

1D 237780



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

# Het Volkerak-Zoommeer zoet en helder







Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA

Directie Flevoland

Directie Zeeland

Dienst Weg- en Waterbouw



# Het Volkerak-Zoommeer zoet en helder

RIZA nota	91.027
Flevobericht	239
Directie Zeeland nota	AX 90.057
datum	14 september 1991

ISBN 90 369 1084 6

## Abstract

This book, illustrated with 56 colour photos, deals with the development of a recently freshened lake in the Dutch Delta Area. The disappearance of marine organisms is described, as well as colonization patterns of freshwater phytoplankton, macrophytes, invertebrates, fish, terrestrial vegetation, mice and birds. Attention is also given to the temporal occurrence of high densities of some organisms. A very astonishing phenomenon was the high transparency of the water that arose, despite of a high nutrient load. Large densities of zooplankton flourished, due to the absence of predators; however the low densities of zooplanktivorous fish will presumably be temporary. The high natural values are threatened by a too high load of nutrients and toxic substances. Wave action endangers the gentle slopes of the former intertidal area. Integrated water management aims at a sustainable development of this water body. Measures to realize this are discussed, e.g. biomanipulation, bank protection, and an optimized hydrological regime.

# Inhoud

Voorwoord 5

**1 Het Volkerak-Zoommeer, een verzoetend meer 7**

- 1.1 Het ontstaan 7
- 1.2 De toestand nu 8
- 1.3 Het beheer 9

**2 Vervallen getijden 11**

- 2.1 Drooggevallen gronden 11
- 2.2 Oevererosie 13
- 2.3 Directe effecten op vogels, bodemdieren en vissen 14

**3 De zoute levensgemeenschap verdwijnt 17**

**4 De eerste nieuwe soorten in zoet water 19**

- 4.1 De snelheid van kolonisatie 19

**5 Gevolgen van de kolonisatie 25**

- 5.1 Muizen en roofvogels 28
- 5.2 Vogelsterfte 29

**6 Helder water 33**

- 6.1 Oorzaken en bedreigingen 33
- 6.2 Gevolgen van het heldere water 35

**7 Successie en toekomstige ontwikkelingen 39**

- 7.1 Successiereeksen op het land 39
- 7.2 Successie in het water 42

**8 Inrichting, beheer en onderzoek in interactie 45**

- 8.1 Inleiding 45
- 8.2 Vermindering van de fosfaat- en stikstoflast 46
- 8.3 Maatregelen die het systeem "robuuster" maken 47
- 8.4 Overige maatregelen die de natuurwaarden in stand houden 49
- 8.5 Conclusie 51

**Samenvatting 53**

**Relevante literatuur 54**

**Colofon 56**

**█**  
*Bloeiende Moerasandijvie  
langs de oevers van de  
Slikken van de Heen.*



## Voorwoord

De nacht van 17 april 1987: in het licht van schijnwerpers schuiven bulldozers zand in het laatste stroomgat tussen het Krammer-Volkerak en de Oosterschelde. Door deze handeling is een nieuw meer ontstaan: het Volkerak-Zoommeer. In de feestelijke stemming vragen sommige toeschouwers zich af wat er met het nieuwe meer zal gebeuren: ontstaat hier een troebel meer, vervuild door rivierwater? Of kunnen de mogelijkheden van het gebied benut worden door een uitgekiende inrichting en beheer?

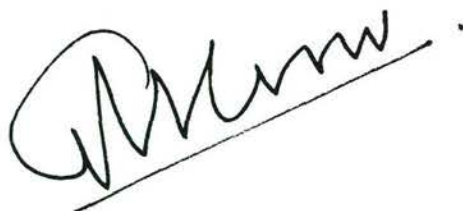
In vier jaar tijd is er veel veranderd. Wie nu op het meer vaart, kan meters diep in het water kijken en ziet daar massa's waterplanten. In en op de bodem vormen allerlei diersoorten een onmisbare schakel in de natuurlijke kringloop. Talloze watervogels hebben deze rijk gedekte tafel al snel ontdekt. De beroepsvisser haalt fuiken omhoog gevuld met grote bot en paling.

Ook op de drooggevallen gronden heeft de tijd niet stilgestaan: massaal ontkiemde planten spreiden zich als een groene deken over de eens kale slikken en platen uit. Hier en daar schiet zelfs al wilgenbos op.

Zo op het oog gaat het Volkerak-Zoommeer een zonnige toekomst tegemoet. Toch loopt het gebied gevaar: giftige stoffen komen voortdurend het meer binnen en

hopen zich op in de voedselketen; de hoeveelheid aangevoerde voedingsstoffen is te hoog voor een duurzaam helder meer.

Rijkswaterstaat, verantwoordelijk voor de toekomst van het meer, heeft een integrale visie op het waterbeheer: het staat in dienst van alle mogelijkheden die het watersysteem biedt. Omdat natuur daarbij een belangrijke plaats inneemt, is aan ecologen binnen en buiten Rijkswaterstaat opdracht gegeven om vanaf de dag van de sluiting de veranderingen nauwlettend te bestuderen. Door dit onderzoek is beter bekend hoe het meer ook in de toekomst ecologisch waardevol en gezond kan blijven. Het doet me genoegen dat de resultaten in dit boek voor een breed publiek toegankelijk zijn gemaakt.



De Directeur Generaal van de Rijkswaterstaat,

Ir. G. Blom



# 1 Het Volkerak-Zoommeer, een verzoetend meer

De navolgende paragrafen bevatten een globale beschrijving van de situatie in het gebied Volkerak-Zoommeer vóór en na de afsluiting. De huidige toestand wordt op enkele onderdelen toegelicht.

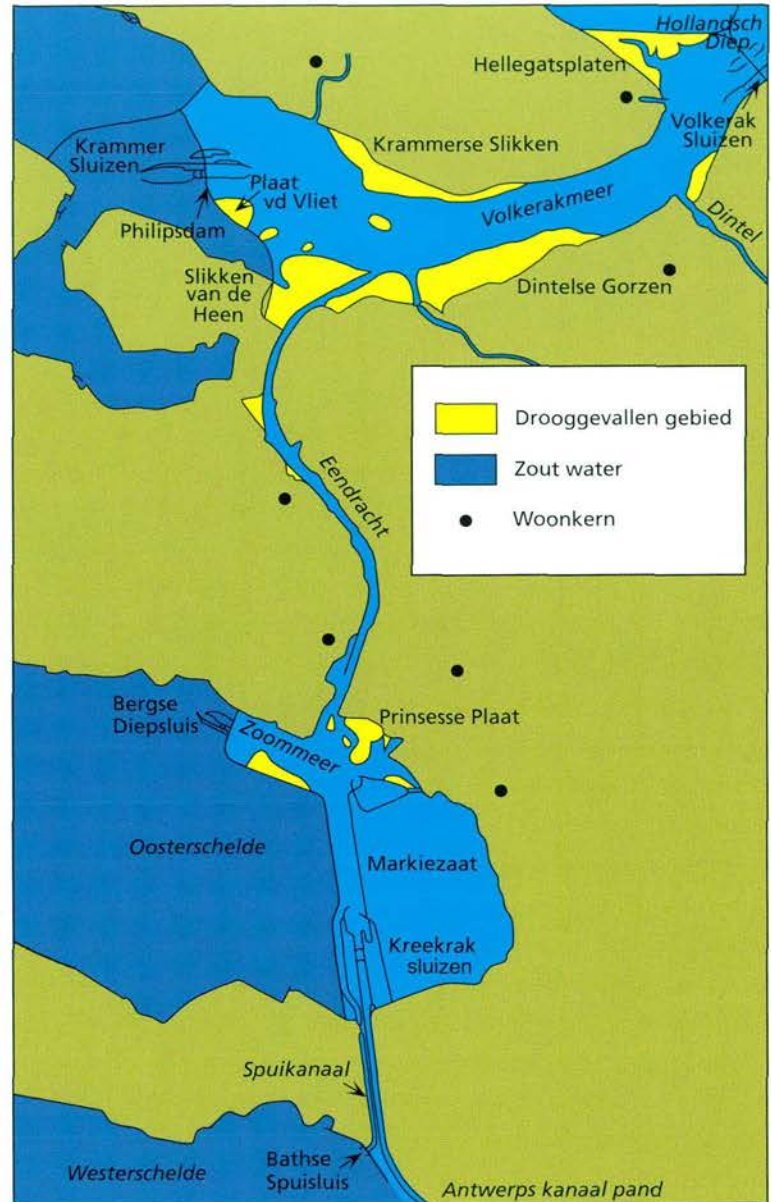
## 1.1 Het ontstaan

Het Volkerak-Zoommeer (figuur 1) was vroeger onderdeel van de riviermonding van Rijn en Maas. Het gebied was dan ook onderhevig aan een getijverschil van 3,5 meter. De sterke stromingen tijdens eb en vloed vormden geulen; ook ontstonden er slikken, schorren en platen op hun beurt doorsneden door krekken. Deze getijdynamiek had tot gevolg dat in de hoofdgeulen en platen zand werd afgezet en langs de oevers het fijnere sediment (fijn zand en klei) (zie vouwblad achterin). Dagelijks viel bij eb ongeveer 2 200 hectare aan slikken droog.

In 1969 werd het gebied in het noordoosten van deze rivieren afgesloten door de Volkerakdam. Het afgesloten gebied ontkwam hierdoor deels aan de vervuiling die tijdens de jaren zestig en zeventig in de rivieren een maximum bereikte.

Volgens het Deltaplan zouden de Oosterschelde en het Krammer-Volkerak oorspronkelijk door de Oosterscheldedam van zee worden afgesloten. Uit milieuoverwegingen is in de jaren zeventig echter besloten tot de aanleg van de stormvloedkering in de Oosterschelde. Al in de jaren zestig was er met België afgesproken dat Nederland zou zorgen voor een getijvrije scheepvaartverbinding tussen Antwerpen en Rotterdam. Mede om die reden is het Volkerak-Zoommeer door middel van enkele dammen gescheiden van de Oosterschelde.

Begin jaren zeventig richtte de planvorming zich vooral op waterkwantiteit en veiligheid. Bovendien onderzocht men hoeveel toevoer van water uit het Hollandsch Diep nodig was om het meer op een bepaalde graad van zoetheid te houden. Met het oog op de aan het gebied grenzende zoute wateren en het drukke scheepvaartverkeer was de verziltingsbestrijding echter geen eenvoudige opgave. Geavanceerde systemen op de Kramer- en Kreekraksluizen zorgden ervoor dat er niet



Figuur 1 Het Volkerak-Zoommeer.

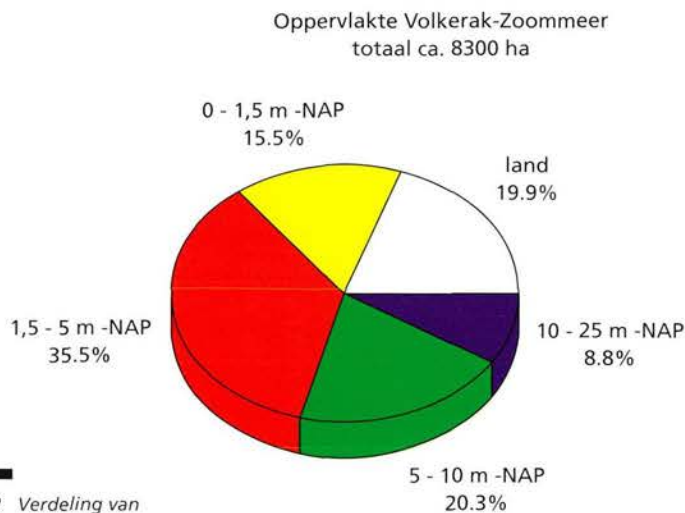
al te veel zout water het meer binnenkwam en er tegelijkertijd zo min mogelijk zoet water in het omringende zoute water verdween.

Door de aanleg van de Oosterdam in 1986 en van de Philipsdam op 17 april 1987 werd het Volkerak-Zoommeer een feit.

## 1.2 De toestand nu

Het meer bestaat uit twee delen: het Volkerakmeer in het noorden wordt door een kanaal (de Eendracht) met het zuidelijker gelegen Zoommeer verbonden. Ten behoeve van doorspoeling en handhaving van het waterpeil bevat de Volkerakdam een sluisencomplex, de Volkeraksluizen. In het zuiden bevindt zich een uitlaatsluis (de Bathse Spuisluis) om overtollig water te kunnen spuien op de Westerschelde.

De waterstand in het meer wordt op NAP gehouden. Gevolg hiervan is dat er ongeveer 2 000 hectare grond is drooggevallen.

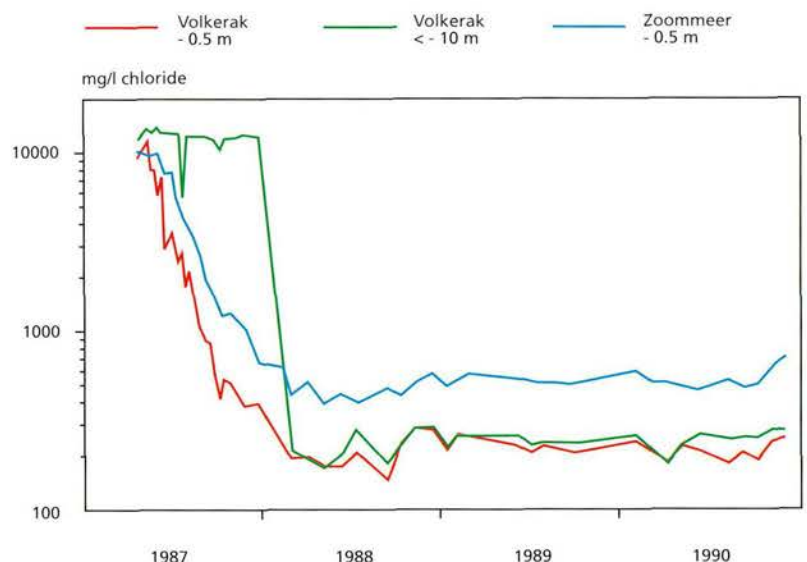


Figuur 2 Verdeling van het totale oppervlak van het Volkerak-Zoommeer in diepteklassen.

Het meer is in staat delen van West-Brabant en Zeeland te voorzien van zoet water ten behoeve van de landbouw. De afwatering van West-Brabant is veiliggesteld. De afsluiting van het Volkerak-Zoommeer zorgde ervoor dat het verschil tussen eb en vloed op de Oosterschelde voldoende groot is gebleven.

Na de afsluiting nam de zoutconcentratie in het Volkerak-Zoommeer snel af (zie figuur 3). Binnen een jaar was het meer overwegend zoet, doordat het met water uit het Hollandsch Diep werd doorspoeld. De Spuisluis voerde aanvankelijk 70 m<sup>3</sup>/s aan, ongeveer zeven maal zoveel als gemiddeld in latere jaren. De aanvoer was zo groot omdat er een sterke stroming nodig was om een goede menging van zout en zoet water mogelijk te maken. Men wilde hiermee voorkomen dat er in grote delen van het meer een onderste laag van zout water zou ontstaan met daarop een (lichtere) laag zoet water. Omdat de onderste laag hierdoor verstoken zou blijven van zuurstof, zouden de daarin aanwezige organismen snel afsterven. In delen van het meer die dieper zijn dan 10 meter (ca. 13 procent van het meeroppervlak) trad deze gelaagdheid in de eerste jaren inderdaad op; later verdween ze allengs.

Figuur 3 De verzoeting van het Volkerakmeer en het Zoommeer.





Reukloze kamille ligt in juli als een witte deken over de Prinsesseplaat.



### 1.3 Het beheer

De afwisselende zienswijzen van de waterbeheerder op het beheer van het gebied mondden uit in de huidige integrale visie. Het beheer staat daarbij in het teken van een zo goed mogelijke benutting van alle mogelijkheden die het watersysteem biedt. Het functioneren van het ecosysteem neemt daarbij een belangrijke plaats in.

De Rijksoverheid staat op een vergelijkbaar standpunt jegens het beheer van het gebied. De drooggevallen gronden en het aangrenzende ondiepe water (tot -1,5 meter NAP) worden door haar erkend als belangrijke natuurgebieden. In het **Natuurbeleidsplan** van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij heeft het Volkerak-Zoommeer dan ook de status gekregen van "kerngebied in de ecologische hoofdstructuur van Nederland". Grote delen van het gebied zijn in 1988 al tot natuurmonument verklaard en daarmee dus wettelijk beschermd. De Rijksoverheid bereidt op dit moment de aanwijzing van het gebied als "wetland" voor - een duidelijk teken van de grote betekenis van het gebied, ook internationaal.

In 1988 is voor een periode van drie jaar een plan voor het waterbeheer in het gebied opgesteld. Als vervolg daarop zal er in 1991 een evaluatie van het waterbeheer verschijnen. Deze evaluatie en de ervaringen van de afgelopen jaren moeten de basis vormen voor een definitief beheersplan voor de lange termijn. In het tijdelijke plan kreeg de aanwezige vaargeul in de eerste plaats een

functie voor de scheepvaart. Op de drooggevallen gronden en in de nabijgelegen ondiepe wateren heeft de ontwikkeling van de natuur voorrang.

Voor het landbeheer verscheen inmiddels de **Beheersvisie Krammer-Volkerak**. Hierin staat hoe de terreinen zich waarschijnlijk gaan ontwikkelen en welk beheer daarbij gewenst is.



Kreekbedding in Dintelse Gorzen met op de bodem zoutminnende vegetatie van voornamelijk Zeekraal.

In het water komt Zeebies of Heen voor.

De oeverwallen zijn begroeid met ruigtekruiden.





De schelpen van grote Strandgapers staken vlak na de afsluiting nog boven het slik uit.

Toen het slik drooggevalen was, probeerden Slijkgarnalen het water te bereiken. Sommige slaagden daar niet in.



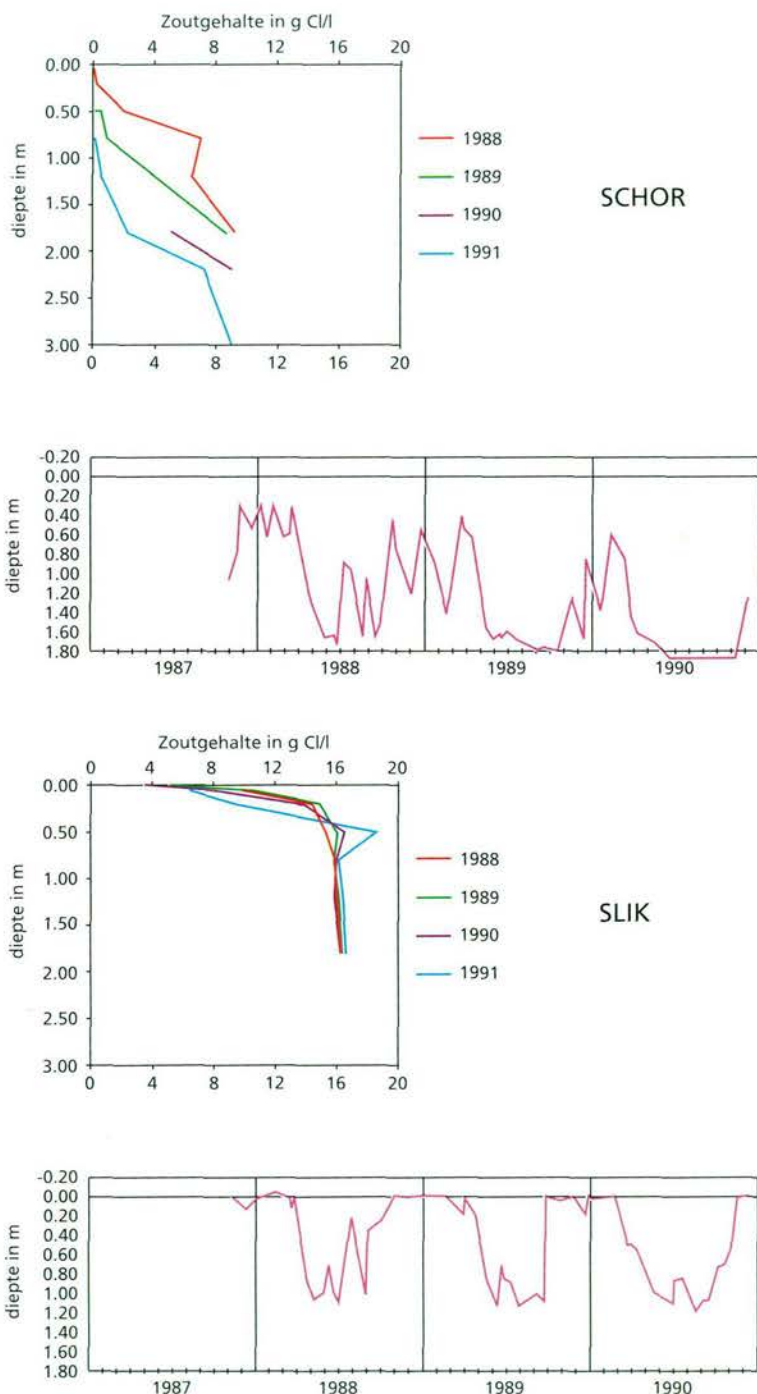
## 2 Vervallen getijden

Al in het eerste jaar na de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer bleken de directe gevolgen ervan voor verschillende dier- en plantengroepen. Het ecosysteem was immers altijd ingesteld geweest op de sterke, dagelijks wederkerende getijstromingen. De voormalige slikken hadden een grote dichtheid aan bodemdieren (0,1 tot 0,2 kg natgewicht per vierkante meter). Zeepier (*Arenicola marina*), Zeeduizendpoot (*Nereis diversicolor*) en Slijkgaper (*Corophium volutator*) hadden hierin het grootste aandeel. Deze bodemdieren dienden vele vogels, waaronder vooral steltlopers, bijeb tot voedsel. Na de afsluiting verdroogde de in de slikken aanwezige bodemfauna binnen enkele dagen.

De bodemeigenschappen van drooggevalen gronden zijn van groot belang voor mogelijke ontwikkelingen van het ecosysteem aldaar. Zo zijn kleigehalte en liggingshoogte van de bodem en het voorkomen van krekken belangrijke factoren voor de voedselrijkdom en de snelheid waarmee het zout uit de bodem kan verdwijnen. In het volgende wordt dit nader toegelicht.

### 2.1 Drooggevalen gronden

In Nederland is de toevoer van regenwater groter dan de hoeveelheid water die verdampt. Waar het overschot aan regenwater de kans krijgt in de grond weg te zakken, verdringt het geleidelijk het daar aanwezige zoute water. Regenwater kan echter alleen in de grond dringen als het grondwaterpeil beneden het landoppervlak ligt. Er is dan ook een verband tussen de hoogte van het grondwaterpeil in de winter en de diepte van ontzilting (zie figuur 4).



Figuur 4 De ontzilting van de schorren en de slikken en grondwaterstanden in vier opeenvolgende jaren. Op de schorren, waar de grondwaterstand laag is, is de snelheid van ontzilting groter dan op de slikken.





Door droogte ontstaan scheuren in de bodem, waardoor zuurstof de grond indringt, en de bodem vruchtbaar maakt.

De stand van het grondwater in herfst en winter is uiteraard sterk afhankelijk van de hoeveelheid neerslag, maar onder andere ook van de hoogteligging, de samenstelling van de bodem en van de afstand tot open water. In het Krammer-Volkerak zijn er gedurende de eerste drie jaar na het droogvallen kenmerkende verschillen ontstaan tussen drooggevallen schor en drooggevallen slik. Drooggevallen schor is door zijn vele krekens en zijn hoge ligging veelal goed ontwaterd. Het grondwaterpeil ligt er vrijwel altijd beneden het landoppervlak en al het zout is al uit de bovenste meter verwijderd. De hogere koppen van de zandplaten (bijvoorbeeld op de Hellegatsplaten en Plaat van de Vliet) zijn net als de schorren ook snel ontzilt - de zandbodem laat daar het water goed door. Op het vlakke en lage slik is echter nog nauwelijks zout uit de bodem verdwenen doordat het terrein in natte perioden dras is. Het regenwater stroomt er over de oppervlakte af en het zoute (zee)water blijft in de bodem aanwezig.

Toch was in januari 1990 al circa 900 hectare (45 procent) van de circa 2 000 hectare aan drooggevallen gronden ontzilt tot minstens een diepte van 1 meter. Dat waren de schorren en de hoge zandkoppen van de platen. Ongeveer 700 hectare (35 procent) was nog volledig zout. Dat waren vlakke, relatief laag gelegen slikken. Ongeveer 400 hectare (20 procent) van de oppervlakte is brak; ook deze gronden zullen over enkele jaren zijn ontzilt.

Uiteindelijk zal het zout geheel uit de bodem verdwijnen, maar op laag gelegen gronden die moeilijk water doorlaten, kan de ontzilt lang duren. Ter vergelijking: vijftig jaar na droogvallen zijn er in een zelfde type grond in de Workumerbuitenwaard langs het IJsselmeer nog duidelijk brakke plekken gevonden.

De ontzilt van onderwaterbodems verloopt heel anders dan die van drooggevallen gronden. Onder water vloeit er geen zoete waterstroom de bodem in, zoals in drooggevallen bodems, maar stroomt er zout de bodem uit; het lost op in het zoete water van het meer. Deze manier van ontzilt verloopt met een snelheid van ongeveer 10 centimeter per jaar - dat is veel sneller dan in de drooggevallen oeverzone gebeurt. Gevolg van dit alles is dat de eerste paar meter rond de waterlijn nu meestal ontzilt zijn. Het laaggelegen slik iets verder van de waterlijn is echter nog nagenoeg zout.

Na het droogvallen kan er ook zuurstof de grond indringen. Hierdoor wordt de daar aanwezige humus afgebroken en komen voedingsstoffen voor planten beschikbaar.

Dit proces speelt vooral op de voormalige schorren, doordat de bodem hier voedselrijk is en bovendien indroogt in de zomer. De scheuren die hierdoor ontstaan maken het mogelijk dat er nog meer zuurstof naar binnen dringt. Ook de ontwatering is op de schorren geen probleem - er zijn immers veel krekens. Al met al zijn de bodemomstandigheden hier te vergelijken met die van zeer vruchtbare landbouwgronden.

## 2.2 Oevererosie

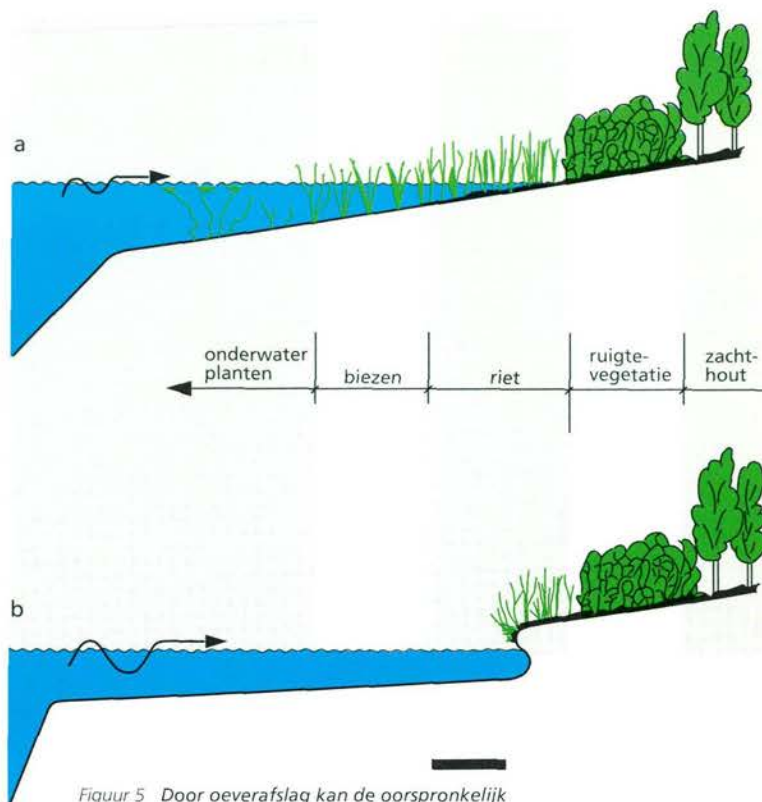
Vóór de afsluiting bedroeg het gemiddelde hoogteverschil tussen laag- en hoogwater 3,5 meter. De waterlijn verplaatste zich toen in korte tijd over een groot gebied. Golven braken hierdoor op steeds wisselende niveaus, zodat de oevers vrijwel niet afkalfden.

Na de afsluiting en door het handhaven van een nagevoeg vast waterpeil sloegen de golven steeds op hetzelfde niveau tegen de oevers aan. De golven werkten dus permanent op een smalle zone van de oever in (figuur 5). Oevers met fijn zand zijn in het algemeen niet tegen dit geweld bestand, en het resultaat is daar dan ook een voortgaande oeverafslag.

Het uit de oevers losgewoelde bodemmateriaal wordt verplaatst, en bezinkt dieper in het meer en vooral in de diepe geulen. Langs zandige en op de overheersende wind gelegen lokaties had dit proces een achteruitgang van de oeverlijn tot gevolg van meer dan 20 meter per jaar. Langs luw gelegen en kleiige oevers was de erosie weliswaar minder, maar kon ze toch nog enkele meters per jaar bedragen. Alleen zeer flauwe oevers, met een helling van minder dan 1:500, kalfden in de eerste jaren nauwelijks af.



Door de geconcentreerde golfwerking sloegen grote delen van de oever af.



Figuur 5 Door oeverafslag kan de oorspronkelijk geleidelijke overgang tussen land en water (a) verdwijnen en ontstaan klifranden die minder plaats voor oeverplanten bieden (b).

Een van de gevolgen van oeverafslag is dat de oorspronkelijk geleidelijke overgang van land naar water verdwijnt en dat er steile klifranden ontstaan. Dat zijn geen ideale omstandigheden voor oeverplanten die met hun wortels de bodem vasthouden en op die manier de afslag tegenwicht kunnen bieden. Riet (*Phragmites australis*), Biezen (*Scirpus* sp.) en Lisdoddes (*Typha* sp.) zullen zich dan ook bijna nooit spontaan op deze plekken vestigen. Aan de onderkant van de klifjes is de bodem daarvoor te veel in beweging en valt ze te weinig droog. Aan de bovenkant van de klifjes is de bodem meestal te droog om deze oeverplanten goed te laten kiemen. Hier kunnen wel planten met door de wind verspreide zaden als Harig wilgeroosje (*Epilobium hirsutum*), Moerasandijvie (*Senecio congestus*) en Akkerdistel (*Cirsium arvense*) gedijen. Deze planten zijn, ook als ze bodembedekkend zijn, echter niet in staat de bodem met hun wortelstelsels vast te houden wanneer ze op de waterlijn wordt ondergraven.



Vooral langs kreken  
vestigde Moerasandijvie  
zich op een smalle  
strook ontzilte bodem.



Erosie veroorzaakt een verlies van waardevol oevergebied. Door bezinking kunnen echter ook nieuwe, bijzondere landschapsvormen ontstaan. Zo heeft transport van bodemmateriaal de afzet van zand in luwere zones tot gevolg. Ook kunnen door het uitspoelen van schelpen lintvormige schelpenbanken ontstaan, die soms zelfs boven water uitsteken.



Golven woelen schelpen los en zetten ze af langs de oevers, waardoor plaatselijk banken ontstaan.

### 2.3 Directe effecten op vogels, bodemdieren en vissen

Met het droogvallen van de platen ging een belangrijk voedselgebied voor steltlopers verloren. Vóór de afsluiting waren slakjes, schelpen en wormen daar bij eb voedsel voor steltlopers als Scholeksters (*Haematopus ostralegus*), Zilverplevieren (*Pluvialis squatarola*), Kanoetstrandlopers (*Calidris canutus*) en Rosse grutto's (*Limosa lapponica*).

Hoewel de drooggevallen gronden niet meer zo belangrijk zijn als voedselgebied voor vogels, hebben enkele ervan toch een nieuwe functie voor steltlopers gekregen. Bij hoogwater in de Oosterschelde wijken de vogels uit naar hooggelegen platen of binnendijkse gebieden om daar te rusten. Een deel van de steltlopers (tot ca. 5 000 exemplaren) kiest nu voor dat doel de drooggevallen platen rond de Philipsdam en de Oesterdam.



Ook de ongewervelde dieren, die dieper in het water leven, hadden direct van de afsluiting te lijden. Door het wegvallen van stroming liep voor verschillende soorten ook de zuurstof- en voedselvoorziening ingrijpend terug.

Voor het gereed komen van de Philipsdam en de Oesterdam konden trekkende vissoorten (o.a. Fint (*Alosa fallax*), Zeeforel (*Salmo trutta*), Zeeprík (*Petromyzon marinus*) en Rivierprík (*Lampetra fluviatilis*)) ongehinderd van de open verbinding tussen het Krammer-Volkerak en de Oosterschelde gebruik maken. Nu, na de afsluiting, moeten deze vissen via de sluisencomplexen het Volkerak-Zoommeer zien te bereiken op zoek naar paaigronden in het zoete water. Dit betekent een extra barrière op hun trekroute. Omdat er amper stroming is in het Volkerak-Zoommeer, is het de vraag of de vissen zich wel kunnen oriënteren tijdens hun trek naar de rivieren. Ook van de Strandkrab (*Carcinus maenas*) en de Garnaal (*Crangon crangon*) sneed de afsluiting mogelijk de trekroutes af. Eenzelfde verschijnsel heeft zich bij de afsluiting van de Zuiderzee voorgedaan.



Scholeksters wijken bij hoogwater naar rustplaatsen uit.

### 3 De zoute levensgemeenschap verdwijnt

In diepe delen van het meer, waar gelaagdheid optrad, moest de bodem het al snel zonder zuurstof stellen. De meeste bodemdieren konden hier dan ook niet overleven. Alleen enkele bacteriën en wat ongelede wormen (draadwormen of aaltjes) zijn gespecialiseerd in het overleven zonder zuurstof. In het Volkerakmeer werden op de zuurstofloze plaatsen twee geslachten draadwormen in grote aantallen (tot 7 000 per liter slib) aangetroffen: *Sabatieria* en *Terschellingia*.

De snelle verzoeting van het meer had grote invloed op het gehele ecosysteem. Voor het plankton had de ontziling wel heel ingrijpende gevolgen. Zowel het plantaardig plankton - de algen - als het dierlijk plankton - het zoöplankton - veranderde binnen een paar maanden volledig van karakter.

In de eerste helft van 1987 waren in het plankton nog veel zoutwater- en brakke soorten aanwezig. Het waren grotendeels dezelfde soorten die ook in de andere brakke en zoute wateren van het Deltagebied voorkomen. Bij de algen waren dat vooral kiezelalgen (onder andere *Ditylum brightwelli*, *Chaetoceros* sp., *Rhaphoneis* sp.) en dinoflagellaten (*Heterocapsa triquetra* en *Prorocentrum* sp.).

Bij het brakke en mariene zoöplankton ging het om roeipootkreeftjes (*Acartia* sp., *Balanus* sp. (Zeepok) en *Temora* sp.), larven van borstelwormen, kreeftachtigen (*Podon* spp.) en wimperdiertjes (*Tininnopsis* sp.).

Na de afsluiting in april kwamen brak- en zoutwater-soorten nog een aantal maanden in het steeds zoetere water voor, zij het in afnemende hoeveelheden. Daarna bevatte het plankton nog wel soorten die zowel in zoet als in brak en zout water kunnen voorkomen. Een bekende soort is het roeipootkreeftje *Eurytemora affinis*.

Ook de zeevissen begonnen snel last te ondervinden van de toenemende verzoeting. De meeste soorten, waaronder Kabeljauw (*Gadus morhua*), Wijting (*Merlangius merlangus*) en Steenbolk (*Trisopterus luscus*) werden al kort na de afsluiting niet meer gevangen. Een aantal soorten heeft zich tot op de dag van vandaag weten te handhaven, doordat ze zowel in zout als in zoet water kunnen voorkomen. Het betreft Bot (*Platichthys flesus*), Paling (*Anguilla anguilla*) en Driedoornige stekelbaars



Beroepsvissers legen een fuik, o.a. gevuld met Bot en Paling.

(*Gasterosteus aculeatus*). Door de Krammersluizen en vooral de Bergse Diepsluis komen nog regelmatig kleine aantallen zeevis het gebied binnen, hoofdzakelijk Haring (*Clupea harengus*). Deze zeevissen sterven waarschijnlijk binnen enkele dagen na aankomst in het Volkerak-Zoommeer als gevolg van het voor hen te lage zoutgehalte van het water.

Veel bodemfaunasoorten als de Zeepeer, de Wapenworm (*Scoloplos armiger*) en de Mossel (*Mytilus edulis*), en kleine borstelwormen zoals *Tharyx marioni* verdwenen binnen enkele maanden. Toch wist bijna de helft van de soorten zich in stand te houden tot aan het moment dat het water zoet was geworden. Dat komt doordat veel van de soorten die in rivierdelta's leven, zijn aangepast aan schommelingen in het zoutgehalte. Draadwormen ondervonden aanvankelijk veel minder schade door de verzoeting. Pas een jaar na de afsluiting waren de zoutwatersoorten sterk in aantal afgenomen. Dat de draadwormen het zolang konden volhouden, kwam door het feit dat ze dieper in de waterbodem leven, waar de verzoeting langzamer verliep dan de verzoeting in het water. Vanuit de drooggevalven oevers was daar namelijk nog aanvoer van zout.



Vlak voor de afsluiting was de brakwaterplant Snavelruppia (*Ruppia maritima*) voor het eerst op de Helle-gatsplaten gesignaleerd. Verder waren er in het gebied enkele pollen Zee gras (*Zostera marina* en *Z. noltii*), die één jaar na de afsluiting al verdwenen waren. Snavelruppia bleek echter goed bestand tegen zoet water - de eerste drie jaar na de afsluiting breidde deze soort zich zelfs uit.

Vogels zijn in het algemeen minder afhankelijk van het zoutgehalte van meren. Het is wel van sommige soorten bekend dat ze een voorkeur hebben voor zoet water. Zo rustten Tafeleenden (*Aythya ferina*) enkele jaren geleden overdag massaal in het Haringvliet, terwijl ze 's nachts Zee gras (*Zostera* sp.) in het Grevelingenmeer aten.

### Fuikmethode

Veranderingen in de stand van vis en grotere kreeftachtigen zijn onderzocht met behulp van de in het gebied actieve beroepsaalsvissers. Op het Volkerak-Zoommeer vissen de beroepsvissers

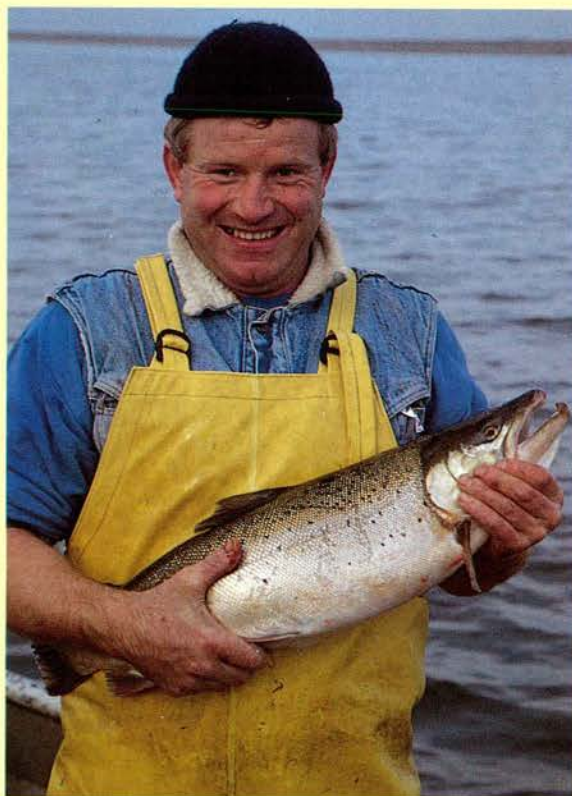
vooral met grote hokfuiken. Daarmee worden allerlei vissoorten gevangen. De fuiken zijn tot een diepte van circa 10 meter opgesteld op verschillende plaatsen langs de oever en in de buurt van sluiscomplexen. Van enkele vaste proeffuiken hebben de vissers een

groot aantal vangsten geregistreerd naar soort, aantal en grootte van de gevangen vissen en kreeftachtigen; daarnaast hebben zij bijzondere vangsten uit al hun fuiken genoteerd. Regelmatig gaan onderzoekers mee met de vissers om aanvullende metingen en waarnemingen te doen. Zo worden enkele malen per jaar van grote aantallen vissen de lengte en het gewicht vastgesteld.

Deze relatief goedkope manier van visstandonderzoek levert gegevens over de aanwezige soorten, de opbouw van de populatie en de conditie van de vissen. Zowel in de tijd als in verschillende delen van het meer kunnen zo de ontwikkelingen van de visstand worden gevolgd.

De deelname van beroepsvissers aan het onderzoek brengt ook belangrijke voordelen voor het waterbeheer mee. De samenwerking van onderzoekers en vissers op praktijkniveau bevordert immers de communicatie en begrip voor elkaars belangen. De kans dat natuurbelangen samengaan en geïntegreerd worden met andere maatschappelijke belangen is hierdoor groter. Deze lijn doortrekkend zouden vissers mogelijk in de toekomst ingezet kunnen worden bij het praktisch beheer van de visstand.

Beroepsvisser met vangst (Zee forel).





## 4 De eerste nieuwe soorten in zoet water

Met het verdwijnen van de zoutwaterorganismen begon de kolonisatie van het meer door nieuwe soorten. Dit verliep in een hoog tempo. De nieuwe soorten waren niet alleen goed bestand tegen zout, maar plantten zich ook snel voort en konden zich goed verspreiden.

Voor de kolonisatie is ook het seizoen waarin de verzoeting optreedt van belang. De grootste verspreiding van de meeste waterorganismen geschiedt namelijk in de voortplantingstijd. De periode waarin de verzoeting van het Volkerak-Zoommeer plaatsvond (mei-augustus) was gunstig voor een snelle kolonisatie van zoetwatersoorten, omdat de organismen zich in de zomer voortplanten.

### 4.1 De snelheid van kolonisatie

Doordat vogels erg beweeglijk zijn, zijn ze in het algemeen in staat snel op gewijzigde omstandigheden te reageren. In het Volkerak-Zoommeer ging het daarbij vooral om wijzigingen in het voedselaanbod (bodemfauna, waterplanten en vissen), die indirect door de verzoeting werden veroorzaakt. Sommige soorten vogels waren echter opmerkelijk trouw aan een bepaalde plaats. Rosse grutto's, die hun voedsel vooral veel in getidegebieden zoeken, plachten vóór de afsluiting in mei met dat doel enkele weken op de Hellegatsplaten en de Ventjagersplaten te bivakkeren in aantallen tot 2 000 exemplaren. Na de afsluiting veranderden de Rosse grutto's hun gedrag niet, hoewel het voedselaanbod op de platen sterk was afgenomen.

In de tweede helft van 1987 verschenen in het Volkerak-Zoommeer steeds meer planktonsoorten die zich thuis voelen in zoet water. Ze werden meegevoerd door het zoete water dat het meer binnenstroomde. Mede dank zij zijn korte levenscyclus was het plankton snel in staat het nieuwe zoetwatermeer te koloniseren. Bij de algen ging het vooral om groenalgen - onder andere de geslachten *Scenedesmus*, *Coelastrum*, *Monoraphidium*, en *Oocystis*. Bij het zoöplankton betrof het de raderdier-tjes *Brachionus* sp., *Keratella* sp. en *Polyarthra* sp. en verschillende soorten watervlooien (onder andere *Daphnia* sp.).

Vanaf 1988 bleven de algendichtheden in de zomer verrassend laag. Het bleek soms mogelijk meer dan 5 meter diep in het water te kijken. (In de meeste Nederlandse wateren is een halve meter al heel wat.) *Rhodomonas minuta* en *Cryptomonas* sp. waren veel voorkomende algensoorten.

Het zoöplankton bevatte vanaf 1988 vooral veel grote watervlooien, maar ook roeipootkreeftjes en raderdier-tjes waren sinds die tijd veelvuldig aanwezig.



Fouragerende Rosse grutto.

Sommige soorten ongewervelden werden al in augustus 1987, vier maanden na de afsluiting, in het gebied aangetroffen. Dat waren vedermuggen (voornamelijk *Chironomus muratensis*) en Driehoeksmossels (*Dreissena polymorpha*). Beide soorten brengen veel nakomelingen voort, die als ze uit het ei zijn gekomen, vrij in het water zweven. Tijdens deze levensfase, die ongeveer een week duurt, kunnen zij enkele kilometers per dag afleggen. De volwassen vedermuggen kunnen bovendien ook in de lucht grote afstanden overbruggen. Bij de Driehoeksmossels duurde het nog tot 1989 voordat ze in groten getale in het Zoommeer werden gezien, mogelijk als gevolg van het hogere chloridegehalte daar.

Sommige bodemfaunasoorten uit het Hollandsch Diep zou men inmiddels ook in het Volkerak-Zoommeer verwachten aan te treffen, gezien de overeenkomst in watertype. Toch komen deze soorten: Schilders- en Zwanemossels (Unionidae), en Erwtmossels (Sphaeriidae) vier jaar na de afsluiting nog nauwelijks in het gebied voor. Ook wormen (Oligochaeta) vormen nog geen groot deel van de biomassa.

Direct na de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer werden de eerste zoetwatervissen aangevoerd via de Volkeraksluizen en ook via de Dintel en Steenbergse Vliet. Vooral jonge Snoekbaars (*Stizostedion lucioperca*) was van de partij. Later kwamen ook Baars (*Perca fluviatilis*) en Pos (*Gymnocephalus cernuus*) in grote aantallen. In veel geringere mate trokken ook Blankvoorn

(*Rutilus rutilus*), Karper (*Cyprinus carpio*), Brasem (*Abramis brama*) en Rietvoorn (*Rutilus erythrophthalmus*) het meer binnen. Pos is de eerste vis die zich in het Volkerak-Zoommeer in 1990 op grote schaal heeft voortgeplant. De Pos is namelijk al na één of twee jaren paairijp. De verwachting is dat in 1991 ook de Baars zich in het meer zal voortplanten.

Voor Snoekbaars bleek het gebied minder aantrekkelijk - ze plantte zich er niet of nauwelijks voort. Bij het nagenoeg ontbreken van ook andere belangrijke roofvissen, zoals de Snoek (*Esox lucius*), kunnen vissoorten als Blankvoorn, Brasem en Pos zich sterk ontwikkelen en een eenzijdige visstand veroorzaken. Zo'n explosie en dominantie van planktoneters en/of bodemwoelers als Brasem, Kolblei (*Abramis bjoerkna*), Blankvoorn en Karper kan een bedreiging gaan vormen voor de ecologische waarden van het watersysteem. Sterke overheersing van deze soorten kan namelijk leiden tot algenbloei en het verdwijnen van de waterplanten.

De conditie van de vissen is over het algemeen redelijk tot goed te noemen. Voedselconcurrentie komt nauwelijks voor.

De kolonisatie van het Zoommeer lijkt voor de meeste vissoorten enkele jaren achter te lopen bij het Volkerakmeer. In 1990 waren er nog steeds duidelijke verschillen tussen de visstand van beide delen. Het Zoommeer is zouter dan het Volkerakmeer. Wanneer dat verschil in waterkwaliteit gehandhaafd blijft, kan zich in verschillende delen van het meer een eigen visstand ontwikkelen.

**Driehoeksmossels op lege Kokkel (= schelp van voor de afsluiting).**







Tenger fonteinkruid groeit als een zuil  
in meters diep water.

Waterplanten koloniseerden het gebied wat langzamer. Pas in het tweede groeiseizoen na de afsluiting (1988) zijn er zoetwatersoorten aangetroffen. De eerste soort was Tenger fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*), dat zich snel kan verspreiden. De stengels van de plant slaan namelijk gemakkelijk los, delen ervan spoelen op andere plaatsen weer aan en wortelen gemakkelijk.

In 1989 namen het aantal soorten waterplanten en de dichtheid ervan explosief toe. De belangrijkste soorten waren Tenger fonteinkruid, Schedefonteinkruid (*P. pectinatus*), Snavelruppia (*Ruppia maritima*), Smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en Zoetwaterzannichellia (*Zannichellia palustris*). Ook deze soorten verspreiden zich hoofdzakelijk door losgeslagen delen. De bedekking van het gebied tussen 0 en -3,5 meter NAP was in 1989 10 procent. In 1990 is de bedekking nog verder toegenomen.

Na de afsluiting vestigden zich in de oeverzone oeverplanten. Zeebies (*Scirpus maritimus*) en Ruwe biezen (*Scirpus lacustris tabernaemontani*) waren al op de vroegere schorren aanwezig. Ook de oeverzone bevatte al zaden van deze soorten die daar onder goede kiemomstandigheden (gunstige temperatuur en vochtigheid) konden kiemen en uitgroeien. Op plaatsen waar de

golfslag sterk was, spoelden kiemplanten echter weer weg. Door de ontzilting van de oevers werden de vestigingsmogelijkheden steeds groter. Het resultaat was dat er in 1989 en 1990 overal langs de oevers pollen van deze planten groeiden.

Zaden van Lisdoddes, Moerasandijvie en Riet kwamen massaal via de lucht op de drooggevallene kale bodem terecht. Moerasandijvie vormde na enkele jaren op veel plaatsen zelfs een aansluitende begroeiing langs de oever. Bovendien kon vooral Grote lisdodde (*Typha latifolia*) op de nog enigszins zilte bodems uitstekend kiemen en zich vervolgens door aangroei naar het open water uitbreiden. Riet en Kleine lisdodde (*Typha angustifolia*) volgden op plaatsen waar de bodem reeds grotendeels ontzilt was.

Veel oeverplanten verspreiden zich door drijvende zaden. De zaden blijven, afhankelijk van de soort, uren tot jaren in het water. Van de soorten met kort drijvende zaden was in het meer alleen de Grote egelskop (*Spartanium erectum*) nieuw; ze was op slechts één lokatie aanwezig. Deze soorten verspreiden zich ook niet snel. Zoetwatersoorten met langer drijvende zaden werden vaker aangetroffen (Zegges (*Carex* sp.), Slanke waterbies (*Eleocharis palustris*), Liesgras (*Glyceria maxima*)), hoewel in geringe aantallen.

In 1990 was de aanwezigheid van oeverplanten nog klein, waarschijnlijk ten gevolge van de sterke golfwerking, vogelvraat op jonge plantjes en de nog steeds zeer beperkte ontzilting van de oevers.



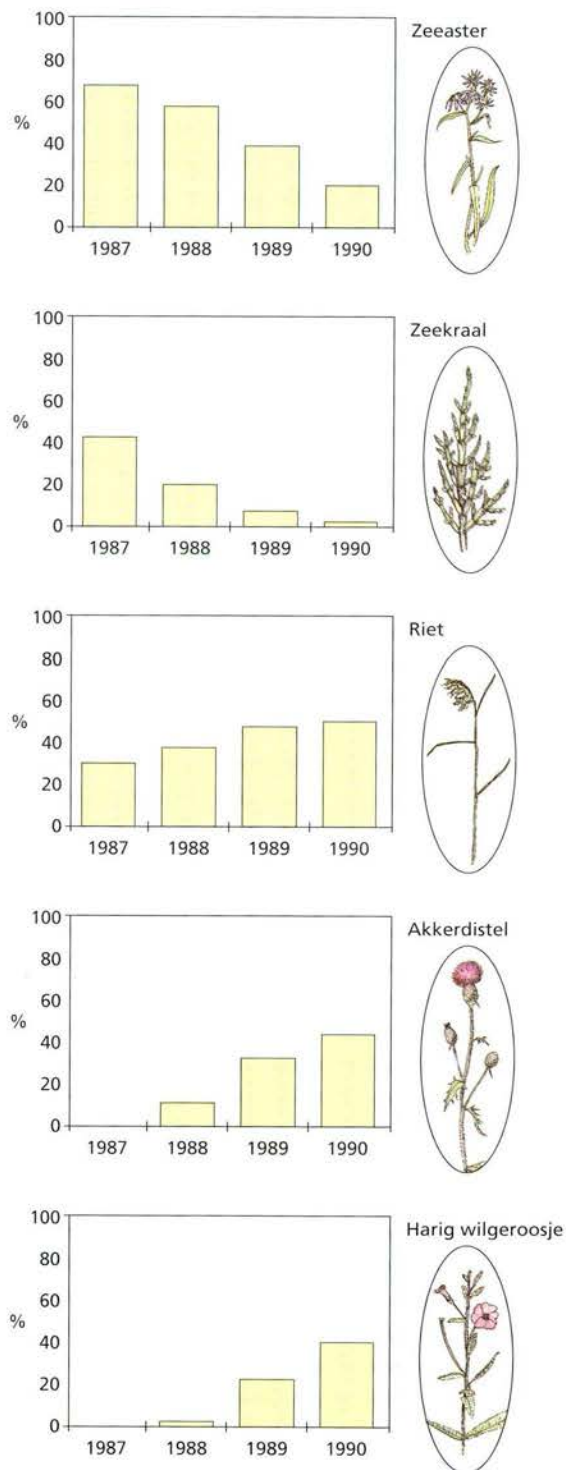
Biezen vestigden zich  
op ontzilte plaatsen langs  
oevers.

In de ontwikkeling van de vegetatie op de voormalige schorren, slikken en platen kunnen tot nu toe een tweetal fasen onderscheiden worden. In het begin overheerste de verspreiding door het water. Hieruit ontstond de zilte pionierbegroeiing op de voormalige slikken en platen. De tweede fase bestond uit de aanvoer van soorten door de wind en in geringere mate door dieren. Deze ontwikkeling leidde onder andere tot een ruigtebegroeiing van Wilgeroosjessoorten (*Epilobium* sp.), Akkermelkdistel (*Sonchus arvensis*), Akkerdistel, Speerdistel (*Cirsium vulgare*) en Canadese fijnstraal (*Erigeron canadensis*). In beide gevallen gaat het dus om soorten die zich, hetzij door het water, hetzij door de wind, goed kunnen verspreiden. Doorslaggevend voor wat waar groeit zijn natuurlijk de milieuomstandigheden die kieming van het zaad mogelijk maken.



Akkerdistel.

Figuur 6 Het aantal keren dat vijf kenmerkende soorten in een proefvak werd aangetroffen.





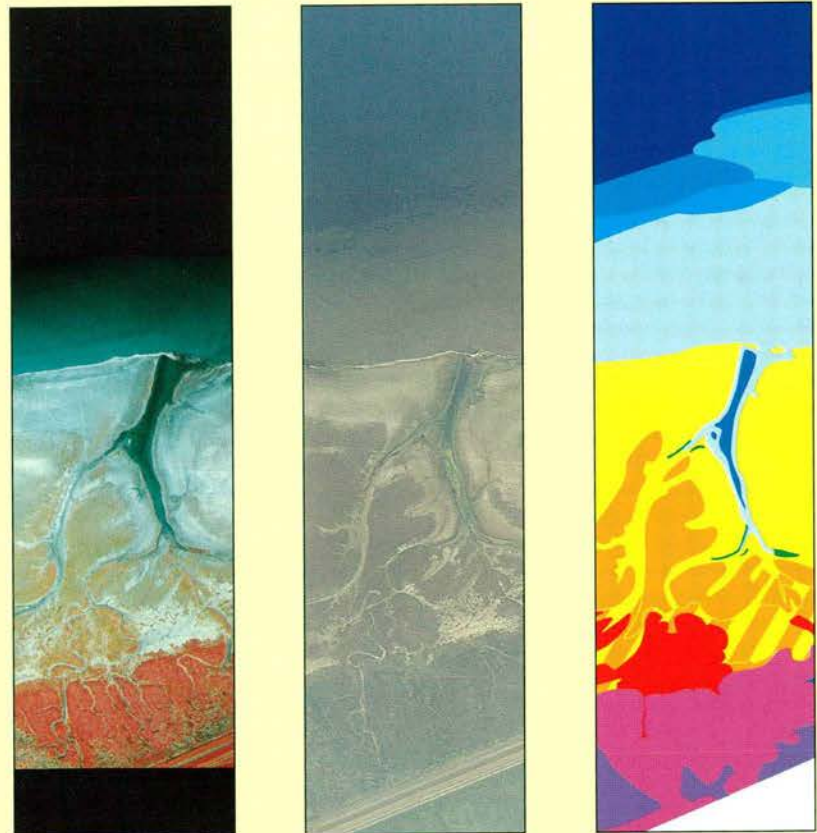
## Inventarisatie waterplanten

In 1990 is een uitgebreide inventarisatie van het gebied opgemaakt met het doel een waterplantenkaart (zie figuur 7) te maken. De metingen bestonden uit drie onderdelen:

- 1 *Verkenningvlucht*. Met een sportvliegtuigje werd globaal gekeken waar waterplanten aanwezig waren, en vooral waar ze ontbraken.
- 2 *Veldkartering*. Het ondiepe deel van het meer, tot 5 meter diep, is in vakken van 100 bij 100 meter verdeeld. Om het aantal inventarisatiepunten enigszins binnen de perken te houden, zijn de ondiepe plaatsen waar vanuit de lucht geen begroeiing te zien was, niet bezocht. Vanuit een boot is de waterplantenvegetatie geobserveerd met een perspex onderwaterkijker. Tijdens de waarneming voer de boot over een afstand van ongeveer 10 meter en werd de bedekking van de soorten geschat. De diepere punten, waar geen vegetatie was te zien, zijn steekproefsgewijs door duikers bezocht.

3 *Luchtfotografie*. Door de goede weersomstandigheden in 1990 kon de Meetkundige Dienst in Delft een luchtkartering laten verrichten. Het hele gebied is daarbij gefotografeerd (schaal 1:10.000). Om het effect van schittering in het water te vermijden werden alle foto's overlap-

pend genomen. Met behulp van de foto's en de gegevens van de veldkartering zijn kaarten getekend. Het gebied dieper dan -3 meter NAP was daarbij niet in te tekenen, omdat de planten op die diepte niet meer op de foto's te zien waren.



Figuur 7 De interpretatie van luchtfoto's van een gedeelte van de Dintelse Gorzen. Voor de waterplanten is de *true-colour* luchtfoto (links) gebruikt, gecombineerd met veldopnames. Voor de oeverplanten wordt gebruik gemaakt van de *false-colour* luchtfoto (midden) en veldkennis.

	geen vegetatie aanwezig		Pioniervegatie van zoute bodem (Zeekanaal, Zilte schijnspurrie)
	lage dichtheden macroalgen		Pioniervegatie van ontzilende bodem (Zilte schijnspurrie)
	Zannichellia/Ruppia, Potamogeton en macroalgen alle in lage dichtheden		Schrale ruigtes met veel bladmossen
	mengvorm met veel macroalgen		Weelderige ruigtes (Wilgeroosjes)
	zeer veel macroalgen		Afgestorven Engels slijkgras met koloniserende ruigtes
	te diep voor waarneming		Pioniervegatie van zoet moeras (Moerasandijvie)

Meerkoeten foerageren  
in groepen op water-  
planten.





## 5 Gevolgen van de kolonisatie

In het Volkerak-Zoommeer zijn enkele soorten organismen soms explosief in aantal toegenomen. Dat kwam bijvoorbeeld doordat predatoren waren gestorven en er nog geen nieuwe voor in de plaats waren gekomen. Andere soorten hadden nog weinig last van concurrentie en vonden daardoor veel voedsel.

De Zeeduizendpoot is zo'n sterk uitdijende soort. Hoewel deze worm zich bij voorkeur ophoudt in zoute riviermondingen, kan hij goed tegen zoet water. De Zeeduizendpoot is een alleseter, en hij is daardoor bestand tegen een snel veranderend voedselaanbod. Waarschijnlijk staan ook vedermuggen op zijn menu. Uiteindelijk zal deze zoutwatersoort toch verdwijnen, omdat ze zich in zoet water niet goed voortplant.

De meeste watervogels komen bijzonder snel op voedsel - waaronder vis - af. In de winter van 1987-'88, de eerste na de afsluiting, concentreerde zich veel vis rond de Philipsdam, waar aanvankelijk de zoutconcentraties het hoogst bleven. Vooral Haring van 9 tot 10 centimeter lengte was een aantrekkelijke prooi voor de Fuut (*Podiceps cristatus*). In februari 1988 werd rond de Philipsdam dan ook een concentratie van bijna 5 000 Futen gezien. Ook andere visetende vogels waren in opvallend grote aantallen aanwezig.



De Fuut zal in de toekomst ook als broedvogel het gebied ontdekken.

Nu de hoeveelheid waterplanten is toegenomen, hebben ook plantenetende vogels het gebied ontdekt. In het najaar van 1989 en 1990 kwamen rond 10 000 Meerkoeten (*Fulica atra*) en enkele duizenden Knobbelzwanen (*Cygnus olor*) hier hun voedsel zoeken.



Knobbelzwanen bij de Philipsdam.



Putters (ook wel Distelvinken genoemd) eten graag zaden van distels (hier Speerdistel).

Vlokreeftjes (*Gammarus tigrinus*) houden zich graag tussen waterplanten op.



Drooggevallen land is ook belangrijk voor vogels in het winterseizoen. Zo kwamen Brandganzen (*Branta leucopsis*) op de zaden van Zeekraal (*Salicornia europaea* c.l.) af. In december 1989 waren het er ruim 8 000. Het zaad van Akkerdistel heeft vele Putters (*Carduelis carduelis*) aangetrokken.

Op de lage slikken met een zoute en lage begroeiing broeden kale grondbroeders zoals de Kluut (*Recurvirostra avosetta*), Strandplevier (*Charadrius alexandrinus*), Bontbekplevier (*Ch. hiaticula*) en Dwergstern (*Sterna albifrons*), soms in forse aantallen. Zo broedden er in het derde en vierde jaar na droogvallen bijvoorbeeld meer dan 1 000 paar Kluten en ruim 200 paar Strandplevieren. Voor Strandplevieren betekent dit nogal iets: ongeveer een derde van de Nederlandse populatie heeft in het Volkerak-Zoommeer gebroed. De verwachting is echter dat deze plaatsen in de toekomst niet langer geschikt zijn om er te broeden, doordat ze dichtgroeien.

In het brakke, hoger gelegen slik is de vegetatie dichter maar toch nog tamelijk open. Kenmerkende soorten zijn Zeeaster (*Aster tripolium*), Kamille (*Matricaria* sp.), Spies- en Strandmelde (*Atriplex prostrata* en *A. littoralis*). Hier broeden Kievit (*Vanellus vanellus*), Scholekster, Tureluur (*Tringa totanus*), Gele kwikstaart (*Motacilla flava*), Kokmeeuw (*Larus ridibundus*), Zilvermeeuw (*L. argentatus*) en Visdief (*Sterna hirundo*).

Bijzonder was het tot broeden komen van zeldzame soorten als de Zwartkopmeeuw (*Larus melanocephalus*) en de Steltkluut (*Himantopus himantopus*). Deze soorten horen thuis in het zuiden van Europa. Onder bijzondere omstandigheden hebben ze echter ook al eerder in Nederland gebroed, bijvoorbeeld toen Schouwen onder water stond. Het mooie weer in 1989 en 1990 kan voor hun gedrag een rol hebben gespeeld.

Op de voormalige schorren met een verspreide begroeiing van Vlieren (*Sambucus nigra*), Wilgen (*Salix* sp.) en ruigtekruiden broedde in de eerste vier jaar na droogvallen een toenemend aantal vogelsoorten. Voorts hebben veel Fazanten (*Phasianus colchicus*), Wilde Eenden (*Anas platyrhynchos*) en zangvogelsoorten als Blauwborst (*Luscinia svecica*), Bosrietzanger (*Acrocephalus palustris*) en Rietgors (*Emberiza schoeniclus*) er een broedplaats gevonden.



Van deze soorten was de Blauwborst vroeger een zeldzame vogelsoort in Nederland; ze broedde op verruigde grienden in de Biesbosch. Door de "ruigtevorming" in het Deltagebied en elders (Oostvaardersplassen) heeft ze veel extra broedgelegenheid gekregen en is ze in aantal enorm toegenomen. Ook de Bosrietzanger heeft van deze ontwikkelingen sterk geprofiteerd, maar deze kwam voor de afsluiting al vaker voor dan de Blauwborst.



*Kluut bij nest.*

*Broedende Strandloper.*



Ook de Steltkluut, een  
Zuideuropese soort, voelt  
zich in het gebied thuis.



### 5.1 Muizen en roofvogels

Op de voormalige schorren waren direct na de afsluiting (herfst 1987) de omstandigheden geschikt voor het ontwikkelen van extreem hoge dichtheden van de Veldmuis (*Microtus arvalis*). In 1990 was de Veldmuispopulatie echter al aanzienlijk kleiner geworden.



Torenvalk met prooi.

Op de voormalige slikken was aanvankelijk te weinig begroeiing voor de Veldmuis beschikbaar. Planten zijn van groot belang voor zowel de Veldmuis als de Noordse woelmuis (*Microtus oeconomus*), omdat deze muizen planten eten en omdat planten beschutting tegen roofvogels bieden. Alleen op de Hellegatsplaten bij Ooltgensplaat was in 1990 de ontwikkeling van de vegetatie zo ver gevorderd dat een massale groei van muizen plaats kon hebben.

Roofvogels en uilen, vooral de Torenvalk, de Bruine kiekendief (*Circus aeruginosus*), Blauwe kiekendief (*Circus cyaneus*), Buizerd (*Buteo buteo*) en Velduil (*Asio flammeus*), hadden deze nieuwe voedselbron snel ontdekt. Met de toename van de muizen nam de dichtheid van jagende Torenvalken dan ook sterk toe. In de herfst van 1990 werden zeker 25 jagende valken op de Hellegatsplaten bij Ooltgensplaat (370 hectare) geteld, tegenover slechts een enkel exemplaar in de jaren daarvoor. Tien paar Bruine kiekendieven, acht paar Velduilen en vijf paar Torenvalken (*Falco tinnunculus*) broedden in 1990 op het voormalige schor. Dit kwam ook door de verruiging van het terrein, waardoor meer plekken voor hen geschikt werden als broedplaats.



## 5.2 Vogelsterfte

In de nazomer van 1988 en 1989 heerste er in het Volkerak-Zoommeer een opvallend hoge sterfte onder vogels. Ze vertoonden verschijnselen die ook bij botulisme optreden. Uit voorzorg werden daarom door Rijkswaterstaat de kadavers opgeruimd. In het Zoommeer zijn in 1988 in het totaal ca. 1500 dieren geruimd. Het waren vogels van verschillend pluimage: veelal eenden, steltlopers, plevieren en meeuwen. Opvallend was het relatief grote aantal Wintertalingen (*Anas crecca*) (120), Slobeenden (*Anas clypeata*) (163) en Kluten (263). In 1989 heerste de sterfte voornamelijk in het Volkerakmeer, met een piek in de maand juli. In totaal zijn in de zomer van 1989 zo'n 800 dieren in het Volkerakmeer geruimd en circa 100 dieren in het Zoommeer. In september volgde nog een sterftepiek in het Zoommeer: 400 kadavers, waaronder 150 Wintertalingen.

Uit onderzoek van het Centraal Diergeneeskundig Instituut (CDI) bleek dat in 1988 de vogels niet door botulisme waren gestorven. Wel waren de vogels veelal zwaar geïnfecteerd door parasieten als de lintworm. Vaak waren onvolwassen vogels het slachtoffer.



Dode Watersnip:  
slachtoffer van vogel-  
sterfte.

De directe oorzaak van de massale infectie van de vogels is niet precies bekend. Gezonde dieren kunnen wel geïnfecteerd raken, maar hoeven daar niet aan te bezwijken. Verzwakking van de vogels of infectie op grote schaal met een parasiet kan een rol spelen.

Een tussengastheer van de lintworm die bij Kluten aangetroffen wordt is de watervlo. In 1988 kwam de watervlo massaal in het gebied voor. Het ligt dan ook voor de hand een verband tussen de hoeveelheid watervlooien en infecties met lintworm bij Kluten te veronderstellen. De aanwezigheid van een groot aantal vogels in een relatief klein gebied, waarbij veel vogels zich concentreren op de permanent droge zandplaten, verhoogt de kans op infecties op grote schaal. De vogelsterfte kan dus deels worden beschouwd als een gevolg van de kolonisatie.

In 1989 is in het Volkerakmeer wel botulisme geconstateerd, maar in het Zoommeer bestond de doods-oorzaak wederom uit allerlei infecties.

Hoewel 1990 een warm jaar was, bleek er niets van een verhoogde sterfte onder de vogels. Wellicht houdt dit verband met de ontwikkeling van het watersysteem tot een al wat meer evenwichtig en gedifferentieerd geheel.

## Insektenplagen

De eerste drie jaren na de afsluiting hadden delen van het Volkerak-Zoommeer en naburige bewoonde gebieden te lijden onder insektenplagen (muggen en motten).

### Muggen

Op situaties waarin een watermilieu snel verandert, bijvoorbeeld door verzoeting, vervuiling of een ander stroomverloop, reageren **muggen** soms op een bijzondere manier. De kans is dan groot dat er van een paar soorten enorme hoeveelheden ontstaan. Iedere soort vliegt in een kort tijdsbestek uit. Als het tijdens het uitvliegen ook nog windstil en droog weer is, kunnen er

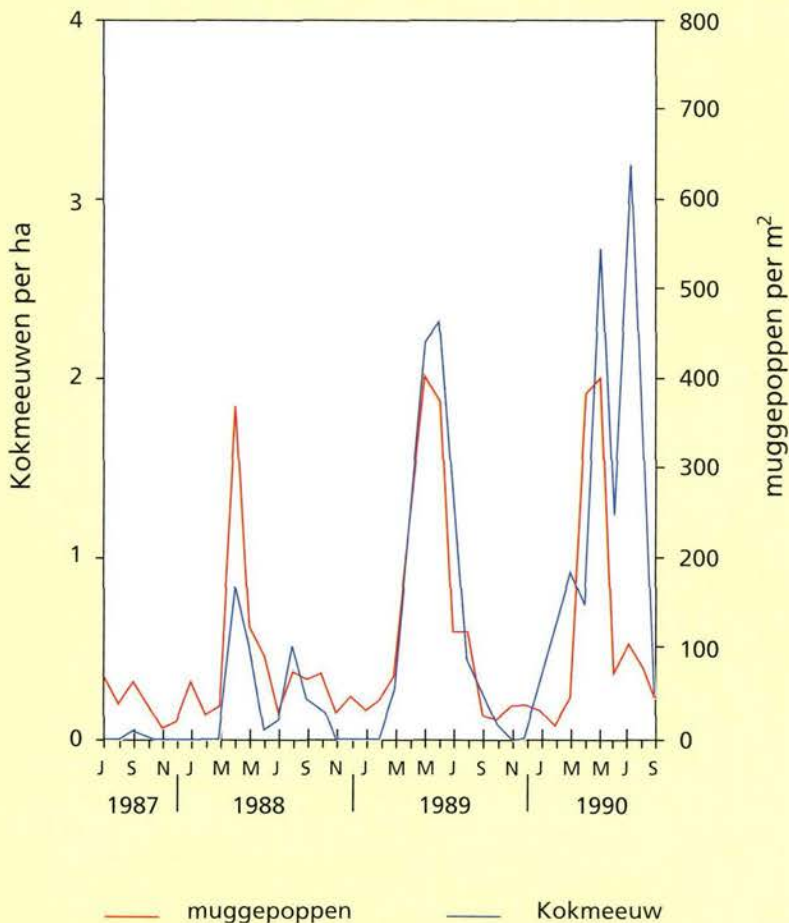
enorme zwermen ontstaan, die wel iets van rookpluimen weg hebben. De zwermen bezorgen de bevolking in de buurt veel overlast. Het verkeer wordt gehinderd, schilderwerk kan worden beschadigd, gewas kan worden verontreinigd en er kunnen zelfs allergische reacties bij mensen voorkomen. De schaal waarop deze zwermen hinder veroorzaken is uiteraard afhankelijk van de dichtheid van de nabij wonende bevolking. Het hier beschreven verschijnsel voltrok zich ook in het Volkerak-Zoommeer en omstreken. In 1988, het eerste jaar na de afsluiting, vlogen grote aantallen niet-stekende vedermuggen (*Chironomidae*) uit. Vooral tijdens de eerste uitvliegperiode in april en mei, maar ook in de tweede periode (augustus)

veroorzaakte dit veel overlast. Ook in 1989 ontstond er vooral in de uitvliegperiode april-juni langdurig hinder. Er zijn verschillende studies gedaan naar methoden om muggenplagen te bestrijden. Hoewel er op kleine schaal wel successen zijn geboekt met de introductie van Karpers en ziekteverwekkende draadwormen, blijkt de bestrijding moeilijk te zijn. Terwijl de muggen bij de mens overlast veroorzaken, hebben verschillende diersoorten juist profijt van de grote aantallen muggen: de zwermen hebben een grote aantrekkingskracht op onder meer zwaluwen (*Gierzwaluw* (*Apus apus*) en *Oeverzwaluw* (*Riparia riparia*)), Kokmeeuwen en vleermuizen.

### Motten

In oktober en november 1990 gaf de **Franjemot** (*Morpha fulveescens*) overlast in de woningen van boerderijen in de gemeente Steenberg op korte afstand van het Volkerak-Zoommeer. De motten werden met duizenden aangetroffen op zolders, vlieringen en kasten, waar zij een plek zochten om te overwinteren.

Het grote aantal van deze mot was in de hand gewerkt door de massale groei van het Wilgeroosje en Akkerdistel op de vruchtbare voormalige schorren in het gebied. De Franjemot is namelijk specifiek voor het Harig wilgeroosje.



Figuur 8 Muggen zijn een aantrekkelijke voedselbron voor verschillende soorten vogels. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat de dichtheid van Kokmeeuwen gerelateerd is aan de aantallen muggenpoppen.



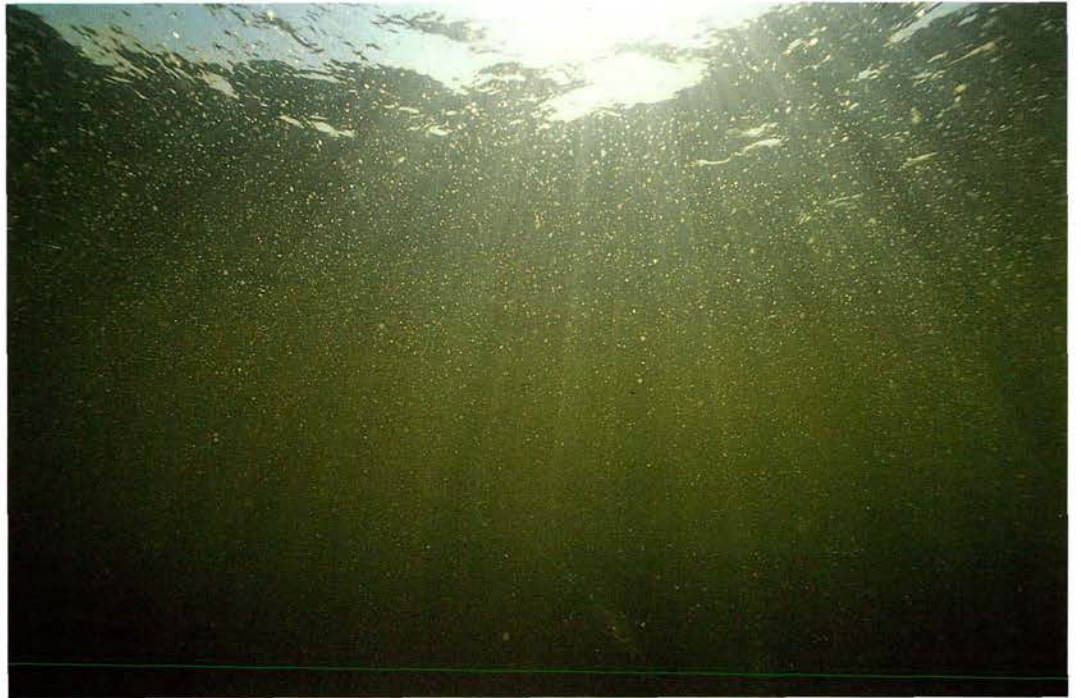


■  
*Muggelarven leven  
in kokers in de bodem.  
Soms bouwen ze ook  
'schoorsteentjes' die een  
stukje boven de bodem  
uitsteken.*

■  
*Muggenzwermen  
ontstaan boven opval-  
lende plaatsen, zoals  
hier boven het dak van  
een onderzoeksschip. Het  
zoemende geluid van de  
zwerm lokt vrouwelijke  
muggen.*



Deze "sterrenhemel"  
is een wolk grote water-  
vlooien.





## 6 Helder water

Tot grote verrassing van de onderzoekers in het gebied was het water van het meer in 1988 uitzonderlijk helder en bleef dat ook in ieder geval tot 1990. Gemiddeld kon men 's zomers meer dan 2 meter diep het water inkijken, en af en toe zelfs ruim 5 meter. Deze helderheid is voor zoet voedselrijk water in Nederland heel ongewoon.

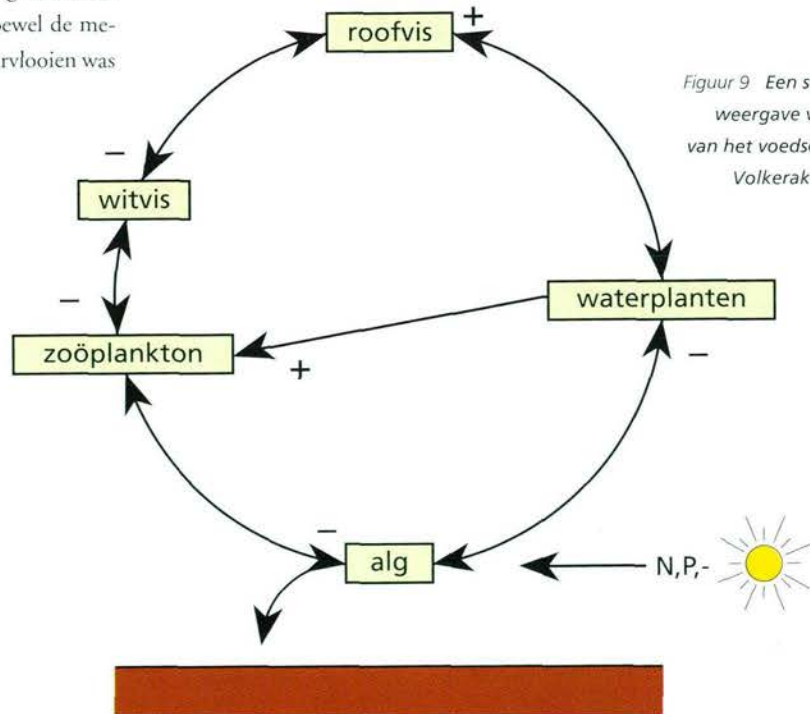
### 6.1 Oorzaken en bedreigingen

Op grond van de hoeveelheden aangevoerde voedingsstoffen lag het voor de hand dat er veel algen in het meer zouden gaan groeien en dat het water dus troebel zou worden. Dat gebeurde echter niet, en dat kwam door de grote concentraties dierlijk plankton. In de meeste jaren was er een korte voorjaarspiek van kiezelalgen, die gevolgd werd door een korte opbloei van roeipootkreeftjes, voornamelijk *Eurytemora affinis* en *Eudiaptomus gracilis*. Deze kleine diertjes deden zich te goed aan de algen. Later in het voorjaar werden de watervlooien, en dan vooral de soort *Daphnia pulex*, talrijk en namen de roeipootkreeftjes in aantal af. Sommige watervlooien waren ruim 2 mm groot. Deze grote watervlooien aten heel effectief de algen weg. Het meer bleef vervolgens de hele zomer helder, hoewel de metingen aangaven dat de dichtheid van watervlooien was afgenomen.

Interessant is de vraag waarom nu juist in het Volkerak-Zoommeer zoveel watervlooien voorkomen, terwijl ze in vergelijkbare meren vrijwel afwezig zijn. Om deze vraag te beantwoorden moeten we ons verdiepen in een deel van het voedselweb van een meer (figuur 9).

In meren waar maar weinig watervlooien voorkomen, blijkt de stand aan plankton etende vissen (o.a. Brasem) vaak erg hoog te zijn. Deze vissen eten dierlijk plankton. Algen worden echter niet weggegeten, met als gevolg troebel water. In het Volkerak-Zoommeer verliep de kolonisatie van plankton etende vissen tot nu toe vrij traag. De beperkte aantallen witvis waren niet in staat de watervlooien weg te eten, die daardoor zoveel algen konden consumeren dat het water helder bleef.

Ook de Aasgarnaal (*Neomysis integer*) voedt zich met watervlooien. Dit dier is eigenlijk een zout- en brakwaterbewoner, maar kan ook in zoetwater leven. Na de verzoeting van het Volkerak-Zoommeer zijn de aantallen Aasgarnalen toegenomen. Ze zijn echter niet talrijk genoeg om een bedreiging voor de watervlooien te betekenen. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door de grote aantallen Snoekbaars en Baars, waarvoor de Aasgarnaal een zeer aantrekkelijk voedsel is.



Figuur 9 Een schematische weergave van een deel van het voedselweb in het Volkerak-Zoommeer.

## Fosfaat en stikstof

Fosfaat en stikstof zijn voedingsstoffen voor planten en dus ook voor algen. Als de concentratie van een van beide stoffen onder een bepaald niveau komt, wordt de algengroei geremd. Het grootste deel van het fosfaat en stikstof is afkomstig van de Brabantse rivieren Dintel, Steenbergse Vliet en Zoom (zie tabel). De helft van het fosfaat in deze rivieren komt uit België. Ook het Hollandsch Diep is een belangrijke bron van belasting, via de Spuisluis. De overige bronnen zijn de polderlozingen langs het Volkerakmeer en de Eendracht en lozingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties langs het Volkerakmeer en de Eendracht.

De normen die door de Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (CUWVO) zijn opgesteld, zijn in de tabel opgenomen.

Voor stikstof is het verschil tussen de huidige en de toelaatbare belasting erg groot; voor fosfaat is dit verschil iets kleiner. Het verder terugdringen van de fosfaatbelasting is daarom de meest kansrijke maatregel om de dreigende vertroebeling van het water te voorkomen.

Van alle fosfaat die op het Volkerakmeer terecht komt, belandt 52 tot 64 procent vast in de bodem. In het Zoommeer blijft veel minder achter: 0 tot 13 procent. Als door maatregelen de fosfaatconcentraties in de toekomst kleiner worden, is de kans groot dat het fosfaat weer uit de bodem vrijkomt; de maatregelen zullen dan ook pas op lange termijn effect hebben.

Als er niets wordt gedaan aan de hoge belasting van het meer door fosfaat en stikstof zal het Volkerak-Zoommeer zich waarschijnlijk ontwikkelen tot een door overmatige algengroei gekenmerkt

gebied. De bodem zal op den duur minder fosfaat kunnen opnemen, waardoor de fosfaatgehalten in het meer zullen stijgen tot waarden van 0,15 tot 0,20 mg P/l. Het chlorofylgehalte, een maat voor de hoeveelheid algen in het water, zal toenemen tot 60 à 100 mg/m<sup>3</sup>. Het zicht zal afnemen tot 0,6 à 1 meter diepte. Ook verdwijnen dan de waterplanten en de bodemalgen.

In de Veluwe-randmeren vond de omslag van helder naar troebel water plaats na twee tot tien jaar. Omdat het Volkerak-Zoommeer dieper is, en de belasting per volume-eenheid daardoor relatief laag, mag verwacht worden dat de omslag naar een troebel systeem tussen vijf en tien jaar na het ontstaan zal liggen.

Het terugdringen van de hoeveelheid fosfaat tot minder dan de helft van haar huidige omvang is essentieel om aan de omslag naar een door overmatige algengroei gedomineerd meer te ontkomen.

Fosfaat- en stikstofbelasting van het Volkerakmeer (4570 hectare)

bron	FOSFAAT (g P/m <sup>2</sup> .jr)			STIKSTOF (g N/m <sup>2</sup> .jr)
	1988 nat	1989 droog	gemiddeld jaar	1989 droog
Brabantse rivieren	7,7	2,9	3,7	52
Volkerak-sluizen	2,2	1,6	1,7 - 2,8	35
overige bronnen	0,5	0,4	1,3	p.m.
totaal	10,5	4,9	6,8 - 7,8	88
CUWVO-norm	1,6 - 3,8	1,6 - 3,8	1,6 - 3,8	7-15



## 6.2 Gevolgen van het heldere water

Om te kunnen groeien hebben algen en waterplanten voedingsstoffen en licht nodig. In de water wordt zonlicht geabsorbeerd door algen, slibdeeltjes en opgeloste organische stof. Op zekere diepte is nog slechts 1 procent over van de lichthoeveelheid aan het wateroppervlak. Dit niveau van 1 procent is bij benadering de limiet voor algengroei. In 1990 lag deze grens in het Volkerak-Zoommeer een groot deel van het jaar op 5 tot 8 meter diepte. Alleen tijdens de voorjaarsbloei van het plantaardig plankton in maart-april reikte de zone niet dieper dan 4 meter.

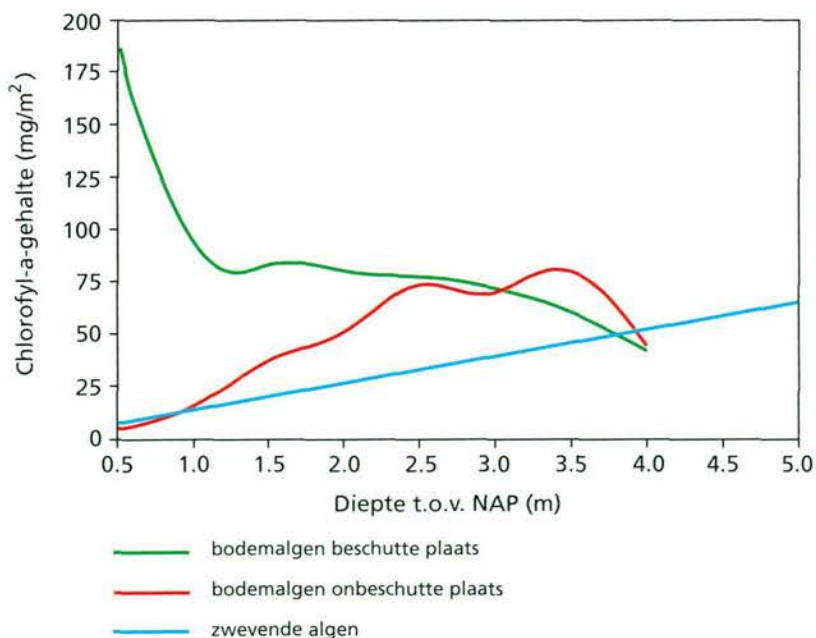
In het water werden kleine algen door zoöplankton weggegeten. Op de bodem konden bodemalgen van het gunstige lichtklimaat profiteren. In de zomer van 1990 waren bodemalgen dan ook in het gehele meer aanwezig tot minstens 4 meter diepte.

In de oeverzone van het meer worden de mogelijkheden voor bodemalgen niet zozeer bepaald door het lichtklimaat als wel door de mate van beschutting tegen golven. Figuur 10 laat zien dat in een beschutte oeverzone, langs de Grevelingendam, de dichtheid van bodemalgen kan oplopen tot 200 mg/m<sup>2</sup>. Op de aan golfslag blootstaande Prinsesseplaat daarentegen waren de gehalten tot op 2 meter diepte beduidend lager. Ervan



Darmwier, een voorbode van eutrofiëring?

uitgaand dat de algen gelijkmatig in het water verdeeld waren, blijkt dat er pas beneden 4 meter meer algen in het water zitten dan in de bodem. Bodemalgen zijn in een helder meer als het Volkerak-Zoommeer een belangrijke factor van het ecosysteem.



Figuur 10 Verloop van het chlorofyl-a gehalte van bodemalgen op een beschutte en een onbeschutte lokatie in juni 1990. De rechte lijn geeft een indicatie van de hoeveelheid algen die in het water boven de bodem zitten. Aangenomen is dat deze gelijkmatig in het water verdeeld zijn.

Van de bodemalgen in het Volkerak-Zoommeer waren alleen de dunne draadjes van Schroefwier (*Spirogyra* spp.) en de grotere, blazige draden van Darmwier (*Enteromorpha intestinalis*) met het blote oog te zien. Kwantitatief en ecologisch belangrijker zijn de microscopisch kleine algen als kiezelalgen, groenwieren en blauwwieren. Het aandeel van de laatste twee soorten nam af naarmate de diepte toenam.

Bodemalgen kunnen een positieve invloed hebben op de helderheid van het water, doordat ze de afgifte van fosfaat en silicaat door de bodem verminderen en op die manier de ontwikkeling van de overige algen remmen. De algen vormen een belangrijke voedselbron voor diverse bodemdieren, waaronder muggelarven, slakken en draadwormen. In ondiep water worden bodemalgen ook door vogels gegeten; vooral de Bergeend (*Tadorna tadorna*) is er dol op.



Poelslakken op de waterbodem, die groen gekleurd is door bodemalgen.



Voedselzoekende Bergeenden.

Van het heldere water konden ook waterplanten profiteren. Waterplanten groeien niet dieper dan ongeveer de zichtdiepte. In het Volkerak-Zoommeer was dat dus 3 à 4 meter. In 1988 werden de eerste zoetwaterplanten in het meer aangetroffen. In 1989 was al 10 procent van de ondiepe zone begroeid, terwijl in 1990 de bedekking nog was toegenomen.

Waterplanten worden tegenwoordig door de waterbeheerders gezien als een middel tegen overmatige algenbloei. Ze concurreren namelijk met algen om de voedingsstoffen, ze kunnen algenremmende stoffen afscheiden en ze dienen als schuilplaats voor watervlooiën. Doordat deze vlooiën algen eten, voorkomen ze algenbloei.

Ook veel vogels profiteerden direct of indirect van de helderheid van het water. Dat geldt uiteraard voor viseters die hun prooi achtervolgen, zoals de Aalscholver (*Phalacrocorax carbo*). Waterplanten vormen een geschikt voedsel voor Meerkoeten en Knobbelzwanen. De zaden ervan zijn aantrekkelijk voor de Wintertaling.



Vanaf 1988 zijn elk jaar in de nazomer, vooral in de maanden augustus en september, heldergroene drijflagen op het water te zien geweest. Dit waren blauwalgen, hoofdzakelijk vlokvormige kolonies van *Microcystis aeruginosa* en *Aphanizomenon flos-aquae*. Een deel van het jaar liggen deze soorten op de bodem. Ze zijn daardoor de eerste die beschikken over voedingsstoffen die uit de bodem vrijkomen. In de nazomer kunnen ze bij rustige weersomstandigheden massaal naar het wateroppervlak opstijgen en gaan drijven. Ze doen dit om het met het vorderen van het seizoen toenemende gemis aan licht in het water te compenseren. Door de wind komen ze bijeen in drijflagen die zich veelal in havens en dode hoeken van het meer ophopen. Bij het afsterven van drijflagen komen stinkende afbraakproducten vrij, die in havens soms een hinderlijke stank voortbrengen. Blauwalgen die drijflagen vormen komen algemeen voor in diepere meren. Ook in meren met een matige belasting aan voedingsstoffen kunnen ze overlast bezorgen. Bij een langdurige hoge belasting van het meer met voedingsstoffen als fosfaat en stikstof kunnen de blauwalgen wel in aantal toenemen: een groot deel van het jaar zijn ze dan in grote hoeveelheden aanwezig. Omdat deze algen in vlokvormige kolonies leven, worden ze nauwelijks door filtrerend dierlijk plankton gegeten. Bestrijding op grote schaal is moeilijk.



Waterplanten (hier *Snavelruppia*) profiteren van het heldere water.



Bepaalde soorten Blauwalgen (*Microcystis*) vormen in de nazomer heldergroene drijflagen op beschutte plaatsen, zoals hier de Galatheese Haven.

**Zeekraal** is een zoute pioniersoort, die massaal op de drooggevallen slikken ontkiemde.





## 7 Successie en toekomstige ontwikkelingen

Nadat de eerste dier- en plantesoorten zich in een gebied hebben gevestigd, blijft de samenstelling van de flora en fauna aldaar veranderen. Deze voortdurende variatie in soorten wordt **successie** genoemd en heeft verschillende oorzaken. Omdat bijvoorbeeld steeds meer soorten in een gebied aanslaan, ontstaat er allengs meer onderlinge concurrentie. Dit leidt ertoe dat de soort die het best aan de omstandigheden is aangepast het meeste voedsel of de meeste voortplantingsmogelijkheden krijgt. Bovendien zijn pioniersoorten van invloed op de milieuomstandigheden. Zo scheppen planten die de bodem vasthouden groeimogelijkheden voor andere planten.

### 7.1 Successiereeksen op het land

Hoe en hoe snel de successie van de landbegroeiing in het Volkerak-Zoommeer verloopt, is van een aantal factoren afhankelijk. De belangrijkste ervan zijn:

- het bodemreliëf dat vóór de afsluiting vorm kreeg door de getijdewerking; het bestaat uit de voormalige schorren, met geulen, oeverwallen en kommen, het vroegere hoge en lage slik en de voormalige platen met nog aanwezige kreken;
- het zoutgehalte en vooral de verschillen in ontziltingssnelheid ten gevolge van verzoeting van het meer en regenval;
- de samenstelling van de bovengrond ten opzichte van lagen die dieper liggen;
- het gevoerde en te voeren beheer (bijvoorbeeld begrazing, maaien of niets doen).

Deze factoren staan niet los van elkaar. Zo zijn de voormalige schorren in de regel rijker aan voedsel dan de vroegere slikken. Door de hogere ligging en de vele diepe kreken van de voormalige schorren is de ontzilting daar snel gegaan; daarentegen zijn grote delen van het voormalige slik nog steeds zout, als gevolg van ondoorlaatbare bodemlagen en de hogere grondwaterpiegel.

De vegetatie bestaat hoofdzakelijk nog uit pioniersoorten. Op goed ontzilte plaatsen op de voormalige schorren en de hoge koppen van de zandplaten heeft zich al op bescheiden schaal en spontaan bos en struweel gevormd. De belangrijkste soorten zijn Schietwilg (*Salix alba*) en Geoorde wilg (*Salix aurita*).

De ontzilting van het meer zal, afhankelijk van de bodemomstandigheden, onontkoombaar voortschrijden. Het gevolg hiervan is dat op termijn alle plantesoorten die aan het oorspronkelijke zoute getij waren gebonden zullen verdwijnen. Als de gebieden aan hun lot worden overgelaten - dat wil zeggen wanneer de mens niet ingrijpt - ontstaan er uiteindelijk een soortenarm loofbos en grote vlakten met ruigtebegroeiing. De kans dat er zich onder deze omstandigheden andere zeldzamere soorten vestigen is erg klein.



■  
*Hellegatsplaten*  
oktober 1986.

■  
*Hellegatsplaten*  
oktober 1987.





■  
*Hellegatsplaten*  
oktober 1988.



■  
*Hellegatsplaten*  
oktober 1989.





De Baars groeit goed in het Volkerakmeer.

## 7.2 Successie in het water

Ook in het water treedt successie op. Pioniersoorten maken daar langzamerhand plaats voor soorten die langzamer koloniseren (verschillende soorten veder-muggen bijvoorbeeld hebben de *Chironomus muratensis* al enigszins verdrongen) en het groeiende aantal soorten gaat onderlinge concurrentie aan.

Bij de waterplanten had de Zoetwaterzannichellia in 1990 de Snavelruppia al enigszins verdrongen. Nu is Snavelruppia niet aangepast aan zoet water; het zal dan ook uiteindelijk geheel verdwijnen. De verwachting is dat Tenger fonteinkruid en Zoetwaterzannichellia in de toekomst op hun beurt verdrongen zullen worden door Schedefonteinkruid. Bij de grote voedselrijkdom van het Volkerakmeer kunnen deze planten namelijk het wateroppervlak bedekken. De overige waterplanten krijgen hierdoor minder licht en verliezen uiteindelijk de concurrentieslag. Het gevolg hiervan is weer dat de

variatie aan planten in het water steeds meer afneemt, waardoor de schuilmogelijkheden voor zoöplankton en jonge vis kleiner worden. De gehele ontwikkeling is dan ook ongunstig voor het ecosysteem.

De visgemeenschap is tot nu toe nog grotendeels afhankelijk van de toevoer van jonge vis uit het Hollandsch Diep. Daarbij zit Brasem, en vooral Baars, die het in het meer heel goed doet.

De Baars in het gebied zal in 1991 paairijp zijn, waardoor deze soort in aantal nog meer zal groeien. Maar de kans is groot dat de vele oudere exemplaren van deze roofvis hun jonge soortgenoten nagenoeg zullen uitroeien. De Baarsstand is hierdoor instabiel en kan abrupt instorten door het wegvallen van jonge aanwas. Ook de Brasem, die nu wat ondervetegenwoordigd is, zal zich in het gebied gaan voortplanten, naar verwachting vanaf 1993. De omstandigheden zijn daarvoor ideaal. De Brasem krijgt veel nakomelingen, die snel zullen groeien door de rijkdom aan voedsel (watervlooiën, muggelarven) in het meer. Brasem heeft een hoge rug, en is bij snelle groei al gauw te groot om als voedsel voor roofvissen (Baars, Snoekbaars) te dienen. Waarschijnlijk zal bovendien de roofvisstand in de komende jaren te laag zijn - zie de ontwikkeling van de Baarsstand die hierboven beschreven is - om de Brasemstand in toom te kunnen houden. De veronderstelling is dus gewettigd dat er op zeker moment een explosieve toename van Brasem zal zijn. Als dat gebeurt, zal de hoeveelheid watervlooiën in het gebied navenant worden weggegeten; hierdoor zal het tegenwicht tegen de groei van algen gaan ontbreken en is er grote kans dat het water in het meer troebel wordt.

Een school Brasems in troebel water: het toekomstbeeld voor het Volkerak-Zoommeer?





## Microverontreinigingen

Microverontreinigingen zijn chemische stoffen die in relatief lage concentraties voorkomen, maar toch schadelijk zijn voor mens en dier. Hoe schadelijk ze zijn, hangt af van de concentratie van de stoffen in de directe omgeving en in het voedsel van organismen. Muggelarven, die in de bovenste 5 centimeter van een verontreinigde waterbodembodem leven, zullen bijvoorbeeld meer schade ondervinden dan een Aasgarnaal die daar zelden komt. De waterbodemorganismen worden gegeten door vissen, welke weer gegeten worden door bijvoorbeeld Snoek en Aalscholvers, zogenaamde toppredatoren. Via deze voedselketen zullen goed in vet oplosbare stoffen die slecht afgebroken worden, als zij eenmaal in waterbodemorganismen terecht komen, zich opslaan in het lichaam van de toppredatoren. Zij ondervinden er dan ernstig nadeel van en komen er soms zelfs door om. Bekende voorbeelden in Nederland zijn verminderde voortplanting bij zeehonden en Aalscholvers en het totaal verdwijnen van de otter.

De waterbodembodem van het gehele Volkerak-Zoommeer is licht verontreinigd door chemische stoffen als PAK's, PCB's, hexachloorbenzeen en bestrijdingsmiddelen. De gehalten in de Dintel overschrijden echter regelmatig fors de norm. In het noordoosten van het meer is de waterbodembodem verontreinigd met zware metalen als kwik, cadmium, nikkel en zink, naar het zuiden toe nemen de concentraties van deze stoffen af.

*Twee microscopische opnamen van een kop van een muggelarve. Links met een gaaf gebit, rechts met afwijkingen.*

De belangrijkste bronnen van de microverontreinigingen zijn de Dintel en het Hollandsch-Diepwater, dat via de Volkeraksluizen wordt ingelaten bij lage waterstanden. Belangrijke bronnen van PAK's zijn, behalve de Dintel en het Hollandsch Diep, de scheepvaart en de neerslag van hemelwater.

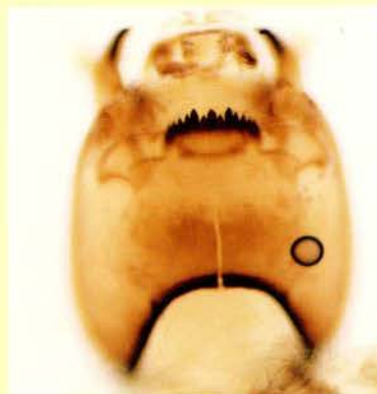
De gehalten van microverontreinigingen in Driehoeksmossels, Aal, Spiering (*Osmerus eperlanus*) en Pos zijn gemiddeld nog laag. Ze zijn veel lager dan die in het Hollandsch Diep en ze zijn vergelijkbaar met die in het IJsselmeer.

Toch zijn er al verschijnselen zichtbaar, die met vrij grote zekerheid door de verontreinigingen veroorzaakt zijn. Vooral in het Volkerakmeer heeft een hoog percentage (tot 50 %) van de vedermuggen kaakafwijkingen. Bij soortgelijke verschijnselen in het Ketelmeer is een verband gelegd tussen het percentage van het aantal muggelarven die misvormingen aan de kaken vertoonden en de kwaliteit van de waterbodembodem aldaar. Maar door welke stoffen deze afwijkingen worden veroorzaakt, is niet in detail bekend. In de Eendracht en in het Zoommeer was het percentage misvormde muggen een stuk lager; dit zou kunnen betekenen dat daar de waterbodembodem van een betere kwaliteit is dan in het Volkerakmeer.

Insecticiden zijn in hoge concentraties vooral schadelijk voor kreeftachtigen, waaronder dierlijk plankton. Negatieve gevolgen van de relatief hoge concentraties van bestrijdingsmiddelen zijn in het gebied echter nog niet geconstateerd.

Als de aanvoer van microverontreinigingen in dezelfde mate doorgaat als nu het geval is, zal de waterbodembodem op diepere plaatsen verder verontreinigd raken. In de ondiepe delen (minder dan 2 meter diep) zal het effect minder groot zijn, omdat daar vrijwel geen verontreinigd materiaal bezinkt. De concentraties van de genoemde stoffen zullen zo hoog zijn dat nadelige effecten op de dichtheid van bodemdieren en op de voortplanting van vogels en zoogdieren te verwachten zijn. Wellicht zullen de concentraties in consumptievies van lieverlee ook bedreigend zijn voor de mens. De verontreinigingen kunnen ook een aanslag doen op de dichtheid aan vedermuggen in de waterbodembodem, waardoor het voedselaanbod voor vis kleiner wordt.

Bij een toename van het gehalte aan bestrijdingsmiddelen en dan vooral insecticiden zullen ze een bedreiging vormen voor de voortplanting van het dierlijke plankton (kreeftachtigen). Voor de graas op algen kan dit van grote invloed zijn.



■  
*Luchtfoto van de  
Noordplaat, een nieuw  
aangelegd eiland.*





## 8 Inrichting, beheer en onderzoek in interactie

### 8.1 Inleiding

Uit de voorgaande hoofdstukken is gebleken dat de natuur in het Volkerak-Zoommeer zich in de eerste jaren onverwacht gunstig heeft ontwikkeld. Niemand had voorspeld dat het water in het meer helder zou worden.

Al vóór de afsluiting was het echter duidelijk dat de natuur aan bedreigingen zou blootstaan. De grootste dreiging voor de helderheid van het water gaat uit van de te grote hoeveelheid fosfaat en stikstof in het meer. Een groot deel van het fosfaat dat het meer binnenkomt, wordt naar de waterbodem getransporteerd en blijft daar achter. Naarmate de waterbodem verzadigd raakt van dit fosfaat, kan ze minder opnemen. De vrij in het water zwevende en dus voor algen als voedsel beschikbare hoeveelheid fosfaat zal daardoor geleidelijk toenemen, met als gevolg grotere algengroei. Bij deze te hoge concentratie kan het water alleen helder blijven zolang de graas op algen voldoende is. Anders wordt het heldere systeem instabiel en zal het zonder maatregelen vroeg of laat omslaan in een troebel meer.

Het water dat via de Dintel en de Volkeraksluizen het meer in stroomt, voert ook microverontreinigingen mee. Er gebeurt hetzelfde mee als met fosfaat en stikstof. Het aandeel vrij in het water zwevende microverontreinigingen wordt steeds groter en zal zich steeds meer in bijvoorbeeld vissen op gaan hopen.

Grootste bedreiging voor de oeverzone is erosie. Hierdoor dreigen grote oppervlakten aan drooggevallen gebieden verloren te gaan, evenals de zo waardevolle zeer ondiepe zones.

Beheer en inrichting van het Volkerak-Zoommeer hebben tot doel de natuur zo goed mogelijk uit de verf te laten komen. Toegepast onderzoek kan de beheerder daarbij helpen. Beleidsmedewerkers en onderzoekers hebben de afgelopen jaren onderling in nauw contact gestaan om het onderzoek zo goed mogelijk af te stemmen op de beheersvragen in het meer met een zich snel ontwikkelende natuur. Het resultaat van die gezamenlijke inspanning is een gedegen inzicht in de mogelijkheden en bedreigingen van het ecosysteem. Op basis van de verkregen ecologische kennis wordt in 1991 een plan gemaakt. De maatregelen die in dat plan worden voorgesteld zijn in verschillende categorieën in te delen:

- 1 beperking van de verontreiniging door aanpak van bronnen binnen en buiten het meer;
- 2 het buiten het meer houden van verontreinigingen door zo min mogelijk verontreinigd water binnen te laten;
- 3 het robuuster maken van het ecosysteem, door het stimuleren van dieren die algen eten;
- 4 overige maatregelen gericht op de vergroting van de natuurwaarde.

Het totale pakket van maatregelen voor het Volkerak-Zoommeer zal worden gepresenteerd in de evaluatiestudie van Rijkswaterstaat Directie Zeeland, verantwoordelijk voor het waterbeheer in het gebied. Enkele ideeën eruit geven we hier alvast weer.

## Actief Biologisch Beheer

Onder Actief Biologisch Beheer of **bio-manipulatie** worden pogingen verstaan om het water helder te krijgen en te houden door samenhangende ingrepen in het ecosysteem te verrichten.

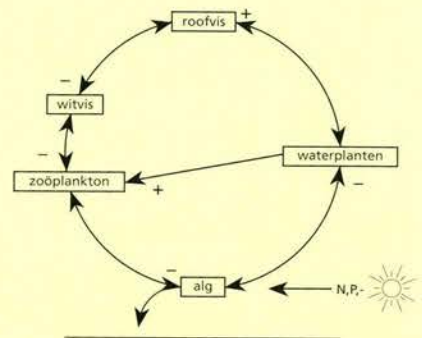
In een meer zijn vaak twee evenwichten mogelijk: in het ene zijn er veel algen en weinig waterplanten, in het andere zijn er veel waterplanten en weinig algen. Actief Biologisch Beheer is bedoeld om het systeem in het evenwicht met weinig algen te houden. In Nederland is er meeste ervaring met Actief Biologisch Beheer opgedaan in kleine wateren, zoals visvijvers en zwemplassen. In zulke kleine, goed beheersbare wateren is dit soort maatregelen tot nu toe zeer succesvol.

De eerste fase van Actief Biologisch Beheer is het helder maken van een troe-

bel meer. In de meeste gevallen wordt dit gedaan met behulp van bevissing. Door vooral witvis als de Brasem weg te vissen, krijgen watervlooiën de kans in aantal toe te nemen, omdat ze niet meer worden weggegeten. De watervlooiën eten dan de algen weg, mits het geschikte soorten zijn.

De volgende fase is het helder houden van het water. Waterplanten die als het water helder wordt snel tot ontwikkeling komen, nemen hierbij een sleutelpositie in. Ze dienen verschillende dieren, waaronder watervlooiën en roofvissen als de Snoek, tot schuilplaats. Ook nemen ze voedingsstoffen op, waardoor er minder overblijft voor algen - er zijn zelfs waterplanten die algenremmende stoffen afscheiden. Op waterplanten zet de Snoek haar eieren af. Waterplanten houden ten slotte de bodem vast, zodat wind en bodem-

woelende vissen dan minder bodem-materiaal kunnen doen opwervelen. De vestiging van de Snoek kan nog worden bevorderd door het uitzetten van deze soort in het meer of het aanbrengen van geschikte paaiplaatsen. Het stimuleren van andere algenetende soorten organismen dan watervlooiën draagt ook bij tot het helder houden van het water. In aanmerking komt bijvoorbeeld de Driehoeksmossel.



## 8.2 Vermindering van de fosfaat- en stikstoflast

Het verder terugdringen van de fosfaatbelasting is de zekerste weg om te voorkomen dat het meer in de toekomst troebel wordt. Uit de inleiding is gebleken dat de fosfaatbelasting echter minstens met 50 procent moet afnemen om de groei van algen substantieel te beperken.

Enkele maatregelen om dit voor elkaar te krijgen zijn:

- vermindering van de inlaat van water uit het Hollandsch Diep;
- het grootste deel van het water van de Dintel direct naar het Hollandsch Diep afvoeren;
- maatregelen op zuiveringsinstallaties om de lozing van fosfaat tegen te gaan.

Een aanvulling hierop kan het Actief Biologisch Beheer zijn (zie kader). Deze en andere maatregelen zullen worden uitgewerkt en afgewogen in de evaluatiestudie van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.



### 8.3 Maatregelen die het systeem "robuuster" maken

In het Volkerak-Zoommeer is door het verschil in kolonisationsnelheid van verschillende vissen spontaan helder water ontstaan. De eerste fase van Actief Biologisch Beheer, het helder maken van het water, kan in het Volkerak-Zoommeer dus worden overgeslagen.

Doordat het water van het meer te veel voedingsstoffen bevat, dreigt het troebel te worden. Allereerst is het dus zaak het water helder te houden. Er zijn al maatregelen in uitvoering die de vestiging van een goede Snoek-populatie moeten bevorderen. (Zie het kader over Actief Biologisch Beheer.) Op luwe plaatsen langs de oevers van het meer zijn geulen gegraven, ter verbetering van de paaimogelijkheden van de Snoek.

Door het meer hier en daar dieper te maken, ontstaan er nog meer schuilplaatsen voor zoöplankton. Water-vlooiën gaan overdag namelijk graag in donker, diep water zitten, omdat ze daar minder snel door vis worden ontdekt. De verdieping van het meer heeft ook tot gevolg dat de geproduceerde algen over een groter watervolume worden verdeeld, waardoor de concentratie afneemt.

In onderzoek is een plan om het waterpeil niet vast te zetten op NAP, maar het te laten schommelen tussen NAP +0,15 en NAP -0,25 meter; dit is erg gunstig voor de groei van oeverplanten. Als in het voorjaar de kale oevers droogvallen, kiemen Riet en andere oeverplanten. Zodra het Riet sterk genoeg is, wordt volgens het plan de waterstand langzamerhand verhoogd. Hierdoor verdwijnen de landplanten. Na enkele jaren heeft de oevervegetatie zich voldoende ontwikkeld en kan het peil fluctueren volgens het natuurlijke peilverloop. Er hoeft dan minder water ingelaten te worden, wat betekent dat ook de toevoer van verontreinigende stoffen in het gebied kleiner wordt. Deze maatregel kost vrijwel niets en levert grote oppervlakten paai- en schuilgebied voor de roofvissen op.

In de toekomst wordt het misschien nodig om de visstand ook op andere manieren actief te beheren. Te denken valt aan het buiten het meer houden van jonge visjes, door in het voorjaar beperkt water in te laten of door netten te plaatsen. Ook het op grote schaal uitzetten van jonge roofvisjes is een mogelijkheid.



Ook beroepsvissers kunnen bijdragen aan een helder Volkerak-Zoommeer, door te helpen bij het visstandsbeheer.

Aanleg geulen voor de vergroting van de paaimogelijkheden van de Snoek.







*Driehoeksmossels kunnen zich massaal vestigen wanneer er vast materiaal op de bodem ligt (zoals hier een verloren net).*

Het ligt voor de hand ook de vestiging van andere algeneters dan watervlooien aan te moedigen. Bij wijze van proef zijn in 1989 en 1990 enkele plekken in het Volkerak-Zoommeer aantrekkelijk gemaakt voor Driehoeksmossels door er lege schelpen te storten. Lege schelpen vormen namelijk de harde ondergrond die Driehoeksmossels nodig hebben om te groeien. De proeven toonden aan dat de maatregel wel werkt, maar dat de aanwas van de Driehoeksmossels op korte termijn nog bescheiden is. De onderzoekers verwachten dat deze mosselsoort vooral aan het eind van de zomer en in het begin van de herfst nuttig werk kan doen. De hoeveelheid zoöplankton is dan al laag, het aantal Driehoeksmossels juist gestegen. Zelfs als ze per dag maar 10 procent van het meer zouden filtreren, helpen ze al mee het meer helder te houden.



*Dit schelpenmateriaal werd gestort bij een proefmaatregel ter bevordering van de vestiging van Driehoeksmossels.*

*Natuurlijke verspreiding van Driehoeksmossels over de bodem.*





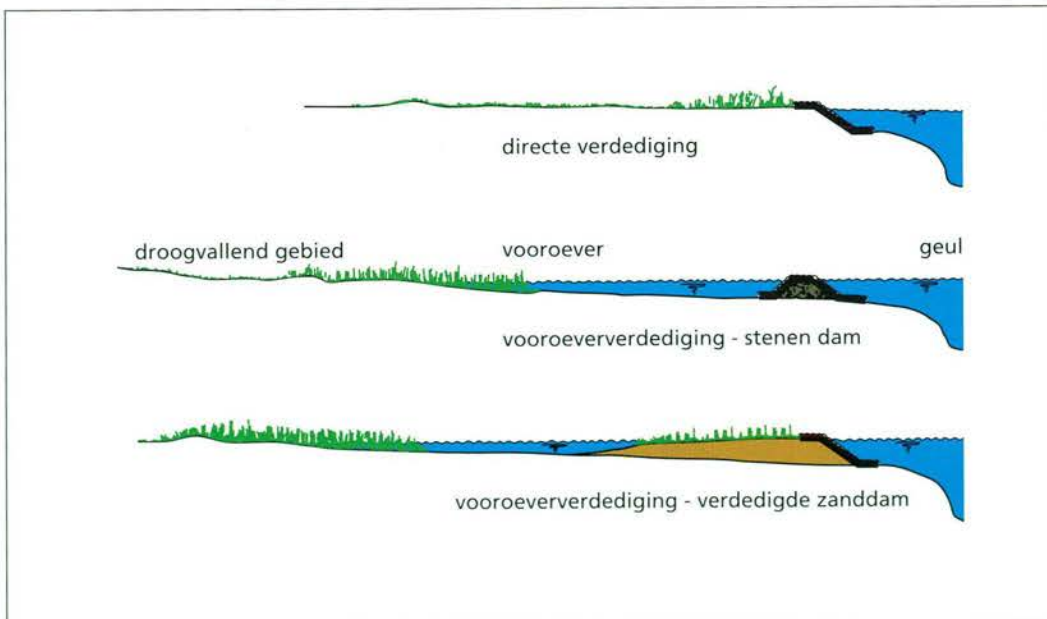
#### 8.4 Overige maatregelen die de natuurwaarden in stand houden

##### Oeververdediging

Verreweg de meeste oevergebieden hebben nu de functie van natuurgebied. In die oeverzones is het voor de natuurontwikkeling essentieel dat de geleidelijke overgangen van land naar water behouden blijven. Pas dan kan zich van nat naar droog een gevarieerde oever- en moerasvegetatie ontwikkelen, met de bijbehorende diersoorten. Om deze geleidelijke overgangen zoveel mogelijk in stand te houden, is het nodig de oevers tegen golfwerking te beschermen. In een grootschalig meer als het Zoommeer, waarin golven van meer dan 1 meter geen uitzondering zijn, is alleen de aanleg van oeververdedigingen een goede remedie daartegen. De aan te leggen oevervoorzieningen moeten dan wel de natuurontwikkelingen in de oeverzone zo min mogelijk storen. Dit betekent dat waterdieren de oeverzones moeten kunnen bereiken - denk bijvoorbeeld aan paai-gebieden voor vis - en dat moerasplanten zich in de richting van het water moeten kunnen uitbreiden.

Om dit te bereiken is een oeververdedigingsplan opgesteld voor de aanleg van enkele typen op het ecosysteem gerichte oevervoorzieningen langs de drooggevallen gronden (zie ook figuur 11). Op de meeste plaatsen bestaat de verdediging uit een stenen dam, aangelegd op enkele honderden meters vóór de oever op een diepte van ca. 1 meter. In het luwe water tussen deze dammen en de platen kunnen snel oeverplanten tot ontwikkeling komen. Via in de dammen uitgespaarde openingen blijft het voor water en waterdieren mogelijk zich van het luwe water naar het grote meeroppervlak en omgekeerd te begeven.

De plannen voorzien de aanleg van zanddammen op de vooroever in baaien en grote gebieden. De uitvoering van deze maatregel, die de oeverzone een grotere natuurwaarde kan geven, kan goed samengaan met in de nabijheid uit te voeren verdieping van de vaargeul. Op plaatsen waar de oever grenst aan diep water moeten de verdedigingen op de oever zelf worden aangebracht. Langs de Noordplaat, een eiland in het Volkerakmeer, zijn verschillende oeververdedigingen gecombineerd. De uitvoering van het oeververdedigingsplan is in 1988 begonnen en zal naar verwachting in 1995 voltooid zijn.



Figuur 11 Verschillende typen oeververdediging.



De aanleg van de Noordplaat.

Behalve de verdediging van de oevers is het peilbeheer van cruciale betekenis voor de verdere ontwikkeling van de oevervegetatie langs het Zoommeer. Een brede zone die gedurende een deel van het jaar droogvalt, kan de vestiging van Riet, Lisdoddes, Zegges en Biezen sterk bevorderen. Op langere termijn zouden de vooroeverzones dan door ophoping van organisch materiaal een duidelijke “moerasstructuur” krijgen.

#### Beheer drooggevallen gronden

De drooggevallen gronden hebben overwegend een bestemming als natuurgebied gekregen. Ze zijn echter door activiteit van de mens ontstaan en verschillen daardoor in een aantal opzichten van een volkomen natuurlijke situatie.

Een eerste belangrijk verschil is dat de oever in het meer geen aaneengesloten natuurlijk achterland heeft, door-



Begrazing door runderen.

dat het achterland als cultuurgrond in gebruik is. Er zijn dan barrières voor de vestiging van planten en dieren. Voor sommige soorten zijn deze barrières praktisch onneembaar, zoals voor de Zwarte populier (*Populus nigra*) of de Eik (*Quercus* sp.).

Een tweede belangrijk verschil is de morfologie van het gebied. Bij een zoetwatersysteem, wat het meer nu is, horen oeverwallen, kleinschalig diep en ondiep water, min of meer geïsoleerde landgedeelten en een fluctuerend waterpeil. Het isolement van stukken land (eilandjes) is belangrijk omdat grondpredatoren zoals de Vos ze moeilijk kunnen bereiken. De aangelegde vooroeververdedigingen, eilanden en geulen zorgen voor dit isolement en bieden bovendien beschutting.

Een derde verschil is de aanwezigheid van de mens. Om voor voldoende rust te zorgen in het natuurgebied is de dagrecreatie op enkele plekken geconcentreerd. In het Volkerakmeer zullen dagrecreatieterreinen voor de lokale bevolking worden ingericht bij Oude Tonge en Ooltgensplaat; in het Zoommeer zijn ze al aangelegd bij Bergen op Zoom en bij Tholen.

Een vierde verschil, ten slotte, is de afwezigheid van grote, in het landschap ingrijpende zoogdieren als het (oer)rund en het (oer)paard. De ontwikkeling naar grazige en parklandschapachtige gebieden verloopt alleen goed door te begrazen met bijvoorbeeld runderen of paarden.

In de beheersvisie over het Zoommeer zijn de introductie van ontbrekende plante- en diersoorten, de oeververdediging en natuurontwikkeling in de oever, de mate van mogelijk recreatief medegebruik en de inzet van runderen en paarden voor begrazing per gebied aangegeven. Zodra de inrichting van het gebied (oeververdediging met plaatselijk natuurbouw en de aanleg van dagrecreatieterreinen) gereed is, bestaat het beheer hoofdzakelijk uit het voldoende handhaven van rust en het begrazingsregime.

De doelstellingen van het begrazingsbeheer lopen per gebied uiteen. Het is de bedoeling op de Hellegatsplaten, de Krammerse Slikken en de Prinsesseplaat overwegend open en grazig gebied te doen ontstaan. Plaatselijk zullen enkele bosjes tot ontwikkeling komen. De Slikken van de Heen zullen een gebied vormen met grote grazige ruimten en flinke bosschages (half om half). De Dintelse Gorzen ten slotte zullen zo worden begraasd, dat zich een bos kan ontwikkelen met plaatselijk open gedeelten.



## 8.5 Conclusie

Om het meer de kans te geven zich te ontwikkelen tot een helder, voedselrijk watersysteem met een rijke flora en fauna is meer inspanning vereist dan alleen het aanleggen van een infrastructuur. Zonder maatregelen binnen en buiten het systeem zal het meer zich immers ontwikkelen tot een troebel meer met veel algen en een geringe natuurwaarde.

Ook de drooggevallen gronden hebben een gericht beheer nodig, omdat ze anders zullen verruigen en er een landschap zal ontstaan dat beneden de mogelijkheden van het gebied ligt.

Dit boek heeft laten zien dat er nogal wat mogelijkheden zijn om het Volkerak-Zoommeer als belangrijk natuurgebied instand te houden. Het is aan de beherende instanties ervoor te zorgen dat dit ook gebeurt.

  
*Echt lepelblad.*



## Samenvatting

Op 17 april 1987 werd de afsluiting van het vroegere Krammer-Volkerak voltooid - het Volkerak-Zoommeer was een feit. Het ontwikkelde zich tot een helder voedselrijk meer met grote natuurwaarden. De door de afsluiting in gang gezette verzoeting van het water leidde tot een volledige verandering van flora en fauna in het gebied, een proces dat nog steeds voortduurt. Duidelijk merkbare gevolgen van deze veranderingen waren enkele plagen van vedermuggen en Franjemotten, een uiterst weelderige groei van Akkerdistels en herhaalde sterfte onder vogels.

Het meest opmerkelijke fenomeen is echter dat het water in het gebied zeer helder werd, ondanks de te grote hoeveelheid fosfaat en nitraat die het meer binnenkwam en nog binnenkomt. Algen (die in het algemeen door hun overmatige aanwezigheid kunnen maken dat het water waarin zij leven troebel wordt) teren op dit menu; op hun beurt worden zij in het Volkerak-Zoommeer tot op heden grotendeels weggegeten door waternlooien en roeipootkreeftjes. Dit dierlijk plankton dient weer onder andere jonge Brasem als voedsel. Zolang de Brasemstand klein blijft, zullen er genoeg planktondiertjes overblijven om door hun algenconsumptie het water helder te houden. Om het meer nu ook in de toekomst helder te houden, is op meerdere fronten ingrijpen van de beheerders van het gebied gewenst. Ten eerste moet de fosfaat/nitraat-toevoer sterk worden verminderd (hoe minder voedsel, hoe minder algen immers); wat ook niet mag gebeuren is dat de Brasemstand uit de hand loopt (want hoe meer Brasem, hoe minder algenetend plankton) - de vangst van Brasem en het uitzetten van veel Brasemetende vissoorten bieden wellicht soelaas.

Het meer blijkt helaas niet te zijn ontkomen aan ernstige verontreinigingen, stammend uit de periode vóór de aanleg van de Volkerakdam in 1969. Zware metalen en bestrijdingsmiddelen bezonken voornamelijk langs

de oevers, waar de getijstrooming gering was. Deze delen van het gebied zijn nu drooggevallen. De aanleg van de Volkerakdam maakte grotendeels een eind aan de aanvoer van verontreinigd rivierwater. Toch is in het oostelijk deel van het Volkerakmeer, waar de Dintel en de Volkeraksluizen verontreinigd water aanvoeren, ook de waterbodem hier en daar voorzien van zware metalen en bestrijdingsmiddelen. Zonder maatregelen zal dit type verontreiniging allengs toenemen.

Flauw hellende oevers waren van oudsher in het gebied aanwezig; ze kwamen echter bloot te staan aan erosie zodra de getijdewerking in het meer door de afsluiting wegviel. De golven sloegen vanaf dat moment steeds op dezelfde hoogte tegen de oevers aan, iets waartegen ze niet bestand bleken. Hierdoor dreigden grote oppervlakten van de flauw hellende oeverzone verloren te gaan, evenals de zo waardevolle zeer ondiepe zones. Aanleg van oeververdedigingen maakte nagenoeg een eind aan dit proces.

Zonder een gericht beleid zullen de drooggevallen gronden verruigen, iets wat uit beheersoogpunt ongewenst is. Doordat sommige gebieden begraasd zullen worden met runderen of paarden, kan er echter toch een gevarieerd landschap ontstaan.

Voor verschillende natuurfuncties is het van groot belang dat de rust in het hele gebied gewaarborgd wordt. Dit geldt vooral voor vogels in de broed- en ruitijd.

Het Volkerak-Zoommeer is als helder, voedselrijk meer uniek in Nederland. Het heeft mogelijkheden om zich verder te ontwikkelen tot een heel waardevol ecosysteem. De verantwoordelijke beheerders van het gebied moeten daarvoor dan wel meer inspanning leveren dan zij tot nu toe hebben gedaan. In ieder geval zal het meer over 5 à 10 jaar troebel worden, als effectief ingrijpen uitblijft.



## Relevante literatuur

- Anonymus*, 1986. Het waterbeheer in het Zoommeer na 1987. Rijks-waterstaat Directie Zeeland.
- , 1986. Inrichtings- en beheersplan voor het Zoommeer. Commissie Compartimentering Oosterschelde, Projectgroep Zoommeer.
- , 1987. Beleidsplan Krammer-Volkerak. Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak.
- , 1988. Beheersplan Zoommeer. Directie Zeeland Nota AX 88.029.
- , 1988. Oeverbeschermingen in Volkerakmeer, Eendracht, Zoommeer en Bathse Spuikanaal. Projectgroep POVEZ, Directie Zeeland.
- , 1990. Natuurbeleidsplan: regeringsbeslissing. Minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. 's Gravenhage, SDU. 272 pp.
- , 1991. Beheersvisie Krammer-Volkerak, Eendracht, Zoommeer. Voorlopige beheerscommissie Krammer-Volkerak. Ministerie van Landbouw en Visserij/ Ministerie van Verkeer en Waterstaat. ISBN 90-369-1064-1.
- Beex, T.W.G.M. & D.J. Fluïjt*, 1988. Ekologisch onderzoek in het Krammer, Volkerak en Zoommeer. Resultaten van het onderzoek naar broedvogels en vegetatie in 1987. RIJP rapport, 1988 - 13 cbw.
- Bijkerk, R.*, 1987. Bodemzuurstofverbruik en fosfaataflevering in het Volkerak tijdens de ontzilting. Onderzoeksrapport RDD Aquatic Ecosystems, Haren (Gr.).
- Bijlsma, L.*, 1989. Het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer (opzet, ervaring en mogelijkheden). H<sub>2</sub>O 22: 649-655.
- Boudevijn, T.J., S. Dirksen & L.K. Slager*, 1987. Gebruik van het zoute Krammer-Volkerak door watervogels Deel 1: literatuuronderzoek, Ecolandrapport 87-4, Utrecht.
- Brongers, M. & B. Spaans*, 1990. Vegetatie en broedvogels van het Krammer-Volkerak en Zoommeer in 1989, Directie Flevoland, Intern rapport 1990 - 9 liw.
- Bruin, B.J.M. de, & N.D. van Swelm*, 1988. Broedvogels van het Noordelijk Deltagebied 1987. Een overzicht van de broedvogels van beschermde- en staatsmonumenten. Directie Natuur, Milieu en Faunabeheer, Consulentenschap Zuid-Holland.
- Dijkstra, C.*, 1990. Aantalsfluctuaties in muizenpopulaties in relatie tot de ontwikkeling van de vegetatie. Voortgangsrapportage 1990. Rijksuniversiteit Groningen, Zoologisch Laboratorium.
- Eck G.Th.M. van & N.M. de Rooij*, 1985. Prediction of nutrients and chlorophyll in the future freshwater basin Volkerakmeer/Zoommeer, The Netherlands. Wat. Sci. Tech. 17: 1411-1414.
- , *N.M. de Rooij & E.M. van de Vrie*, 1985. Predictions of micropollutants in the future freshwater basin Volkerakmeer/Zoommeer, The Netherlands. Wat. Sci. Tech. 17: 1415-1418.
- Everaers, J.A.*, 1985. De Krammer wordt zoet: vogels vaarwel. De Levende Natuur 86: 50-52.
- Gulati, R.D., A. Doornekamp & W.A. de Kloet*, 1991. A two-year (1989-1990) study on phytoplankton production and zooplankton and its grazing in Volkerak/Zoommeer; a newly created freshwater Lake System in the Rhine Delta. Limnological Institute, internal report 1991-2. Nieuwersluis.
- Hulscher, Th.E.M. ten*, 1989. Prognose van de gehalten van enkele microverontreinigingen in de waterbodem van het Volkerakmeer en Zoommeer. DBW/RIZA Nota 89.050.
- Ivens, E.*, 1991. Natuurontwikkeling in de drooggevalen gebieden van het Volkerak/Zoommeer van 1987-1990. Dienst Weg- en Waterbouwkunde Nota MIOL 91-04.
- Kalkman, B.A., W. Ligvoet, M.P. Grimm*, 1991. De omvang en samenstelling van de visstand in het Volkerak-Zoommeer. Kwantificering van één-zomerige vis gedurende het groeiseizoen 1990. Witteveen+Bos, Deventer, Werkno. Boz. 81.2.
- Leijen, A. van & C.A. Schmidt*, 1990. Vergelijking waterkwaliteit Dintel en Hollandsch Diep/Haringvliet in verband met de belasting van het Volkerakmeer (herziene versie). DBW/RIZA Nota 89.075.
- Ligvoet, W., M.P. Grimm, R. Houthuyzen*, 1991. Omvang en samenstelling van de visstand in het Volkerak-Zoommeer. Kwantificering van de vis-intrek in het Volkerak in 1990. Witteveen+Bos, Deventer, Werkno. Boz.81.2.
- Ligvoet, W., R. Houthuyzen, M.P. Grimm*, 1991. Omvang en de samenstelling van de visstand in het Volkerak-Zoommeer. Omvang en samenstelling van de visstand aan het einde van het groeiseizoen in 1990. Witteveen + Bos, Deventer, Werkno. Boz. 81.2.
- Meijer, A.J.M. & G.C.W. van Beek*, 1990. Monitoring-onderzoek aan de visfauna van het Volkerak/Zoommeer. Resultaten t/m juni 1990, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

- Meiniger, P.L.*, 1981. De ornithologische betekenis van het Krammer-Volkerak nu en in de toekomst. Dienst Getijdewateren Notitie DDMI-81.339.
- , 1989. Populaties van enkele soorten broedvogels in 1989, met een samenvatting van 11 jaar monitoring 1979-1989. Dienst Getijdewateren Nota GWAO-90.083.
- Nes, E.H. & H. Smit*, 1989. Natuurontwikkelingen Volkerakmeer/Zoommeer. Periode oktober 1988 tot en met januari 1989. DBW/RIZA Nota 89.026.
- & -, 1989. Natuurontwikkelingen Volkerakmeer/Zoommeer. Periode februari 1989 tot en met juli 1989. DBW/RIZA Nota 89.060.
- , 1989. De bodemfauna van het Volkerakmeer/Zoommeer in 1987-1988 Invloed van verzoeting op estuariene fauna en kolonisatie door zoetwaterorganismen. DBW/RIZA Nota 89.011.
- & -, 1990. Natuurontwikkelingen Volkerakmeer/Zoommeer. Periode februari 1989 tot en met juli 1989. DBW/RIZA Nota 89.065.
- , 1990. Natuurontwikkelingen Volkerakmeer/Zoommeer. Evaluatie van een proefmaatregel met Driehoeksmosselen. DBW/RIZA Werkdokument 90.035X.
- Oorthuysen, W.*, 1988. Evaluatie vogelsterfte, Directie Zeeland, notitie AXW 88.138.
- Rijkswaterstaat Directie Zeeland*, 1988. Projectplan EVOL. Evaluatie en optimalisatie van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer. Directie Zeeland Notitie AX-88.084.
- Schaik, A.W.J. van, D.J. de Jong en A.W. van der Pluijm*, 1989. Vegetatieontwikkeling Ventjagersplaat (1970-1985). Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Notitie GWAO-89.1005.
- Schuiten, H., E.H. van Nes & H. Smit*, 1990. Waterplanten in het Volkerak/Zoommeer, periode 1986 tot en met 1989. DBW/RIZA Nota 90.053.
- Slager, H.*, 1989. Onderzoek naar de abiotische factoren op de drooggevallen oevergebieden in het Krammer-Volkerak en het Zoommeer in 1987 en 1988. Directie Flevoland intern rapport 1989 - 12 liw.
- & *S. Dirksen*, 1987. Gebruik van het zoute Krammer-Volkerak door watervogels deel 2: veldonderzoek in het jaar voor de afsluiting. Ecoland-rapport 87-5, Utrecht.
- Smit, H., J.E.W. de Hoog & B.P.C. Steenkamp (red.)*, 1989. Integraal waterbeheer Volkerak-Zoommeer; onderzoek voor beheer en beleid. Verslag studiedag 13-12-1988 te Dordrecht.
- & *E.H. van Nes*, 1989. Oevers in beweging. Ontwikkelingen in de oeverzone van het Volkerakmeer-Zoommeer na afsluiting en de betekenis voor het integraal waterbeheer. H<sub>2</sub>O 22: 656-661.
- Tamminga, G.H.*, 1990. De gewijzigde samenstelling en herkomst van het slib in het Volkerak/Zoommeer sinds 1987. DBW/RIZA Werkdokument 90.060X.
- Terpstra, H. & P. Esselink*, 1989. Vegetatie en broedvogels van het Krammer-Volkerak en Zoommeer in het tweede jaar na afsluiting. Directie Flevoland, Intern rapport 1989 - 14 liw.
- Werkgroep Waterkwantiteit Zoommeer*, 1990. Rapportage waterhuishouding 1989. Directie Zeeland Nota AXW 90.039.
- Werkgroep Onderzoek Volkerak Eendracht Zoommeer*, 1989. Watersysteem-onderzoek Volkerakmeer-Zoommeer in 1987. DBW/RIZA Nota 89.021.
- , 1989. Watersysteem-onderzoek Volkerak/Zoommeer in 1988. DBW/RIZA Nota 89.055.
- , 1990. Watersysteem-onderzoek Volkerak/Zoom meer in 1987. DBW/RIZA Nota 90.062.
- Winter, W. de*, 1988. Nematodenfauna van het Volkerakmeer/Zoommeer. Landbouw Universiteit Wageningen, intern rapport Vakgroep Nematologie.



## Colofon

### redactie:

E.H. van Nes<sup>1</sup>, J. Visser<sup>2</sup>, H. Smit<sup>1</sup>, W. Oorthuijsen<sup>3</sup> &  
A.W.J. van Schaik<sup>4</sup>

### eindredactie:

E.H. van Nes<sup>1</sup>

### tekstbijdragen:

G.C.W. van Beek<sup>5</sup>, R. Bijkerk<sup>6</sup>, H. Coops<sup>1</sup>, H.J. Drost<sup>2</sup>, C. Dijkstra<sup>7</sup>,  
J.E.W. de Hoog<sup>1</sup>, A.J.M. Meijer<sup>5</sup>, E.H. van Nes<sup>1</sup>, W. Oorthuijsen<sup>3</sup>,  
A.W.J. van Schaik<sup>4</sup>, C.A. Schmidt<sup>1</sup>, H. Smit<sup>1</sup>, H. Slager<sup>2</sup>, C.A. Visser<sup>3</sup>,  
J. Visser<sup>2</sup> en L. Zwarts<sup>2</sup>

### kopijbewerking:

H. Hartsuiker - Groningen

### grafische verzorging en productie:

Ekkers & Paauw - Groningen

### drukwerk:

Schut & Casparie - Groningen

### projectleiding:

H. Smit<sup>1</sup>

### fotoverantwoording:

G.C.W. van Beek<sup>5</sup>: 18; D.J. Fluijt<sup>2</sup>: 4, 13, 21-*a*, 47-*a*, 50-*b*, 51; E. Hendriks<sup>2</sup>:  
12, 22, 47-*b*, 50-*a*; A.W.J. de Hoog<sup>1</sup>: 37-*a*; E. Ivens<sup>4</sup>: 9-*b*, 9-*a*; G.M. Janse -  
Zierikzee: 28-*b*; J. van der Kam - Griendtsveen: 15, 19, 24, 25-*b*, 26-*b*, 27-*b*,  
27-*a*, 28-*a*, 36-*a*; F. Kerkum - RIZA Lelystad: 43-*l*, 43-*r*; KLM Aerocarto b.v.  
- 's Gravenhage: 23-*l*, 23-*r*, 44; W. Kolvoort - Hattum: *omslag*, 20, 21-*b*, 26-*a*,  
31-*b*, 32, 35, 36-*b*, 37-*b*, 42-*b*, 42-*a*, 48-*b*, 48-*lo*; J. Koolen - Dordrecht: 10-*b*,  
10-*a*, 40-*b*, 40-*a*, 41-*b*, 41-*a*; A.J.M. Meijer<sup>5</sup>: 17; E.H. van Nes<sup>1</sup>: 25-*a*, 31-*a*,  
48-*ro*; W. Oorthuijsen<sup>3</sup>: 14-*a*, 29; M. van Wouwe - Dinteloord: 14-*b*, 38

(*o*= onder, *b*= boven, *l*= links, *r*= rechts)

### illustraties:

J. Reinhold - Wageningen: 22

<sup>1</sup> Rijkswaterstaat, RIZA, Dordrecht

<sup>2</sup> Directie Flevoland, Zonnemaire/Lelystad

<sup>3</sup> Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

<sup>4</sup> Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft

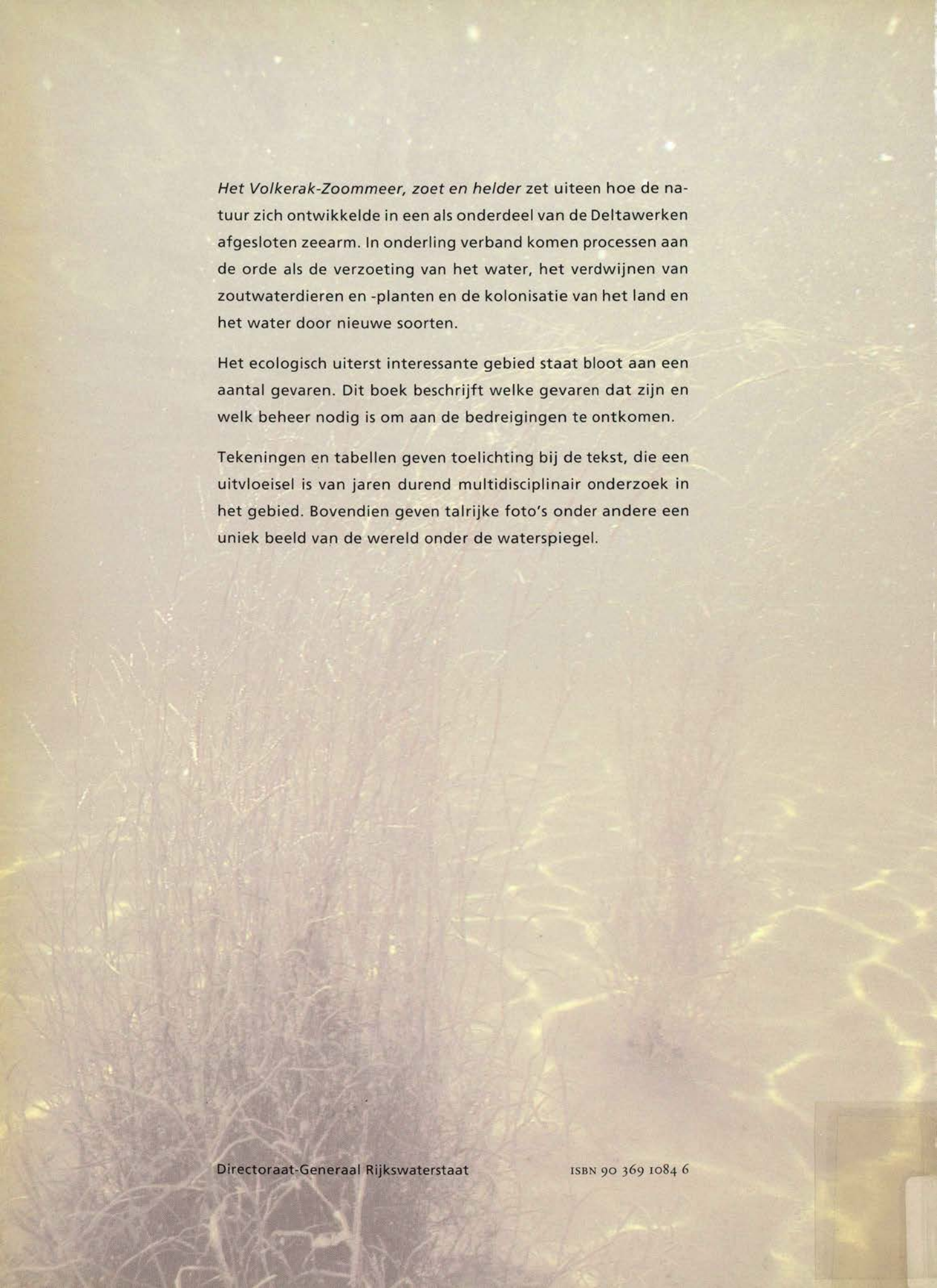
<sup>5</sup> Bureau Waardenburg b.v. Culemborg

<sup>6</sup> rdd. Aquatic Ecosystems, Groningen

<sup>7</sup> Rijksuniversiteit Groningen







*Het Volkerak-Zoommeer, zoet en helder* zet uiteen hoe de natuur zich ontwikkelde in een als onderdeel van de Deltawerken afgesloten zee-arm. In onderling verband komen processen aan de orde als de verzoeting van het water, het verdwijnen van zoutwaterdieren en -planten en de kolonisatie van het land en het water door nieuwe soorten.

Het ecologisch uiterst interessante gebied staat bloot aan een aantal gevaren. Dit boek beschrijft welke gevaren dat zijn en welk beheer nodig is om aan de bedreigingen te ontkomen.

Tekeningen en tabellen geven toelichting bij de tekst, die een uitvloeisel is van jaren durend multidisciplinair onderzoek in het gebied. Bovendien geven talrijke foto's onder andere een uniek beeld van de wereld onder de waterspiegel.