestaan voor het creëren van een voor de sportvisserij aantrekkelijke visstand. Dit wordt op voorhand niet belemmerd door het huidige sluisbeheer.

7.3 Optimalisatie voor de functie visserij

Verlenging van de openstand van de Brouwerssluis in het voorjaar is gunstig voor de aalvisserij in verband met intrek van glasaal. Zoals beschreven in paragraaf 7.1.1 is verlenging tot en met maart mogelijk. Sluiting in de periode oktober tot en met december dient zich te beperken tot de daadwerkelijke perioden van schieraaltrek. Uit de STRESS-berekeningen is afgeleid dat uitwisseling in de najaarsperiode essentieel is voor het bereiken van een goede uitgangssituatie: een voldoende hoog zoutgehalte en beperkte stratificatie. In het vroege voorjaar kan uitwisseling worden beperkt ten gevolge van zoet water voor de kust. Daarom is het noodzakelijk om reeds in het vroege voorjaar een goede uitgangssituatie te hebben.

In de praktijk wordt de sluis al tijdens de schieraaltrek gesloten. In de periode oktober tot en met

december gaat het daarbij om 3 perioden van ca. 10 dagen: de perioden tussen volle en nieuwe maan. Dit is geen vaste wetmatigheid: de aal kan ook op andere tijdstippen actief worden. Indien sluiting van de Brouwerssluis beperkt blijft tot een maximum van ca. 30 dagen hoeft de uitwisseling in het najaar geen gevaar te lopen.

Verlenging van de periode van uitwisseling in het voorjaar ter vergroting van de glasaalintrek is mogelijk tot en met maart. Tijdens de schieraaltrek in het najaar kan de sluis worden gesloten. Sluiting dient zich te beperken tot daadwerkelijke schieraaltrek in de perioden tussen volle en nieuwe maan. In totaal wordt uitgegaan van sluiting over ca. 30 dagen 7.

8. AANDACHTSPUNTEN

8.1 Calamiteiten

Op het Grevelingenmeer vindt geen transport van gevaarlijke stoffen plaats. Er is geen speciaal calamiteitenplan voor het Grevelingenmeer. De kans op een ongeluk, waarbij op grote schaal gevaarlijke stoffen vrijkomen, is zeer klein.

Bij een calamiteit op de Noordzee en dreigend gevaar voor het Grevelingenmeer is het voldoende om de Brouwerssluis te sluiten. Ook de aanwezigheid van een hoge concentratie giftige algen in het kustwater kan als calamiteit worden beschouwd.

8.2 IJsvorming

In de koude perioden van de winters van 1985, 1986 en 1987 is uitwisseling mogelijk gebleven zonder problemen met ijsvorming of ijsgang. Uitwisseling met het relatief warmere zeewater heeft ervoor gezorgd dat het water voor de Brouwerssluis aan de Grevelingenmeerzijde open bleef.

8.3 Aanzanding

In perioden dat niet met de Brouwerssluis gespuid wordt blijkt er zich een pakket zand van enkele meters dik direct voor de opening af te zetten. Na een seizoen uitwisselen met de Brouwerssluis is dit pakket weer grotendeels van het stortebed verdwenen. Op enkele honderden meters westwaarts van de Brouwerssluis bevindt zich een zandrug. Deze rug lijkt zich afwisselend zeewaarts of richting Brouwerssluis uit te breiden. De richting is afhankelijk van het wel of niet spuien met de Brouwerssluis. De minimale diepte boven deze zandrug lijkt zich te handhaven op ca. NAP -4,0 m. Diepere delen van oude geulen worden gevuld met materiaal afkomstig van plaatranden.

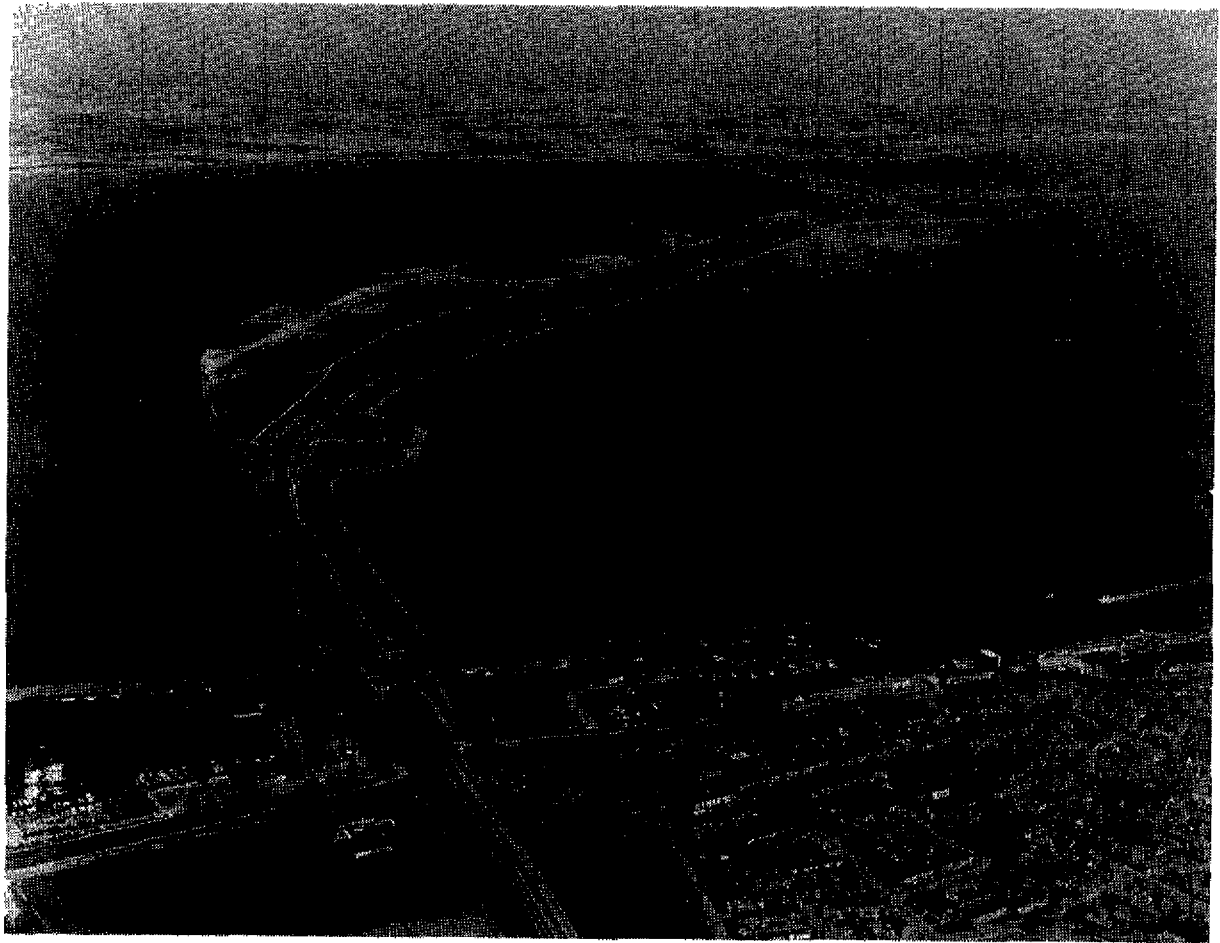
In de periode sinds de aanleg van de Brouwerssluis is het niet nodig geweest de toegangsgeul naar de sluis uit te baggeren.

In een prognose voor de morfologische ontwikkeling van de Grevelingen-buitendelta wordt gesteld dat de bodem van de put voor de Brouwersdam in 2010 op een diepte tussen NAP -7,5 en NAP -12 m zal liggen. Baggerwerkzaamheden worden de komende 10 jaar niet verwacht. Om afzetting van

grote pakketten zand op het stortebed van de Brouwerssluis te voorkomen moet wel tijdig met de sluis gespuid worden.

Indien ten gevolge van de morfologische ontwikkelingen in de Voordelta het rendement van de uitwisseling afneemt door beperkte menging van het uitgelaten Grevelingenmeerwater met het Noordzeewater, kan worden overwogen om in oost-west richting door te spoelen met behulp van de hevel.

Lit.: 41.



Grevelingendam. Op de voorgrond sluis bij Bruinisse. Links Grevelingenmeer, rechts Oosterschelde, rechts boven op de achtergrond het Volkerakzoommeer.

analyse waterbeheer grevelingenmeer

9. CONCLUSIES EN TOEKOMSTIG BEHEER

Criteria voor beoordeling van de beheersalternatieven zijn:

- Een zoutgehalte groter of gelijk aan 16 g Cl⁻/l.
- Beperkte stratificatie: spronglaag minimaal op 15 meter diepte.
- Zuurstofloosheid over niet meer dan 5% van het bodemoppervlak.
- Een nutriëntengehalte niet hoger dan het huidige niveau.

- De vissluis staat het gehele jaar open.
- Streefpeil op NAP -0,2 m.

Uit de beoordeling van de alternatieven op de beschouwde aspecten en de argumentatie in het voorgaande blijkt het volgende:

- Uitwisselen of doorspoelen maakt weinig verschil voor het chloridegehalte, de stratificatie en het gehalte aan voedingsstoffen.
- Het huidige beheer voldoet het best. Minimaal of maximaal uitwisselen vergroot risico op stratificatie en zuurstofloosheid.
- Uitwisselen geniet de voorkeur boven doorspoelen op basis mogelijk meer import/intrek van vis.
- Door verlenging van de uitwisselperiode tot en met maart kan enigszins tegemoet gekomen worden aan wensen van aalvisserij en natuur. Afhankelijk van de watertemperatuur van de Noordzee zal intrek van vis worden verhoogd.
- Tijdens perioden van schieraaltrek kan de Brouwerssluis worden gesloten.
- Het ontbreken van kwantitatieve gegevens met betrekking tot de ontwikkeling van de vegetaties in de oeverzone en onzekerheden ten aanzien van de effecten van een tijdelijke peilopzet leiden ertoe een proef vooralsnog niet te starten.

Voor het operationele beheer betekent het bovenstaande het volgende:

- 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⁻/l).
- De Brouwerssluis is gesloten tijdens schieraaltrek. Hierbij wordt uitgegaan van maximaal ca. 30 dagen in de periode oktober tot en met december.



Zwarte grondel, zwarte grondel, zwarte grondel.

analyse waterbeheer grevelingenmeer

10. AANBEVELINGEN MONITORING EN ONDERZOEK

De ontwikkelingen in het Grevelingenmeer staan niet stil. Dit blijkt uit de beschreven trends, zoals die zijn geschetst voor bijvoorbeeld de verandering in de concentratie van voedingsstoffen in het water, in het areaal zeegrasvelden en *Japans bessenwier*. Deze ontwikkelingen hoeven geen relatie te hebben met het gevoerde waterhuishoudkundig beheer. Om dat te kunnen beoordelen is inzicht in de zich afspelende processen noodzakelijk.

Na 1984 is de wetenschappelijke belangstelling voor het Grevelingenmeer afgenomen, hetgeen blijkt uit afname van beschikbare meetgegevens en onderzoeken. Om de ontwikkeling van een watersysteem goed te kunnen volgen zijn systematische waarnemingen over een lange periode noodzakelijk.

Kennis van processen evolueert en daarmee het inzicht in het omgaan met een watersysteem als het Grevelingenmeer. Het laatste woord over het meest adequate waterhuishoudkundige beheer voor het Grevelingenmeer is daarom waarschijnlijk nog niet gesproken.

In de Wet op de Waterhuishouding wordt gesteld dat een waterhuishoudkundig beheersplan voor een Rijkswater eens in de vier jaar opnieuw moet worden vastgesteld, waarbij een periode van vier jaar mag worden overgeslagen. Dit betekent dat maximaal 8 jaar na vaststelling van het waterhuishoudkundig beheersplan opnieuw een plan dient te worden vastgesteld.

Om een vinger aan de pols te houden en om de resultaten van het beheer goed te kunnen beoordelen heeft Rijkswaterstaat een fysisch, chemisch en biologisch meetprogramma.

In een aparte notitie zal een overzicht van gewenst en lopend monitoringonderzoek worden uitgewerkt. Waar noodzakelijk (en mogelijk) zal het lopende meetprogramma worden aangepast of uitgebreid.

11. LITERATUURLIJST

1. Anonymus, 1980. De water- en chloridebalans van het Grevelingenmeer gedurende de periode december 1978-september 1979. Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuidwest.
2. Anonymus, 1985. Stratificatie in het Grevelingenmeer na ingebruikstelling Flakkeese Spuisluis. Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging. District Zuidwest.
3. Anonymus, 1989. Waterbeheer Veerse Meer. Beleidsanalyse en tevens MER-rapport voor het waterbeheer van het Veerse Meer. Rijkswaterstaat, directie Zeeland.
4. Anonymus, 1989. Toetsingsresultaten slibmonsters Grevelingenmeer. Rijkswaterstaat, interne gegevens directie Zeeland.
5. Anonymus, 1983. Grevelingen zout/zoet. Milieu-effect rapport. Rijkswaterstaat, projectgroep zout/zoet.
6. Apon, L.P., 1990. Verspreiding en biomassa van het macrofytobenthos in het Grevelingenmeer in 1989. DIHO, rapp. en versl. 1990-03.
7. Bakker, C., 1985. Plankton van een zout meer. In "Het Grevelingenmeer", uitgave Natuur en Techniek.
8. Bannink, B.A., J. Leentvaar, 1981. Beleidsanalyse van het waterhuishoudkundig beheer van het Grevelingenmeer in 1980. Nota DDMI-81-13.
9. Beijersbergen, 1988. Ecologie oevergebieden Grevelingenmeer. Notitie Provinciale Waterstaat.
10. Bollenbakker, P, 1990. Resultaten STRESS-runs Grevelingenmeer. Notitie Rijkswaterstaat DGW GWWS-90.13186
11. Boudewijn, T.J. 1987. Rijkswateren als Wetlands. Bureau ecoland, rapport nr. 87-2.
12. Consemulder, J., 1989. Vraagstelling peilverhoging Grevelingenmeer. Notitie Rijkswaterstaat DGW GWWS-89.642.
13. Consemulder, J., 1991. Oeverontwikkelingen Grevelingenmeer periode 1-1-1980 tot 1-1-1990. Notitie Rijkswaterstaat, DGW GWWS-91.13021.
14. Doornbos, G., 1987. The fish fauna of lake Grevelingen. Academisch proefschrift. DIHO, Communication no. 365.
15. Waterbeheer Grevelingenmeer 1980-1990. Rijkswaterstaat, dienst Getijdewateren. GWWS-91.086.
16. Fortuin, A.W., 1986. Effecten van oeverbescherming (en peilbeheer) in Veerse Meer en Grevelingen op bodemdieren in de oeverzone. Bureau Waardenburg B.V.
17. Fortuin, A.W., 1986. Effecten van oeverbescherming (en peilbeheer) in Veerse Meer en Grevelingen op de bodemflora en fauna. Bureau Waardenburg B.V.
18. Fortuin, A.W. en L.A. Adriaanse, 1989. De oevervegetaties van het Veerse Meer en de Grevelingen en de effecten van oeverbescherming. Rijkswaterstaat, dienst getijdewateren GWAO-89.1006.
19. Giessen, A. van der, en G.J. Kollé, 1989. De variabiliteit van het zoetwatergehalte voor de Zuidnederlandse kust en in de Deltawateren. Rijkswaterstaat DGW, nota nr. GWAO-89.002.
20. Hengst, P., 1991. Scheepvaart bij sluisen en bruggen in Zeeland. Kerncijfers 1990. Rijkswaterstaat.

21. Jong, D.J. de & V.N. de Jonge, 1989. Zeegras. Nota GWAO-89.1003 in Ecologisch profiel van hogere planten. RWS-DGW 1990.
22. Keijzer, P., 1990. Vegetatiekaart de Grevelingen. Rijkswaterstaat, Meetkundige dienst.
23. Kelderman, P., 1985. Nutrient dynamics in the sediment of Lake Grevelingen (SW Netherlands). Proefschrift R.U. Groningen.
24. Klein Breteler, P.M.H., B. Steinmetz, 1987. Toekomstig visstandbeheer in een zout Grevelingenmeer.
25. Lambeck, R.H.D., 1985. Leven zonder getij. Bodemdieren in het Grevelingenmeer. In: "Het Grevelingenmeer", uitgave Natuur en Techniek.
26. Lambeck, R.H.D. en R. Pouwer, 1986. Een bestandsopname van het macrozoöbenthos in het Grevelingenmeer, en enige notities over langetermijnontwikkelingen. DIHO, rapporten en verslagen nr. 1986-5.
27. Lambeck, R.H.D. en G. de Smet, 1987. Een bestandsopname van het macrozoöbenthos in het Grevelingenmeer. DIHO, rapporten en verslagen nr. 1987-4.
28. Lambeck, R.H.D., E.G.J. Wessel & A. Hannewijk, 1989. Macrozoöbenthos in het Grevelingenmeer: een bestandsopname in het voorjaar van 1988. DIHO, rapporten en verslagen 1989-5.
29. Lievense, P., 1991. Toepassing van het ecosysteemmodel ECOLUMN voor het Grevelingenmeer; aanvullende berekeningen. Notitie Rijkswaterstaat dir Zeeland, AX 91.016.
30. Luijt, W.M., 1981. Enkele opmerkingen over de trek van schieralen in het bijzonder met betrekking tot de Grevelingen. Uitgave op eigen titel.
31. Meijer, A.J.M., H.W. Waardenburg, 1990. Monitoring-onderzoek aan de visfauna van het Grevelingenmeer. Rapportage resultaten 1980-1989. Bureau Waardenburg B.V., 1990.
32. Meininger, P.L., 1990. Ontwikkelingen vogels Grevelingenmeer 1970-1990. Rijkswaterstaat, dienst Getijdewateren, GWAO-90.13104.
35. Mertens, O., 1988. Purperslakken en organotin: een onderzoek naar de effecten in de Oosterschelde en Grevelingen. Rijkswaterstaat, directie Zeeland, GWAO nr. 88.039.
36. Nienhuis, P.H., 1985. Het Grevelingenmeer. In: "Het Grevelingenmeer", uitgave Natuur & Techniek.
37. Nieuwenhuize, J., J.M. van Liere en A.G. Vlasblom, 1980. Een bodemkaart van het Grevelingenmeer in 1979. DIHO- rapporten en verslagen 1980-6.
38. Nieuwenhuize, J., P.M.J. Herman, J.M. van Liere, C.H. Poley-Vos en A.D. Schuit, 1990. De bodemsamenstelling van 36 meetpunten in het Grevelingenmeer in 1989. DIHO, rapporten en verslagen 1990-10.
39. Oorthuysen, W., 1991. Samenvatting ontwikkelingen flora en fauna in het Grevelingenmeer vanaf 1971. Notitie RWS AX 91.081.
40. Oorthuysen, W. and C.W. Iedema, 1989. Active Biological Sluice Management in Lake Grevelingen. Hydrobiological Bulletin, Vol. 23, no. 1, 1989.
41. Postma, R., J.P.M. Mulder, T. Louters en F.P. Hallie, 1991. Een prognose van de morfologie van de Grevelingen-buitendelta in 2010. Instituut voor Ruimtelijk Onderzoek, rapport GEOPRO 1991.08.
42. Ritsema, R en R. Laane, 1990. Dissolved butyltins in fresh and marine waters of the Netherlands in 1989. Rijkswaterstaat, dienst Getijdewateren, nota GWAO-90.008.
43. Schaik, A.W.J. van, D.J. de Jong & A.M. van der Pluijm, 1989. Vegetatie-ontwikkeling op de Slikken van Flakkee 1972-1987. Rijkswaterstaat, DGW GWAO-89.1008.

- 44.Slager, H. en J. Visser. Abiotische kenmerken van de drooggevallen gebieden in de Grevelingen. Rijkswaterstaat, directie Flevoland, flevobericht nr. 312.
- 45.Slob, G.J., 1989. Vijftien jaar vogelontwikkelingen in het afgesloten Grevelingenbekken. Staatsbosbeheer Goes.
- 46.Steinmetz, B. en D. Slothouwer, 1979. De betekenis van de Grevelingen voor de sportvisserij. Directie Visserijen, doc. rapp. 21.
- 47.Stokman, G.N.M., 1978. De gevolgen van het openen van de spuuisluis in de Brouwersdam in juni 1978. Rijkswaterstaat, notitie DDMI-78.426.
- 48.Stroband, H.J., 1971. Op- en afwaaiing op het Grevelingenbekken. Rijkswaterstaat DDW, nota W- 71.013 I, 's-Gravenhage.
- 49.Stronkhorst, J., 1989. Stratificatie en nutriëntengehalten in het Grevelingenmeer over de periode 1980-1988. Rijkswaterstaat, dienst Getijdewateren GWWS-89.403.
- 50.Tol, M.W.M. van der, 1991. Toepassing van het ecosysteem ECOLUMN voor het Grevelingenmeer. Notitie Rijkswaterstaat, dienst Getijdewateren, GWWS 91.13020.
- 51.Visser, J., G.J. Rook en D.J. Fluit, 1985. Ontziltings- en verziltingsprocessen op de oevers van het Grevelingenmeer. Landschap nr.3.
- 52.Vink, J.S.L. en C.P. de Vos, 1980. Waterkwaliteitsveranderingen in het Grevelingenmeer tijdens de verversing van het meer met zeewater via de Brouwerssluis in de periode 4-12-78 tot 3-5-79. Rijkswaterstaat, DDMI-80.18.
- 53.Vos, W.J. de en F. Twisk, 1990. Bestandsopname bodemvissen Grevelingenmeer. RWS-DGW nota GWWS-89.411.
- 54.Vries, I. de, 1984. The carbon balance of a saline lake. The Netherlands Journal of Sea Research, 19 (3/4): 511-528.
- 55.Vries, I. de, C.F. Hopstaken, 1984. Nutriënt cycling and ecosystem behaviour in a salt-water lake. The Netherlands Journal of Sea Research 18 (3/4): 221-245 (1984).
- 56.Vries, I. de, F. Hopstaken, H.Goossens, M. de Vries, H. de Vries, J. Heringa, 1988. GREWAQ: an ecological model for Lake Grevelingen. Rijkswaterstaat DGW/Waterloopkundig laboratorium. T 0215-03
- 57.Waardenburg, H.W., A.C. van Beek & A.J.M. Meijer, 1990. Monitoringonderzoek onderwaterflora en -fauna op harde substraten in het Grevelingenmeer, resultaten periode 1979-1988. Bureau Waardenburg B.V.
- 58.Waardenburg, H.W., 1982. Tien jaar onderzoek naar de levensgemeenschappen op hard substraat in de Grevelingen (Dreischor). Verslag van de Nederlandse Onderwatersport Bond.
- 59.Waardenburg, H.W., A.C. van Beek & A.J.M. Meijer, 1990 Monitoringonderzoek onderwaterflora en -fauna op harde substraten in het Grevelingenmeer, resultaten periode 1979-1988. Rapport Bureau Waardenburg B.V.
- 60.Wattel, G., 1989. Belasting van polderwater en neerslag op het Grevelingenmeer. Rijkswaterstaat DGW-notitie GWWS-89.620.

12. SAMENVATTING REAKTIES OP CONCEPT-NOTA

BIJLAGE 1

Het concept van 20 november 1991 is, na vaststelling door de projectgroep, ter kennisname en voor commentaar gezonden aan de de volgende (ambtelijke) diensten:

- GS Zuid-Holland
- GS Zeeland
- Waterschap Schouwen-Duiveland
- Waterschap Goeree overflakkee
- Technisch Overleg Grevelingen (overlegorgaan Natuur- en Recreatieschap Grevelingen en div. betrokkenen, tevens adviserend naar Raad van Bestuur Natuur- en Recreatieschap Grevelingen).

Uit de reacties blijkt dat er geen bezwaren bestaan tegen het voorgenomen waterhuishoudkundig beheer.

Het waterschap Schouwen-Duiveland merkt op dat de binnendijkse waterbeheersing en beheersmaatregelen aangaande de waterkering mede afhankelijk zijn van het peil in het Grevelingenmeer. Indien er een voorstel voor peilverandering in de toekomst wordt uitgewerkt dan wil het waterschap uitdrukkelijk betrokken worden bij de planvorming. Tevens merkt het waterschap op dat de beheersbevoegdheid zich uitstrekt tot 50 meter uit de buitenteen van de waterkering (brief archief Rijkswaterstaat dir Zld nr.739).

GS Zeeland ondersteunt het voorgenomen waterbeheer, maar merkt op dat de ontwikkelingen in de oeverzone gevolgd dienen te worden. Er wordt gerekend op medewerking van Rijkswaterstaat voor ondersteuning van een monitoringonderzoek (brief archief nr. 1878).

Het concept is besproken in de vergadering van 9 januari van het Technisch Overleg Grevelingen. De vergadering onderschrijft in grote lijnen het concept-plan. Ten aanzien van enkele onderdelen zijn er onduidelijkheden. Verwezen wordt naar het verslag van deze vergadering (verslag 22 januari 1992, Prov.Zld, dir11).

Tevens is een reactie ontvangen van de Vereniging van Beroepsvissers "De Grevelingen" en de Delta Federatie (vereniging van sportvissers). De vereniging van Beroepsvissers is van mening dat het Grevelingenmeer te zout is en te fosfaatarm. Een en ander zou niet alleen nadelig zijn voor de aalvisserij, maar ook voor de natuur. De gesloten periodes in het najaar wordt te kort bevonden en schadelijk voor de (schieraal)visserij.

De Delta-Federatie ondersteunt de mening van de Vereniging van Beroepsvissers inzake het zoutgehalte van het Grevelingenmeer.

Wat betreft het sluisbeheer merkt de Delta-Federatie op dat, afhankelijk van de ontwikkelingen rond salmonidenuitzettingen, in de toekomst mogelijk andere wensen ten aanzien van het sluisgebruik kunnen ontstaan. Door duikers wordt op de bodem schimmel waargenomen. Deze schimmelvorming zou ten opzichte van begin 80-er jaren steeds ondieper voorkomen.

COLOFON

Voor de realisatie van deze nota zijn verschillende werkgroepen (ecologie water, ecologie oevers en visserij) en een projectgroep ingesteld met vertegenwoordigers van verschillende instellingen en disciplines:

Directie Visserijen

Directie Landbouw, Natuur en Openluchtrecreatie
(consulentschap Natuur Bos Landschap Fauna en
consulentschap Openluchtrecreatie)

Provincie Zeeland (directie Milieu en Waterstaat)

Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek

Rijkswaterstaat (directie Zeeland, directie Flevoland,
dienst Getijdewateren)

Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (afd. Yerseke)

De eindredactie was in handen van drs. W. Oorthuijsen en drs. C.W. Iedema (Rijkswaterstaat directie Zeeland).

Citatie:

Oorthuijsen, W en C.W. Iedema, 1992. Analyse Waterbeheer Grevelingenmeer. Onderbouwing voor het waterhuishoudkundig beheer Grevelingenmeer.

Nota Rijkswaterstaat directie Zeeland, AX 92.036.

ISBN 90 36 90 13 24

Ontwerp omslag: Leo Smalheer, Pitman b.v.

Drukwerk: Pitman b.v.

Lay-out en figuren: Bram de Buck, Rijkswaterstaat
directie Zeeland

analyse waterbeheer grevelingenmeer