



# Biologische monitoring zoete rijkswateren **IJsselmeer en Markermeer** 1992

Notanummer: 94.060





Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Biologische monitoring zoete rijkswateren  
**Watersysteemrapportage**  
**IJsselmeer en Markermeer**  
**1992**

RIZA Nota nr.: 94.060  
ISBN nummer 903690434x

Redactie:

K.H. Prins<sup>1</sup>, M. Klinge<sup>2</sup>, W. Ligtoet<sup>2</sup>, J. de Jonge<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en  
Afvalwaterbehandeling, Lelystad

<sup>2</sup> Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs bv., Deventer

bij citaten vermelden:

Prins, K.H., Klinge, M., Ligtvoet, W., Jonge de, J., 1995. Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteembrapportage IJsselmeer en Markermeer 1992. RIZA nota nr. 94.060.

# Inhoud

Samenvatting 5

Summary 7

1. Inleiding 9

2. Ecosysteembeschrijving E.H.R.R. Lammens en M. Klinge 11

3. Watervogels R. Noordhuis, M.R. van Eerden en M. van Roomen 15

4. Vissen E.H.R.R. Lammens, A.D. Buijse en W. Dekker 27

5. Waterplanten P. Hartog, J. de Jonge en R.W. Doef 35

6. Macrofauna A. bij de Vaate en M. Greijdanus-Klaas 41

7. Fytoplankton R. Bijkerk 47

8. Zoöplankton P. Dekker 53

9. Ecotoxicologie C. Schmidt, J.L. Maas, R. Knob en H. Pieters 59

10. Integratie M. Klinge en W. Ligtoet 69

Literatuur 73

Verantwoording 79

Colofon 81





# Samenvatting

## Inleiding

De aquatische ecosystemen van het IJsselmeer en het Markermeer zijn uniek voor West-Europa. Deze unieke waarde is het gevolg van de uitgestrektheid van deze ondiepe zoetwatervlaktes in combinatie met de voedselrijkdom. Vooral voor populaties van veel watervogels zijn de meren van internationale betekenis. Ecosystemen zijn per definitie in ontwikkeling echter gebruik en beheer van het watersysteem beïnvloeden het ecosysteem in hoge mate. Ecologische ontwikkelingen worden, middels een monitoringsprogramma, op de voet gevolgd door de beheerder, Rijkswaterstaat.

Naast de jaarlijkse monitoring wordt er eens per vier jaar, in een peiljaar, een extra intensief bemonsteringsprogramma uitgevoerd. De resultaten van het peiljaar (1992) zijn aanleiding voor het maken van dit rapport waarin de ecologische toestand en de ontwikkelingen in het ecosysteem worden vastgelegd. Het rapport geeft daarmee tevens een beeld van de kennis van de ecosystemen in het IJsselmeer en Markermeer.

## Watervogels

Het IJsselmeer en Markermeer zijn voor de meeste watervogelsoorten met name als doortrek- en overwinteringsgebied van belang. Naast de rust is de hoeveelheid voedsel hiervoor verantwoordelijk. De sterke achteruitgang van de Driehoeksmossel, hét voedsel voor veel duikenden, is een opvallende welke ontwikkeling nauwlettend gevolgd moet worden.

Naast de achteruitgang van de Driehoeksmossel kan de afnemende eutrofiëring op lange termijn de voedselbeschikbaarheid voor vogels verminderen. Een dergelijke ontwikkeling is nu nog niet zichtbaar.

Opvallend blijft de relatief summiere broedgelegenheid in verhouding tot de totale oeverlengte en het beschikbare voedsel.

## Vissen

In het IJsselmeer en Markermeer zijn sinds het bestaan circa 27 vissoorten gevangen. Snoekbaars, Baars, Aal, Spiering, Pos, Blankvoorn, Brasem en Bot zijn het meest algemeen. De vis-

biomassa in het IJsselmeer ligt een factor twee hoger dan in het Markermeer. Belangrijkste verklaringen voor dit verschil zijn het verschil in eutrofiëringsniveau en slibhuishouding.

Naast de aanwezigheid van voedsel en predatie door visetende vogels wordt de visstand sterk beïnvloed door de visserij. Opvallend is de slechte recrutering van Snoekbaars in het Markermeer. De Baars heeft hier van kunnen profiteren en is sinds 1975 sterk toegenomen. In het IJsselmeer was de recrutering van Snoekbaars in 1992 sterk.

## Macrofauna

De monitoring van macrofauna is pas in 1992 gestart zodat ontwikkelingen in deze groep organismen (nog) niet aangetoond kunnen worden. Slechts van de Driehoeksmosselen is een historische gegevensset opgebouwd. De resultaten van de Driehoeksmosselbemonstering laat zien dat de populatie van de Driehoeksmossel zeer sterk achteruitgaat. Deze achteruitgang wordt veroorzaakt door het onderslibben van mosselbanken. Deze achteruitgang kan grote gevolgen hebben voor de Driehoeksmossel etende duikenden zoals *Tafeleend* en *Kuifeend*.

## Zoöplankton

Door de eutrofiëring van het IJsselmeer en Markermeer is de graasdruk van het zoöplankton op het fytoplankton te klein om de dichtheid van fytoplankton te bepalen. In het voorjaar van 1992 beperkte het zoöplankton echter de algenbiomassa in het IJsselmeer. Wellicht is dit een voorteken van afnemende eutrofiëringseffecten.

Opvallend was de grotere lengte van de water-vlooiën in het IJsselmeer ten opzicht van die in het Markermeer. Dit verschijnsel is wellicht een gevolg van het hoge slibgehalte in het Markermeer. Anderszins een teken dat de productiviteit van het Markermeer negatief beïnvloed wordt door het hoge slibgehalte.

## Water- en oeverplanten

Slechts in relatief kleine delen van het IJsselmeer en Markermeer is waterplantontwikkeling mo-

gelijk. Door eutrofiëring en golfslag worden deze voor waterplanten geschikte gebieden onvolledig benut. Sinds 1980 neemt de bedekking met waterplanten geleidelijk toe, met name in het Markermeer.

De oevervegetatie heeft zich in het IJsselmeer en Markermeer slechts op enkele plaatsen ontwikkeld vanwege de vele verharde oevers en het onnatuurlijke peilbeheer. De rol die oevers hebben in een aquatische ecosysteem voor bijvoorbeeld broedvogels en zoogdieren komt wordt slechts lokaal vervuld.

## Fytoplankton

In het IJsselmeer is de biomassa fytoplankton (uitgedrukt in concentratie chlorofyl- $\alpha$ ) vooral in de tweede helft van de zomer twee maal zo groot als in het Markermeer. In het voorjaar zijn de gehalten vergelijkbaar, vermoedelijk door de hogere graasdruk van het zoöplankton in het IJsselmeer. De verschillen in de tweede helft van de zomer kunnen worden toegeschreven aan het ongunstiger lichtklimaat en de lagere stikstofgehalten in het Markermeer. De dalende nutriëntgehalten hebben (nog) geen effect gehad op de *algenbiomassa*. In beide meren treden enigszins soortverschuivingen op en vinden blauwalgbloeien minder plaats. In hoeverre dit veroorzaakt wordt door de dalende nutriëntgehalten is nog onduidelijk.

## Ecotoxicologische effecten

Het IJsselmeer en het Markermeer staan bekend als wateren met relatief lage gehalten van microverontreiniging in water, zwevende stof en waterbodembodem.

De verontreinigingen die door de IJssel worden aangevoerd hechten sterk aan slib, wat sedimenteerd in het Ketelmeer.

De resultaten van bioaccumulatiebepaling in Aal en Driehoeksmossel tonen echter aan dat kwik, DDT en cadmium wel degelijk een risico vormen voor het ecosysteem in het Markermeer en IJsselmeer. Deze conclusie kan worden getrokken op basis van de methodiek die het MTR (maximaal toelaatbaar risiconiveau) van een stof voor een aquatisch ecosysteem berekend.

## Integratie

De gesignaleerde ecologische trends zijn veelal terug te voeren op twee sturende processen. Enerzijds is dat de toename van negatieve effecten van slib in vooral het Markermeer, anderzijds is lijkt ten gevolge van de dalende nutriëntgehalten de afname van eutrofiëringseffecten te zijn ingezet. Een zorgvuldige monitoring van de toekomstige effecten van deze twee complexe processen is van groot belang. Tijdige signalering draagt bij aan een tijdige bijstelling van het beleid en beheer van beide meren.

In het hoofdstuk Integratie worden mogelijke ecologische effecten van enkele beheersmaatregelen toegelicht.



# Summary

## Introduction

The aquatic ecosystems of the IJsselmeer and Markermeer lakes are unique for Western Europe. The expansiveness of these shallow freshwater areas, combined with the abundance of food, make these lakes a unique asset. Populations of many water birds found in the lakes are of particular international significance. Ecosystems are by definition in a process of development, but water system use and management have a major impact on the ecosystem. Ecological developments are closely followed by the area's "steward", the Department of Public Works and Water Management, as part of its monitoring programme. In addition to annual monitoring, an extra intensive sampling programme is carried out every four years, during the so-called measurement year.

The results obtained in the measurement year (1992) prompted the writing of this report on the ecological state and developments of the ecosystem. This report also presents current knowledge of the ecosystems in the IJsselmeer and Markermeer lakes.

## Water birds

To most species of water birds, the IJsselmeer and Markermeer lakes are mainly important as a stop-over during migration, or as a place to spend the winter. Not only are the areas perfect places to rest, they also offer an ample supply of food.

The dramatic decline in the population of dreissena molluscs, the number-one source of food for diving-ducks, is an alarming development that must be watched closely. Besides the drop in dreissena numbers, increasing eutrophication could reduce the available food supply for birds in the long term, although this is not yet a manifest trend. The relatively scant brooding opportunities in relation to the total length of the bank and available food supply remains striking.

## Fish

Since the existence of the IJsselmeer and Markermeer lakes, some 27 species of fish have

been caught. Pikeperch, perch, eel, smelt, ruffe, roach, bream and flounder are the most prevalent. The biomass of fish in the IJsselmeer lake is higher than that of the Markermeer lake by a factor of two. Differences in eutrophication and silt levels are the main two reasons for this. In addition to the supply of food and predation by fish-eating birds, the fish stock is strongly determined by commercial fishing. The recruitment (i.e. increase in natural population) of pikeperch in the Markermeer lake is strikingly low. This has been a boon for the perch population, which has grown considerably since 1975. In 1992, the recruitment of pikeperch was substantial in the IJsselmeer lake.

## Macrofauna

It was not until 1992 that a start was made with macrofauna monitoring, so developments in this group of organisms cannot (yet) be demonstrated. A historic set of data has been compiled for dreissena molluscs alone. The results of dreissena sampling show a steep drop in the dreissena population.

This decrease is caused by the silting up of mussel banks and could have grave consequences for diving-ducks, such as the pochard and tufted duck, which depend on dreissena for food.

## Zooplankton

As a result of eutrophication of the IJsselmeer and Markermeer lakes, zooplankton feeding on phytoplankton is not intensive enough to determine the density of phytoplankton. In the spring of 1992, however, zooplankton did have a limiting influence on the algae biomass in the IJsselmeer lake.

This could foreshadow a reduction in eutrophication effects. The greater length of IJsselmeer water fleas compared to Markermeer water fleas is noteworthy and could be caused by the higher silt content in the Markermeer lake. On the other hand, it can be taken as an indication that the high silt content is detrimental to the lake's productivity.

## Water and waterside plants

Water plants can develop only in small portions of the IJsselmeer and Markermeer. The areas where water plants could thrive are not used to their fullest because of eutrophication and wave action. Since 1980, bottom cover by water plants has been gradually on the rise in the Markermeer lake, in particular. Bank vegetation has developed only sporadically in the IJsselmeer and Markermeer lakes because of artificial water level management and the fact that many of the banks are paved. Only in isolated spots do banks play a role in an aquatic ecosystem for, say, birds and mammals.

## Phytoplankton

The phytoplankton biomass (expressed as the concentration of chlorophyll- $\alpha$ ) in the IJsselmeer lake is twice that of the Markermeer lake, especially in the second half of the summer. The levels are comparable in the spring, presumably because of the higher phytoplankton consumption by zooplankton in the IJsselmeer lake. The differences in the second half of the summer can be ascribed to the Markermeer's less favourable light climate and lower levels of nitrogen. The declining nutrient levels have not (yet) had an impact on the algae biomass. In both lakes, a shift in species is occurring to a greater or lesser extent and blue algae blooms are occurring less frequently. It remains to be seen to which extent the decline in nutrients is accountable for this.

## Ecotoxicological effects

The IJsselmeer and Markermeer lakes are known as waters with relatively low levels of micropollutants in the water, in suspension and on the lake floor. The pollutants transported into the lakes by the River IJssel adhere strongly to silt, which settles in the Ketelmeer lake. The results of bioaccumulation tests in eel and dreissena mussels reveal, however, that mercury, DDT and cadmium do pose a considerable risk to the ecosystems of the Markermeer and IJsselmeer lakes. This conclusion can be drawn using the method for

calculating the Maximum Permissible Concentration for an aquatic ecosystem of a substance.

## Integration

The ecological trends identified can generally be linked to two driving processes. The first is the intensification of the detrimental effects of silt in the Markermeer in particular and the second appears to be the dropping levels of nutrients, i.e. reduced eutrophication is taking effect. Careful monitoring of the future effects of these two complex processes is vital. Early identification of trends enables policy and management concerning both lakes to be corrected in time.

The Integration chapter examines the potential ecological consequences of some policy measures.



# 1. Inleiding

## MWTL

In 1992 is de Biologische Monitoring van de zoe- te rijkswateren gestart (Riza nota 91.039). Deze monitoring vormt het meest recente onderdeel van de monitoring van de Waterstaatkundige toestand des lands (MWTL), welke uit een combinatie van fysische, chemische en biologische meetnetten bestaat.

Met de biologische monitoring voldoet de MWTL aan de sterk toegenomen behoefte aan systematisch verzamelde gegevens van aquatische organismen. Deze behoefte komt voort uit het toegenomen maatschappelijk belang dat gehecht wordt aan het goed ecologisch functioneren van watersystemen; een belang dat ondermeer in de derde nota waterhuishouding en de toekenning van ecologische functies aan watersystemen tot uitdrukking is gebracht (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1989).

Het doel van de biologische monitoring is tweeledig:

1) **Signaleren** van langjarige ontwikkelingen (trends) in de biologische toestand van watersys-

temen.

2) **Evalueren** van het nationale waterbeleid door de periodiek toetsing aan criteria welke voortvloeien uit de ecologische functie van de watersystemen.

Sinds 1992 worden in (nagenoeg) alle rijkswateren gegevens verzameld van watervogels, vissen, vegetatie, macrofauna, fyto- en zoöplankton en ecotoxicologische parameters (Adriaanse *et al.*, 1992). Hierbij wordt zoveel mogelijk aangesloten bij bestaande monitoringsreeksen. De biologische monitoring wordt uitgevoerd en gecoördineerd door het RIZA. Hierbij wordt intensief samengewerkt met het RIVO, SOVON, RIVM, IKC-Natuurbeheer, regionale directies en de meetkundige dienst.

De interpretatie van resultaten van de biologische monitoring wordt jaarlijks vastgelegd in een jaarrapportage. Deze jaarrapporten betreffen het basisprogramma van metingen, welke alle rijkswateren omvat.

In aanvulling op dit basisprogramma wordt eens in de vier jaar een specifiek watersysteem intensiever bemonsterd. De resultaten van dit 'peil-

jaar' worden vastgelegd in een zogenaamde Watersysteemrapportage.

In een watersysteemrapport wordt op basis van de gegevens van biologische monitoring de stand van zaken beschreven van het ecosysteem. Het rapport geeft een overzicht van de actuele kennis van het betreffende watersysteem en laat de belangrijkste ecologische ontwikkelingen zien. Hierbij wordt de informatie van de verschillende parametergroepen geïntegreerd. Indien mogelijk worden er tevens relaties gelegd met de fysische en chemische kwaliteit van het watersysteem. De chemische kwaliteit van het IJsselmeer en Markermeer is vastgelegd in afzonderlijke nota's van het RIZA (Vrind *et al.*, 1995) (Hoogeveen 1995).

De eerste cyclus van peiljaren ziet er als volgt uit:

- in 1992 het IJsselmeer-Markermeer en de Maas
- in 1993 de Randmeren en Kanalen
- in 1994 de Zoete Delta en het Volkerak-Zoommeer
- in 1995 de Rijn en Rijntakken

Voor u ligt de watersysteemrapportage IJsselmeer-Markermeer 1992.

## Opbouw van het rapport

Dit rapport is geschreven voor beheerders, beleidsmakers en geïnteresseerde deskundigen, die direct of indirect betrokken zijn bij het IJsselmeer en Markermeer. Het rapport begint met een algemene beschrijving van de ecosystemen van het IJsselmeer en Markermeer (Hoofdstuk 2). In dit hoofdstuk wordt tevens een diagram gepresenteerd wat de 'rode draad' vormt van het rapport. De hoofdstukken 3 tot en met 8 geven van iedere groep aquatische organismen de resultaten en de belangrijkste ontwikkelingen. In hoofdstuk 9 wordt beschreven in welke mate de ecosystemen van het IJsselmeer en Markermeer beïnvloed worden door microverontreinigingen.

In het afsluitende hoofdstuk worden de resultaten geïntegreerd. Op basis van de gesignaleerde ontwikkelingen in beide ecosystemen wordt een doorkijkje naar de toekomst gemaakt.



Foto 1

Veel medewerkers van het 75-jarige RIZA werken mee aan het routinematig bemonsteren, analyse, gegevensbeheer en interpretatie van chemie en ecologie in de zoete rijkswateren, waartoe ook het IJsselmeer en Markermeer behoren. Deze gegevens dienen als basis voor het beschrijven van de toestand, het vaststellen van trends en het evalueren van het beheer en beleid van deze rijkswateren.



## 2. Ecosysteembeschrijving

Eddy Lammens (RIZA) en Marcel Klinge (Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs bv)

### Ontstaan

Het IJsselmeer is ontstaan in 1932 toen de brakke Zuiderzee door de aanleg van de Afsluitdijk afgesloten werd van de zee. Na de afsluiting verzoette het meer snel en werd het één van de grootste zoetwatermeren in Europa.

Na de afsluiting is de oppervlakte van het oorspronkelijke IJsselmeer door grootschalige inpolderingen en een compartimenteringsdijk sterk verkleind en versnipperd. Achtereenvolgens zijn de Noordoostpolder (1936-1942), Oostelijk Flevoland (1950-1954) en Zuidelijk Flevoland (1959-1967) aangelegd. Met de aanleg van

de Noordoostpolder ontstonden na de voltooiing van de dijken langs het oude land in 1940 de eerste randmeren, het Vollenhovenmeer, Kadoermeer en Zwarte Meer. Met het gereedkomen van Oostelijk Flevoland kwamen het Ketelmeer (1953), Vossemeer (1953), Drontermeer en Veluwemeer (1954) tot stand en na de voltooiing van Zuidelijk Flevoland het Wolderwijd (1967), Nuldernauw (1967), Nijkerkernauw (1961), Eemmeer (1964) en Gooimeer (1964).

Door de aanleg van de Houtribdijk in 1975 werd het resterende IJsselmeer opgedeeld in twee waterhuishoudkundige componenten: het Markermeer en IJsselmeer (figuur 1).

### Morfologische karakteristieken

Een aantal relevante morfologische karakteristieken van het IJsselmeer en Markermeer is gegeven in tabel 1.

De wateren in het IJsselmeer/Markermeer zijn met enkele uitzonderingen (kust van Friesland en Noord-West Overijssel) met dijken omgeven. De grens tussen open water en het land is derhalve langs het overgrote deel van het IJsselmeer/Markermeer hard en relatief steil, doordat de oorspronkelijke arealen ondiep water grotendeels zijn ingepolderd. Het resterende ondiepe areaal is klein (enkele procenten, zie tabel 1).



**Figuur 1**

Het IJsselmeer en Markermeer behoren tot de grootste zoetwatermeren van Europa. Beide meren zijn relatief ondiep en voedselrijk. De meren zijn, met name voor een groot aantal watervogels, van internationale betekenis.

*The IJsselmeer and Markermeer lakes are two of the largest fresh-water lakes of Europe. Both are relatively shallow and rich in food. The lakes are of international significance, particularly for numerous water birds.*



Parameter	Eenheid	IJsselmeer	Markermeer
oppervlak	ha	113.600	70.160
randlengte	km	218	160
maximum diepte	m	9	6
gemiddelde diepte	m	4,5	3,9
areaal 0-1 m diep	ha (%)	3408 (3%)	0 (0%)
areaal 1-2 m diep	ha (%)	4544 (4%)	2105 (3%)
areaal slikken/platen	ha	2500	0
areaal zandbodem	%	62	19
areaal zavelbodem	%	14	13
areaal kleibodem	%	24	68
verblijftijd	dagen	120	550
inlaat		IJssel, via Ketelmeer	randmeren via Gooimeer
uitlaat		Sluizen afsluitdijk, sluizen Houribdijk voor zoutbestrijding Markermeer	Noordzeekanaal

Tabel 1

Morfologische karakteristieken van het IJsselmeer en het Markermeer.

Samen met de relatief geringe oeverlengte en de geringe waterpeilverschillen betekent dit dat de littorale zone geen belangrijke rol speelt in het ecologisch functioneren van de meren.

80% van de watervoorziening van het IJsselmeer is afkomstig uit de IJssel en als zodanig maakt het IJsselmeer deel uit van het Rijnsysteem. De uitlaat van water geschiedt voornamelijk via de sluisen in de Afsluitdijk bij Den Oever en Kornwerderzand. Een deel van het water wordt gebruikt voor de watervoorziening van de aanliggende provincies.

Slechts een klein deel van het water uit de IJssel bereikt via de sluisen in de Houtribdijk het Markermeer. Dit meer wordt daarnaast voornamelijk gevoed vanuit het Gooi-Eemmeer.

De verblijftijd van het water in het Markermeer (550 dagen) is veel groter dan het IJsselmeer (120 dagen). Mede hierdoor is ook de belasting van het Markermeer met nutriënten veel lager dan het IJsselmeer (zie verder). De uitlaat van water geschiedt voornamelijk via het Noordzeekanaal.

De bodem van het IJsselmeer bestaat grotendeels uit zand terwijl de bodem van het Markermeer

grotendeels uit klei bestaat. Dit verschil is terug te voeren op de oorspronkelijke dynamiek van de getijden in de Zuiderzee, welke aan de noordzijde (het huidige IJsselmeer) veel sterker was dan in het zuiden (het huidige Markermeer) waar sedimentatie van fijne deeltjes kon optreden. De aanwezigheid van oude stroomgeulen in het IJsselmeer is op dezelfde getijdendynamiek terug te voeren.

## Het ecosysteem

De belangrijkste ecologische groepen en hun sturende factoren worden gegeven in figuur 2.

### Ecologische groepen

Zwevende algen (**fytoplankton**) vormen de voornaamste primaire producenten. Waterplanten (zie hoofdstuk 5) en plantenetende vogels (zie hoofdstuk 3) spelen in beide meren een ondergeschikte rol.

Het fytoplankton wordt het grootste deel van het jaar gedomineerd door groenalgen. Diatomeeën spelen in het voorjaar, blauwalgen in de tweede helft van de zomer en het najaar een belangrijke rol (zie hoofdstuk 7).

De secundaire productie wordt grotendeels door **Driehoeksmosselen** (zie hoofdstuk 6) en **zoöplankton** (zie hoofdstuk 8) gerealiseerd. Beide zijn afhankelijk van zwevend voedsel in de vorm van al dan niet afgestorven algen. Driehoeksmosselen hebben een stevig substraat nodig om zich te kunnen vestigen. Met name in het Markermeer zijn nu grote delen van de bodem bedekt met slib (zie verder) en ongeschikt voor Driehoeksmosselen. Driehoeksmosselen vormen een zeer belangrijke voedselbron voor vele vogels, m.n. diverse soorten eenden (zie hoofdstuk 3) en voor vissen (zie hoofdstuk 4).

### Planktonetende en bodemfauna etende vissen

vormen het overgrote deel van de totale visstand (zie hoofdstuk 4). Spiering is de belangrijkste planktonetende soort. Deze heeft zich na de aanleg van de Afsluitdijk zeer succesvol gehandhaafd. Pos en Brasem zijn de belangrijkste bodemfauna etende vissen.

De planktonetende en bodemfaunaetende vissen vormen op hun beurt voedsel voor **roofvissen** en **visetende vogels**. Baars en Snoekbaars zijn de belangrijkste roofvissen. Vogels die vis eten zijn Aalscholvers, Futen, Grote en Middelste Zaagbekken en Nonnetjes (zie hoofdstuk 3).

**Sturende factoren**

De belangrijkste sturende factoren in het IJsselmeer-Markermeer zijn:

- Waterkwaliteit/nutriëntengehalte
- (An)organisch slibgehalte
- Visserij

Andere, minder belangrijke sturende factoren zijn ondermeer de waterpeilfluctuaties en verontreinigingen.

Gegevens over de **waterkwaliteit** worden weergegeven in figuur 3. Het doorzicht bedraagt in beide meren minder dan 1 meter. In het IJsselmeer wordt dit vooral veroorzaakt door algen

die profiteren van de aanvoer van nutriënten via de IJssel. In het Markermeer wordt het doorzicht naast algen vooral beperkt door het hoge **slibgehalte** van het water. De hoge slibgehalten en de na de afsluiting gedaalde nutriëntengehaltes zorgen ervoor dat de algenbiomassa in het Markermeer lager is dan die in het IJsselmeer. Dit heeft een lagere produktiviteit en draagkracht van de gehele voedselketen tot gevolg.

De **visserij** in het IJsselmeer-Markermeer is intensief. De belangrijkste vangtuigen en de doelsoorten zijn weergegeven in tabel 2.

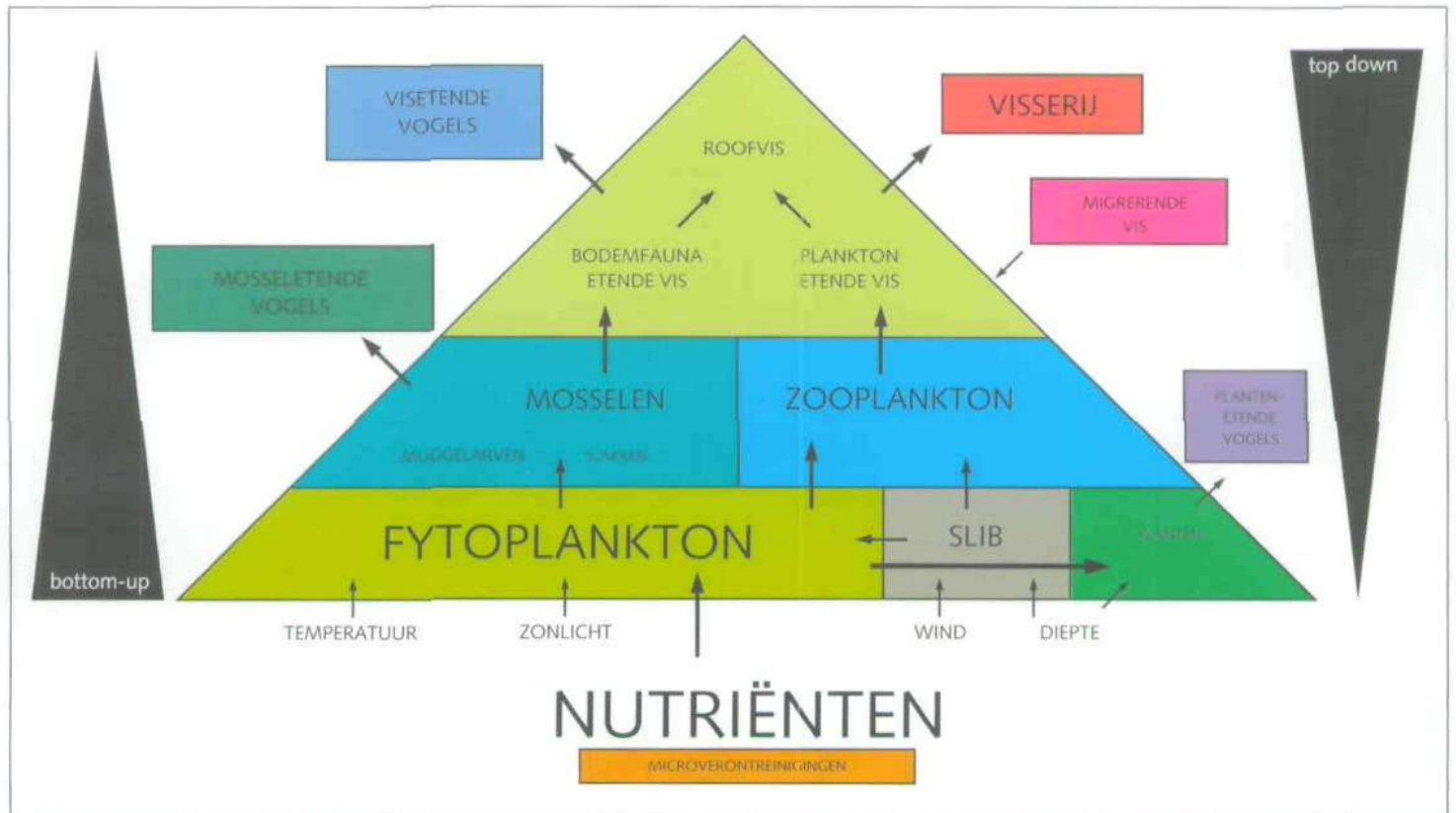
De belangrijkste visserijen zijn de fuikvisserij op Aal en de nettensvisserij op Snoekbaars en Baars. Met deze visserijen worden tevens grote

Vangtuig	Doelsoort
.....	.....
Fuiken	Aal, Spiering
Staannde netten	Snoekbaars, Baars
Kisten	Aal
Hoekwant	Aal
Zegen	Brasem, Blankvoorn (pootvis)

**Tabel 2**  
Gebruikte vangtuigen en de doelsoorten van de visserij in het IJsselmeer-Markermeer.

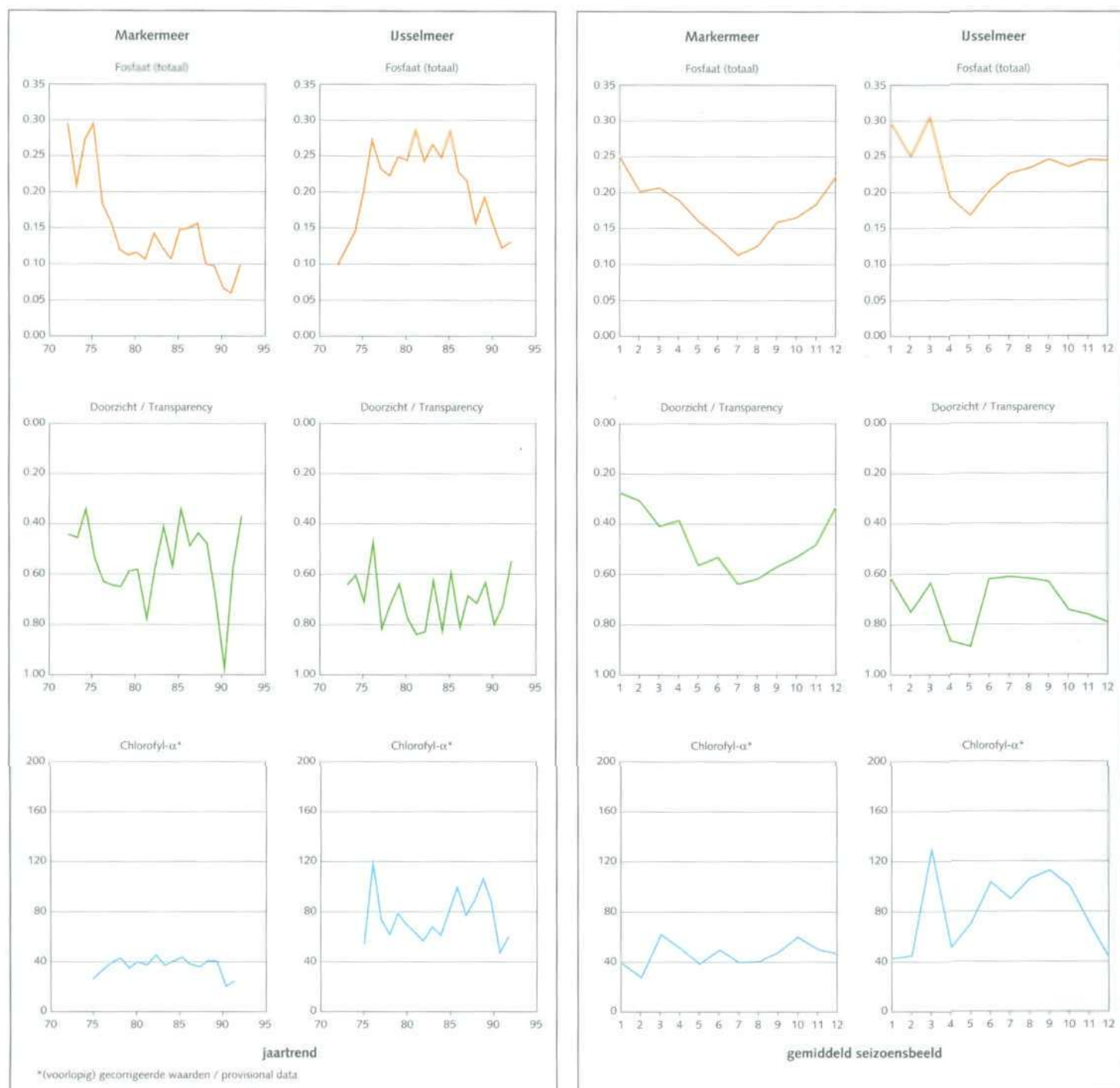
hoeveelheden ongewenste vissen bijgevangen, hetgeen van invloed op de ontwikkeling van de visstand geacht wordt (zie ook hoofdstuk 4).

Natuurlijke **waterpeilfluctuaties** (hoog in winter en voorjaar, laag in de zomer) zijn van groot



**Figuur 2**  
Schematische weergave van het voedselweb van de ecosystemen van het IJsselmeer/Markermeer. De grootte van de letters geeft het belang van de desbetreffende factor aan. De kern van het ecosysteem wordt gevormd door de traditionele voedselpiramide. Vogels en visserij zijn belangrijke factoren die biomassa aan deze piramide onttrekken. Zwevende algen (fytoplankton) vormen de belangrijkste primaire producenten. De produktiegestuurde (bottom-up) krachten bepalen samen met de consumptiegestuurde (top-down) krachten de biomassa, produktie en structuur van het voedselweb op verschillende trofische niveaus. Bottom-up krachten worden geacht vooral de produktie van het voedselweb op verschillende niveaus te bepalen. De invloed van deze krachten neemt af naarmate het trofische niveau hoger is. Top-down krachten worden geacht vooral de daadwerkelijke biomassa en de structuur van het voedselweb op verschillende trofische niveaus te bepalen. De invloed van deze krachten neemt af naarmate het trofische niveau lager is. Vogels en visserij vormen belangrijke top-down krachten. Eutrofiëring en oligotrofiëring zijn vooral bottom-up gestuurde processen.  
Diagram showing the food web of the ecosystems of the IJsselmeer/Markermeer lakes. The size of the letters indicates the importance of the particular factor. The centre of the ecosystem is comprised of the traditional food pyramid. Birds and fishing are important factors subtracting biomass from this pyramid. Floating algae (phytoplankton) are the leading primary producers. The production-driven (bottom-up) and consumption-driven (top-down) forces jointly determine the biomass, production and structure of the food web at different trophic levels. Bottom-up forces are thought to mainly determine production at different levels of the food web. The influence of these forces decreases as the trophic level increases. Top-down forces are thought to determine the factual biomass and structure of the food web at different trophic levels. The influence of these forces decreases as the trophic level decreases. Birds and fishing comprise significant top-down forces. Eutrophication and oligotrophication are predominantly bottom-up processes.





**Figuur 3**

De afname van het fosfaatgehalte in de Rijn is terug te vinden in de dalende trend van het fosfaat in het IJsselmeergebied. De afname van deze nutriënt heeft echter nog niet geleid tot de beoogde afname van de hoeveelheid plankton (chlorofyl-a). Ook het doorzicht is sinds 1972 constant gebleven in beide meren. Het gemiddelde seizoenbeeld laat zien dat een toename van de hoeveelheid fytoplankton gepaard gaat met een afname van het fosfaatgehalte. In het Markermeer is zowel het doorzicht als het chlorofyl-a gehalte lager dan in het IJsselmeer. Deze verschillen worden vooral veroorzaakt door de hoeveelheid slib in het Markermeer.

*The decreased phosphate content of the River Rhine can be traced back to the drop in phosphate levels in the IJsselmeer area. The decrease in this nutrient has not yet led, however, to the targeted decline in the quantity of plankton (chlorophyll a). The clarity of both lakes has also remained constant since 1972. The average seasonal picture reveals that an increase in the quantity of phytoplankton goes hand in hand with a decrease in phosphate. The clarity and chlorophyll a content of the Markermeer lake are lower than those of the IJsselmeer lake. These differences are mainly caused by the amount of silt in Markermeer lake.*

belang voor de ontwikkeling van moeraszones. In het IJsselmeer-Markermeer staat zowel de waterpeildynamiek als de toestand van de oevers (veelal verhard, steile taluds) de natuurlijke ont-

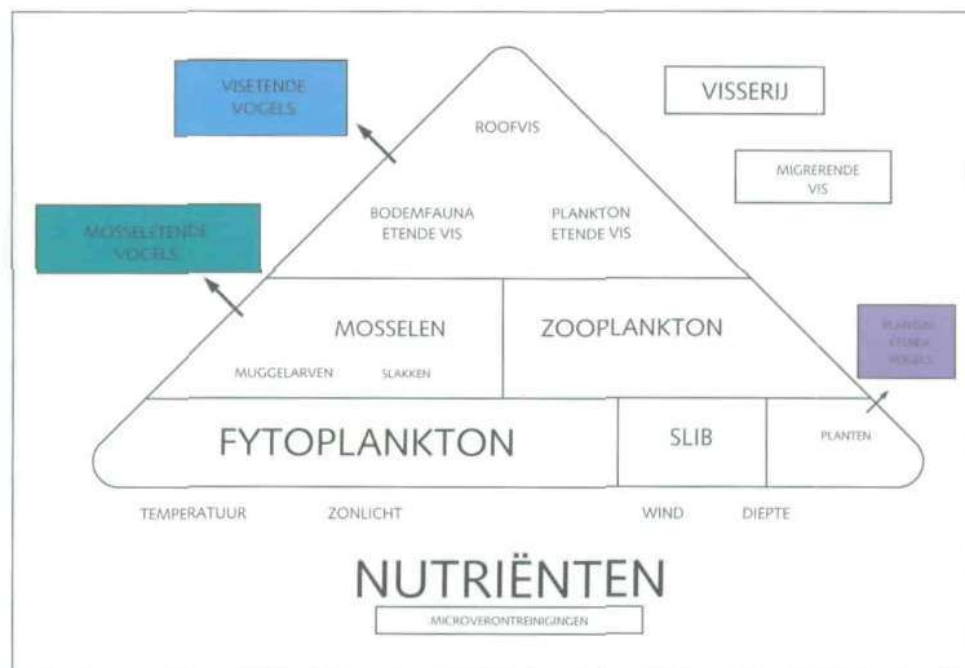
wikkeling van de oevertvegetatie in de weg (zie hoofdstuk 5).

**Verontreinigingen** worden vooral aangevoerd door de IJssel. Een groot deel van de verontrei-

ningen (onder andere zware metalen, PCB's e.d.) is gebonden aan zwevend stof en bezinkt in het Ketelmeer. Daarnaast treedt er ook ophoping in de voedselketen op (zie hoofdstuk 9).

### 3. Watervogels

Ruurd Noordhuis (RIZA), Menno-Bart Van Eerden (RWS Dir. IJsselmeergebied)  
& Marc Van Roomen (SOVON)



Vogels vormen een zeer belangrijk onderdeel van het ecosysteem IJsselmeer/Markermeer. Enerzijds levert het ecosysteem vanuit alle trofische niveaus (waterplanten, macrofauna, vissen) voedsel aan vogels (bottom-up krachten), anderzijds oefenen de vogels via consumptie van voedsel een sterke invloed uit op de structuur en het functioneren van de lagere trofische niveaus (top-down krachten).

Bezien in termen van draagkracht (bottom-up) vormt het IJsselmeer een gebied van nationale en internationale betekenis. Tijdens de internationale vogeltelling in januari worden er vaak aantallen in de orde van 250.000 watervogels geconstateerd; meer dan 15% van het totaal aanwezige aantal in Nederland. Deze vogels zijn afkomstig uit een gebied dat zich uitstrekt van Groenland tot West-Siberië. Naast de beschikbare hoeveelheid voedsel hangt dit tevens samen met de uitgestrektheid van het gebied.

Bezien in termen van consumptie (top-down) vormen de vogels een dominante factor in het functioneren van het systeem. Vooral de consumptie van Driehoeksmosselen door diverse soorten eenden en de consumptie van vis door Aalscholvers, Futen, zaagbekken en Nonnetjes hebben sterke effecten op de andere onderdelen en gebruikers van het ecosysteem.

#### Inleiding

Sinds 1967 wordt jaarlijks een internationale watervogeltelling gehouden waaraan vrijwilligers in ongeveer 60 landen deelnemen. Deze midwintertelling vindt plaats in januari, zoveel mogelijk in of rond een enkel weekend, en wordt gecoördineerd door het *International Waterfowl and Wetlands Research Bureau* (IWRB) in Engeland. Met de resulterende telgegevens en de nodige aanvullende informatie maakt het IWRB schattingen van de totale populatiegrootte van de betrokken soorten. De betekenis van afzonderlijke gebieden voor watervogels kan daarna worden bepaald door de aantallen vogels die er verblijven uit te drukken als percentage van de totale (westpalearctische) populatie. Daarnaast kunnen aantalsontwikkelingen in individuele gebieden worden vergeleken met ontwikkelingen in de totale populatieomvang.

De Nederlandse wetlands zijn voor de meeste watervogelsoorten met name als doortrek- en overwinteringsgebied van belang. Dit geldt zeker voor het IJsselmeer en Markermeer. Anders dan in de overige hoofdstukken van dit rapport wordt daarom uitgegaan van de periode 1 juli 1992 - 30 juni 1993. In het onderstaande worden

allereerst de resultaten gegeven van de jaarlijkse midwintertelling in januari. Met behulp van maandelijkse vliegtuigtellingen worden vervolgens per seizoen de belangrijkste vogelsoorten besproken en worden de specifieke functies van het gebied voor deze vogels uiteengezet. Daarna worden de resultaten van de tellingen vergeleken met die uit voorgaande seizoenen. Tenslotte worden relaties met andere parametergroepen (voedsel) en fysische parameters besproken en komt de internationale betekenis van het gebied voor watervogels aan bod.

#### Resultaten

##### Midwintertelling 1993

In tabel 1 worden de resultaten van de midwintertelling van januari 1993 samengevat. De landtellingen werden uitgevoerd op 15-18 januari, de vliegtuigtelling op 12 januari. Bij een aantal soorten vallen de tijdens vliegtuigtellingen gevonden aantallen systematisch hoger uit dan die van de landtellingen; bij deze soorten zijn in tabel 1 de vliegtuigtellingen weergegeven, bij de overige soorten de landtellingen. In het IJsselmeer werden bijna 154.000 watervogels geteld, waarvan bijna tweederde werd gevormd door

Topperenden, in het Markermeer bedroeg het totale aantal ongeveer 60.000.

##### Seizoensverloop 1992/93; maandelijkse vliegtuigtellingen

Voor een aantal soorten kan m.b.v. maandelijkse vliegtuigtellingen een beeld worden gegeven van het aantalsverloop door het jaar (figuur 1). Hieruit blijkt de beperking van een bestandsopname die slechts eens per jaar wordt uitgevoerd. Hoewel een aantal soorten inderdaad omstreeks januari maximale aantallen bereikt, zijn andere soorten vooral in andere delen van het jaar aanwezig. Niettemin zijn de aantallen vogels in mei en juni relatief laag en zijn de beide meren vooral in de periode augustus-maart voor watervogels van belang.

##### Voorjaar en zomer: broedvogels

In de broedtijd is het aantal vogels dat van het IJsselmeer en Markermeer gebruik maakt het kleinst. Buitendijks zijn alleen langs de Friese kust belangrijke broedgebieden. Op het water wordt het beeld in voorjaar en zomer beheerst



	IJsselmeer jan. 1993	IJsselmeer gem. 1980-92 Av. 1980-92	Markermeer jan. 1993	Markermeer gem. 1980-92 Av. 1980-92	YM/MM gem. ratio A.v. ratio
Fuut <i>Great crested grebe</i>	5082	1479	563	439	2.1
Aalscholver <i>Cormorant</i>	477	268	48	24	5.5
Knobbelzwaan	119	34	12	102	0.2
Smient <sup>1</sup> <i>Wigeon</i>	7740	7549	19420	20235	0.2
Krakeend <i>Gadwall</i>	410	415	104	201	1.1
Wilde Eend <i>Mallard</i>	6317	8401	1448	1790	2.4
Tafeleend <sup>1</sup> <i>Pochard</i>	1225	6437	2505	18519	0.2
Kuifeend <sup>1</sup> <i>Tufted duck</i>	23380	20127	24321	58828	0.2
Toppereend <sup>1</sup> <i>Scaup</i>	94940	93735	7602	4845	9.4
Brilduiker <i>Goldeneye</i>	1699	1282	1540	1214	0.5
Nonnetje <i>Smew</i>	183	471	338	1494	0.2
Middelste Zaagbek <sup>1</sup> <i>Red-breasted merganser</i>	6	1493 <sup>2</sup>	0	1	1093.6
Grote Zaagbek <sup>1</sup> <i>Goosander</i>	3429	6437 <sup>2</sup>	1087	956	3.3
Meerkoet <i>Coot</i>	7243	7995	961	3346	1.3
Totaal watervogels <i>Total water birds</i>	153671	157556	60088	112362	0.75 <sup>1</sup>

Tabel 1

Het totaal aantal vogels van de belangrijkste soorten in januari 1993 op en rond het IJsselmeer en Markermeer is geteld. Ter vergelijking is ook het gemiddelde aantal watervogels tijdens jaartellingen in de periode 1980-1992 aangegeven. Bij de in de laatste kolom weergegeven dichtheidsverhouding tussen IJsselmeer en Markermeer zijn de totale aantallen gedeeld door de oppervlakten van de beide meren. De extreem lage aantallen van 1982, 1985 en 1987, met ijsbedekking, zijn niet in de berekening meegenomen.

<sup>1</sup>Bij enkele soorten zijn de totalen van vliegtuigtellingen gebruikt, bij de andere soorten de landtellingen.

<sup>2</sup>In January 1993, a count was taken of the total number of the most prevalent species of birds on and around the IJsselmeer and Markermeer lakes. For the sake of comparison, the average number of water birds from the January counts taken in the 1980-1992 period are also stated. The density ratio between the IJsselmeer and Markermeer shown in the last column gives the total numbers divided by the surface area of each lake. The disproportionately low numbers for 1982, 1985 and 1987, when the lakes were covered with ice, were not included in the calculations.

<sup>3</sup>Totals from aerial counts were used for some species; for other species, on-ground counts were used.



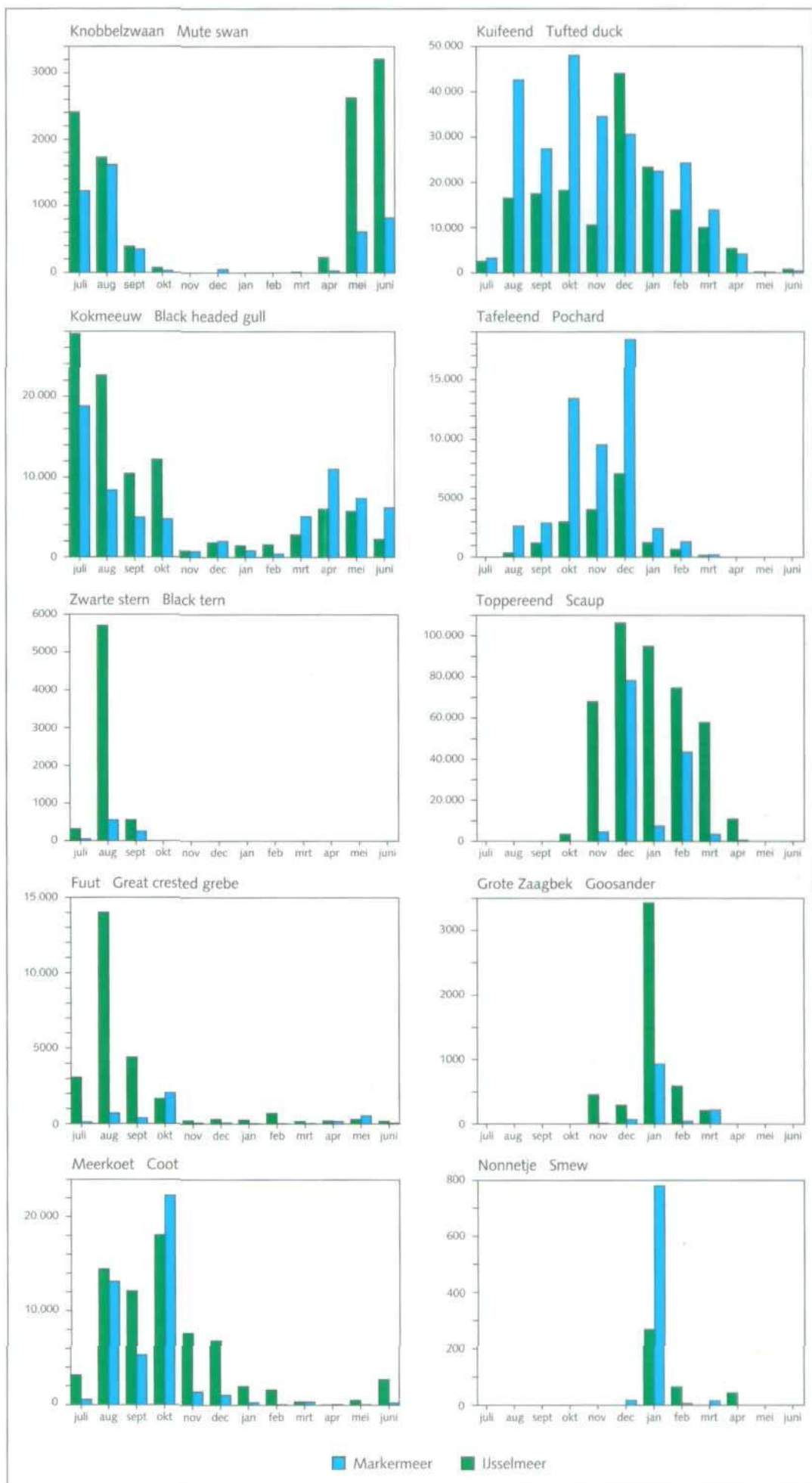
Foto 2

In Nederland is de verantwoordelijkheid voor de coördinatie van de midwintertellingen recentelijk door het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN, tegenwoordig IBN-DLO; Buesink et al. 1992) overgedragen aan de Samenwerkende Organisaties Vogelonderzoek Nederland (SOVON; van Roomen 1993). SOVON verricht hierbij in opdracht van het RIZA en het IKC-Natuurbeheer werkzaamheden in het kader van het biologische monitoringsprogramma. In het geval van het IJsselmeer en Markermeer worden tellingen die door vrijwilligers vanaf de oevers worden verricht, aangevuld met vliegtuigtellingen, uitgevoerd door de Directie IJsselmeergebied van Rijkswaterstaat. Deze aanvulling is noodzakelijk omdat van een aantal soorten vaak grote concentraties voorkomen op open water, onzichtbaar vanaf de kant. Dat geldt met name voor duikeenden, in het bijzonder voor zaagbekken. Voor veel andere soorten, bijv. Krakeend, maar ook Fuut en Meerkoet, geven de landtellingen een veel beter beeld. Terwijl de landtellingen inmiddels een indruk geven van de verschuivingen die over een lange reeks van jaren hebben plaatsgevonden, geven de vliegtuigtellingen, die maandelijks worden uitgevoerd, een beeld van de seizoensverschillen.

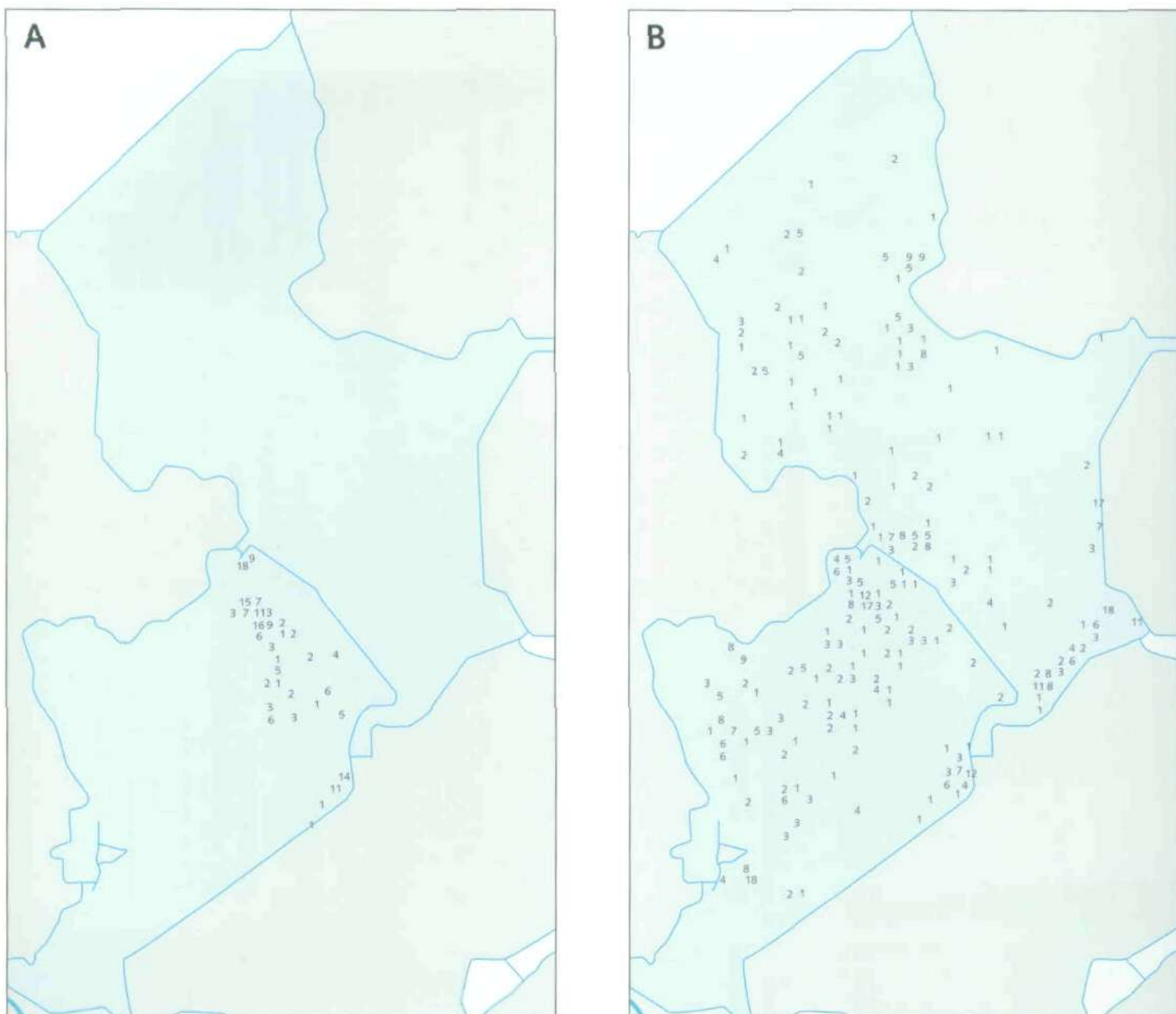
**Figuur 1**

Seizoensverloop in de aantallen van tien watervogelsoorten in het IJsselmeer en het Markermeer op basis van maandelijkse vliegtuigtellingen van Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. Bij Kokmeeuwen en Zwarte stern geven de gepresenteerde aantallen, in verband met hun gespreide voorkomen, slechts een deel van het werkelijke aanwezige aantal aan (Winter 1994).

*Seasonal abundance of ten species of water birds in the IJsselmeer and Markermeer lakes. Monthly bird counts were taken from the air by the IJsselmeer Region Department of the Department of Works and Water Management. In view of the wide dispersion of black-headed gulls and black terns, the numbers presented constitute merely a portion of the actual number (winter 1994).*







**Figuur 2**  
 De verspreiding van foeragerende Kuifeenden in de ruiperiode (A) en gedurende de rest van het jaar (B) in de periode 1979-1984 (naar van Eerden & Bij de Vaate 1984). Kuifeenden ruien aan de Markermeerzijde van de Houtribdijk waar de verstoring door recreanten relatief gering is. De hier gepresenteerde aantallen Kuifeenden zijn bijvangsten van vissers.  
 The distribution of foraging tufted ducks in the moulting season (A) and during the rest of the year (B) in the period 1979-1984 (from Van Eerden & Bij de Vaate, 1984). Tufted ducks moult on the Markermeer side of the Houtribdijk dyke, where disturbance from recreationalists is relatively slight. The presented number of Tufted ducks are entangled ducks in fishermen's nets.

door soorten als **Aalscholver**, **Kokmeeuw** en **Visdief**. De meeuwen en sterns zijn afkomstig uit verspreid liggende kolonies, de Aalscholers vooral uit de kolonies van Oostvaardersplassen, Lepelaarplassen en Naardermeer. In het voorjaar van 1993 was het aantal Aalscholers dat van de meren gebruik maakte relatief laag, wat samen ging met het grotendeels mislukken van het broedseizoen.

#### *Nazomer; ruiconcentraties*

Veel watervogelsoorten (Futen, zwanen, ganzen en eenden, Meerkoeten) stoten tijdens de rui in

de nazomer al hun slagpennen tegelijk af, waardoor het vliegvermogen voor de duur van enkele weken verloren gaat. Een aantal soorten concentreert zich in die periode in grote groepen in gebieden met voldoende voedsel en veiligheid. In het IJsselmeer en Markermeer komen in augustus en september belangrijke ruiconcentraties van o.a. Fuut, Knobbelzwaan, Kuifeend en Tafeleend voor, en mogelijk ruien ook grote aantallen Aalscholers (behouden wél hun vliegvermogen) en Meerkoeten in het gebied (van Eerden & Bij de Vaate 1984).

Vanuit de verre omtrek, waarschijnlijk ook van-

uit het buitenland, trekken **Futen** na de broedtijd naar het IJsselmeer om te ruien (SOVON 1987). Grote concentraties kunnen dan aanwezig zijn langs de afsluitdijk bij Wieringen, op het Eemmeer, bij Lelystad-Haven en voor de kust van Gaasterland (SOVON 1987). Op de laatstgenoemde locatie kunnen de aantallen oplopen tot meer dan 20.000, waarmee dit de grootste concentratie van ruiende Futen in Europa is. In totaal ruien in het IJsselmeer en Markermeer tussen de 20.000 en 28.000 Futen (van Eerden & Bij de Vaate 1984). De mate waarin verschillende locaties in het IJsselmeer door Futen in de ruitijd



gebruikt worden hangt samen met het doorzicht en de (lokale) beschikbaarheid en de lengteverdeling van Spiering (Piersma & Muller 1987).

Ongeveer tweederde van de niet-broedende **Knobbelzwanen** in Nederland, ca. 3000-5000 vogels, ruit jaarlijks in het IJsselmeer en Markermeer (andere concentraties zijn te vinden in het Deltagebied, broedvogels ruien in hun territorium). De zwanen concentreren zich met name langs de dijken, waar ze leven van wieren (*Cladophora sp.*, *Bangia sp.*) die op de stenen groeien. Voor **Kuifeenden** vormen het IJsselmeer en het Markermeer het drukst bezette rui gebied in West-Europa (van der Wal & Zomerdijk, 1979). Gemiddeld 25.000-35.000 vogels ruien hier, met een maximum van ruim 60.000 (van Eerden & bij de Vaate 1984, SOVON 1987, Zomerdijk 1992). Ze concentreren zich sterk aan de Markermeerzijde van de Houtribdijk, waar de verstoring door waterrecreanten relatief gering is (figuur 2). Bovendien kost het duiken hier door het ondiepe water relatief weinig energie. In de loop van juli worden de ruiplaatsen bezet. In 1992 maakten hier ruim 40.000 Kuifeenden de rui door, terwijl maximaal 7000 vogels werden geteld op een meer recent ontstane ruiplaats ten zuiden van de Afsluitdijk (Zomerdijk 1992).

Voor **Tafeleenden** waren de twee meren in het recente verleden eveneens het grootste West-Europese rui gebied; het aantal ruiers bedroeg jaarlijks enkele tienduizenden en kon oplopen tot 50.000 (van der Wal & Zomerdijk 1979, SOVON 1987). De aantallen op de ruiplaats in het Markermeer zijn echter in de loop van de jaren tachtig gedaald, en in 1992 werden er niet meer dan 5000 ruiers geteld (Zomerdijk in prep.). De oorzaak van deze trend is onbekend; een beperkte afname lijkt ook uit de landelijke januaritellingen naar voren te komen (Buesink *et al.* 1992). Tafeleenden gebruiken dezelfde ruiplaatsen als de Kuifeenden, zij het dat een deel van de Tafeleenden zich vaak aan de IJsselmeerzijde van de Houtribdijk en langs de Oostvaardersdijk op houdt.

**Meerkoeten** zijn vooral aanwezig van april tot en met oktober. Ze foerageren dan met name op waterplanten. In de Gouwzee kunnen de aantallen oplopen tot meer dan 15.000 (Ruiters 1994).

Het verloop van de aantallen vertoonde in 1992/93 twee pieken; één in augustus en één in oktober (zie figuur 1). De eerste piek heeft mogelijk betrekking op ruiende vogels van meer lokale oorsprong, de tweede op uit Noord- en Oost-Europa afkomstige vogels.

#### Najaarstrek

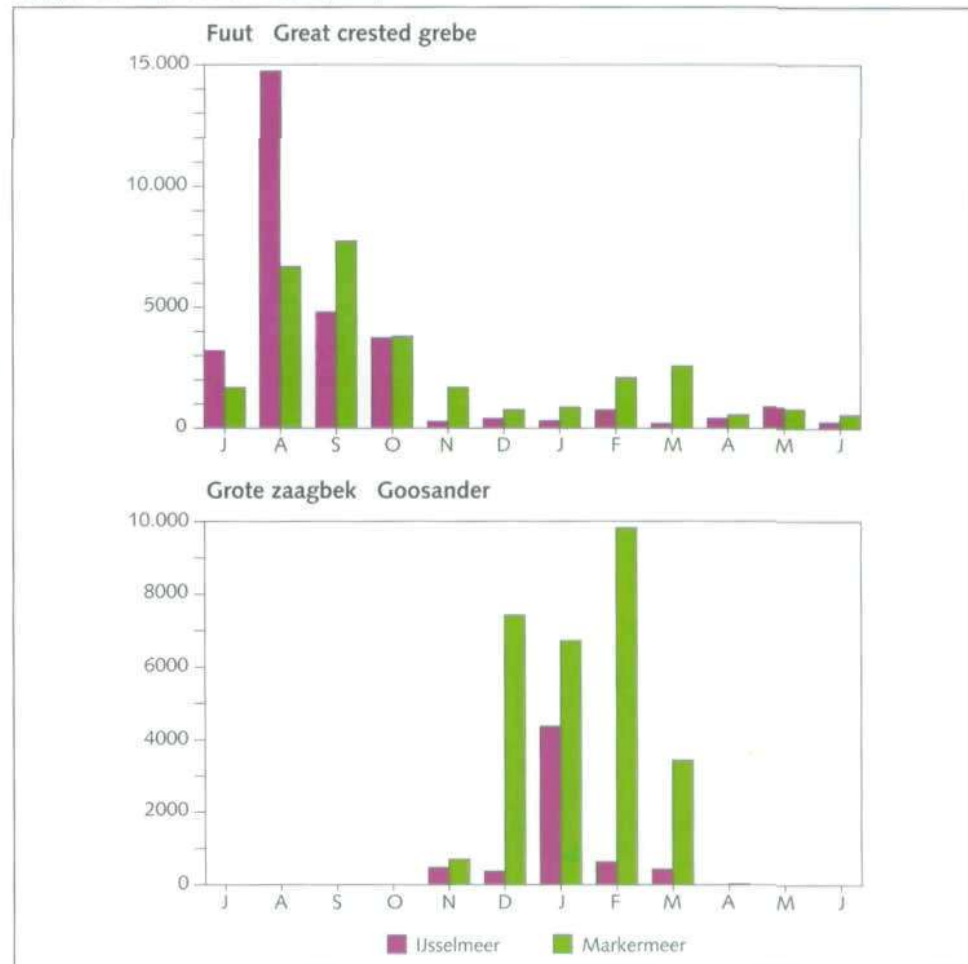
Het IJsselmeer en Markermeer liggen op een knooppunt van trekroutes van vogels afkomstig uit broedgebieden van Groenland tot Siberië. Onder meer grote aantallen Noord- en Oost-Europese Meerkoeten en Aalscholvers doen tijdens de trek het IJsselmeergebied aan, maar het meest in het oog springend is hier de najaarstrek van de sterns. **Zwarte Sterns** uit Oost-Europa en Rus-

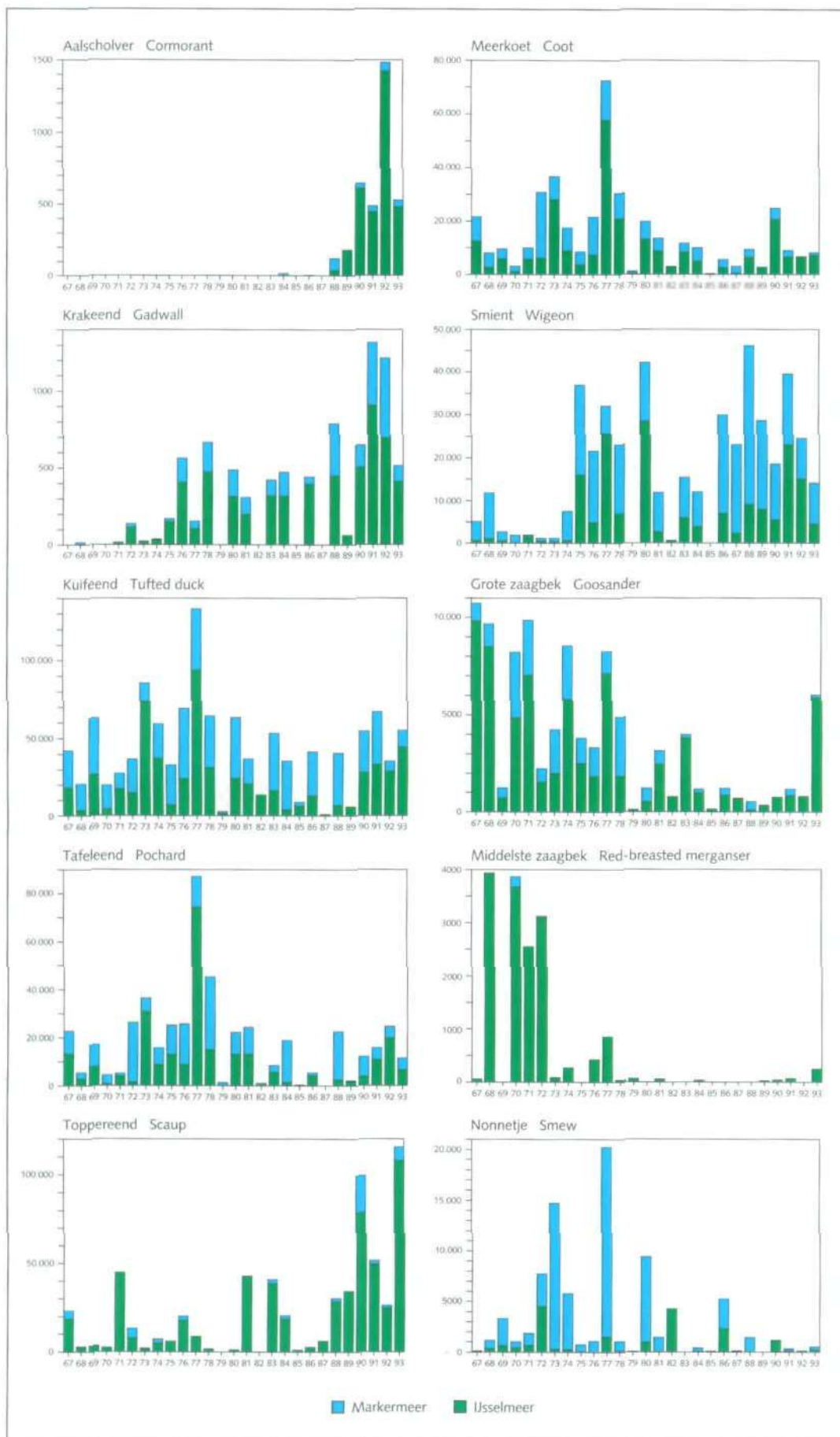
land trekken in de nazomer via ons land naar West-Afrika. In augustus concentreren zich tot meer dan 100.000 van deze sterns in het IJsselmeer en Markermeer, wat indrukwekkende spektakels oplevert op slaappleatsen zoals in de Oostvaardersplassen (slaaptrektellingen, Winter 1994). Dit gebeurt niet in het voorjaar; de terugtrek verloopt grotendeels via Zuidoost-Europa (SOVON 1987). In de nazomer is ook het aantal **Visdieven** het hoogst, in dit geval als gevolg van een combinatie van influx van trekvogels en dispersie van uitgevlogen jongen en broedvogels uit de Nederlandse kolonies.

Een bijzondere rol spelen het IJsselmeer en Markermeer voor **Dwergmeeuwen** uit de broedgebieden rond de Oostzee en in Noordwest-

**Figuur 3**

Het aantalsverloop van Fuut en Grote zaagbek tijdens vliegtuigtellingen van IJsselmeer en Markermeer in 1992/1993, vergeleken met de gemiddelde aantallen per maand in de periode 1981-1990 laat zien dat de aantallen in het seizoen 1992/1993 relatief laag waren (winter 1994). Wellicht werd dit veroorzaakt door het slechte aanbod van het belangrijkste voedsel: de Spiering. *The numbers of great crested grebes and goosanders seen during aerial counts over IJsselmeer and Markermeer lakes in 1992/93, compared with the average numbers per month in the period 1981-1990 show that the numbers in the 1992/93 season were relatively low (winter 1994). This is probably caused by the poor supply of their major source of food: sparring.*





**Figuur 4**

Totals van de landtellingen van het IJsselmeer (groen) en het Markermeer (blauw), januari-tellingen uit de periode 1967-1993 (SOVON, niet-gecorrigeerde gegevens). Het IJsselmeer en Markermeer zijn zeer belangrijke gebieden voor overwinterende watervogels. Voor een groot aantal soorten watervogels wordt de internationale 1%-norm in de winter overschreden. De lange gegevensreeks van een aantal overwinterende watervogels maakt enkele trends duidelijk zichtbaar. Ook zijn de koude winters (bv. 1979, 1982, 1985 en 1986) duidelijk in de getelde aantallen terug te vinden.

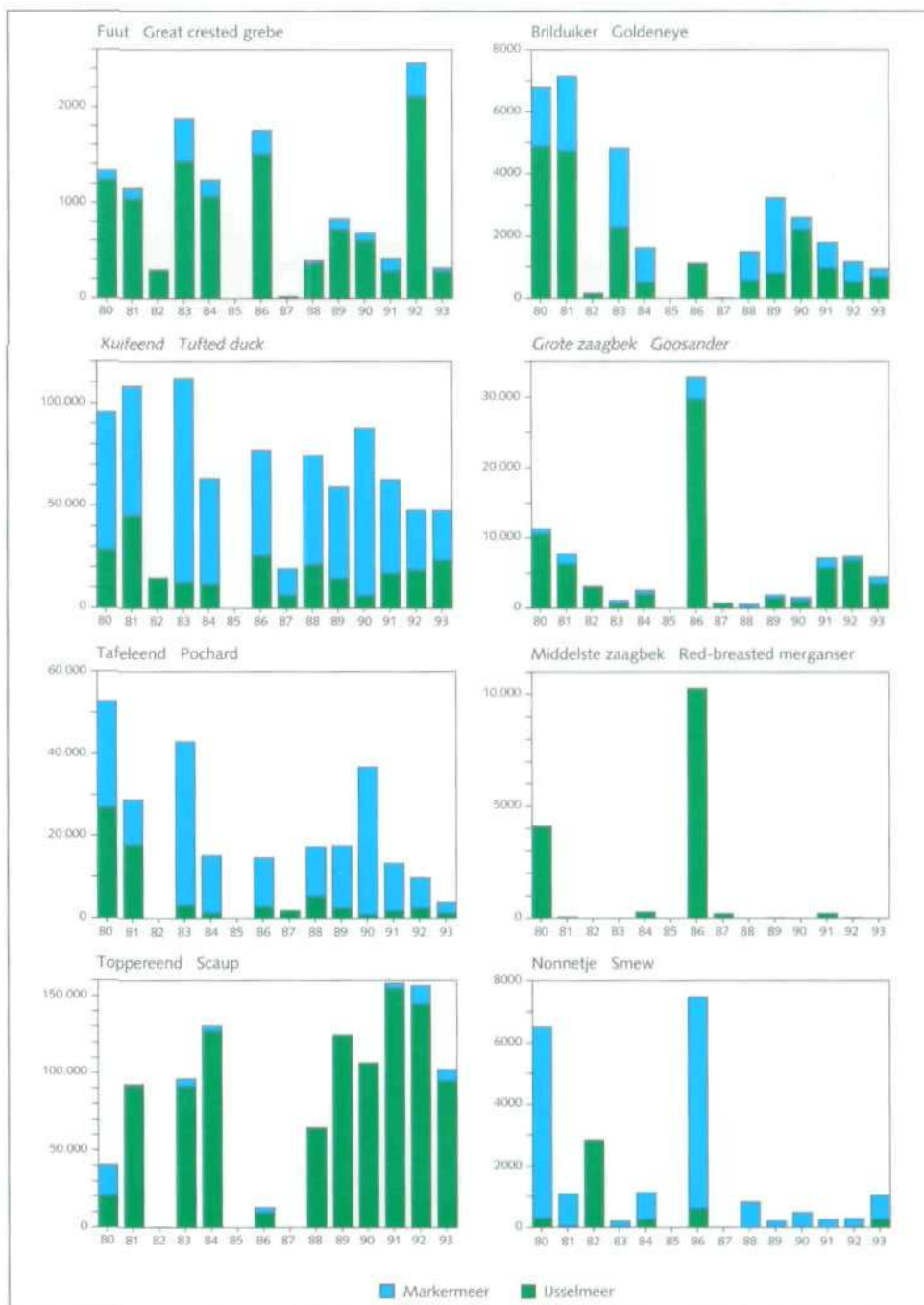
*Totals of the on-ground counts of the IJsselmeer (green) and Markermeer (blue) lakes, January counts from the period 1967-1993 (SOVON, figures not corrected). The IJsselmeer and Markermeer lakes are crucial areas for wintering water birds. The international 1% standard is exceeded for a great number of species of wintering water birds. The long series of figures pertaining to several wintering water birds reveals a few trends. The cold winters (e.g. 1979, 1982, 1985 and 1986) are easy to identify from the counted numbers.*



Rusland. Onderweg van en naar de overwinteringsgebieden rond de Middellandse Zee doen duizenden vogels het IJsselmeer en Markermeer aan. Vooral in september en oktober zijn ze sterk geconcentreerd in dit gebied, waarbij ze zich grotendeels midden op de meren bevinden. Vele honderden Dwergmeeuwen overwinteren jaarlijks midden op het IJsselmeer, grotendeels onzichtbaar vanaf de oevers (SOVON 1987, Winter 1994).

#### Winter; eenden

Tijdens de wintermaanden zijn het de eenden die in het IJsselmeer en Markermeer het beeld bepalen. In het seizoen 1992/93 arriveerden in augustus als eersten de **Kuifeenden**, die aanvankelijk in ruigroepen waren geconcentreerd. Ook na de rui bleven lange tijd grote aantallen aanwezig, pas in april daalde het aantal onder de 10.000. In oktober verschenen de **Tafeleenden** en de **Smienten** en in november de **Toppereenden**. De **Grote** en **Middelste Zaagbekken**, de **Nonnetjes** en de **Brilduikers** arriveerden pas in december of na de koude-inval in januari. Het moment van vertrek in het voorjaar hangt onder meer af van de ligging van de broedgebieden; noordelijk gelegen gebieden komen relatief laat beschikbaar, en soorten als Kuifeend, Brilduiker en vooral Toppereend vertrekken daarom relatief laat, grotendeels nadat balts en paarvorming in het IJsselmeergebied hebben plaatsgevonden. Tafel-eenden baltsen in de relatief zuidelijk gelegen broedgebieden en vertrekken eerder uit de overwinteringsgebieden (van Eerden & bij de Vaate 1984). In het seizoen 1992/93 is het vertrek uit het IJsselmeer en Markermeer nog eens vroeger door de vorstperiode van begin januari (figuur 1). Opvallender is het afwijkende aantalverloop van de viseters. De zaagbekken waren vroeger weg dan anders; Grote Zaagbek en Nonnetje bereikten alleen in januari aantallen van betekenis (normaal aanwezig van december tot maart) en het totaal aantal vogeldagen (jaarsom van alle dagtotalen) bedroeg bij beide soorten weinig meer dan 20% van de gemiddelde waarde over de periode 1981-90 (Winter 1994). Middelste Zaagbekken waren nagenoeg afwezig. Het aantal vogeldagen van de Fuut was niet verlaagd, maar bijna de helft hiervan (48%) was gecon-



Figuur 5

Vanaf 1980 zijn de watervogels in het IJsselmeergebied ook vanuit het vliegtuig geteld. Deze wijze van tellen geeft voor enkele soorten (Toppereend, Grote zaagbek) een beter beeld dan de landtellingen, omdat deze soorten lastig vanaf het land te tellen zijn. *Starting in 1980, counts of water birds in the IJsselmeer region were taken from the air as well. This counting method yields more accurate numbers for certain species (scaup, goosander) than land counts, because these species are difficult to count on the ground.*

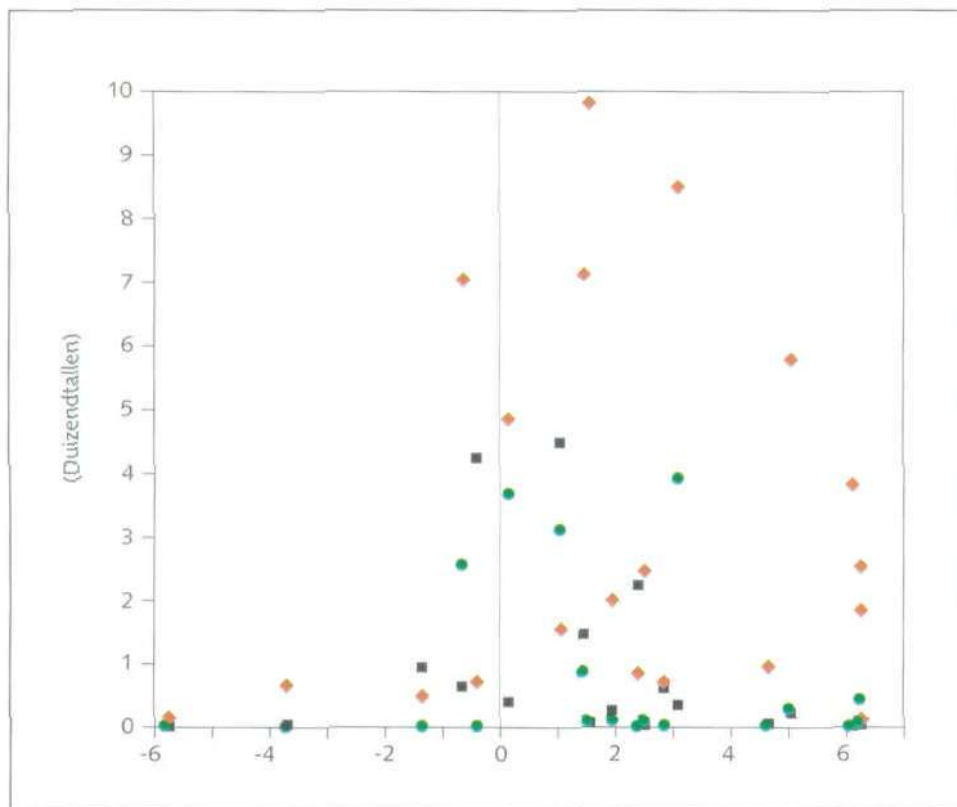
treerd in augustus (gem. 1981-90 23%), terwijl de gebruikelijke voorjaarspiek (feb/mrt; Winter 1994) nagenoeg uitbleef (figuur 3).

## Ontwikkelingen

### Historische gegevens

#### Trends 1967-93

Vanaf 1967 zijn in de maand januari in heel Nederland watervogeltellingen gehouden. Onder



**Figuur 6**

Aantallen Grote zaagbekken (ruitjes), Middelste zaagbekken (Vierkantjes) en Nonnetjes (rondjes) op basis van landtellingen in januari van de jaren 1967-93, gerelateerd aan de gemiddelde dagtemperatuur in de eerste helft van januari (SOVON). Bij temperaturen onder de 0°C nemen de aantallen sterk af.

Numbers of goosanders (diamonds), red-breasted mergansers (squares) and smews (circles) counted on the ground in January of the years 1967-93, correlated with the average day-time temperature in the first half of January (SOVON). Numbers drop radically when temperatures dip below freezing.

"watervogels" wordt in dit geval verstaan: futen, Aalscholver, zwanen, eenden, Waterhoen en Meerkoet. Figuur 4 geeft voor een aantal soorten de resultaten weer van de landtellingen rond het IJsselmeer en Markermeer. Eventuele trends in de aantallen zijn bijzonder moeilijk te interpreteren als gevolg van de invloed van weersomstandigheden en omdat niet elk jaar dezelfde deelgebieden worden geteld. Enkele reële trends zijn de toenemende aantallen overwinterende Aalscholvers en Krakeenden, beide in overeenstemming met ontwikkelingen van landelijk en internationaal niveau (Buesink et al. 1992) en de recente toename van het aantal Toppereenden in het IJsselmeer. De schijnbare afname van het aantal zaagbekken is op landelijk niveau niet terug te vinden. De periode na 1978 kent een relatief groot aantal jaren met ijs en beperkte teldekking, terwijl ook veranderingen in de spreiding van de vogels een rol kunnen hebben gespeeld.

#### Algemeen beeld 1980-92

Sinds 1980 worden naast de landtellingen rond het IJsselmeer en Markermeer ook vliegtuigtellingen uitgevoerd (Winter 1994). De lucht-

tellingen van Smient, Tafelend, Kuifeend, Toppereend en Grote en Middelste Zaagbekken komen gemiddeld beduidend hoger uit dan de landtellingen. Door bij deze soorten gebruik te maken van de luchtellingen ontstaat een totaalbeeld dat in veel mindere mate door de teldekking is bepaald. Niettemin ontstaat ook m.b.v. vliegtuigtellingen een beeld waarin (schijnbare) trends voorkomen die moeilijk zijn te interpreteren. Grote schommelingen in de aantallen geven de invloed aan die door factoren buiten het gebied wordt uitgeoefend (figuur 5).

In de periode 1980-92 werden, afgezien van winters met ijsbedekking (1982, '85 en '87), tijdens de midwintertelling in het IJsselmeer en Markermeer gemiddeld per jaar ca. 270.000 watervogels geteld (max. ca. 300.000 in 1983), waarvan 160.000 in het IJsselmeer en 110.000 in het Markermeer (tabel 1). Samen is dit ongeveer een kwart van het totale aantal in de zoete rijkswateren en 14-20% van het landelijk totaal in januari. Voor een aantal watervogelsoorten zijn IJsselmeer en Markermeer echter van relatief nog groter belang.

Landelijk gezien bereiken in januari respectievelijk de Smient, de Wilde Eend en de Meerkoet vaak de hoogste aantallen (ordegrootte resp. 500.000, 350.000 en 200.000). In het IJsselmeer en Markermeer zijn deze soorten minder belangrijk; de Toppereend is hier met ordegrootte 100.000 exemplaren de lijstaanvoerder, gevolgd door Kuifeend (65.000), Smient (30.000) en Tafelend (25.000). Van alle in Nederland overwinterende Toppereenden is de laatste jaren ongeveer 90% in het IJsselmeer te vinden. Bij de Kuifeend is dat ruim 40%, bij Tafelend, Nonnetje, Grote Zaagbek en Brilduiker ca. 30-35% (gemiddeld over 1980-1993, exclusief jaren met ijsbedekking). Gerekend over de zoete rijkswateren is de positie van het IJsselmeer en Markermeer nog uitzonderlijker; zo bedroeg het percentage Grote Zaagbekken voor de meren op deze manier berekend 77% en dat van de Fuut 55% (figuur 7; van Roomen & van Winden 1993).

#### Weersinvloed

Slecht weer in de telperiode is natuurlijk van invloed op de telresultaten, bijvoorbeeld d.m.v. verminderd zicht of een verlaging van het aantal getelde gebieden. Bij het interpreteren van trends moet hiermee rekening worden gehouden. Veel drastischer, juist in het IJsselmeer en Markermeer, is de invloed van strenge vorst en de daarmee gepaard gaande ijsbedekking. Onder dergelijke omstandigheden wijken de meeste vogels uit naar de grote rivieren en het deltagebied, of ze vliegen nog verder zuidwaarts. In de koude januari-maanden van 1982, '85 en '87 werden niet meer dan 30.000 watervogels in het IJsselmeer en Markermeer geteld (in 1985 zelfs nog geen 2000), ofwel minder dan 3% van het totaal aantal dat in heel Nederland werd geteld.

Terwijl het landelijk totaal van de meeste eendesoorten, en ook dat van Fuut en Aalscholver, tijdens strenge winters gemiddeld lager is dan in zachte winters liggen de aantallen Zaagbekken en Meerkoeten in strenge winters duidelijk hoger. Dit is een gevolg van instroming van dieren uit noordelijker en oostelijker gelegen gebieden, bijvoorbeeld bij dichtvriezen van de Oostzee (Beintema et al. 1993). Dit effect is met name bij Zaagbekken, zolang er nog open water is, in



het IJsselmeer en Markermeer ook zichtbaar (figuur 6).

In 1993 vonden de januaritellingen plaats kort na een periode met lage temperaturen: na 25 december 1992 daalde de temperatuur beneden het vriespunt en vervolgens werd een groot deel van het zoete oppervlaktewater bedekt met een laag ijs. Deze vorstperiode, met temperaturen tussen -5 en -10°C, duurde tot 5 januari 1993. Hoewel ten tijde van de tellingen het weer aanmerkelijk

zachter was, waren aantallen en verspreiding van de watervogels in het IJsselmeer en Markermeer nog duidelijk door de vorstperiode beïnvloed.

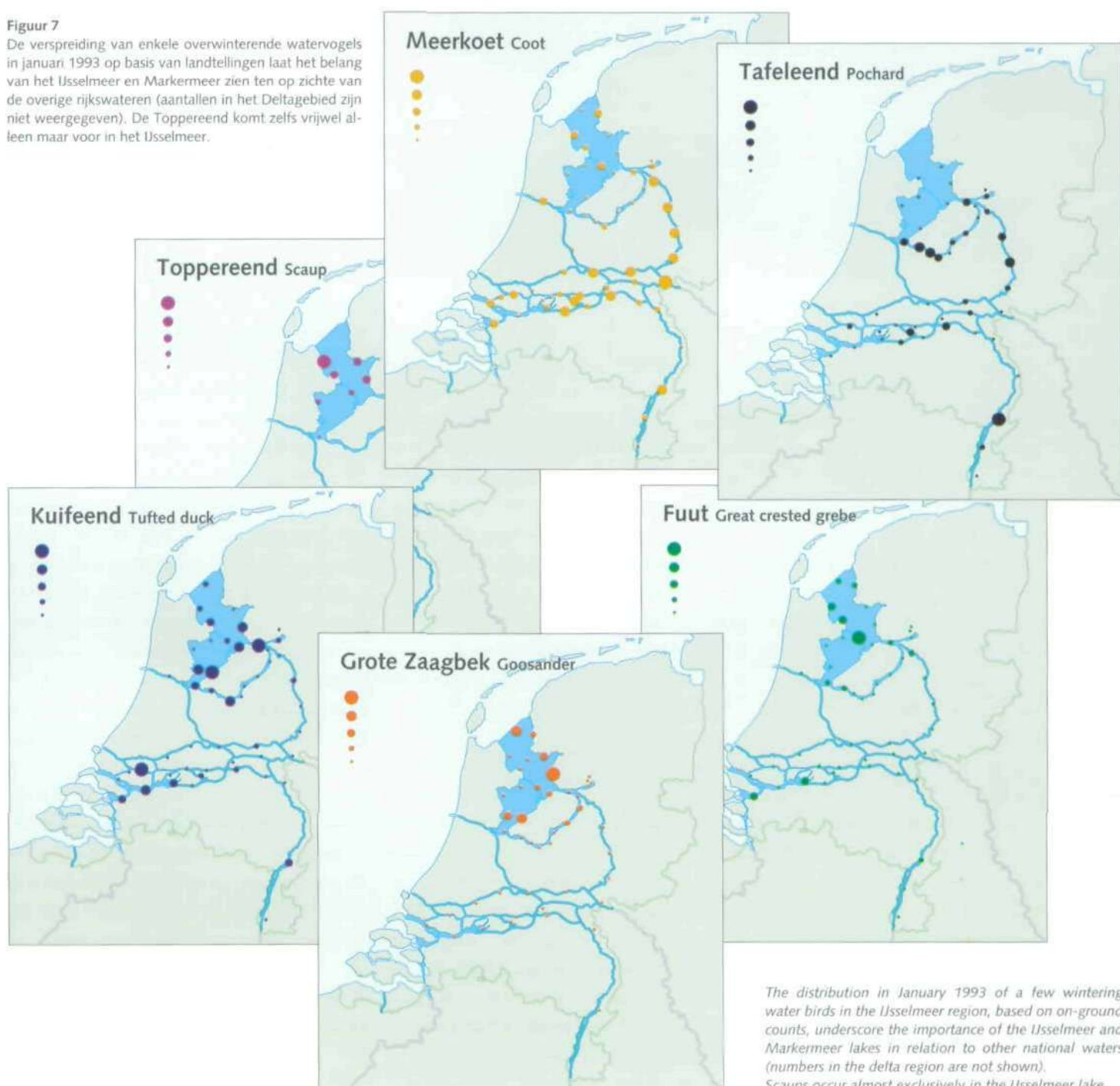
Het aantal watervogels op het IJsselmeer in januari 1993 week nauwelijks af van het gemiddelde aantal in de voorgaande jaren. In het Markermeer werden echter niet veel meer dan 60.000 watervogels geteld, beduidend minder dan in de voorgaande jaren. Dit verschil komt vrijwel geheel voor rekening van Tafeleend en Kuifeend,

hoewel ook de Meerkoet en het Nonnetje relatief schaars waren.

Het meest opvallend is het grotendeels ontbreken van Tafeleenden; slechts 15% van het gemiddelde van de voorgaande jaren was aanwezig. Het landelijk totaal lag echter in de zelfde orde van grootte als in andere jaren. Terwijl normaal gesproken de hoogste aantallen in het IJsselmeer en Markermeer worden bereikt, zaten nu de meeste Tafeleenden in de randmeren, langs de

**Figuur 7**

De verspreiding van enkele overwinterende watervogels in januari 1993 op basis van landtellingen laat het belang van het IJsselmeer en Markermeer zien ten opzichte van de overige rijkswateren (aantallen in het Deltagebied zijn niet weergegeven). De Toppereend komt zelfs vrijwel alleen maar voor in het IJsselmeer.



*The distribution in January 1993 of a few wintering water birds in the IJsselmeer region, based on on-ground counts, underscore the importance of the IJsselmeer and Markermeer lakes in relation to other national waters (numbers in the delta region are not shown). Scaups occur almost exclusively in the IJsselmeer lake.*





Foto 3

De enorme aantallen duikenden in het winterhalfjaar consumeren grote hoeveelheden driehoeksmosselen. Deze predatie van duikenden werkt als een 'top-down' kracht in het ecosysteem; de populatieopbouw en verspreiding van driehoeksmosselen wordt sterk beïnvloed door de duikenden. Andersom beïnvloedt de omvang en verspreiding van de populatie driehoeksmosselen de draagkracht van het IJsselmeer en Markermeer voor duikenden.

IJssel en in het Maasplassengebied. Ook bij de Meerkoet is er t.o.v. andere jaren een verschuiving van het IJsselmeer en Markermeer naar de Grote Rivieren. Andere soorten, zoals Kuifeend en Toppereend, toonden zich minder gevoelig voor de koudeperiode (figuur 7).

#### **IJsselmeer versus Markermeer; relaties met andere parameters**

Binnen het gebied zijn er bij sommige soorten duidelijke dichtheidsverschillen tussen het IJsselmeer en het Markermeer. Typische IJsselmeersoorten zijn Fuut, Middelste Zaagbek, Toppereend en Zwarte Stern. Ook de dichtheden van Aalscholvers en Grote Zaagbekken zijn in het IJsselmeer vaak enkele malen hoger dan die in het Markermeer. Daarentegen bereiken Tafeleend, Kuifeend, Nonnetje en in mindere mate ook de Brilduiker in het Markermeer vaak veel hogere dichtheden (tabel 1). Ook de totale wervogeldichtheid (aantal per eenheid van meeroppervlak) lijkt in het Markermeer over het algemeen hoger te zijn dan in het IJsselmeer. Aan deze verschillen liggen uiteenlopende factoren ten grondslag. Het aantal vogels dat van het gebied gebruik kan maken en hun verspreiding over het gebied hangt samen met factoren als

voedselaanbod, weersomstandigheden, doorzicht en waterdiepte, die vaak onderling verband houden. Ook weersomstandigheden en voedselaanbod in noordelijker gelegen gebieden kunnen de aantallen watervogels in de meren sterk beïnvloeden. De invloed van weersomstandigheden is bij de interpretatie van de januaritellingen al aan de orde geweest. Als achtergrond voor de verschillen tussen Markermeer en IJsselmeer zijn vooral de andere drie randvoorwaarden van belang; in het Markermeer zijn de waterdiepte, het doorzicht en de biomassa van vis geringer dan in het IJsselmeer. Hieronder worden deze factoren afzonderlijk belicht.

#### **Voedsel**

De belangrijkste voedselbronnen in het IJsselmeer en Markermeer zijn vis en Driehoeksmosselen, en meer lokaal ook waterplanten. Van de eerstgenoemde voedselbron profiteren vooral futen, Aalscholvers, zaagbekken, sterns en meeuwen, van de mosselen Tafeleenden, Kuifeenden, Toppereenden en Meerkoeten. Waterplanten zijn in het najaar van belang voor Meerkoeten en Knobbelswanen, en in mindere mate ook voor Tafeleenden en Kuifeenden.

Voor alle genoemde viseters behalve de Aal-

scholver, die in het IJsselmeergebied vooral baarsachtigen eet (Dirksen *et al.* in press), is **Spiering** verreweg de belangrijkste voedselsoort (Platteeuw 1985, Piersma & Muller 1987, Piersma 1988, Doornbos 1980, van Eerden *et al.* 1991). Zowel de totale visbiomassa als de biomassa van Spiering is in het IJsselmeer gemiddeld twee keer zo hoog als in het Markermeer (zie hoofdstuk 4). Dat Futen, Aalscholvers en Grote en Middelste Zaagbekken in het IJsselmeer veel hogere dichtheden bereiken dan in het Markermeer zal hiermee in verband staan. In 1992 bedroeg, terwijl de situatie in het Markermeer min of meer normaal was, de biomassa van Spiering in het IJsselmeer slechts 20% van het langjarig gemiddelde door de zwakke jaarklasse van 1992 (door een goede stand van alle baarsachtigen was de totale biomassa echter relatief hoog, zie hfdst. 4). Dit percentage ligt verassend dicht bij die van het eveneens sterk verlaagde aantal vogeldagen van de zaagbekken in de winter van 1992/93 (hoewel bij de Nonnetjes, gezien hun voorkeur voor het Markermeer, meer factoren in het spel moeten zijn). Ook het verlaagde aantal Futen na augustus en het uitblijven van de voorjaarspiek heeft wellicht te maken met de slechte stand van de Spiering.



Bij de niet-broedvogels kan uit de dagelijkse voedselbehoefte (afhankelijk van de soort ca. 100-350 gram; o.a. Doornbos 1980, Platteeuw 1985, Voslamber 1988) en het berekende aantal vogeldagen de totale hoeveelheid vis die in een seizoen wordt geconsumeerd, worden geschat. Door Futen en Zaagbekken wordt in het IJsselmeer en Markermeer samen naar schatting per jaar gemiddeld 2.3 kg/ha geconsumeerd en door meeuwen en sterns een onbekende hoeveelheid die waarschijnlijk in dezelfde grootte-orde ligt (ca. 0.5-1.0 kg/ha voor de Zwarte Stern; Winter 1994). Bij Aalscholvers is het maken van zo'n schatting moeilijker, omdat tijdens de tellingen een groot deel van de vogels in de kolonies verblijft. Door Winter (1994) wordt de totale consumptie door Aalscholvers voor de laatste jaren geschat op ca. 15 kg/ha. In 1992/93 werd echter door de lagere aantallen Zaagbekken en Aalscholvers resp. ongeveer 1 en 2.5 kg/ha minder geconsumeerd.

Banken van **Driehoeksmosselen** komen verspreid voor in zowel het IJsselmeer als het Markermeer (zie hfdst. 6). In het winterseizoen bestaat het menu van de Kuifeenden, Tafeleenden en Toppereenden in het gebied vrijwel uitsluitend uit Driehoeksmosselen. Brilduiker en Meerkoet zijn minder eenzijdig, maar ook bij deze soorten vormen de mosselen in het IJsselmeergebied 's winters een zeer groot aandeel van het opgenomen voedsel. De toegenomen aantallen van de Toppereend in het IJsselmeer zijn geen afspiegeling van een algehele toename van de populatie, maar zijn waarschijnlijk het gevolg van een verschuiving van het Waddengebied naar het IJsselmeer als gevolg van het verslechterde aanbod van zoutwatermosselen in de Waddenzee. De opvallende afname van het aantal Tafeleenden en Kuifeenden in het Markermeer in 1992/93 is waarschijnlijk een direct gevolg van de lage stand aan Driehoeksmosselen in dat jaar (zie hoofdstuk 6).

De verspreiding van duikeenden over Europa, en mogelijk tenslotte ook de grootte van de populaties, is in het verleden sterk beïnvloed door de opmars van de Driehoeksmossel vanuit Zuid-oost-Europa. Zo werd de komst van de mosselen in het Meer van Genève en het Bodenmeer (jaren

zestig) gevolgd door sterke toename van de aantallen duikeenden en Meerkoeten (Géroutet 1966, Leuzinger & Schuster 1970).

De dagelijkse consumptie van de mosseleeters hangt o.a. af van de watertemperatuur en het gewicht van de vogel, en bedraagt in de winterperiode ongeveer 1500-2250 gram per individu (natgewicht met schelp; de Leeuw & Noordhuis 1991). De totale consumptie in het IJsselmeer en Markermeer in het seizoen van 1992/93 moet in de orde van 500 ton hebben gelegen, ofwel orde-grootte 300 kg/ha (in droog vleesgewicht resp. 20 ton en ruim 10 kg/ha). De ruiperiode is hierbij niet meegerekend. De Kuif- en Tafeleenden kennen in die periode een minder eenzijdig menu; Kuifeenden leven dan van kleine Driehoeksmosselen, slakken en ostracoden, Tafeleenden waarschijnlijk vooral van muggelarven, wormen en slakken (van Eerden & bij de Vaate 1984). In september en oktober wordt ook wel plantaardig voedsel genomen, maar daarna wordt geheel overgeschakeld op Driehoeksmosselen.

Bij de **waterplanten** zijn vooral de fonteinkruidenten en de kranswieren van belang. Na de ruitijd is er sprake van grote concentraties watervogels boven fonteinkruident- en kranswievelden zoals die in de Gouwee. Knobbelzwanen, Meerkoeten en duikeenden foerageren hier in de periode augustus-oktober grotendeels op Doorgroeid fonteinkruident *Potamogeton perfoliatus* en Sterkranswier *Nitellopsis obtusa*. Terwijl in ondiep gelegen waterplantvelden ook niet-duikende eendesoorten op de planten foerageren gaat het in de Gouwee i.v.m. de waterdiepte ter plaatse (ca. 1.5m), vooral om duikende soorten; naast Meerkoeten vooral Kuifeenden en Tafeleenden (Ruiters 1994). Daarnaast foerageerden in de genoemde periode opvallend veel **Krooneenden** (max. 117) in het kranswieveld van de Gouwee (Zomerdijk 1993). De meest talrijke "echte" planteneter van het IJsselmeer en Markermeer, de Smient, vormt o.a. concentraties in het IJmeer voor de kust van Waterland en het Hoornse Hop, maar hierbij gaat het vooral om rustende groepen die 's nachts foerageren op geïnundeerde graslanden.

### Diepte

De verspreiding van duikende watervogels is mede afhankelijk van de diepte en het doorzicht van het water. Bij benthivore soorten is vooral de diepte van belang. Tafeleenden duiken in het algemeen relatief ondiep (1-3(5)m; de Leeuw & Noordhuis 1991), zodat de Driehoeksmosselen in het Markermeer (diepte 3-4 m) beter bereikbaar zijn dan die in het IJsselmeer (3-6 m). Dit verklaart hun voorkeur voor het Markermeer t.o.v. het IJsselmeer. De relatief zware Toppereend duikt dieper en is, ondanks dat in de literatuur geen eenduidige aanwijzingen zijn te vinden voor een verschil in duikdiepte (beide 2-6 m), mogelijk ook t.o.v. de Kuifeend beter toegerust om de dieper gelegen mosselbanken van het IJsselmeer te exploiteren.

### Doorzicht

Hoewel de voorkeur van het Nonnetje voor het Markermeer ook met de waterdiepte te maken zou kunnen hebben, is voor viseters vooral het doorzicht van belang. In tegenstelling tot de meeste benthoseters jagen viseters hoofdzakelijk overdag en met gebruik van het gezichtsvermogen. Een zeer gering doorzicht kan de vindbaarheid van vis voor viseters beperken. Zo geven van Eerden et al. (1991) een ondergrens van 40 cm doorzicht voor bezetting van de ruiplaatzen van Futen. Voslamber (1988) vond 40-50 cm als ondergrens voor Aalscholvers. Het doorzicht in de meren wordt beïnvloed door de wind; bij windsnelheden van meer dan 8 m/s (windkracht 5 en hoger) daalt in het slibbige Markermeer het doorzicht onder de 40 cm en wijken de Aalscholvers uit naar het IJsselmeer. Door de zandige bodem is hier het doorzicht over het algemeen beter. Naast de hogere visbiomassa is het grotere doorzicht wellicht een belangrijke oorzaak van de hogere vogeldichtheid in het IJsselmeer.

Het in de loop van het eutrofiëringsproces verslechterde doorzicht werd met name door Aalscholvers opgevangen door groepsgewijs te gaan vissen, waarbij met honderden tot duizenden vogels scholen vis worden achtervolgd, uitgeput en tegen het licht gejaagd (Voslamber 1988). Het succes van deze methode is, naast de wettelijke bescherming van de soort vanaf 1965, verbonden aan de toename van de populatiegrootte van



	1%-norm	Gem. Januari 1980-93 <sup>1</sup> Av. January 1980-93 <sup>1</sup>		Seizoen 1992/93 <sup>2</sup> Season 1992/93 <sup>2</sup>	
		IJsselmeer	Markermeer	IJss+Mark	maand
Fuut <i>Great crested grebe</i>	1000	1.8	0.5	14.7	aug
Aalscholver <i>Cormorant</i>	1000	0.3	0.0	14.7	aug
Knobbelzwaan	1800	0.0	0.1	2.2	juni
Smient <i>Wigeon</i>	7500	1.0	2.7	10.9	dec
Krakeend <i>Gadwall</i>	250	1.7	0.8	nb	
Wilde Eend <i>Mallard</i>	50000	0.2	0.0	nb	
Tafeleend <i>Pochard</i>	3500	1.7	4.9	7.3	dec
Kuifeend <i>Tufted duck</i>	7500	2.7	7.4	10.0	dec
Toppereend <i>Scaup</i>	3100	30.3	1.6	59.6	dec
Brilduiker <i>Goldeneye</i>	3000	0.4	0.4	1.7	dec
Nonnetje <i>Smew</i>	150	3.0	9.3	7.0	jan
Middelste Zaagbek <i>Red-breasted merganser</i>	1000	1.4	0.0	0.0	feb
Grote Zaagbek <i>Goosander</i>	1250	4.9	0.8	3.5	jan
Meerkoet <i>Coot</i>	15000	0.5	0.2	2.7	okt

nb = niet bepaald/not available

Tabel 2

Aantal individuen van enkele belangrijke soorten in het IJsselmeer en Markermeer, uitgedrukt als percentage van de geschatte grootte van de West-palearticke populatie (ofwel de overschrijdingsfactor van de 1%-norm van de conventie van Ramsar). Gemiddelde januari-aantallen over de periode 1980-1993 (exclusief de strenge winters: 1982, 1985 en 1987) en maximaal maandtotaal van de beide meren tezamen. <sup>1</sup>vliegtuigtellingen en landtellingen als in tabel 1, <sup>2</sup>vliegtuigtellingen.

Number of individual specimens of a few significant species found in the IJsselmeer and Markermeer lakes, expressed as the percentage of the estimated size of the Western Palaearctic population (i.e. the factor by which the 1% standard of the Ramsar Convention is exceeded). Average January counts from the period 1980-1993 (excluding the severe winters of 1982, 1985 and 1987) and the combined maximum monthly total of both lakes. <sup>1</sup>aerial counts and on-ground counts as in Table 1, <sup>2</sup>aerial counts.

deze soort. De methode werkt echter waarschijnlijk niet goed in helder water, omdat de vis dan dieper voorkomt en bovendien vroegtijdig ge-waarschuld wordt. Het feit dat het water in het Markermeer en IJsselmeer in het voorjaar van 1993 uitzonderlijk helder was kan daarom één van de oorzaken zijn geweest van het grotendeels mislukken van het broedseizoen in de kolonies in het IJsselmeergebied. De vogels gingen op zoek naar andere foerageergebieden, wat o.a. bleek uit de aanwezigheid van honderden Aalscholvers op het Wolderwijd gedurende de zomer. Dit meer werd in voorgaande jaren alleen in het winterhalfjaar door Aalscholvers gebruikt (Dirksen et al. in press).

"Sociaal vissen" wordt ook door zaagbekken gebruikt, als deze op jacht zijn naar schoolvis (Spiering). Voor de Middelste zaagbek is ook Aal als prooi-soort van belang (Platteeuw 1985), op deze vis wordt vooral solitair gevestigd. Veranderingen in de beschikbare visbestanden en verschillen in weersomstandigheden en doorzicht kunnen dus sterk van invloed zijn op de spreiding van de aanwezige viseters. Dat dit gevolgen heeft voor de telbaarheid van deze vogels (bij ver-

spreid voorkomen is er een grotere kans om vogels over het hoofd te zien) maakt trends als die in de aantallen zaagbekken (figuur 4) nog moeilijker te interpreteren.

#### Internationale betekenis

Het IJsselmeer en Markermeer zijn van zeer groot belang voor watervogels. Het gebied ligt op een knooppunt van trekroutes en is van groot belang als overwinteringsgebied voor met name benthivore en piscivore watervogels. Van de rust die het gebied door zijn uitgestrektheid biedt profiteren grote aantallen vogels, waaronder concentraties ruiers, die door een tijdelijk verlies van het vliegvermogen bijzonder kwetsbaar zijn. De vogels die van het gebied gebruik maken zijn afkomstig uit een gebied dat zich uitstrekt van Groenland tot Oost-Europa en West-Siberië.

Op een internationale wetlandconferentie die in 1971 in Ramsar, Iran, heeft plaatsgevonden zijn een aantal criteria opgesteld voor toetsing van het belang van wetlands voor watervogels. Van deze criteria, die vastgelegd zijn in de *Conventie van Ramsar*, is de zogenaamde 1%-norm de be-

kendste; meer dan 1% van de westpalearticke populatie van een soort moet regelmatig van het gebied gebruik maken. In het IJsselmeer en Markermeer voldoen dertien soorten aan die norm (tabel 2).

Een zeer bijzondere plaats neemt het gebied in voor de Toppereend; tot 60% van de Noordwest-Europese populatie houdt zich hier in de wintermaanden op. Daarnaast overwintert ongeveer 5 tot 10% van de populaties van Kuifeend, Tafeleend, Smient en Nonnetje in het gebied, en hebben de meren voor zaagbekken een belangrijke opvangfunctie bij koude-inval in noordelijker en oostelijker gelegen gebieden.

In de nazomer kunnen de ruiconcentraties van de Fuut 15 tot 25% van de Europese populatie omvatten, terwijl het aantal aanwezige Zwarte Sterns in die maand kan oplopen tot meer dan 40%, een aantal dat vele malen hoger is dan het Nederlandse broedvogelbestand. Ook bij de Aalscholver verbleef in augustus 1993 naar schatting ongeveer 15% van de populatie op de twee meren, maar in dit geval gaat het wél om lokale broedvogels.

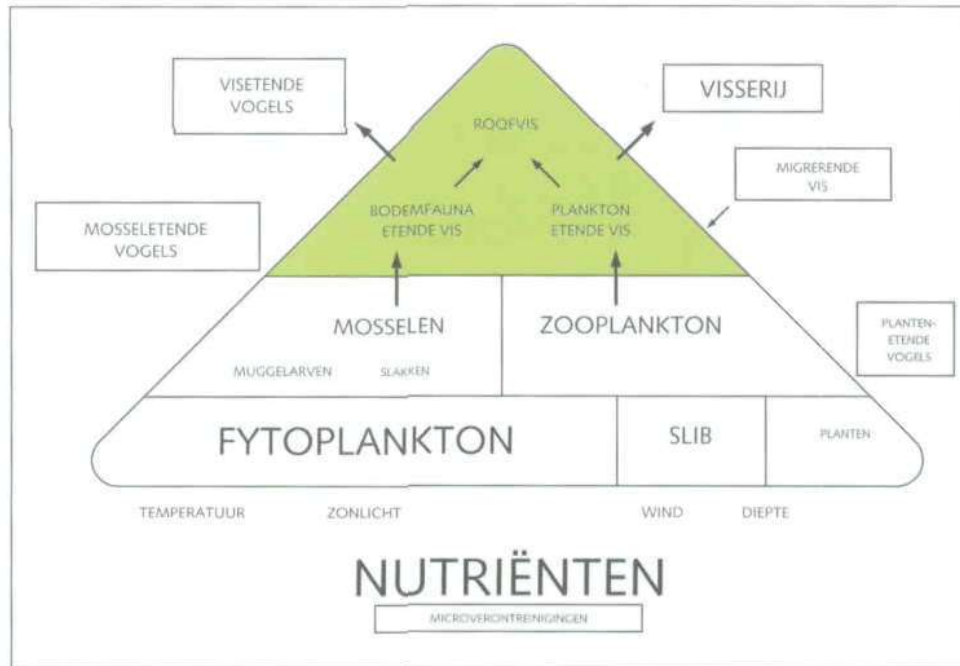
#### Belangrijkste conclusies

- Het IJsselmeer-Markermeer is van internationale betekenis voor vele vogelsoorten. Van 13 soorten maakt regelmatig meer dan 1% van de totale westpalearticke populatie gebruik van het gebied.
- In 1992/93 werden in het IJsselmeer opvallend weinig zaagbekken, Nonnetjes en Futen aange-troffen. Dit valt samen met een zeer lage stand aan Spiering als gevolg van een gering voortplantingssucces.
- In 1992/93 werden in het Markermeer opvallend weinig Tafeleenden en Kuifeenden aange-troffen. Dit valt samen met een zeer lage stand van Driehoeksmosselen.



## 4. Vissen

Eddy Lammens (RIZA), Tom Buijse (directie IJsselmeergebied) & Willem Dekker (RIVO-DLO)



Vissen vormen een belangrijke component van waterecosystemen. Enerzijds oefenen ze een sterke (top-down) invloed uit op de structuur en de biomassa van de lagere trofische niveaus. Voorbeelden zijn de predatie van planktivore vissen op zoöplankton, de predatie van benthivore vissen op macrofauna en de predatie van roofvissen. Anderzijds wordt de visstand zélf ook van bovenaf beïnvloed door visetende vogels en visserij. In het IJsselmeer/Markermeer spelen beide processen een belangrijke rol.

Het beheer van de visstand in het IJsselmeer/Markermeer vindt vooral plaats in het kader van de visserij (oogstoptimalisatie). Het reguleren van de visserijspanning om overbevissing tegen te gaan is hierbij een hoofdonderdeel.

Visstandbeheer vormt ook een belangrijk onderdeel van ecologische herstelprogramma's. Dit beheer is er veelal op gericht om de controle van de planktivore visstand door roofvissen te herstellen. Hiervoor is vaak een pakket van maatregelen nodig, waaronder nutriëntenreductie, oeverontwikkeling en visstandbeheer.

### Inleiding

Na de aanleg van de Afsluitdijk verzoette het IJsselmeer snel en moesten de meeste mariene vissoorten het veld ruimen. Spiering en Aal waren soorten die in het zoete water talrijk bleven, maar ook soorten als Bot, Harder en Rivierprik konden stand houden. Daarbij voegden zich een aantal typische zoetwatersoorten, die oorspronkelijk al aanwezig waren in het de zoeter delen van de Zuiderzee, zoals in de buurt van de monding van de IJssel.

In het IJsselmeer-Markermeer zijn sinds het ontstaan ca. 27 vissoorten gesignaleerd. Acht soorten komen zeer regelmatig voor in de vangsten van beroepsvissers en sportvissers. Aal, Snoekbaars, Baars en Spiering zijn van deze soorten commercieel het meest interessant, terwijl Pos, Brasem, Blankvoorn en Bot slechts neveninkomsten zijn of als niet interessante vangst weer overboord gaan. Winde, Kolblei, Driedoornige stekelbaars, Rivierdonderpad en Karper worden ook regelmatig gevangen, maar vormen slechts een zeer klein deel van de vangst. Meer bijzondere vangsten, maar ook niet ongevoerd zijn Alver, Zeeforel en Tiendoornige stekelbaars. Vertegenwoordigers van de typische riviervissen die via de IJssel in het IJsselmeer te

recht komen zijn Sneep, Serpeling, Barbeel en Riviergrondel, terwijl Rivierprik, Grote marene en Steur als doortrekkers vanuit zee gevangen worden. Daarnaast worden in de oevergebieden

nog een aantal plantenminnende soorten gevonden, zoals Snoek, Kroeskarper, Rietvoorn, Zeelt en de van de Zwanemossel afhankelijke Bittervoorn.



Foto 4

De visstand in het IJsselmeer-Markermeer wordt bemonsterd door het Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek (RIVO-DLO). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde boomkuil. Dit is een net dat door een boot over de bodem van het water gesleept wordt. Door verspreid over het water een aantal trekken met de kuil uit te voeren wordt een indruk van de omvang, samenstelling en verspreiding van de visstand verkregen.

De resultaten van de bemonsteringen welke gepresenteerd worden zijn uitgedrukt op basis van afgevist oppervlak (aantal of kilogram per hectare) of op basis van een relatief getal, nl. de hoeveelheid per 30 minuten kuilen. Bij een dergelijke inspanning wordt 2.4 ha bevestigd, maar slechts 1/4 van de waterkolom. Door een ongelijke verticale en horizontale verspreiding van de verschillende vissoorten en een ongelijke ontsnappingskans is een omtrekening naar het werkelijke visbestand niet zonder meer mogelijk. De hier gepresenteerde vangstgegevens worden beschouwd als een minimum schatting van het bestand. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de verdeling van de monsterpunten de variatie in de horizontale verspreiding voldoende dekt (Knijn & Dekker 1993). Voor Spiering is aangenomen dat de verticale verspreiding vrij homogeen is (Buijse et al. 1993).

## Resultaten

De samenstelling in IJsselmeer en Markermeer wordt gedomineerd door Spiering, Pos, Baars, Blankvoorn, Brasem, Bot, Snoekbaars en Aal (Fig. 1a). Gemiddeld over de periode van 1966-1992 is de biomassa per hectare in het IJsselmeer ruim 2 maal zo groot als in het Markermeer. De minimum schatting van het bestand bedraagt op basis van de vangsten  $\pm 145 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in het IJsselmeer en  $\pm 65 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in het Markermeer.

### Spiering

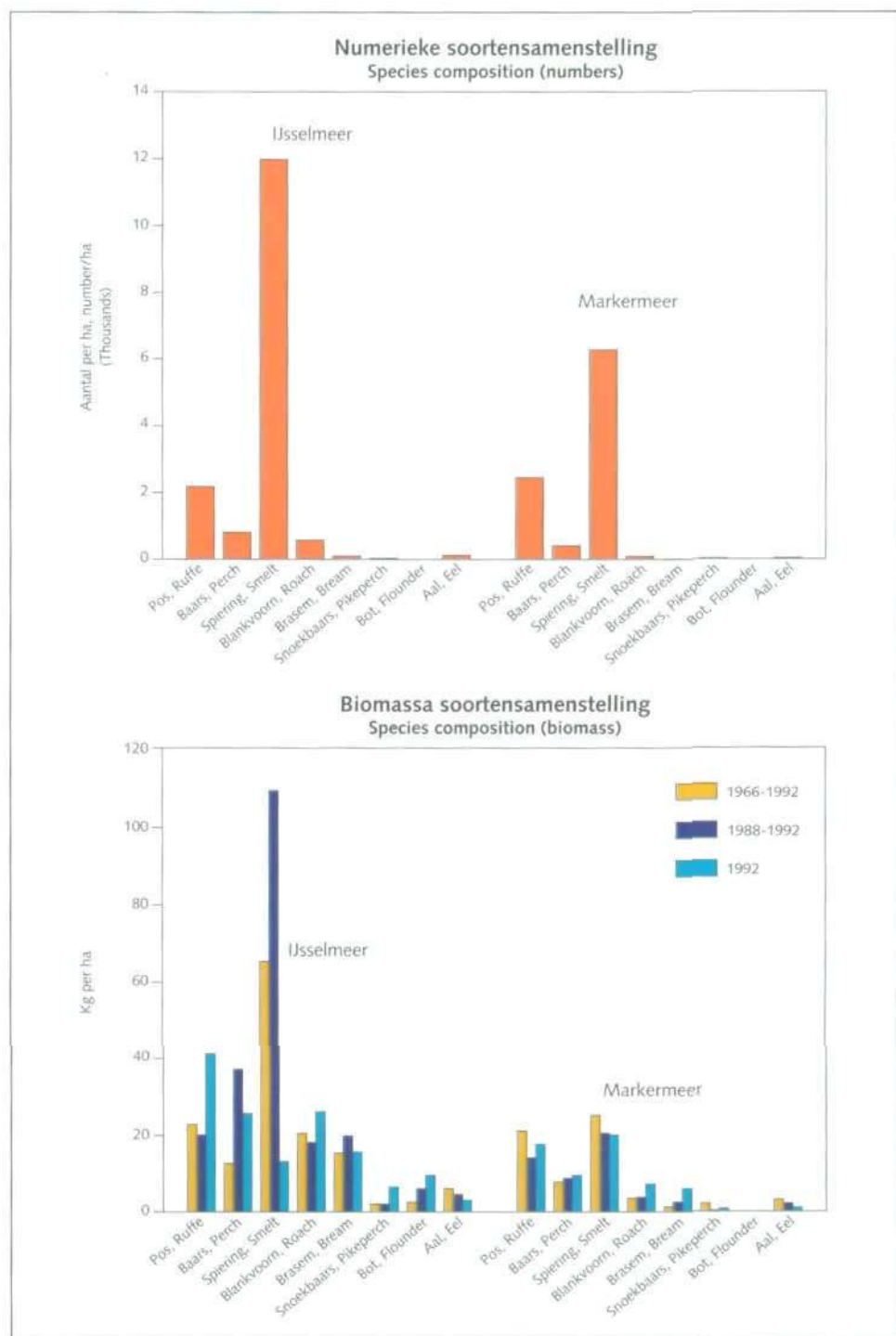
Spiering maakt in beide meren 40-45% van de vangst uit en heeft daarmee in het IJsselmeer dus de grootste biomassa ( $60\text{-}70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  versus  $20\text{-}30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in Markermeer).

Spiering heeft zich na de afsluiting van de Zuiderzee weten te ontwikkelen tot een standpopulatie in zowel IJsselmeer als Markermeer. De populatie bestaat grotendeels uit de eerste twee jaarklassen die in het eerste jaar een lengte van 6-8 cm bereiken en in het tweede jaar doorgroeien naar 9-12 cm (Buijse 1992). Bijna geen enkele Spiering overleeft het tweede jaar. Reeds in hun eerste levensjaar worden ze geslachtsrijp en ze paaien meestal in de tweede helft van maart. Spiering is in zijn eerste levensjaar praktisch geheel afhankelijk van zoöplankton en wordt daarna vnl. viseter. Het is de belangrijkste prooivis voor Snoekbaars en Baars (Willemsen 1977) en visetende vogels zoals futen, zaagbekken en sterns.

In 1989, 1990 en 1991 was de dichtheid uitzonderlijk hoog, maar in 1988 en 1992 erg laag (Fig. 2). Vooral in het IJsselmeer was de Spieringstand in 1992 erg laag, zelfs lager dan in het Markermeer (Fig. 2).

### Pos

Pos maakt ca. 15% van de vangst uit in het IJsselmeer en ca. 35% in het Markermeer en heeft daarmee het grootste aandeel in Markermeer en ongeveer gelijke biomassa's in beide wateren ( $20\text{-}25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (Fig. 1). Pos is de kleinste van de drie baarsachtigen en wordt al in zijn eerste levensjaar geslachtsrijp. Het is een karakteristieke bodemvis die tot een lengte van 3-4 cm afhankelijk is van bodemorganismen, zoals benthische



**Figuur 1**

De samenstelling van de visstand in het IJsselmeer en Markermeer wordt aantalsmatig en qua biomassa door enkele van de ca. 27 aanwezige soorten gedomineerd. Gemiddeld over de periode 1966-1992 is de biomassa vis per hectare in het IJsselmeer circa twee maal zo groot als in het Markermeer. De minimumschatting bedraagt op basis van de vangsten  $\pm 145 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in het IJsselmeer en  $\pm 65 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in het Markermeer.

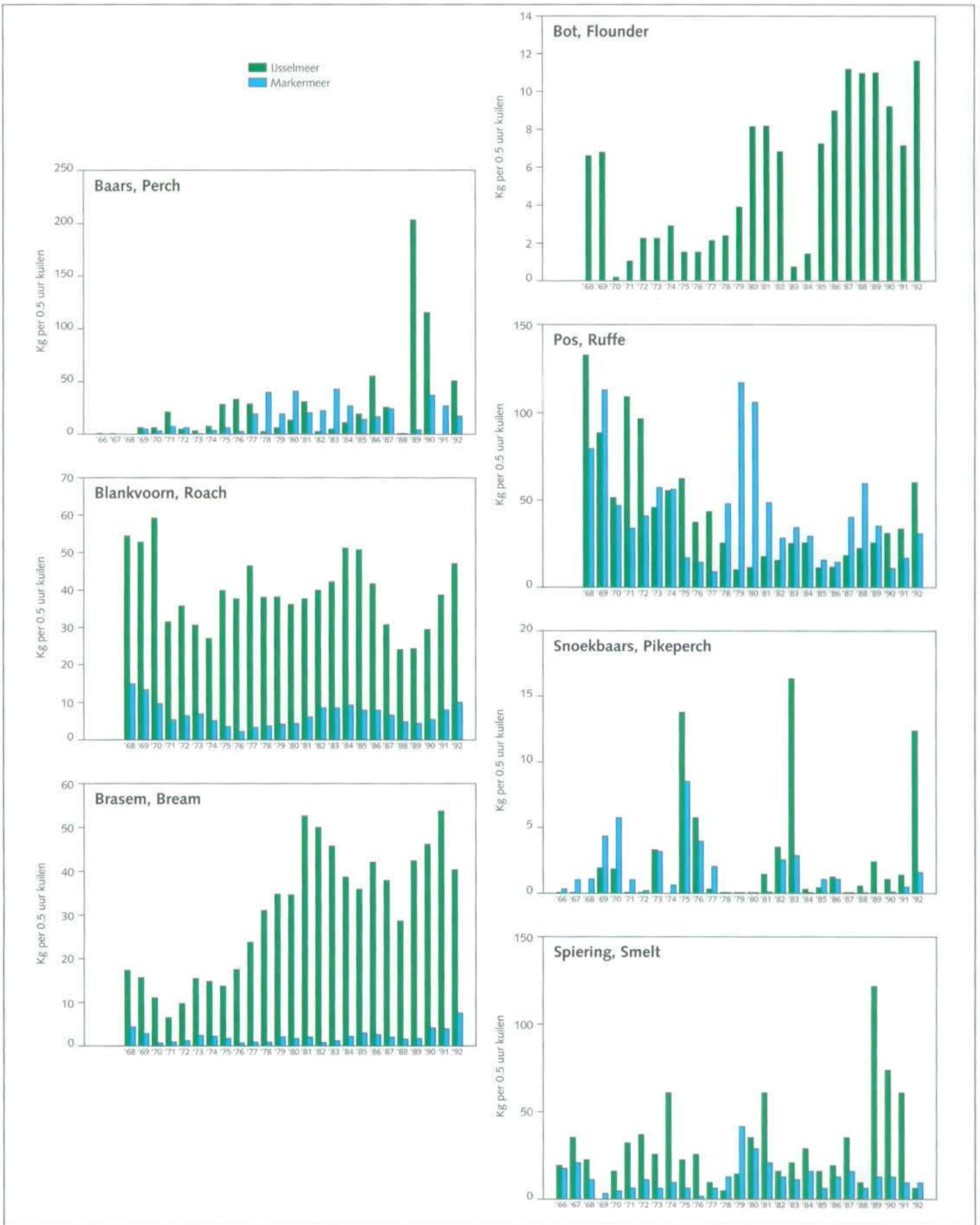
*In terms of numbers and biomass, the composition of the fish stock in the IJsselmeer and Markermeer lakes is dominated by a few of the approximately 27 species occurring. On average, the biomass of fish per hectare in the IJsselmeer lake was about twice that of the Markermeer lake in the period 1966-1992. The minimum estimate, calculated on the basis of catches, is about 145 kg/hectare in the IJsselmeer lake and about 65 kg/hectare in the Markermeer.*

copepoden en cladoceren (watervlooien) en daarna muggelarven, vlokreeften en aasgarnalen eet (Kaspers 1992). In het eerste jaar bereikt deze soort een lengte van 5-7 cm. In het tweede en derde jaar neemt de lengte met 2-4 cm toe. Ouder dan 3 jaar wordt deze vis meestal niet. Het is een prooi-soort voor Baars, Snoekbaars en Aal-

scholers (Willemsen 1977, Voslamber 1988, Buijse 1992). Daarnaast is fuikenvisserij eveneens een belangrijk oorzaak voor sterfte (Dekker *et al.* 1993).

Sinds 1975 is de dichtheid van Pos in het IJsselmeer sterk afgenomen, terwijl de dichtheid in het Markermeer gelijk bleef (Fig 2).





**Figuur 2**  
 Het aantalsverloop van enkele algemene soorten in de periode 1966-1992. Om de trend beter tot uitdrukking te laten komen, zijn de vangsten van Brasem, Blankvoorn en bot weer-gegeven als een 3-jarig voortschrijdend gemiddelde en voor Pos als een 2-jarig gemiddelde. Voor Snoekbaars, Baars en Spiering zijn de jaarlijkse vangsten weergegeven. *Developments in the numbers of a few general species in the period 1966-1992. In order to illustrate trends with greater clarity, catches of bream, European roach and flounder are indicated as a 3-year progressive average and, for ruff, as a 2-year average. Average catches are given for pikeperch, perch and smelt.*



### Brasem en blankvoorn

Brasem en Blankvoorn vormen samen ca. 25% van de totale vangst in IJsselmeer en slechts 5-10% in Markermeer. De biomassa bedraagt ca. 35 kg.ha<sup>-1</sup> in IJsselmeer en ca. 5 in Markermeer. In tegenstelling tot de eerder genoemde soorten zijn Brasem en Blankvoorn afhankelijk van oevergebieden om te paaien en op te groeien. Meestal trekt deze jonge vis pas vanaf het tweede jaar geleidelijk naar het open water (Lammens *et al.* 1991).

Blankvoorn bereikt in zijn eerste jaar een lengte van 5-7 cm en wordt in zijn derde jaar volwassen bij een lengte van 12-15 cm. Daarna groeit de vis 2-3 cm per jaar en wordt maximaal 10 jaar (Cazemier 1975). Gewoonlijk eet deze soort in de eerste twee jaar voornamelijk zoöplankton en schakelt dan over op slakjes en mosselen (Lammens *et al.* 1987). Het is een prooi voor Aalscholvers (Voslamber 1988) en Snoekbaars, maar wordt ook als bijvangst in de fuiken en staande netten aangetroffen en wordt als pootvis met zegens gevangen (Dekker *et al.* 1993).

De biomassa van Blankvoorn is over een periode van 25 jaar nauwelijks veranderd en bevond zich in 1992 nagenoeg op het gemiddelde van de gehele periode (Fig. 2).

Brasem wordt in zijn eerste levensjaar 5-8 cm en wordt pas op een leeftijd van 5 of 6 jaar geslachtsrijp bij een lengte van 30-35 cm. Daarna groeien ze 3-4 cm per jaar en bereiken een maximale leeftijd van 15 jaar (Cazemier 1975). Gewoonlijk is tot een lengte van 20 cm zoöplankton het belangrijkste voedsel, daarna wordt dit gevormd door muggelarven en wormen (Lammens *et al.* 1985). Als prooi voor roofvissen of vogels is Brasem nauwelijks interessant. Vangst in staande netten is een belangrijke oorzaak van sterfte; daarnaast wordt Brasem als pootvis met zegens gevangen.

Brasem is sinds 1975 in het IJsselmeer met ongeveer een factor 3 toegenomen en vanaf begin tachtiger jaren constant gebleven. In het Markermeer liggen de vangsten vele malen lager dan in het IJsselmeer (Fig. 2). In hoeverre het daadwerkelijke bestand door de vangsten weerspiegeld wordt is echter onduidelijk. Met name grotere Brasem heeft een goede kans om aan het vang-

tuig te ontkomen (zie o.a. Backx & Grimm, 1991).

### Baars

Het aandeel Baars is ca. 10% in IJsselmeer (15 kg.ha<sup>-1</sup>) en 10-15% in Markermeer (15 kg.ha<sup>-1</sup>). Baars wordt pas bij een lengte van ca. 15 cm een viseter (Buijse 1992). In het eerste en tweede jaar bestaat het dieet voornamelijk uit zoöplankton, aasgarnalen, vlokreeften en poppen van muggelarven. In het eerste jaar wordt Baars 6-8 cm, in het tweede jaar 12-15 cm (Willemsen 1977). De mannetjes worden al geslachtsrijp in het tweede jaar en de vrouwtjes in het derde jaar. Na het tweede jaar neemt de groei van de vis geleidelijk af. Baars kan maximaal ca. 10 jaar worden, maar door de intensieve visserij in het IJsselmeer-Markermeer worden er vrijwel geen exemplaren ouder dan 5 à 6 jaar gevangen. Baars is een kannibalistische vis, maar eet vnl. Spiering en ook Pos (Buijse 1992). Zelf is het een geliefde prooi voor Aalscholvers en vormt het een belangrijke vissoort voor de beroepsvisserij (Dekker & Schaap 1993). Baars is sinds 1975 in het Markermeer met bijna een factor 5 toegenomen. In het IJsselmeer is de dichtheid tot het eind van de jaren tachtig vrij constant gebleven, maar in 1989 en 1992 heeft een sterke recrutering (succesvolle voortplanting) plaatsgevonden. Ook in het Markermeer was de recrutering in 1992 zeer sterk (Dekker & Knijn 1993).

### Snoekbaars

Snoekbaars vormt een zeer klein aandeel van de minimum-schatting van het bestand in het IJsselmeer (1-2%) en het Markermeer (3-4%). De totale vangst bedraagt ca. 2 kg.ha<sup>-1</sup> in beide meren. Snoekbaars schakelt al in zijn eerste levensjaar over van zoöplankton op Spiering en kan dan een lengte van 15-20 cm bereiken. Na het derde jaar worden zowel de mannetjes als de vrouwtjes volwassen bij een lengte van 40-50 cm.

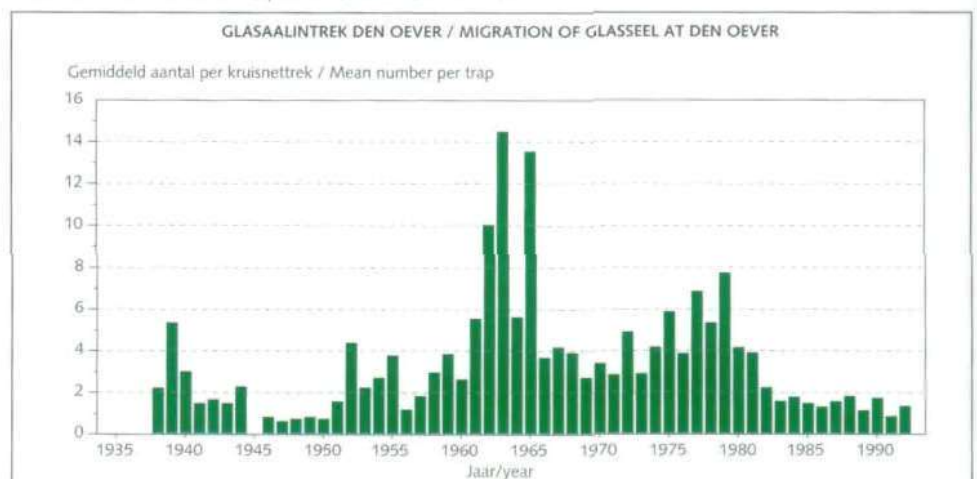
Het volgende jaar is de groei ca. 7 cm, daarna neemt de groei geleidelijk af. De vissen kunnen een maximale leeftijd van ±20 jaar bereiken (Willemsen 1977), maar door de intensieve visserij met staande netten worden er maar weinig exemplaren ouder dan 3 jaar gevangen. Tot een lengte van ±40 cm bestaat het hoofdvoedsel van snoekbaars uit Spiering. Grotere Snoekbaarzen eten daarnaast ook vrij veel Pos (Willemsen 1977).

De recrutering van Snoekbaars in zijn eerste levensjaar is na de aanleg van de dam Enkhuizen-Lelystad in het Markermeer met meer dan een factor drie afgenomen, terwijl er in het IJsselmeer geen afname was. De hoeveelheid Snoekbaars in zijn tweede levensjaar vertoonde in het Markermeer een sterkere afname dan in zijn eerste levensjaar. Ook voor het IJsselmeer was er een sterke afname in recrutering van tweede jaars Snoekbaars (Knijn & Dekker 1993).

### Figuur 3

De intrek van glasaal ligt al geruime tijd op een laag niveau (Dekker *et al.* 1992). De oorzaken hiervan zijn onduidelijk. Voor de toekomst is er een afname van de commerciële oogst te verwachten.

*For some time now, the numbers of Glasseel coming into the area has been inexplicably low (Dekker *et al.* 1992). Commercial harvest of eel is expected to decrease in the future.*





**Foto 5**  
De opbouw en omvang van de visstand in het IJsselmeer en Markermeer beïnvloed op de structuur van de populatie Daphnia. Een visstand met veel jonge en planktivore vis onderdrukt de omvang van de populatie Daphnia. Tevens is de gemiddelde lengte van de Daphnia, bij een hoge (selectieve) graas van vis, klein. De visstand heeft een 'top-down' effect op de Daphnia.

In 1992 was de recrutering van Snoekbaars in het IJsselmeer zeer sterk (Figuur 2).

#### Aal

Van Aal zijn geen goede vangstgegevens beschikbaar; daarvoor is de gebruikte bemonsteringsmethode niet geschikt. De beste informatie over het bestand wordt verkregen uit de oogst van de beroepsvisserij. Voor de beroepsvisserij vormt aal de voornaamste bron van inkomsten.

Aal komt als doorzichtige, zogenaamde 'glasaal' vanuit zee Nederland binnen en heeft dan een lengte van 6-8 cm. De voornaamste intrekpunten voor het IJsselmeer zijn de sluisen in de Afsluitdijk bij Den Oever en Kornwerderzand; voor het Markermeer vormen daarnaast de sluisen bij IJmuiden een intrekpunt.

De intrek van glasaal ligt al geruime tijd op een laag niveau (zie figuur 3; Dekker *et al.* 1992). De oorzaken hiervan zijn onduidelijk. Verwacht wordt dat dit de beroepsmatige oogst in de komende jaren sterk negatief zal beïnvloeden.

Eénmaal in het zoete water groeien de Alen in de meeste binnenwateren ongeveer 3-4 cm per jaar (DeNíe 1988). De mannetjes worden volwassen ('schier') tussen 30 en 40 cm, de vrouwtjes bij een lengte > 40 cm, transformeren tot een Schieraal en trekken naar zee. Voor alen zijn gewoonlijk muggelarven, -poppen, aasgarnalen en

vlokreeften het belangrijkste voedsel tot een lengte van 25-30 cm. Daarna schakelen ze over op mollusken en vis (Lammens *et al.* 1985, de Níe 1988, Paulisse 1993).

#### Bot

Bot komt alleen in het IJsselmeer in redelijke hoeveelheden voor (ca. 2% van de vangst). Net als glasaal komt Bot via de sluisen vanuit zee binnen het IJsselmeer binnen en heeft dan een lengte variërend van 3 tot 20 cm. In het eerste jaar wordt Bot 7-12 cm. Na 3 tot 4 jaar worden ze geslachtsrijp bij een lengte van 20-25 cm. Het is onbekend of ze daarna terug trekken naar zee om te paaien. Botten worden vooral in staande netten en fuiken gevangen. Door een aangepast spuibeheer kan de laatste jaren meer Bot binnentrekken (Dekker 1994).

Sinds het eind van de jaren zeventig is de dichtheid van Bot in het IJsselmeer met een factor 3-4 toegenomen (Fig. 2)

#### Numerieke samenstelling

Uitgedrukt in aantallen wordt de samenstelling zowel in IJsselmeer als Markermeer gedomineerd door Spiering, Pos en Baars (Fig. 1). Totale aantallen in IJsselmeer zijn minimaal ca. 10.000.ha<sup>-1</sup> en in Markermeer ca. 5.000.ha<sup>-1</sup>. Hoewel de aantallen van Brasem en Blankvoorn gering zijn, dragen zij in biomassa substantieel

bij door het hoge individuele gewicht.

#### IJsselmeer versus Markermeer

Het grootste verschil tussen IJsselmeer en Markermeer wordt voornamelijk veroorzaakt door Spiering, Blankvoorn en Brasem die samen een viermaal zo hoge biomassa uitmaken in IJsselmeer dan in Markermeer. De meest voor de hand liggende verklaring die hiervoor gegeven kan worden is verschil in voedsel-productie als gevolg van verschil in eutrofiëeringsniveau en slibdynamiek. In het Markermeer is de nutriëntenbelasting veel lager dan het IJsselmeer als gevolg van de geringe belasting met IJsselmeerwater. Mede als gevolg daarvan was de nutriëntenconcentratie meer dan twee maal zo laag in het Markermeer. Sinds 1992 is dit echter nagenoeg gelijk. Daarnaast bevat het Markermeer een veel hogere slibconcentratie dan IJsselmeer waardoor het lichtklimaat sterk beïnvloed wordt. Beide factoren beïnvloeden direct de productie van fytoplankton en waarschijnlijk ook van zoöplankton. Er zijn aanwijzingen dat zoöplankton slechter groeit in Markermeer dan in IJsselmeer en daarmee slechtere voedselomstandigheden biedt voor planktivore vis zoals Spiering en jonge Blankvoorn, Brasem en Baars (zie ook hoofdstuk 8; Buijse 1992).

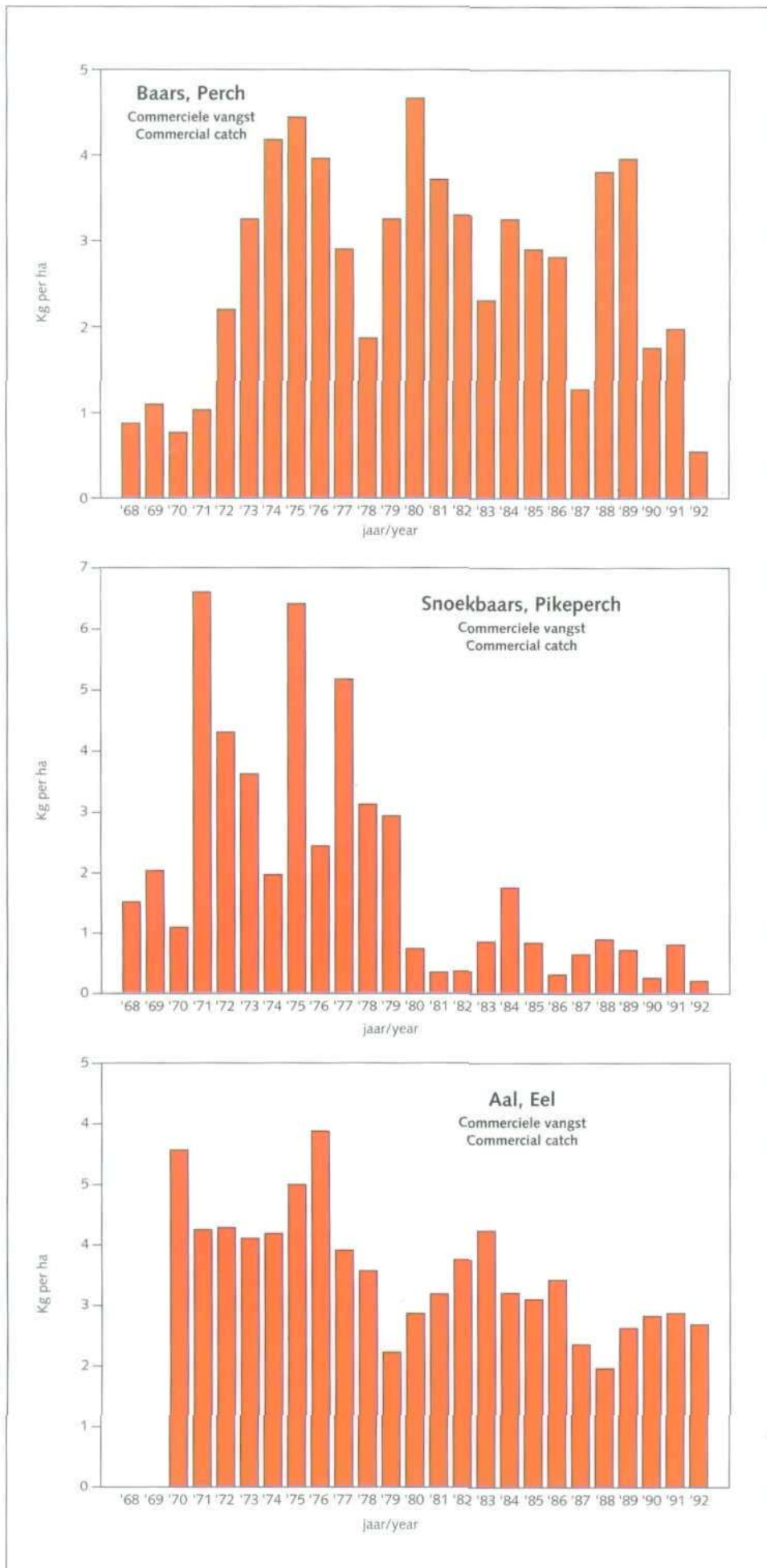
## Ontwikkelingen

#### Eutrofiëeringsontwikkeling

Vanaf 1966 was er een enorme toename in nutriëntenbelasting tot halverwege de tachtiger jaren en vervolgens een afname in de periode erna (Hosper *et al.* 1994, zie ook hfst. 2). Alleen Brasem in het IJsselmeer neemt in deze periode duidelijk toe (Fig. 2) en vertoont een positief verband met de toenemende nutriëntenconcentratie. In het Markermeer ontbreekt dit verband. In dit meer nam het fosfaatgehalte na de aanleg van de Houtribdijk af, hoewel het chlorofyl- $\alpha$  gehalte gelijk bleef, mogelijk als gevolg van het negatieve effect van de hoge slibconcentratie op het lichtklimaat. Voor Brasem, Blankvoorn en Pos veranderde er daarom in het Markermeer weinig (Fig. 2).

Terwijl de Brasempopulatie in het IJsselmeer





toenam, nam de Pospopulatie af en bleef relatief laag in de tachtiger jaren (Fig. 2). Het is niet uitgesloten dat Brasem een negatief effect uitoefent op Pos gezien dit negatieve verband tussen het voorkomen van beide soorten, maar het is ook mogelijk dat er een verband is met de intensivering van de fuikvisserij.

#### De verandering in de snoekbaarspopulatie

Een andere zeer duidelijke verandering is de afname in de commerciële vangsten van Snoekbaars vanaf het begin van de tachtiger jaren (Fig. 4). Deze afname hangt in het Markermeer samen met de afname van de recrutering in het eerste jaar.

Als belangrijkste oorzaken voor de afname worden gezien:

- 1) De sterke toename in de schietfuikvisserij van 15.000 naar 50.000 stuks (zie fuik- en kieuwnetvisserij)
- 2) De sterke toename van de Aalscholverpopulatie van 1000 naar 20.000 broedparen, waardoor de predatie zeer sterk is toegenomen.

De afname van de recrutering lijkt geen verband te houden met de afnemende eutrofiëring (zie o.a. Mikulski 1964; Oglesby *et al.* 1987) aangezien het chlorofyl-niveau in beide meren gedurende de gehele periode gelijk is gebleven. In de toekomst kan dit echter ook een rol gaan spelen.

De (schiet)fuikvisserij en Aalscholverpredatie zijn in combinatie met de intensieve visserij met staande netten op de volwassen vissen en zeer onregelmatige sterke recrutering van snoekbaars waarschijnlijk te veel geweest om de snoekbaarspopulatie op het oude niveau in stand te houden.

#### Spuiregiem afsluitdijk

Bot komt als jonge vis via de spuilsuizen bij Den Oever en Kornwerderzand het IJsselmeer bin-

Figuur 4

Commerciële vangsten van Aal, Snoekbaars en Baars (kg/ha) voor het IJsselmeer en Markermeer tesaamen in de periode 1968-1992.

Combined commercial catch of eel, pikeperch and perch (kg/hectare) from the IJsselmeer and Markermeer lakes in the period 1968-1992.



nen. Tot het begin van de jaren negentig neemt de dichtheid toe tot het viervoudige van de jaren zeventig. De dichtheid wordt vooral bepaald door eenjarige vis en ouder. De laatste drie jaar trekt als gevolg van een gewijzigd sluisbeheer ook zeer veel nuljarige (vis in zijn eerste levensjaar) binnen. De verwachting is dat de biomassa de komende jaren verder zal toenemen. Mogelijk heeft dit consequenties voor andere soorten.

#### Fuik- en kieuwnetvisserij

Aal is van oorsprong commercieel de meest aantrekkelijke vissoort en werd tot aan het eind van de zestiger jaren met een kuil, een geslept vistuig, bevestigd. Omdat hiermee grote hoeveelheden jonge Snoekbaars en Baars werden gevangen werd de kuil in 1970 verboden. Vanaf begin jaren zeventig werd vnl. met fuiken gevist naast kistjes en hoekwant. Vooral het gebruik van schietfuiken (aan elkaar geschakelde in rijen van meer dan vijftig) nam sterk toe en veroorzaakte uiteindelijk hetzelfde effect als de kuil indertijd. Momenteel wordt voor elke kilo Aal een (ongewenste) bijvangst van 10 kilo gemaakt (Dekker *et al.* 1993). De intensiteit van de bevissing blijkt uit de snelheid waarmee Aal vanaf de wettelijke lengte uit de populatie verdwijnt (Dekker 1993, 1994). Door deze zeer intensieve bevissing krijgt de Aal geen kans uit te groeien tot een formaat

waardoor de totale opbrengst groter zou worden. Deze overexploitatie verklaart slechts deels de reden waarom de aalvangst de laatste jaren zijn afgenomen. Belangrijker is de afname van de intrek van glasaal de laatste tien jaren waardoor het effect van recrutering een sterke rol mee gaat spelen. Deze tendens wordt in heel Europa waargenomen.

Naast de fuikvisserij is er een intensieve staande netten-visserij waarmee voornamelijk Baars vanaf 25 cm gevangen wordt. Na het einde van de jaren zestig toen het kuilverbod ingesteld was verbeterde de Snoekbaarsstand dusdanig dat de Baarsvangsten overtroffen werden, maar in de tachtiger jaren zakte dit weer in tot een absoluut dieptepunt (Fig. 4). Ook voor de staande netten geldt dat ze een jaarklasse in twee jaren bijna geheel wegvangen, maar dit heeft de recrutering in het IJsselmeer in ieder geval nauwelijks beïnvloed. Omdat de maaswijdte is afgestemd op Snoekbaars wordt Baars veel minder overbevestigd en krijgt ruimschoots de kans om geslachtsrijp te worden. Een beperking van de fuikvisserij zou veel meer effect sorteren dan een beperking van de staande netten visserij (Anonymus 1988).

## Belangrijkste conclusies

- De visbiomassa in het IJsselmeer ligt naar verwachting circa twee keer zo hoog als in het Markermeer. De hogere produktiviteit van het water ligt hieraan ten grondslag.
- Op het IJsselmeer heeft Spiering in 1992 zeer slecht gerecruteerd. De stand bedroeg slechts  $\pm 20\%$  van het langjarig gemiddelde en was daarmee zelfs lager dan in het Markermeer.
- In 1992 zijn in beide meren sterke jaarklassen Baars en Snoekbaars gerecruteerd.
- De stand aan Bot vertoont een geleidelijke toename. Voor de toekomst mag, mede gezien het aangepaste spuiregime bij de Afsluitdijk, een verdere toename van de soort verwacht worden. Welke effecten die op de andere vissoorten zal hebben is nog onbekend.
- De intrek van glasaal ligt al geruime tijd op een laag niveau. De oorzaken hiervan zijn onbekend. Voor de toekomst is een afname van de commerciële oogst van Aal te verwachten.
- De oogst van Snoekbaars is sinds het begin van de jaren '80 sterk gedaald. De sterk toegenomen schietfuikvisserij en predatie door Aalscholvers worden als de belangrijkste oorzaken gezien.



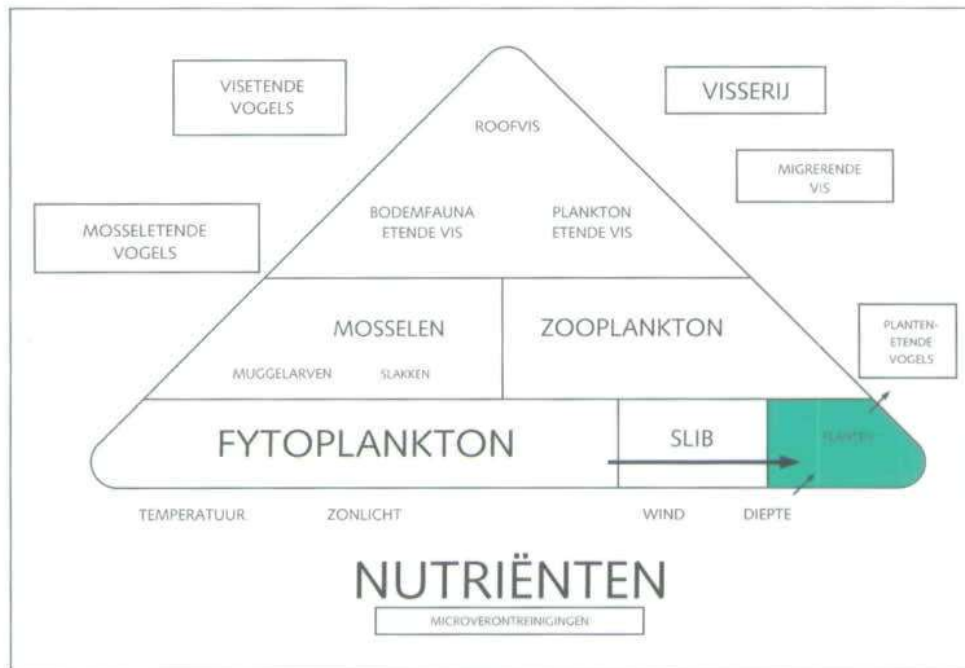
Foto 6

Er wordt regelmatig Bot gevangen in het IJsselmeer. Een gewijzigd sluisbeheer bij Kornwerderzand heeft de natuurlijke trek van deze vissoort gestimuleerd.



## 5. Water- en oeverplanten

Paulien Hartog (Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v.), Jolande de Jonge (RIZA) en Roel Doef (RIZA)



Water- en oeverplanten vervullen vele functies in het aquatisch ecosysteem. Ze dienen als voedsel, als leefgebied, als schuilplaats en/of als voortplantingsgebied voor vele ongewervelde dieren, watervogels en vissen.

Met waterplanten worden in dit hoofdstuk zowel hogere planten (bijv. fonteinkruiden) als lagere planten (bijv. kranswieren) bedoeld. Oeverplanten kunnen helofyten zoals Riet en biezen zijn, maar ook planten die boven de waterlijn wortelen zoals Harig wilgenroosje.

Water- en oeverplanten kunnen op verschillende manieren bijdragen aan het voorkomen van helder water:

- ze onttrekken voedingsstoffen uit de waterkolom en zijn zo een voedsel concurrent voor algen;
- ze verminderen de opwerveling van de waterbodem door golven en vormen een natuurlijke bescherming tegen erosie;
- ze maken de bodem minder toegankelijk voor bodempopwoelende vissen;
- sommige soorten scheiden chemische stoffen uit welke de groei van algen remmen (allelopathie).

Ecologische herstelprogramma's van meren en plassen zijn er veelal op gericht om de vroegere dominantie van water- en oeverplanten en de geassocieerde levensgemeenschap weer terug te brengen. In het IJsselmeer/Markermeer is de waterplantenbedekking echter van oudsher beperkt tot de ondiepe delen tot 2 meter.

### Resultaten 1992/1993

#### Waterplanten

De resultaten van de monitoring zijn weergegeven in figuur 1.

De meest voorkomende soorten zijn Schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*) en Doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*). Ook komen veel draadwieren voor. De meeste waterplanten komen voor in water met een diepte van 1 tot 2 meter.

Hieronder worden enkele deelgebieden besproken.

#### IJsselmeer, Friese kust

Uit de resultaten van de oriënterende vegetatievluchten in 1991 (Doef 1992) blijkt dat langs de Friese kust de verspreiding van waterplanten beperkt is tot het gebied tussen de Afsluitdijk en Hindelopen en een lokatie bij Lemmer (Steile bank). In de beschutting van de Makkumerwaarden komen relatief veel waterplanten voor. Elders gaat het om verspreide kleine veldjes.

Bij de lokatie-bemonsteringen (Makkum, Hindelopen en Lemmer) is de hoogste soortenrijkdom bij Makkum aangetroffen. Hier komen in de zone tussen 0 en 150 cm diepte naast meer al-

gemene groepen en soorten zoals draadwieren, Doorgroeid fonteinkruid en Schedefonteinkruid ook kranswier (*Chara spec.*), Tenger fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*) en Zannichellia (*Zannichellia palustris ssp. palustris*) voor. Ook bij Lemmer is Tenger fonteinkruid aangetroffen.

#### IJsselmeer, Noord-Hollandse kust

Tijdens de oriënterende vegetatievluchten in 1991 zijn alleen waterplanten waargenomen bij Enkhuizen en in de haven van Den Oever. Bij Andijk, waar in 1993 een nieuw oever- en moerasgebied is aangelegd zijn alleen draadwieren en darmwier (*Enteromorpha sp.*) aangetroffen.

#### Markermeer, Gouwzee en IJmeer

Vanuit de lucht zijn rondom Marken, midden in de Gouwzee en langs de kust van Volendam, Edam en Schardam verscheidene velden met fonteinkruiden waargenomen. Bij de Hoornse Hop komen fonteinkruiden voor tot 3-5 km uit de kust. In het IJmeer komen grote velden waterplanten voor die afnemen in de richting van Amsterdam. Op de bemonsterde lokaties Gouwzee Noord, Gouwzee Zuid en IJmeer komt kranswier (*Chara spec.*) voor naast de eerdergenoemde algemenere soorten. Alleen in het zuidelijke deel van de Gouwzee komt een groot veld Ster-

kranswier (*Nitellopsis obtusa*) met een hoge bedekking voor.

#### Oeverplanten

In figuur 2 is het met oeverplanten begroeide areaal weergegeven. Dit ligt vooral langs de Friese kust en langs het IJmeer.

De dominante oeverbegroeiingen zijn nat, hoogopgaand rietland met soorten als Watermunt (*Mentha aquatica*), Wolfspoot (*Lycopus europaeus*) en Kleine lisdodde (*Typha angustifolia*), natte ruigten en wilgenstruwelen met soorten als Riet (*Phragmites australis*), Haagwinde (*Calystegia sepium*), Moeraswederik (*Stachys palustris*), Rietgras (*Phalaris arundinacea*), Rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*) en Harig wilgenroosje (*Epilobium hirsutum*) en droge ruigten en wilgenstruwelen met planten die niet aan de invloed van grond- en oppervlaktewater gebonden zijn, zoals Kweek (*Elymus repens*) en Brandnetel (*Urtica dioica*).



Hieronder worden weer verschillende deeltrajecten van de IJsselmeerkust besproken.

#### Friese kust

Het oeverplanten-areaal langs de Friese kust loopt van de Afsluitdijk tot net voorbij Hindeloopen en langs de zuidelijk kust tot aan Lemmer. De belangrijkste vegetatietypen zijn natte rietlanden en natte ruigten.

Op de bemonsterde locaties bij Makkum komen naast de algemene oeverplanten op enkele lage delen Mattenbies (*Scirpus lacustris s.l.*) en Heen (*Scirpus maritimus*) voor. Bij Lemmer groeit Moerasmelkdistel (*Sonchus palustris*).

#### Noordhollandse kust

Langs de Noordhollandse kust zijn alleen bij Den Oever, ten westen van Andijk en ten noorden van Enkhuizen oeverplanten aanwezig. Het betreft overwegend ruigten.

#### Markermeer, Gouwzee en IJmeer

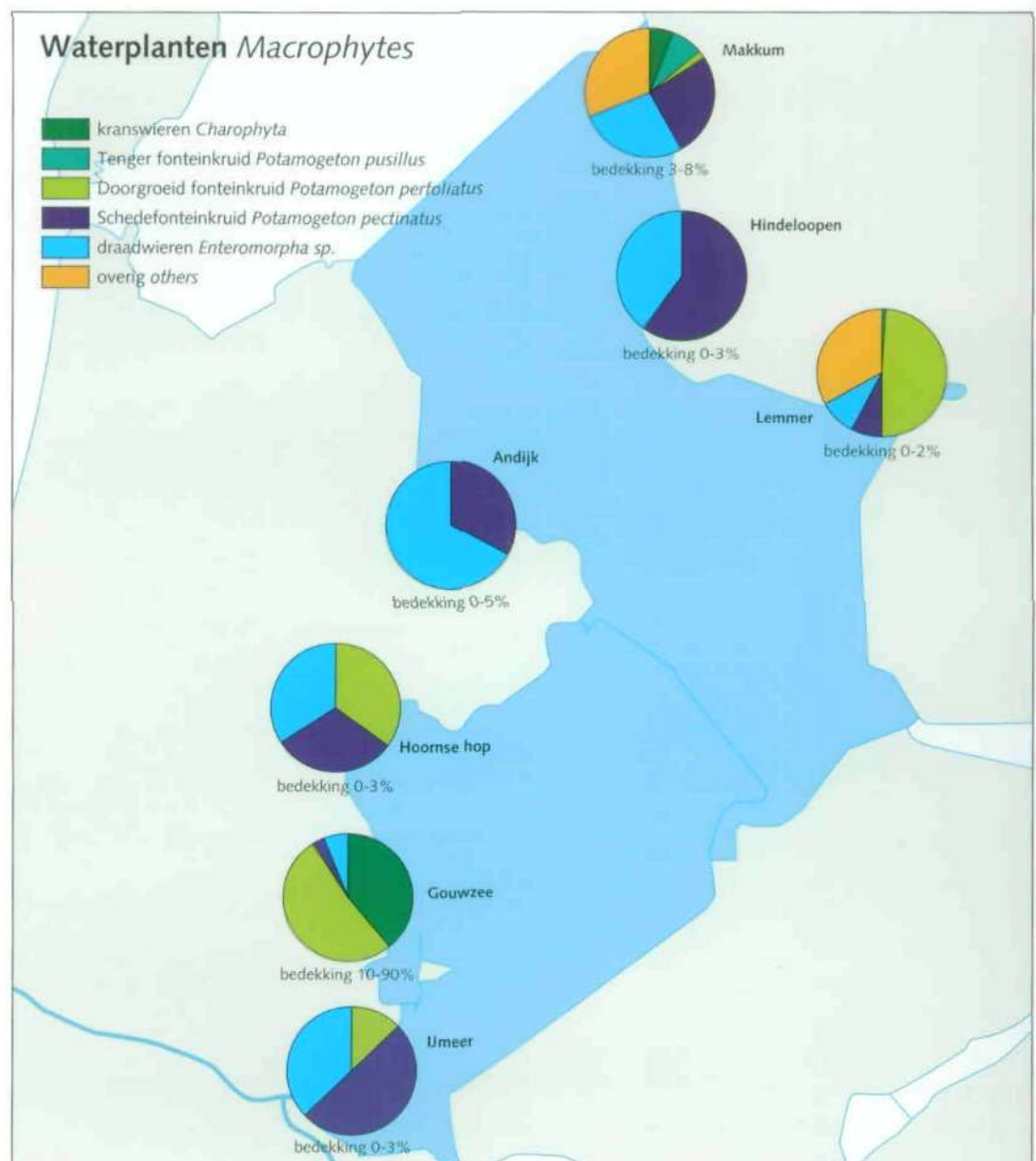
Oeverplantenvegetaties komen hier voor aan de noordkant van Marken, langs de Gouwzee, het IJmeer en langs de kust van Flevoland. Op de bemonsterde locaties Hoornsche Hop, Gouwzee (noord), Gouwzee (zuid) en IJmeer komen riet- en ruigtevegetaties voor. Bij de Gouwzee (noord) staat hierin veel Rietzwenkgras, terwijl ook Moerasmelkdistel hier is aangetroffen.

Langs het IJmeer komt Grote engelwortel (*Angelica archangelica*) voor als verruigende soort in een Rietzwenkgrasvegetatie. Elders langs het IJmeer slaat Grauwe wilg in de ruigtevegetatie op. Mattenbies en Heen komen hier op twee oeverlokaties voor, in een verruigende vegetatie met veel Rietgras.

## Ontwikkelingen

### Historische gegevens

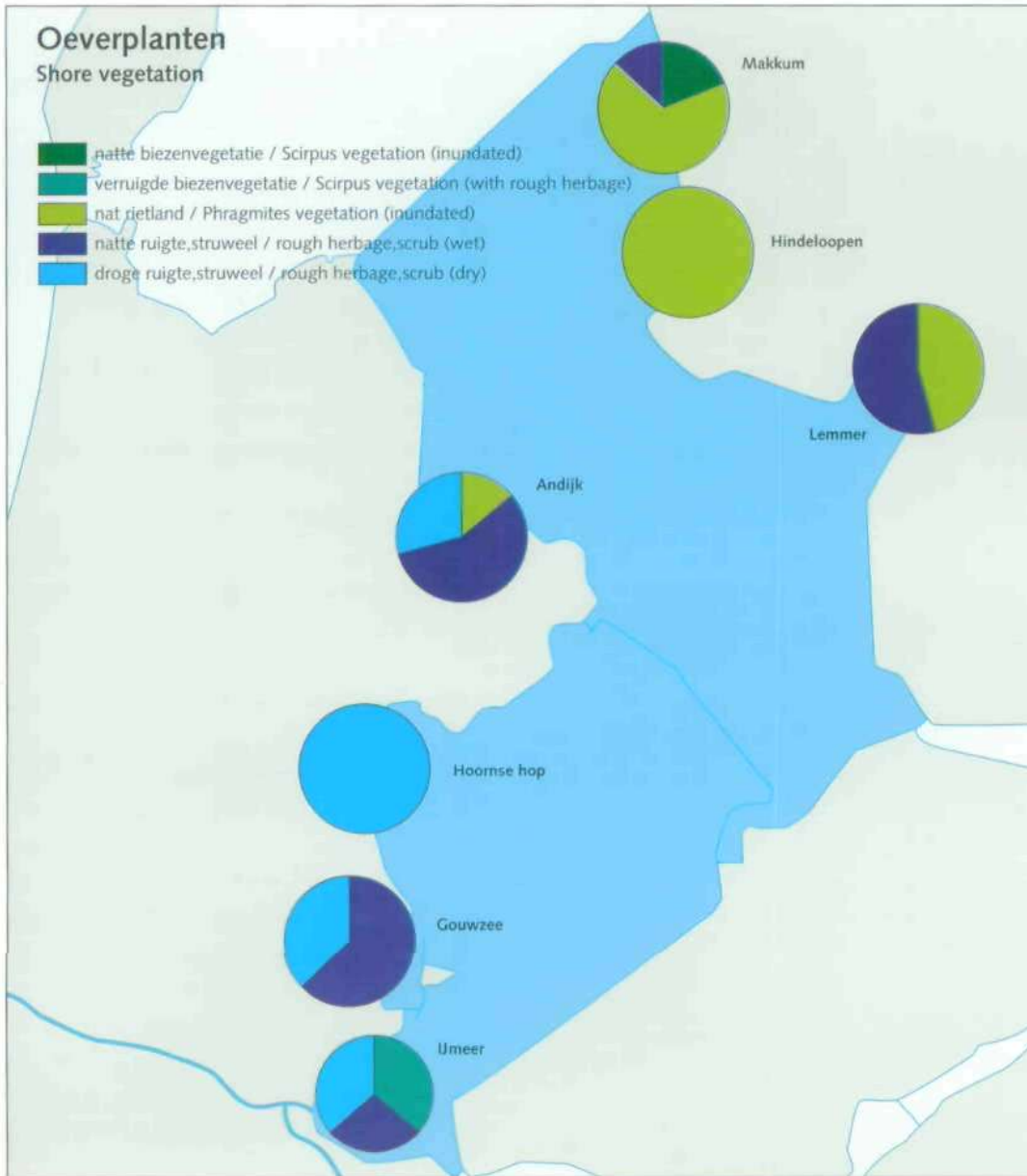
In de jaren na de aanleg van de Afsluitdijk zijn door verzoeting de typische water- en oeverplanten van zoute en brakke milieus langs het



**Figuur 1**

In de taartdiagrammen is het aandeel van de belangrijkste soorten waterplanten in 1992 weergegeven. Daaronder is het bedekkingspercentage weergegeven.

The pie charts show the proportion of the major types of water plants in 1992. The cover percentage is given below the charts.



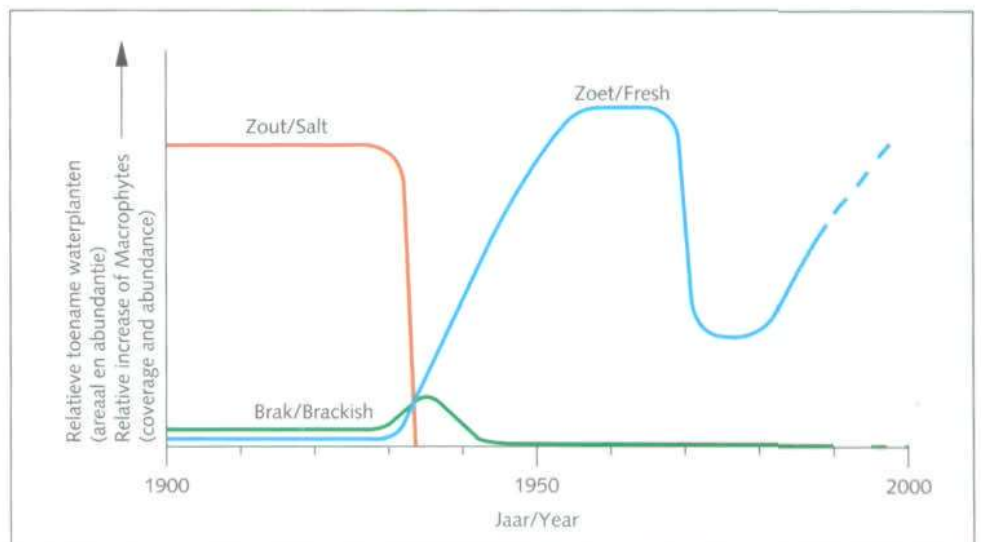
**Figuur 2**

De met planten begroeide oevers bevinden zich voornamelijk langs de Friese kust en langs het IJmeer. De huidige oeverplantbegroeiing heeft geringe mogelijkheden om uit te groeien tot goed ontwikkelde, natte biezen- en rietvelden. Door het huidige waterpeilbeheer en doordat grote delen van de oevers met stenen zijn bestort, ontbreekt een geschikt oevermilieu. *The vegetation-covered shores are mainly found along the Frisian coast and the shore of the IJmeer lake. The current shore vegetation has little opportunity to become well-developed wet rush and reed-shores. Current water level management and the fact that large portions of the shores are paved with stone render the shore environment unsuitable for this.*

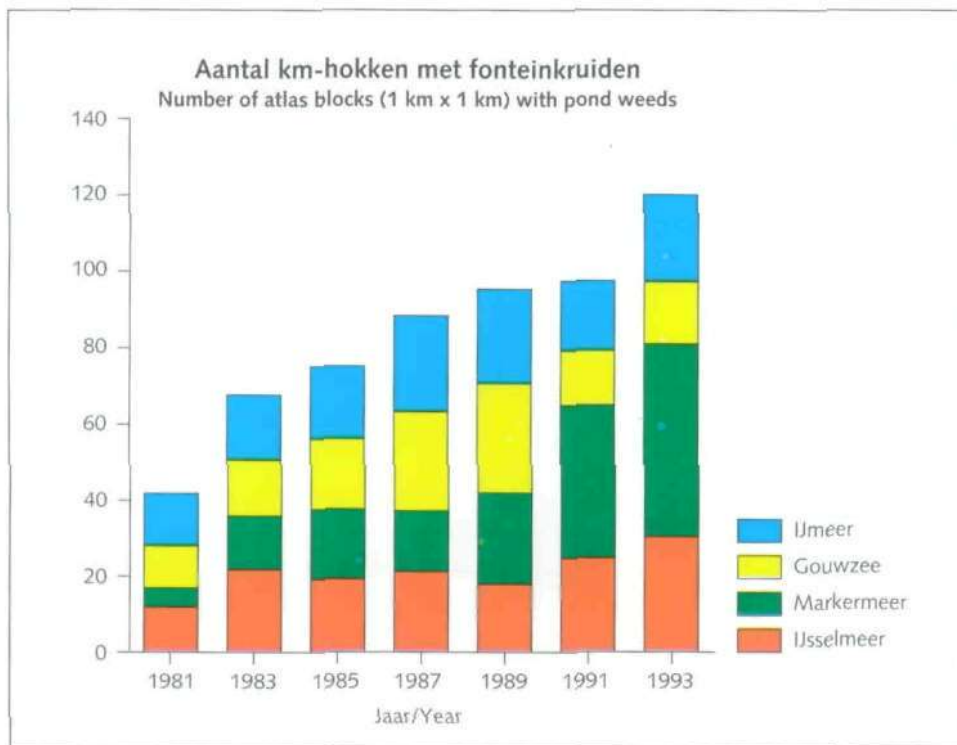
**Figuur 3**

Ontwikkeling van watervegetaties uit het IJsselmeergebied (uit Doef et al. 1991). Zout, brak en zoet staan respectievelijk voor zout-, brak- en zoetwatervegetaties. *Development of water vegetation from the IJsselmeer region (from Doef et al. 1991). Salt, brackish and fresh stand for saltwater, brackish water and freshwater vegetation.*

IJsselmeer verdwenen (figuur 3). Daarvoor, tussen 1900 en 1932, was het zoutgehalte van het Zuiderzeewater niet homogeen verdeeld. Daardoor konden plaatselijk zoutwatersoorten als Groot zee gras (*Zostera marina*) en Klein zee gras (*Zostera noltii*) voorkomen, terwijl elders typische brakwatersoorten als *Ruppia spec.* en Zilte waterranonkel (*Ranunculus baudotii*) groeiden. Langs de oever konden in die tijd ook weinig kritische zoetwatersoorten als Schedefonteinkruid, *Zannichellia (Zannichellia palustris ssp. pal.)* en Doorgroeid fonteinkruid optreden. Na 1932 kwamen langs de oevers relatief grote biezenvelden voor, terwijl in het water fonteinkruiden en kranswieren groeiden (Coops 1992) (Doef et al.







**Figuur 4**

Aantal kilometerhokken waarin vanuit het vliegtuig fonteinkruiden zijn aangetroffen in het IJsselmeer, Markermeer, Gouwee en IJmeer in de periode 1981 tot en met 1993. In het IJsselmeergebied bevinden de meeste fonteinkruiden zich langs de Friese kust. De kranwierien in de Gouwee zijn niet meegerekend. De afname van fonteinkruiden in de Gouwee in 1991 en 1993 ten opzichte van voorgaande jaren is wellicht veroorzaakt door de opkomst van kranwierien (Doef *et al.* 1994). *Number of square-kilometre sample areas in which pondweed was seen from the air in the waters of the IJsselmeer, Markermeer, Gouwee and IJmeer in the period from 1981 to the end of 1993. In the IJsselmeer area, most of the pondweed grows along the Frisian coast. Charophyta in the Gouwee were not counted. The decrease of pondweed in the Gouwee in 1991 and 1993 as compared to previous years could be the result of the increased prevalence of charophyta (Doef *et al.* 1994).*

**Foto 7**

Waterplanten hebben lokaal een sterke invloed op het doorzicht van de waterkolom. Dit verbeterde doorzicht wordt enerzijds veroorzaakt doordat fytoplankton de voedselconcurrentie veelal verliest van de aanwezige waterplanten. Daarnaast vindt er in waterplantenvelden minder opwerveling van bodemmateriaal plaats. Beide mechanismen resulteren in een beter doorzicht ten opzichte van buiten de waterplantvegetaties. Omdat de bedekking van waterplanten laag is (en zal blijven) zullen waterplantvegetaties geen rol kunnen spelen in het streven naar een helder IJsselmeer en Markermeer.



1991).

De sterke golfslag en het diepteverloop in het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer vormen beperkingen voor de waterplanten, waardoor de totale bedekking nooit erg hoog is geweest. Door de eutrofiëring van het oppervlaktewater sinds de vijftiger jaren is de soortendiversiteit sterk teruggelopen.

De periodiek optredende massale bloei van blauwalgen had een verslechtering van het doorzicht tot gevolg. Plaatselijk werd het lichtklimaat voor de waterplanten nog verder verslechterd door epifytische algen en ingevangen slib. Eutrofiëring leidde waarschijnlijk ook tot een verhoogde Brasemstand, met als gevolg opwoelen van de bodem en verhoogde troebelheid van het water waardoor de vestigingskans voor planten nog verder verminderde.

## Recente ontwikkelingen

### Waterplanten

De algemene trend voor het IJsselmeer, Markermeer, de Gouwee en het IJmeer is dat het waterplantenareaal zich de laatste 10 jaar enigszins herstelt. Het totaal aantal kilometerhokken van IJsselmeer, Markermeer en IJmeer waar fonteinkruiden voorkomen is de laatste 12 jaar uitgebreid van zo'n 40 in 1981 tot ±120 in 1993 (figuur 4). Vooral in het Markermeer is deze uitbreiding duidelijk. In de Gouwee is naast het oppervlak met fonteinkruiden, ook het oppervlak met kranwierien toegenomen. Een mogelijke verklaring voor dit herstel is de daling van de nutriëntenbelasting, hoewel dit niet in een verbetering van het doorzicht op de reguliere monsterpunten geresulteerd heeft. Een andere mogelijkheid is de toegenomen visserij op (poot)Brasem, een vis welke door bodemwoeling een negatieve invloed op watervegetatie kan hebben (o.a. ten Winkel & Meulemans 1984). Zo kan de toename van kranwierien op het Wolderwijd sinds 1991 (Hosper *et al.* 1994) mogelijk gekoppeld zijn aan de intensieve visserij op Brasem (Backx 1994). De exacte oorzaken zijn echter vooralsnog onbekend.

Een belangrijk deel van de watervegetatie komt voor op plaatsen die relatief beschermd liggen (Makkum, Hoornsche Hop, Gouwee). Golfslag



heeft het meeste invloed op waterplanten in ondiepe zones. Bij het huidige slechte doorzicht (zie hoofdstuk 2) ligt het potentieel begroeibare waterplanten-areaal alleen in de ondiepe zone, waar golfslag een belangrijke rol kan spelen.

In hoeverre het herstel van de laatste jaren in de toekomst zal doorzetten is niet duidelijk. De gegevens uit de dertiger en veertiger jaren wijzen er op dat in principe een groter deel van het IJsselmeer met waterplanten begroeid kan raken, hoewel dit op de schaal van het IJsselmeer nog altijd gering zal zijn. Voor een echte dominantie van

waterplanten, met bedekkingen van 20-40% van het totale bodemoppervlak van het IJsselmeer/Markermeer, dienen de diepere delen gekoloniseerd te kunnen worden. Hiervoor is in elk geval een substantiële verbetering van het doorzicht nodig tot waarden van 3 à 4 meter, hetgeen in de geschiedenis van het IJsselmeer/Markermeer nog nooit is voorgekomen.

Hoewel de bedekking met waterplanten op de schaal van het gehele IJsselmeer/Markermeer gering is, vertegenwoordigen de begroeide lokaties

niettemin een hoge ecologische waarde. In de huidige fonteinkruid- en kranswiervelden foerageren na de ruitijd Knobbelswanen, Kleine zwanen, Meerkoeten en duikeenden. In de Gouwee is het voorkomen van Krooneenden gerelateerd aan het voorkomen van Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*).

Van andere organismen in de begroeide arealen is veel minder bekend. In de Gouwee is het aantal taxa macrofauna gemiddeld het hoogst van alle monsterpunten (zie hoofdstuk 6). Van de



Foto 8

#### WATERVEGETATIE

De ontwikkeling van de watervegetatie wordt middels twee technieken gevolgd:

- De soortensamenstelling wordt onderzocht via gedetailleerde karteringen op diverse lokaties. Per lokatie worden op verschillende diepten vakken van 10 x 10 meter geïnventariseerd, waarbij soortensamenstelling en bedekkingspercentages bepaald worden.
- De verspreiding van watervegetatie over het gehele IJsselmeergebied wordt bepaald m.b.v. luchtfotokartering.

In 1992 is de soortensamenstelling op een 6-tal lokaties vastgesteld. De verspreiding van watervegetatie middels verkenning met een vliegtuig en luchtfoto's is uitgevoerd in 1993. Daar deze laatste gegevens nog niet zijn uitgewerkt wordt bij de bespreking van de verspreiding gebruik gemaakt van gegevens uit 1989 (Doef *et al.* 1991) en de oriënterende vegetatievluchten in 1991 en 1992 (Coops *et al.* 1992; Doef 1992).

#### OEVERVEGETATIE

De ontwikkeling van de oevervegetatie wordt eveneens gevolgd middels een combinatie van gedetailleerde opnamen op verschillende lokaties en verkenningen vanuit het vliegtuig.

De gedetailleerde opnamen zijn uitgevoerd in 1993 (De Groene Ruimte, 1993), waarbij 7 lokaties geïnventariseerd zijn. Per lokatie zijn langs raaien soorten en bedekkingspercentages van de vegetatie bepaald. Deze zijn vervolgens geordend in een aantal kenmerkende vegetatietypen.

In 1993 zijn door de Meetkundige Dienst luchtfoto's gemaakt. Hierover wordt in 1995 gerapporteerd. Voor deze rapportage is gebruik gemaakt van gegevens uit 1987 (Doef *et al.* 1991). De verwachting is dat sindsdien op km<sup>2</sup>-schaal geen grote veranderingen zijn opgetreden.



visstand is geen informatie bekend.

### Oeverplanten

De huidige oeverplanten-begroeiing in het IJsselmeergebied heeft geringe mogelijkheden om uit te groeien tot goed ontwikkelde, natte biezen- en rietvelden (Coops, H. in Doef *et al.* 1991). Biezen hebben een droogvallend, maar vochtig substraat nodig om te kunnen kiemen. Door het waterpeilbeheer en doordat grote delen van de oevers met stenen zijn bestort, ontbreekt het geschikte milieu, zodat generatieve voortplanting niet succesvol is. De bestaande biezenpollen kunnen zich alleen nog vegetatief vermeerderen en zijn onderhevig aan vraat door vogels en beschadiging door recreanten (Doef *et al.* 1991).

In de huidige oeverplanten-begroeiing zijn naast resten van de oorspronkelijke natte biezen- en rietvelden, enkele waardevolle ruigtesoorten aanwezig. Moerasmelkdistel is een soort van dynamische ruigtemilieus in en langs zwak brakke wateren. Deze soort, die in de Nederland omringende landen sterk achteruitgaat of bedreigd is,

heeft zich in Nederland de laatste jaren uitgebreid door verzoeting van het IJsselmeer en verzilting van de rivieren en kanalen. Grote engelwortel is een soort van voedselrijke, zoete of dikwijls zwak brakke standplaatsen, die meestal boven de waterspiegel liggen maar met een zekere regelmaat worden overspoeld. Deze soort komt in Nederland alleen voor in buitendijkse rietlanden, grienden en langs de grote rivieren. Vergroting van de natte oeverplanten-zones in het IJsselmeergebied is alleen mogelijk door een actieve aanpak. In het Natuurbeleidsplan wordt een groot deel van de oevers in het IJsselmeergebied aangeduid als natuurontwikkelingsgebied. Dit omvat de gehele Friese en Noord-hollandse kust, de oever van Zuidelijk Flevoland en de dijk Lelystad-Enkhuizen (Ministerie LNV 1990). Op verschillende plaatsen worden momenteel al natuurontwikkelingsplannen in die richting opgesteld danwel uitgevoerd. Hierin wordt o.m. de aanleg van "zachte" oevers, vooroevers en moerasontwikkeling voorgesteld. Op deze manier zal het oeverplanten-areaal zich stellig belangrijk kunnen vergroten. Mogelijk kunnen brede

"moeraszones" tot ontwikkeling worden gebracht, die zelf zorgen voor het rustige milieu waarbinnen veel moerasplanten goed functioneren. Een natuurlijker verloop van het waterpeil (hoog in winter en voorjaar, lager in de zomer) is hierbij van positieve invloed.

### Belangrijkste conclusies

- Het areaal ondergedoken waterplanten is het afgelopen decennium toegenomen. De exacte oorzaken van de toename zijn nog onbekend.
- De huidige oeverinrichting biedt weinig mogelijkheden voor waardevolle natte oevervegetaties. Een actieve aanpak middels de aanleg van zachte oevers, vooroevers en moerasontwikkeling kan leiden tot een belangrijke vergroting van het areaal natte biezen- en rietvelden. Daarnaast kan een natuurlijker peilbeheer de kwaliteit van de oevervegetatie verbeteren.

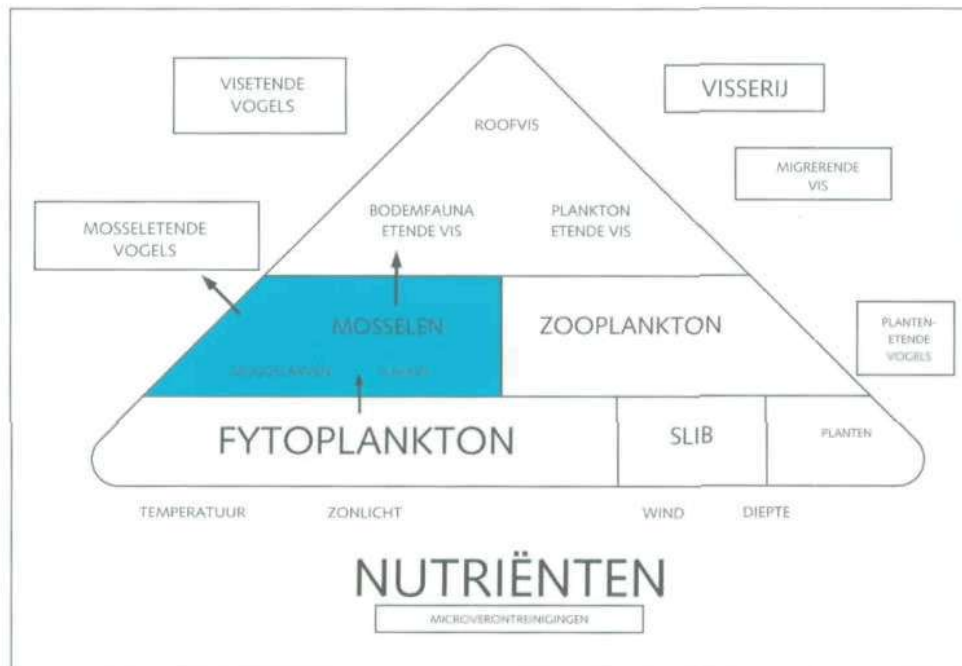


Foto 9

In de Gouwzee komt veel kranswier voor. De uitgestrekte kranswievelden bieden voor veel kleinere waterdieren, zoals slakken en kreeftachtigen een geschikt biotoop. Op de foto zijn kolonies met mosdierjes zichtbaar.

## 6. Macrofauna

Bram bij de Vaate en Marianne Greijdanus-Klaas (RIZA)



Ongewervelde dieren (macrofauna) vormen een hoofdonderdeel van de (bodem)voedselketen. De meeste dieren behoren tot de secundaire producenten, die leven van algen, detritus en bacteriën. Deze dieren vormen een belangrijke voedselbron voor vissen en vogels. Daarnaast komen ook tertiaire producenten voor. Dit zijn carnivoren die leven van andere macrofauna en soortgenoten.

De ongewervelde dieren zijn in het algemeen plaatsgebonden en daardoor sterk afhankelijk van de ter plaatse heersende milieuomstandigheden. Gevoelige soorten worden daarom beschouwd als geschikte indicatoren voor de lokale kwaliteit van het milieu. Niet alleen de waterkwaliteit, maar ook fysische componenten als stroomsnelheid, bodemsamenstelling, waterdiepte, e.d. spelen hierbij een rol.

De hoogste biomassa macrofauna wordt in het IJsselmeer-Markermeer traditioneel gevormd door Driehoeksmosselen. Deze organismen vormen zowel in termen van draagkracht (bottom-up; voedsel voor vogels en vissen) als in termen van consumptie (top-down; filtratie van algen en detritus) een factor van belang.

### Resultaten 1992

#### De diversiteit van de levensgemeenschap

Op de lokaties met slibrijk zand zijn de meeste taxa van ongewervelde dieren aangetroffen (tabel 1). Hoewel de verschillen niet significant zijn, lijkt er een afname van het aantal taxa op te treden met het grover worden van het bodemsubstraat. Op slechts één lokatie in het IJsselmeer is slibrijk zand aangetroffen. Omdat in de monsters van deze lokatie uitzonderlijk lage aantallen van ongewervelde dieren zijn aangetroffen is deze lokatie buiten beschouwing gelaten.

Verschillen in het voorkomen van taxa in de onderscheiden biotopen zijn vooral veroorzaakt door dansmuggen en weekdieren en in mindere mate door kreeftachtigen en bloedzuigers. In

fijn/medium zand zijn van al deze groepen de minste taxa aangetroffen (zie tabel 2). Van de in totaal 17 taxa van de dansmuggen zijn er slechts 3 tot 5 in fijn/medium zand in het IJsselmeer en het Markermeer/IJmeer aangetroffen. In slibrijk zand in de Gouwee daarentegen zijn 12 taxa van deze groep gevonden.

De soortenrijkdom bij de weekdieren is het grootst in de biotoop fijn zand van het IJsselmeer. Van de in totaal 11 aangetroffen taxa zijn er in deze biotoop in het IJsselmeer 10 gevonden; in fijn/medium zand van zowel het IJsselmeer als het Markermeer/IJmeer zijn slechts 4 taxa aangetroffen.

Een ander belangrijk verschil tussen het Markermeer/IJmeer en het IJsselmeer is het voorkomen

van mijten. Deze groep is nauwelijks in het Markermeer/IJmeer aangetroffen. In het IJsselmeer echter is hun dichtheid in de biotopen fijn en fijn/medium zand aanzienlijk. Omdat ze niet tot op soortsniveau zijn gedetermineerd, worden ze bij de bespreking van de resultaten verder buiten beschouwing gelaten. In het totaal aantal taxa (tabel 3) is ook de groep van de wormen buiten beschouwing gelaten.

#### Totale dichtheden

De totale dichtheden macrofauna zijn weergegeven in tabel 3.

Evenals bij het aantal taxa lijkt ook de dichtheid van de ongewervelde dieren af te nemen met een toename van de korrelgrootte van de bodem. Ook hier zijn de verschillen echter niet significant. De hoogste gemiddelde dichtheden per biotoop zijn aangetroffen in het Markermeer/IJmeer. In de biotopen slibrijk zand en fijn zand zijn het vooral de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en de Tijgervlokreeft (*Gammarus tigrinus*) die verantwoordelijk zijn voor deze hoge dichtheden, in de biotoop fijn/medium zand zijn dat de vedermuggen (*Chironomus spec.*), het dansmuggentaxon (*Glyptotendipes gr. pallens*) en in mindere mate eveneens de Tijgervlokreeft (tabel 4). Dat de gemiddelde dichtheden van

Tabel 1

Het minimum, gemiddelde en maximum aantal aangetroffen taxa per lokatie, onderverdeeld naar biotopen in de onderscheiden gebieden. The minimum, average and maximum number of taxa encountered per site, divided into the biotopes of the respective areas.

Biotoop / Biotope	Aantal taxa / Number of taxa								
	IJsselmeer			Marker-/IJmeer			Gouwee		
	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.
slibrijk zand / silty sand				12	18	21	19	20	21
fijn zand / fine-grained sand	4	10	15	9	12	17			
fijn/medium zand									
fine-grained / medium sand	6	8	10						



Hoofdgroep / Division	Aantal taxa / Number of taxa						
	slibrijk zand / silty sand		fijn zand / fine-grained sand		fijn/medium zand / fine-grained/medium sand		Totaal / Total
	MM	GZ	YM	MM	YM	MM	
Hirudinea (bloedzuigers)	3	4	5	3	2	2	5
Crustacea (kreeftachtigen)	3	4	4	4	1	2	6
Trichoptera (kokerjuffers)	2	2	1	1	0	2	2
Ephemeroptera (eendagsvliegen)	0	1	0	0	0	0	1
Lepidoptera (vlinders)	1	1	0	0	0	0	1
Chironomidae (dansmuggen)	7	12	10	11	3	5	17
Mollusca (weekdieren)	8	6	10	5	4	4	11

Tabel 2

Aantal taxa per hoofdgroep per biotoop in onderscheiden gebieden. (YM = IJsselmeer, MM = Markermeer en IJmeer, GZ = Gouwee). Number of taxa per division per biotope in the respective areas (YM = IJsselmeer, MM = Markermeer en IJmeer, GZ = Gouwee).

Gebied / Area	Biotoop / biotope	Gemiddeld aantal / Average number	95% betr.	s.e.
IJsselmeer	fijn zand / fine-grained sand	4,9	2,5 - 5,8	0,1
	fijn medium zand / fine-grained/medium sand	3,6	2,1 - 6,2	0,1
Marker-/IJmeer	slibrijk zand / silty sand	10,8	5,5 - 21,1	0,1
	fijn zand / fine-grained sand	9,7	4,5 - 20,8	0,2
	fijn medium zand / fine-grained/medium sand	5,5	2,6 - 11,6	0,1
Gouwee	slibrijk zand / silty sand	3,8	2,1 - 6,9	0,1

Tabel 3

Het gemiddeld aantal ongewervelde dieren per 35 cm<sup>2</sup>, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de standaardfout per biotoop in de onderscheiden gebieden. Average number of invertebrates per 35 cm<sup>2</sup>, the 95% reliability interval and the standard deviation per biotope in the respective areas.

ongewervelde dieren in vergelijkbare biotopen in het IJsselmeer beduidend lager liggen dan in het Markermeer/IJmeer kan te maken hebben met het feit dat de stand van benthivore vissen (soorten die bodemdieren eten, zoals Brasem en Blankvoorn) in het IJsselmeer aanzienlijk hoger is (zie hoofdstuk 4).

### Dominante en subdominante taxa

De dominante en subdominante taxa in de verschillende biotopen worden weergegeven in tabel 4. Onderstaand worden deze besproken. Tevens wordt enige auto-ecologische informatie gegeven.

#### Driehoeksmossel

De Driehoeksmossel is een filter-feeder. Het voedsel, voornamelijk bestaande uit fytoplankton, wordt uit het water gefiltreerd. Ze bewonen harde substraten in zowel stromende als stagnerende wateren. Met byssusdraden hechten ze zich daarop vast. Het is een soort die oorspronkelijk niet in West-Europa thuis hoorde. In 1827 werden Driehoeksmosselen voor het eerst in Nederland waargenomen (Van Benthem Jutting 1922). Binnen enkele jaren na de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 was het toen ontstane IJ-

sselmeer door de Driehoeksmossel gekoloniseerd (Havinga 1941). Vóór de afsluiting was reeds een populatie van bescheiden omvang in het oostelijk deel van het gebied aanwezig, namelijk in de brak tot zoete IJsseldelta (Wibaut-Isebre Moens 1954). Aangenomen wordt dan ook dat

Tabel 4

Dominante (XX) en subdominante (X) taxa per biotoop in onderscheiden gebieden (YM = IJsselmeer, MM = Markermeer en IJmeer, GZ = Gouwee). Een taxon is dominant genoemd als de levensgemeenschap in een biotoop er voor 20% of meer uit bestaat. Taxa die voor 20% of meer deel uitmaken van de levensgemeenschap minus de dominante soorten worden subdominant genoemd (Franzen 1991). Dominant (XX) and subdominant (X) taxa per biotope in the respective areas (YM = IJsselmeer, MM = Markermeer en IJmeer, GZ = Gouwee). A taxon is classified as dominant if it accounts for 20% or more of the biotic community of a biotope. Taxa that make up 20% or more of the biotic community minus the dominant species are termed subdominant (Franzen 1991).

Taxon	Biotoop en gebied / Biotope area							
	slibrijk zand / silty sand			fijn zand / fine-grained sand		fijn/medium zand / fine-grained/medium sand		
	YM	MM	GZ	YM	MM	YM	MM	
Dreissena polymorpha (Driehoeksmossel)	XX	XX	XX	XX	XX			
Gammarus tigrinus (Tijgervlokreeft)	XX	X		X	X			X
Pisidium sp. (erwtmosselen)	XX				X			XX
Chironomus sp. (vedermug)			X					XX
Glyptotendipes gr. pallens (dansmug)			X					XX
Cladotanytarsus sp. (dansmug)					X			
Potamopyrgus antipodarum (Jenkins brakwaterslakje)					XX			X
Valvata piscinalis (Vijverpluimdrager)								X

van daar uit het totale gebied gekoloniseerd is (Van Benthem Jutting, 1954).

Uit de resultaten van de monitoring (tabel 4) blijkt dat Driehoeksmosselen in alle biotopen dominant zijn behalve op het slibrijke zand in het IJsselmeer en op het fijn/medium zand in het Markermeer/IJmeer. In deze beide biotopen zijn ze overigens wel aangetroffen.

In het IJsselmeer zijn de Driehoeksmosselen voornamelijk aangetroffen in:

- een gebied gevormd door het Breezand, de Middelgronden, Knokkels en Munnikplaat;
- een gebied gevormd door de Wieringer Vlaak, Oude Zeug, Gammels en Kreupel;
- het gebied ten zuiden van de lijn Enkhuizen-Rotterdamsche Hoek (Noordoostpolder).

In het Markermeer zijn vrijwel uitsluitend Driehoeksmosselen aangetroffen in het centrale deel en in het overgangsgebied met het IJmeer. In beide gebieden zijn, in vergelijking met de mosselrijke gebieden in het IJsselmeer, de aangetroffen hoeveelheden echter gering.

#### Tijgervlokreeft

Ook de Tijgervlokreeft is een immigrant en komt

oorspronkelijk uit Noord-Amerika. Evenals de Driehoeksmossel is het een dominante soort in het Nederlandse deel van de Rijn (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas 1991, 1993). De introductie in Nederland moet in het begin van de zestiger jaren hebben plaatsgevonden (Pinkster & Platvoet 1986). Door o.a. het relatief grote aantal generaties per jaar is de soort een duidelijke concurrent voor de inheemse soorten. In 1965 werd de Tijgervlokreeft voor het eerst massaal in het IJsselmeer waargenomen (Heermans 1972). Evenals de overige soorten vlokreeften leeft de Tijgervlokreeft vlak boven de bodem. Obstakels en oneffenheden in de bodem worden gebruikt als schuilgelegenheden. Vlokreeften zijn alleseters en zijn op hun beurt weer een belangrijke voedselbron voor vissen.

Uit de resultaten van de monitoring blijkt dat de Tijgervlokreeft vrijwel overal in dominante of subdominante dichtheden voorkomt. Alleen op het slibrijke zand in de Gouwezee en op het fijn/medium zand in het IJsselmeer zijn de dichtheden t.o.v. andere taxa dermate laag dat ze niet tot de groep van de (sub-)dominante taxa kunnen worden gerekend.

#### Erwtmosselen

Anders dan Driehoeksmosselen leven erwtmosselen in diverse bodemtypen. Het zijn deposit-feeders, wat betekent dat ze gesedimenteed organisch materiaal (detritus) als voedselbron benutten. In het IJsselmeergebied zal dat voornamelijk afgestorven fytoplankton zijn.

Uit de resultaten van de monitoring blijkt dat de erwtmosselen (*Pisidium* spp.) als geslacht vooral belangrijk zijn in het IJsselmeer. De aangetroffen individuen zijn niet tot op de soort gedetermineerd. Bekend is echter dat recent tenminste vijf soorten van dit geslacht in het IJsselmeer voorkomen. Van Bethem Jutting (1954) vond in de periode 1933-1943 zeven soorten.

Het *Jenkins brakwaterslakje* (*Potamopyrgus antipodarum*) is een soort die oorspronkelijk niet in Nederland voorkwam. Men veronderstelt dat de soort afkomstig is uit Nieuw Zeeland (o.a. Roth

1987). De eerste waarnemingen in Nederland dateren van 1913 (Adam 1942). Aan het substraat worden geen bijzondere eisen gesteld. Zowel zachte bodems als harde voorwerpen worden gekoloniseerd. Predatie door zowel vissen (Fretter & Graham 1978) als door duikende soorten als Tafeleend en Kuifeend (Crozet *et al.* 1980) is vastgesteld.

Uit de monitoring blijkt dat het Jenkins brakwaterslakje alleen dominant is in de biotoop fijn zand in het Markermeer/IJmeer.

De *Vijverpluimdrager* (*Valvata piscinalis*) is een

algemeen voorkomende slakken-soort in vrijwel alle watertypen in Nederland zonder duidelijke voorkeur voor specifieke biotopen (Cleland 1954). Verwacht mag worden dat ook deze slak door vissen en duikenden gegeten kan worden. Bekend is dat de Vijverpluimdrager de tussengastheer is voor trematoden van het geslacht *Cotylurus*. Massale sterfte onder de Pos en de Spiering in het IJsselmeergebied kan wellicht aan het voorkomen van deze trematoden worden geweten. Ook onder visetende watervogels kan, na het eten van besmette vis, sterfte optreden (Swennen 1981).



Foto 10

De macrofauna is bemonsterd met een Akkermanboor (25 cm<sup>2</sup>), een Van Veenhapper (440 cm<sup>2</sup>) en een box-corer (780 cm<sup>2</sup>). De bemonstering heeft zich beperkt tot de meest voorkomende bodemtypen, welke op basis van bekende gegevens (Van Eerden & Bij de Vaate 1984, De Jong & Bij de Vaate 1989) vooraf waren vastgesteld. Voor een verdere beschrijving wordt verwezen naar de standaardvoorschriften die zijn opgesteld ten behoeve van de MWTL.

Na de uitvoering van het bemonsteringsprogramma bleek dat de bodemsamenstelling niet overeenkwam met deze gegevens (zie tabel). Hierdoor is de biotoop zandrijk slib in het geheel niet bemonsterd en bleken de gekozen lokaties niet evenredig verdeeld te zijn over de onderscheiden biotopen.

#### Overzicht van het aantal bemonsteringen in een bepaald biotoop

Gebied	Bodemtype		
	Slibrijk zand	Fijn zand	Fijn/medium zand
IJsselmeer	1	9	2
Marker-/IJmeer	4	6	1
Gouwezee	3		

Van alle gevangen organismen op de Driehoeksmossel na is de soortensamenstelling en het aantal bepaald. Van de Driehoeksmossel is het biovolume bepaald.

Het totale IJsselmeergebied kon niet in één periode worden bemonsterd. Het IJsselmeer is in het najaar van 1992 bemonsterd, het Markermeer en het IJmeer in het najaar van 1993. In de Gouwezee heeft geen inventarisatie van Driehoeksmosselen plaatsgevonden.



De Vijverpluimdrager is alleen in het biotoop fijn/medium zand in het IJsselmeer als subdominante soort aangetroffen.

**Vedermuggen** (*Chironomus* sp.) komen voor in vrijwel alle watertypen. In het algemeen hebben ze een voorkeur voor de wat zachtere modderbodems. De meeste soorten zijn ongevoelig voor organische verontreinigingen en zeer lage zuurstofgehalten (Möller Pillot & Buskens 1990). Daarom zijn relatief hoge dichtheden van Chironomus-larven indicatief voor organische verontreiniging (Hawkes 1979) en wellicht ook voor relatief hoge concentraties van detritus op bodems, waardoor lage zuurstofspanningen in de toplaag kunnen optreden. Moore (1979) beschouwt de zuurstofspanning in de toplaag van de bodem als de belangrijkste faktor in het voorkomen van muggelarven. Het voedsel van vedermuggen tenslotte bestaat ook grotendeels uit detritus. Muggelarven vormen op hun beurt weer een belangrijke voedselbron voor benthivore vis (o.a. Brasem).

De vedermug *Chironomus* sp. is alleen dominant aangetroffen in het biotoop fijn/medium zand in het Markermeer.

Van de **dansmuggen** zijn twee taxa aangetroffen. De dansmug *Glyptotendipes* gr. *pallens* is volgens Möller Pillot & Buskens (1990) een algemene soort in eutrofe wateren. Het is een bewoner van harde substraten en komt vooral voor op planten waarop ze zich als mineerder gedragen (Reiss 1968). Het feit dat dit taxon veelvuldig is aangetroffen in de biotopen slibrijk zand en fijn/medium zand in het Markermeer geeft aan dat de ecologische amplitude groter is dan tot nu toe verondersteld.

Larven van het dansmuggengeslacht *Cladotanytarsus* zijn bewoners van kale zandbodems. In heldere wateren worden sessiele kiezelalgen benut als voedsel. Dit zal in het Markermeer/IJmeer, waar dit geslacht dominant was, waarschijnlijk niet het geval geweest zijn omdat het doorzicht daar te gering is om groei van kiezelalgen op de bodem te veronderstellen. Wellicht dat gesedimenteerde fytoplankton en/of detritus hier de voornaamste voedselbron vormt. Het geslacht *Cladotanytarsus* is intolerant voor organi-

sche verontreinigingen (Wilson & McGill 1982). Het is alleen subdominant aangetroffen in het biotoop fijn zand in het Markermeer.

### Bijzondere soorten

Naast de genoemde vrij algemene taxa is er nog een aantal bijzondere soorten aangetroffen.

In de Gouwzee is de kreeftachtige *Cyathura carinata* gevonden. Het is een soort die voorkomt in brakke wateren (Holthuis 1956). Waarschijnlijk is deze soort met het uitgeslagen brakke water uit de omliggende polders (Van der Hammen 1992) in de Gouwzee terecht gekomen.

Zowel in de Gouwzee als in het Markermeer/IJmeer is een tweede brakwater kreeftachtige waargenomen, n.l. de soort *Corophium lacustre*. Ook deze soort kan met het uitgeslagen polderwater of vanuit het Binnen IJ het IJsselmeergebied zijn binnengedrongen.

In beide deelgebieden werd ook de rheofiele (stromingminnende) waterslak *Theodoxus fluviatilis* (Zoetwaterriet) aangetroffen. Deze soort komt overigens ook voor op de stenen in de oeverzone in beide gebieden (Bij de Vaate ongepubl. geg.). Bekend is dat vanwege golfslag, waardoor op beperkte schaal stromingen worden opgewekt, in het litoraal geschikte habitats kunnen ontstaan voor rheofiele soorten. Echter deze soort is nog nooit eerder in bodemmonsters aangetroffen omdat het tevens een soort is met een voorkeur voor harde substraten.

Tenslotte is in de biotoop fijn zand in het IJsselmeer eveneens een rheofiele zoetwaterslak aangetroffen. Het betreft de Eeltslak (*Lithoglyphus naticoides*), een soort die al eens eerder in deze biotoop is aangetroffen (Bij de Vaate & Van Eerden 1990). Kennelijk weet zich een populatie in het IJsselmeer in stand te houden. Omdat het een soort is van benedenlopen van rivieren (Krause 1949) zullen de eisen die de soort stelt aan stroming niet bijzonder hoog zijn.

## Ontwikkelingen

### Historische gegevens

Over de ongewervelde dieren in het IJsselmeer-

gebied in de periode 1932-1992 zijn slechts fragmentarische gegevens bekend. Daarbij komt dat de bemonsterde biotopen in het algemeen niet voldoende zijn gedefinieerd. Vergelijkingen met eerder uitgevoerd onderzoek zijn dus nauwelijks te maken. Ook waren in de literatuur geen relevante gegevens te vinden over levensgemeenschappen van ongewervelde dieren in zoetwatermeren ter grootte van het IJsselmeer en Markermeer, die gelegen zijn in alluviale gebieden en in een vergelijkbare klimaatzone. Alleen het voorkomen van Driehoeksmosselen is regelmatig in kaart gebracht. Hierop wordt onderstaand ingegaan.

### De ontwikkeling van de Driehoeksmossel

De beschikbare informatie van de ontwikkeling van de Driehoeksmossel is gegeven in figuur 1 (IJsselmeer) en figuur 2 (Markermeer).

#### IJsselmeer

Voor het IJsselmeer zijn een viertal inventarisaties bekend:

- In 1968 en 1969 (Van Soest, 1970)
- In 1976 (van der Wal, 1979)
- In 1981 (Bij de Vaate, 1991)
- In 1992 (dit rapport)

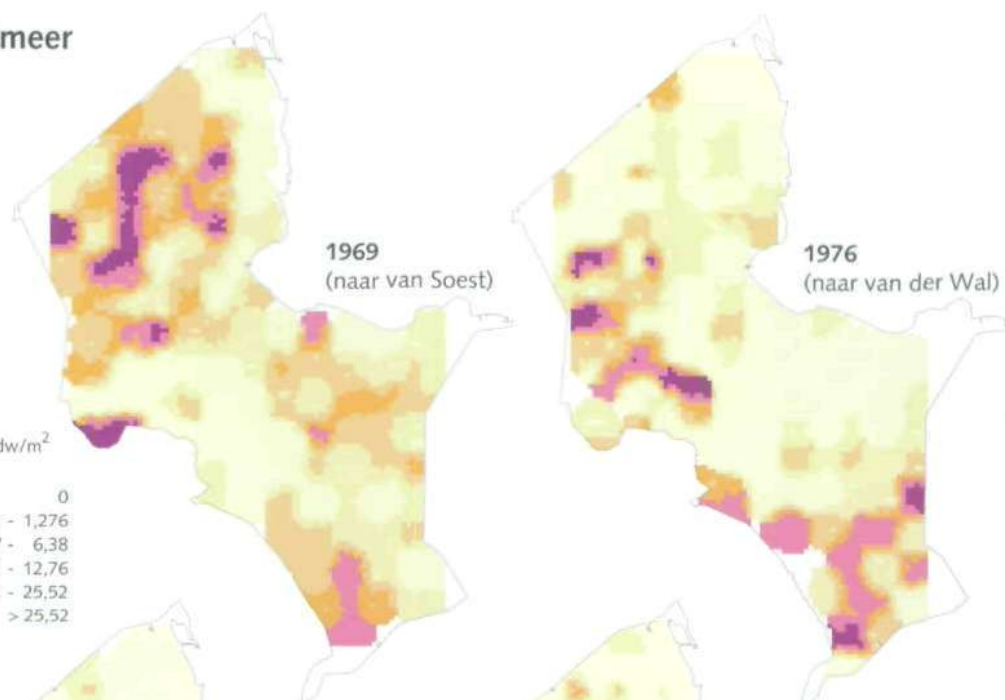
Onderstaand worden deze opnamen besproken en globaal vergeleken met de opname in 1992. Een goede vergelijking tussen de dichtheden in 1992 en in de voorafgaande jaren is echter moeilijk te maken. In 1992 is het biovolume bepaald als maat voor de biomassa, daarvoor zijn uitsluitend aantallen bepaald.

De eerste kwantitatieve informatie is van Van Soest (1970) die in 1968 en 1969 het huidige IJsselmeer en het noordelijk deel van het Markermeer (de dijk Enkhuizen-Lelystad moest nog aangelegd worden) min of meer systematisch inventariseerde. Belangrijke concentraties van Driehoeksmosselen in het IJsselmeer werden in dezelfde gebieden aangetroffen als in 1992. Daarnaast werden ze ook aangetroffen in het gebied wat thans het noordelijk deel van het Markermeer is.

## Driehoeksmossel IJsselmeer

### Zebra mussel IJsselmeer

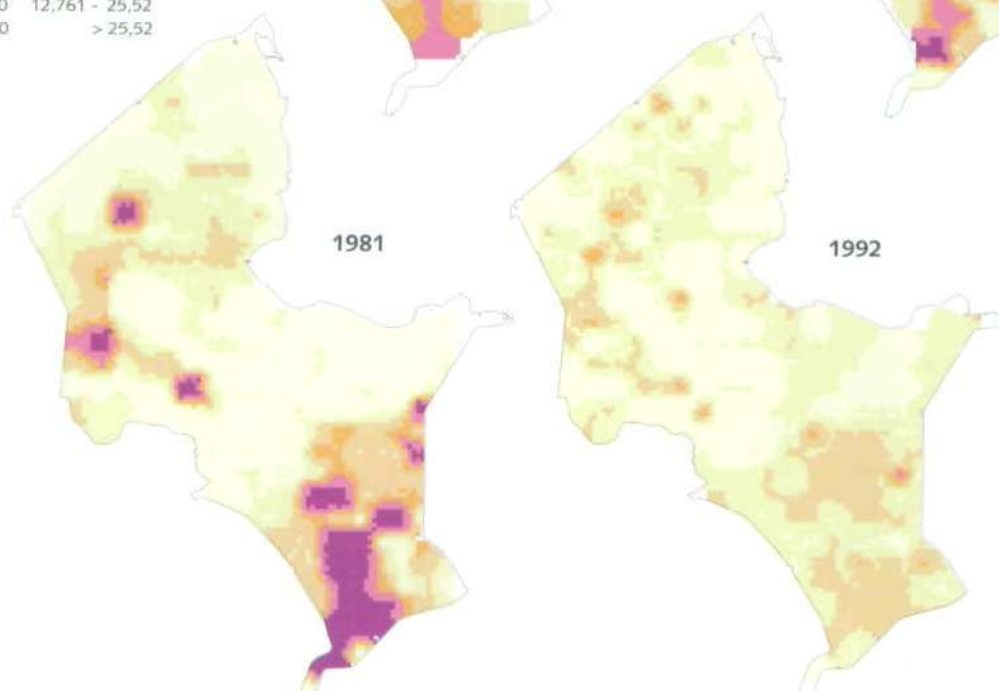
aantal/m <sup>2</sup> number/m <sup>2</sup>	biovol./m <sup>2</sup>	adw/m <sup>2</sup>
0	0	0
1 - 100	0,01 - 29	0,001 - 1,276
101 - 500	29,01 - 145	1,277 - 6,38
501 - 1000	145,01 - 290	6,381 - 12,76
1001 - 2000	290,01 - 580	12,761 - 25,52
> 2000	> 580	> 25,52



**Figuur 1**

De vier inventarisaties van Driehoeksmosselen laten zien dat de aantallen en verspreiding van Driehoeksmosselen in het IJsselmeer tot 1981 vrij constant is. In zowel het Markermeer als het IJsselmeer is er in 1992/1993 een duidelijke afname te constateren ten opzichte van de inventarisatie in 1981.

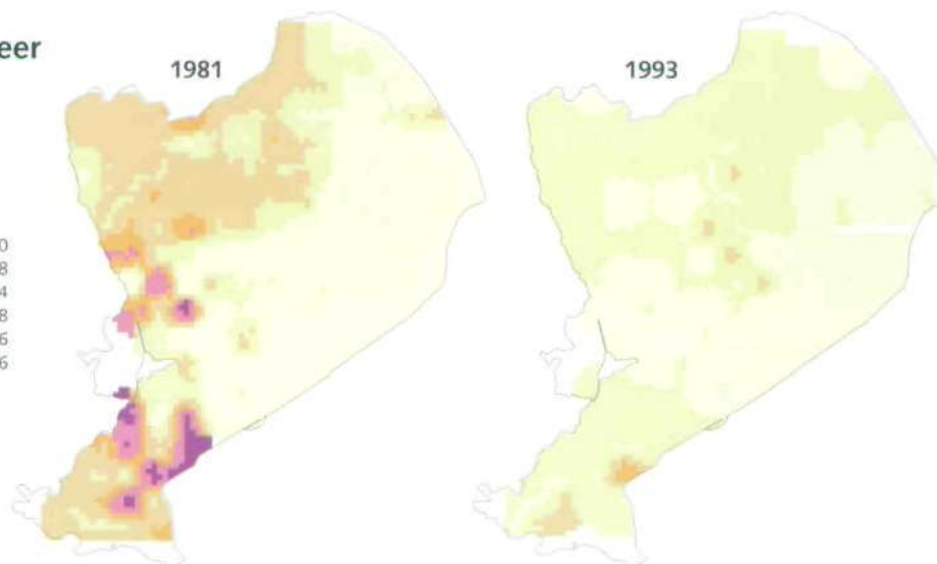
*Four inventories of the population of Zebra Mussel reveal that the number and distribution of Zebra Mussel in the IJsselmeer lake are fairly stable until 1981. In 1992/1993 a clear decline was seen in both lakes.*



## Driehoeksmossel Markermeer

### Zebra mussel Markermeer

aantal/m <sup>2</sup> number/m <sup>2</sup>	biovol./m <sup>2</sup>	adw/m <sup>2</sup>
0	0	0
1 - 100	0,01 - 12	0,001 - 0,588
101 - 500	12,01 - 60	0,589 - 2,94
501 - 1000	60,01 - 120	2,941 - 5,88
1001 - 2000	120,01 - 240	5,881 - 11,76
> 2000	> 240	> 11,76





**Foto 11**

De Driehoeksmossel is een 'filter-feeder', dat wil zeggen dat de Driehoeksmossel het voedsel (detritus en algen) uit het water filtert. Onderzoek heeft aangetoond dat bij hoge aantallen driehoeksmosselen de hoeveelheid uit het water gefilterde algen dermate groot is dat het doorzicht in de waterkolom verbetert. Of de driehoeksmosselpopulatie in het IJsselmeer en Markermeer een positieve invloed op het doorzicht hebben is waarschijnlijk maar nog niet aangetoond.



In 1976 voerde Van der Wal (1979) opnieuw een inventarisatie uit. De dijk Enkhuzen-Lelystad was inmiddels aangelegd waardoor het Markermeer was ontstaan. De inventarisaties van Van der Wal beperkten zich hoofdzakelijk tot het IJsselmeer. In het Markermeer werd geïnventariseerd op een betrekkelijk gering aantal lokaties in het westelijk deel. In grote lijnen kwam de verspreiding van de Driehoeksmosselen in het IJsselmeer toen ook goed overeen met de situatie zoals die in 1992 werd aangetroffen.

Het totale IJsselmeergebied (exclusief de Gouwezee) werd geïnventariseerd in 1981 (Bij de Vaate 1991). Opnieuw was de verspreiding van Driehoeksmosselen in het IJsselmeer vergelijkbaar met die in 1992.

**Markermeer; de invloed van slib**

Van het Markermeer zijn een tweetal opnamen bekend van na de aanleg van de Houtribdijk in 1975:

- Een opname in 1981 (Bij de Vaate 1991)
- De opname in 1993 (dit rapport)

In 1981 werden Driehoeksmosselen vrijwel uit-

sluitend aangetroffen ten westen van de lijn Enkhuzen-Blocq van Kuffeler (Zuidelijk Flevoland) en in het gehele IJmeer met uitzondering van de gebaggerde vaargeulen en de zandwinputten (zie figuur 1).

Bij de inventarisatie in 1993 is een zeer duidelijke achteruitgang te constateren in de verspreiding in het gebied ten westen van de lijn Enkhuzen-Blocq van Kuffeler. Zo werden in het gebied ten zuiden van Enkhuzen, in de Hoornse Hop en in het gebied onmiddellijk ten zuiden daarvan nauwelijks nog Driehoeksmosselen aangetroffen, dit in tegenstelling tot 1981. Een oriënterend onderzoek naar de oorzaak van deze achteruitgang (Bij de Vaate 1994) heeft uitgewezen dat de toplaag van de bodem in deze gebieden thans op vele plaatsen bestaat uit een laag *slib* met een dikte van 5 tot 10 cm. Onder deze laag slib, de zogenaamde IJsselmeerafzetting, worden de schelpresten van mariene oorsprong aangetroffen die in de periode daarvoor dienden als aanhechtingssubstraat voor de Driehoeksmosselen. Veranderingen in het sedimentatiepatroon van het opgewervelde bodemmateriaal moeten de oorzaak zijn van de achteruitgang van de Driehoeksmosselen in het Markermeer. Ook andere

macrofauna blijkt in fijn slib slechts in geringe dichtheden voor te komen (o.a. Bij de Vaate en Wanink 1985).

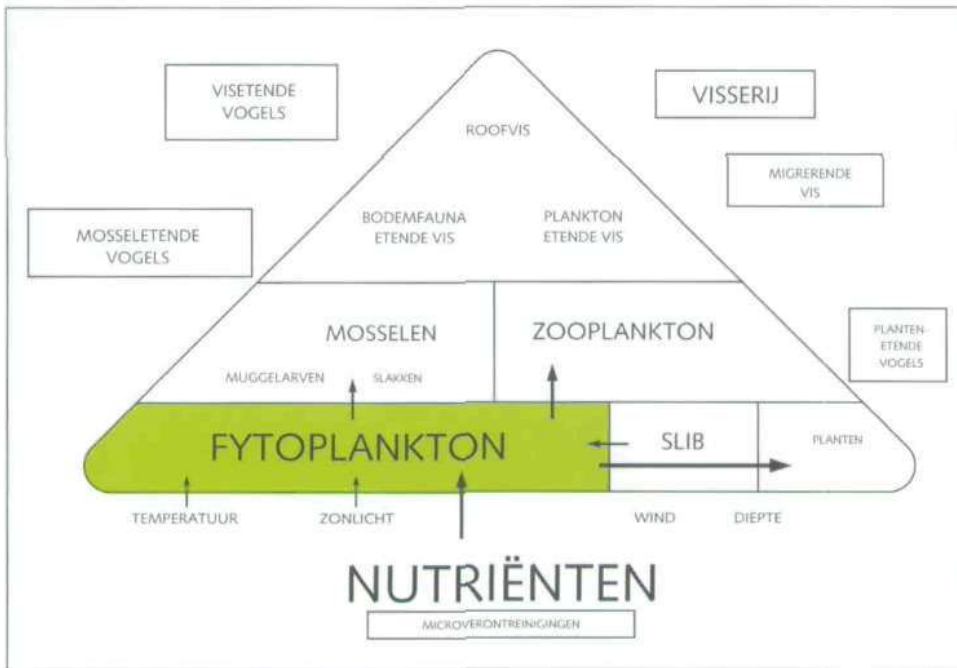
De achteruitgang van de populatie Driehoeksmosselen in het IJsselmeer heeft wellicht twee oorzaken. Vooral het zuidelijke deel van de populatie ondervindt hinder van de toegenomen sedimentatie. Dit als gevolg van de aanleg van de van de Houtribdijk (1975). De afname van het noordelijke deel van de populatie is wellicht het gevolg van de toegenomen predatiedruk van duikeenden (m.n. Toppereenden) door de afname van de overige Driehoeksmosselgebieden.

**Belangrijkste conclusies**

- Van de macrofauna in het IJsselmeer-Markermeer zijn slechts weinig gegevens beschikbaar. De meeste informatie is bekend van Driehoeksmosselen.
- In zowel het Markermeer als het IJsselmeer is een sterke achteruitgang van de populatie Driehoeksmosselen geconstateerd. Waarschijnlijk hangt dit samen met de aanwezigheid van een dunne laag slib op de bodem.

# 7. Fytoplankton

Ronald Bijkerk (Koeman en Bijkerk bv.)



Fytoplankton is de verzamelnaam voor zwevende algen. Deze algen (wieren) zijn de belangrijkste primaire producenten in het IJsselmeer en Markermeer. Fytoplankton kan worden ingedeeld in groepen, waarvan diatomeeën (kiezelwieren), groenwieren, blauwwieren en cryptofyten de belangrijkste zijn in het IJsselmeer en Markermeer. Fytoplankton wordt geconsumeerd door zoöplankton en Driehoeksmosselen. Afgestorven fytoplankton (detritus) is belangrijk voedsel voor macrofauna zoals muggelarven.

Het beheer van de Nederlandse meren en plaspen is erop gericht de dominantie van het fytoplankton te doorbreken. Het verlagen van de nutriëntenbelasting (de bottom-up) en het bevorderen van waterplanten zijn hiervoor geeignende instrumenten. Maar ook het versterken van de consumptie van het fytoplankton door zoöplankton en Driehoeksmosselen (top-down benadering) is van belang. Een actief beheer van de visstand (reductie planktivore en benthivore vis, stimulatie roofvis) kan hierbij een belangrijke rol spelen.

In het IJsselmeer en Markermeer worden de hoeveelheid en soortensamenstelling van het fytoplankton bepaald door de beschikbaarheid van voedingsstoffen en licht. Belangrijke nutriënten zijn fosfor, stikstof en silicium. In het Markermeer zijn de gehalten van de opgeloste nutriënten lager dan in het IJsselmeer. Door de hogere zwevend stofgehalten is de gemiddelde hoeveelheid licht in de waterkolom eveneens lager dan in het IJsselmeer. Een gevolg van deze verschillen is dat de algenbiomassa, gemeten als het chlorofyl- $\alpha$  gehalte, in het Markermeer lager is.

## Resultaten 1992

### Algenbiomassa

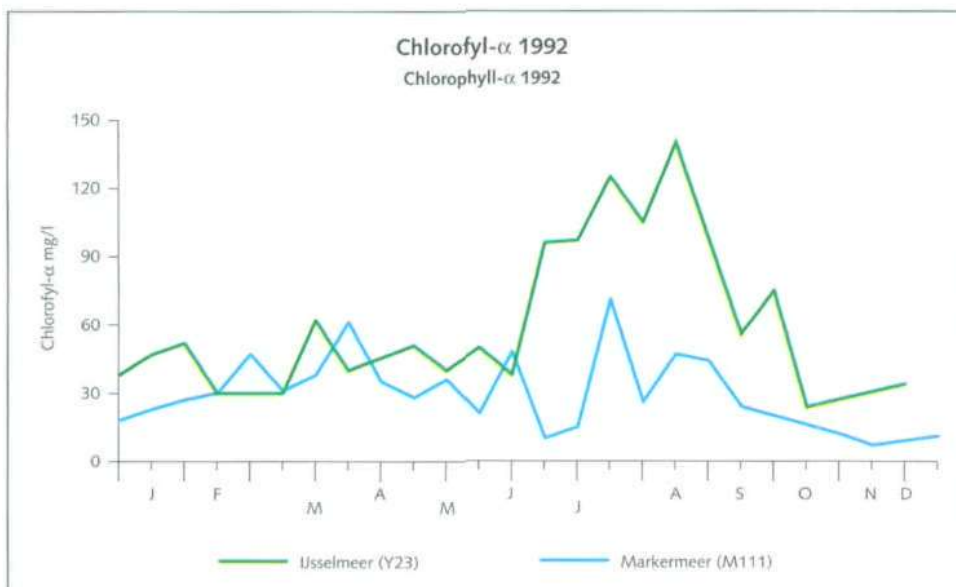
Het verloop in algenbiomassa in het IJsselmeer en Markermeer, uitgedrukt in het chlorofyl- $\alpha$  gehalte, wordt weergegeven in figuur 1.

Het zomergemiddelde gehalte van chlorofyl- $\alpha$  ligt beneden de grenswaarde van 100  $\mu\text{g/l}$ , maar boven de streefwaarde van de voorlopige IJssel-

meeramoerbe (20-30  $\mu\text{g/l}$ , zie Werkgroep WSV 1993). In het IJsselmeer zijn de zomergemiddelde gehalten ongeveer twee maal hoger dan in het Markermeer. Dit verschil treedt vooral op in de tweede helft van de zomer, wanneer in het IJsselmeer in tegenstelling tot het Markermeer hoge chlorofyl- $\alpha$  gehalten van 80-150  $\mu\text{g/l}$  voorkomen. In het voorjaar zijn de gehalten veelal vergelijkbaar, vermoedelijk door de hogere graas-

druk van zoöplankton in het IJsselmeer (zie hoofdstuk 8 over zoöplankton). De verschillen in de tweede helft van de zomer kunnen toegeschreven worden aan het ongunstiger lichtklimaat en de lagere stikstofgehalten in het Markermeer. Berger c.s. (1986) menen dat de groei van het fytoplankton in het Markermeer vermoedelijk nooit optimaal is, door de sterke wisselingen in slibgehalte en lichtklimaat en het van tijd tot tijd lage aanbod van voedingsstoffen.

Op het zuidelijke monsterpunt van het IJsselmeer ligt de algenbiomassa duidelijk lager dan in het midden en het noorden. Dit hangt samen met de instroom van IJsselwater dat relatief veel voedingsstoffen bevat (Vrind *et al.* 1995). Eenmaal aangekomen in het IJsselmeer worden deze nutriënten gedurende het transport noordwaarts geleidelijk vertaald in algenbiomassa. Dit verschijnsel veroorzaakt een duidelijke zuid-noord gradiënt in de dichtheid van het zoöplankton



**Figuur 1**  
Het verloop van het chlorofyl- $\alpha$  gehalte, als maat voor de biomassa in het IJsselmeer en Markermeer.  
Seasonal change of chlorophyll- $\alpha$  concentration as indicator of biomass of phytoplankton in lake IJsselmeer and lake Markermeer.





Foto 12

Het fytoplankton is in het peiljaar op zes locaties, tweewekelijks bemonsterd met behulp van een steekbuis. Van deze monsters wordt onder een microscoop vastgesteld wat de soortensamenstelling van de fytoplanktongemeenschap is. Van het monster wordt ook het chlorofyl- $\alpha$  gehalte bepaald. Dit chlorofyl- $\alpha$  gehalte is een veelgebruikte maat voor de hoeveelheid fytoplankton. De bemonsteringslocaties voor fytoplankton zijn afgestemd op de locaties van het chemisch meetnet en zoöplankton. Voor gedetailleerde informatie over de monitoringsmethodiek wordt verwezen naar het RIZA werkdocument 91.152 ax.

(zie hoofdstuk 8).

### Soortensamenstelling en dichtheid

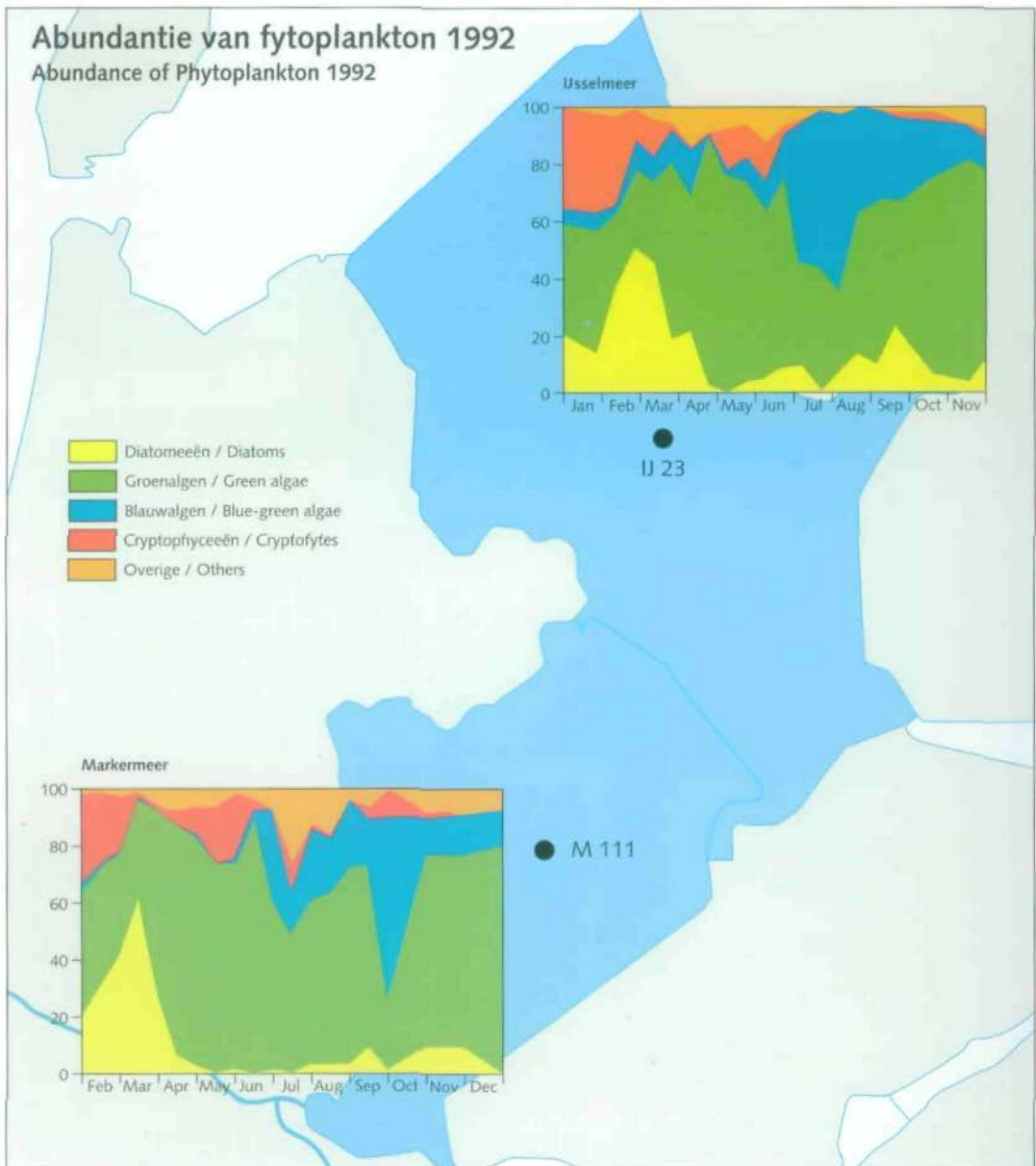
Het verloop in de biomassabijdrage van fytoplanktongroepen op een monsterpunt in het IJsselmeer en Markermeer is weergegeven in figuur 2. In figuur 3 en 4 is op diverse monsterpunten het verloop in dichtheid van verschillende hoofdgroepen weergegeven.

In 1992 worden in het IJsselmeer en Markermeer dezelfde fytoplanktonsoorten aangetroffen. Wel zijn er een aantal duidelijke verschillen in dichtheden van sommige soorten. Groenwieren, met

als belangrijkste vertegenwoordiger *Scenedesmus*, overheersen een groot gedeelte van het jaar. In het vroege voorjaar wordt deze dominantie onderbroken door diatomeeën, die bij de nog lage watertemperaturen sneller kunnen groeien dan groenwieren. Talrijk zijn *Diatoma tenuis*, *Asterionella formosa* en een groot aantal niet-geïdentificeerde pennate diatomeeën. Belangrijke vertegenwoordigers onder de centrale diatomeeën zijn *Skeletonema subsalsum* en *Stephanodiscus hantzschii*. Vanaf juni neemt het aandeel blauwieren toe met diverse soorten, waarvan *Aphanocapsa elachista* en *Aphanizomenon flos-aquae* op alle meetpunten veel worden waarge-

## Abundantie van fytoplankton 1992

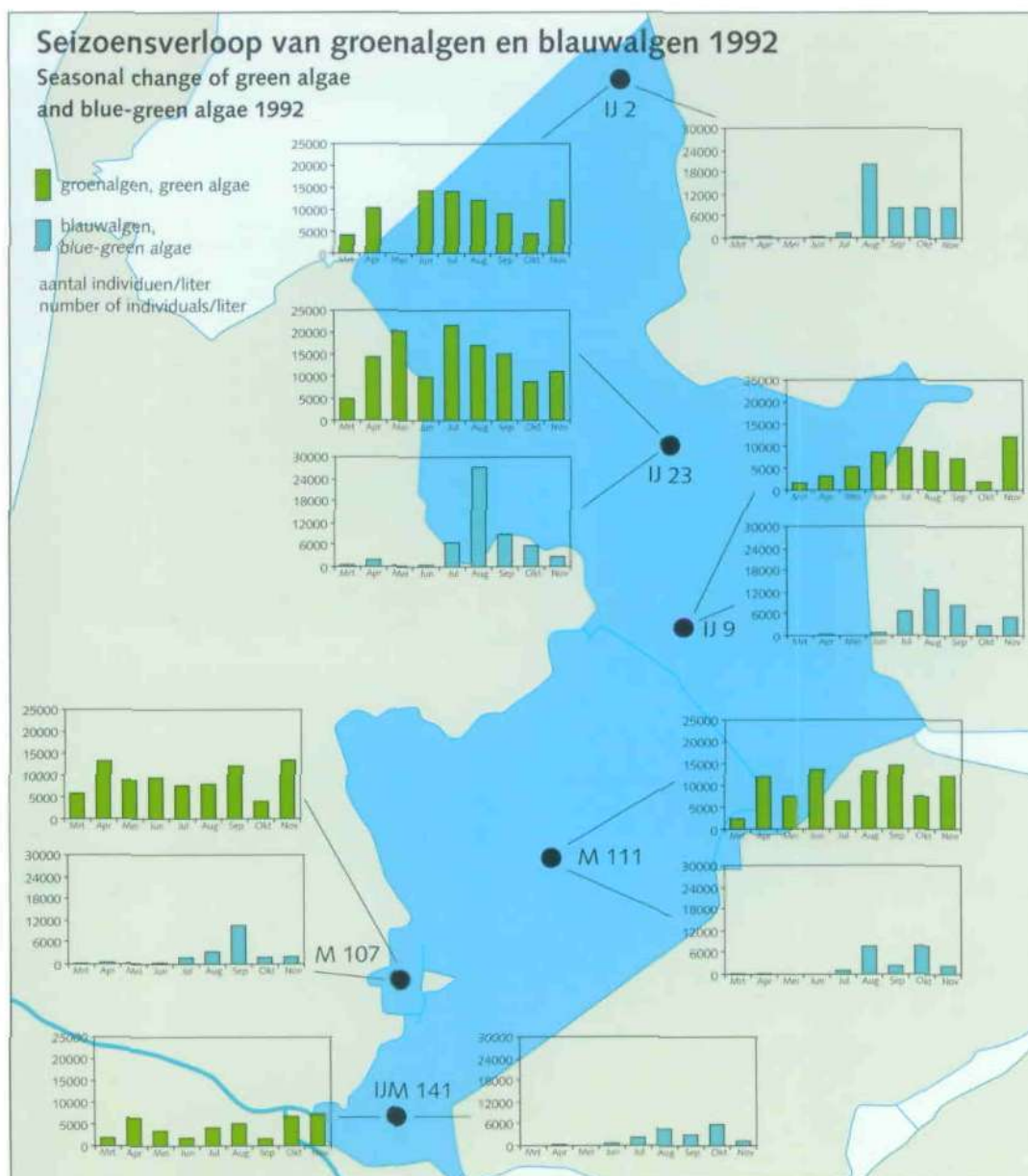
### Abundance of Phytoplankton 1992



Figuur 2

De procentuele abundantie van fytoplanktongroepen in het IJsselmeer en Markermeer vertonen een sterke overeenkomst. Groenalgen zijn het hele jaar het meest dominant aanwezig. Daarnaast zijn in het voorjaar kiezelwieren talrijk en vanaf de zomer vooral ook de blauwalgen.

The percentages of phytoplankton groups occurring in the IJsselmeer and Markermeer lakes display a high degree of correspondence. Green algae are the most predominant throughout the year. In addition, diatom algae are abundant in the spring, as are blue-green algae starting in the summer.

**Figuur 3**

Het seizoensverloop van groenalgen en blauwalgen op zes locaties in het IJsselmeer en Markermeer.

The seasonal abundance of green and green-blue algae at six sites in the IJsselmeer and Markermeer lakes.

nomen. *Microcystis aeruginosa* bereikt alleen in het IJsselmeer tamelijk hoge dichtheden en is in het Markermeer slechts bescheiden aanwezig. Kleine flagellaten, zoals *Chroomonas* sp. en *Chrysochromulina parva*, zijn in beide wateren van tijd tot tijd abundant.

De groep groenwieren is het hele jaar belangrijk. Naast de bekende geslachten *Scenedesmus* en *Monoraphidium* treden verschillende kolonievormende groenwieren op de voorgrond, waaronder *Coelastrum microporum* (vooral in het IJsselmeer), *Tetrastrum komarekii* en *Dactylosphaerium jurisii/Dictyosphaerium subsolitarum* (vooral in het Markermeer). Minder talrijk maar typisch voor het IJsselmeerplankton zijn *Pediastrum kawraiskyi* en *Planctonema lauterbornii*. Abundant maar problematisch te determineren is een groep "kleine ronde cellen". Mogelijk gaat

het hier om losse *Aphanocapsa*- of *Microcystis*-cellen, of om losse *Dactylosphaerium*-cellen.

#### Dichtheidsverschillen binnen het IJsselmeer en Markermeer

De gradiënt in chlorofyl- $\alpha$  gehalten in het IJsselmeer (zie figuur 1) is ook terug te vinden in de soortensamenstelling van het fytoplankton. Zo is de absolute dichtheid van groenwieren (het aantal waargenomen individuen per ml) in het zuidelijke deel van het IJsselmeer het laagst, evenals de dichtheid van blauwwieren (figuur 3).

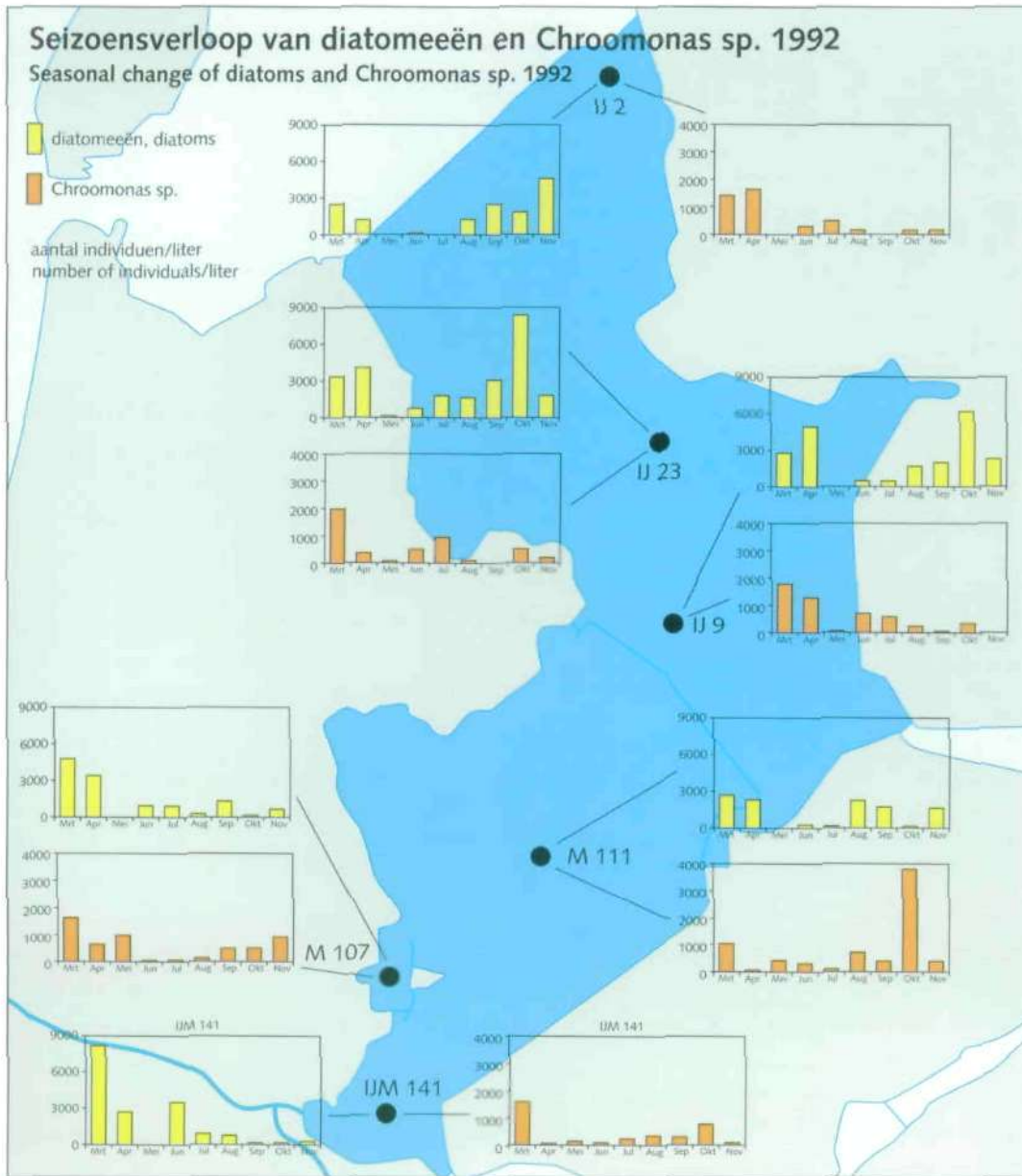
Ook tussen de meetpunten in het Markermeergebied is een verschil te zien in het jaargemiddelde percentage groenwieren (figuur 3). In het IJmeer is de relatieve abundantie van groenwieren significant lager en die van blauwwieren signifi-

cant hoger dan in het Markermeer en de Gouwezee. De relatief hoge aantallen in het IJmeer van *Skeletonema* en *Asterionella* in maart en *O. agardhii* in juni-november wijzen op een beïnvloeding door water afkomstig uit het Gooi- en Eemmeer.

#### Dichtheidsverschillen tussen IJsselmeer en Markermeer

Van de meeste fytoplanktonsoorten zijn de waargenomen maximale dichtheden in het IJsselmeer niet opvallend hoger dan in het Markermeer. Uitzonderingen vormen *Microcystis aeruginosa* (en de hiermee geassocieerde *Pseudanabaena mucicola*), *Coelastrum* spp. en *Scenedesmus* spp., alle talrijker in het IJsselmeer, *Dictyosphaerium subsolitarum*, *Monoraphidium contortum*, *Dichotomococcus curvatus*, *Tetrastrum*





**Figuur 4**

Het seizoensverloop van diatomeeën en de talrijkste vertegenwoordiger van de cryptofyten: Chroomonas spec. In het IJsselmeer hebben diatomeeën naast een voorjaarspiek ook een najaarspiek.

*The seasonal abundance of diatoms and the most prevalent member of the Cryptophyte division: Chroomonas spec. In the IJsselmeer lake, a bloom of diatoms is seen in the autumn as well as the spring.*

*komarekii* en de groep "kleine ronde cellen", alle talrijker in het Markermeer. Men kan zeggen dat het Markermeer in 1992 een minder sterk *Scenedesmus-Microcystis*-karakter heeft (Berger 1988) dan het IJsselmeer, als gevolg van de lagere en sterker fluctuerende beschikbaarheid van licht en nutriënten. Binnen de groenwiegemeenschap is er een hoger percentage van soorten met relatief kleine cellen, solitair of in niet-compacte kolonies. Bij deze kleine cellen zal zowel de licht-absorptie als de opnamesnelheid van nutriënten per eenheid celvolume relatief groot zijn. Dit kan voordelen bieden in situaties waar de beschikbaarheid van nutriënten of licht beperkt is, of

sterk fluctueert (Reynolds 1988). Ook cryptofyceën, in beide meren overeenkomstig abundant, worden geassocieerd met meren waar de nutriëntengehalten laag zijn of sterke schommelingen vertonen (STOWA 1993).

## Ontwikkelingen

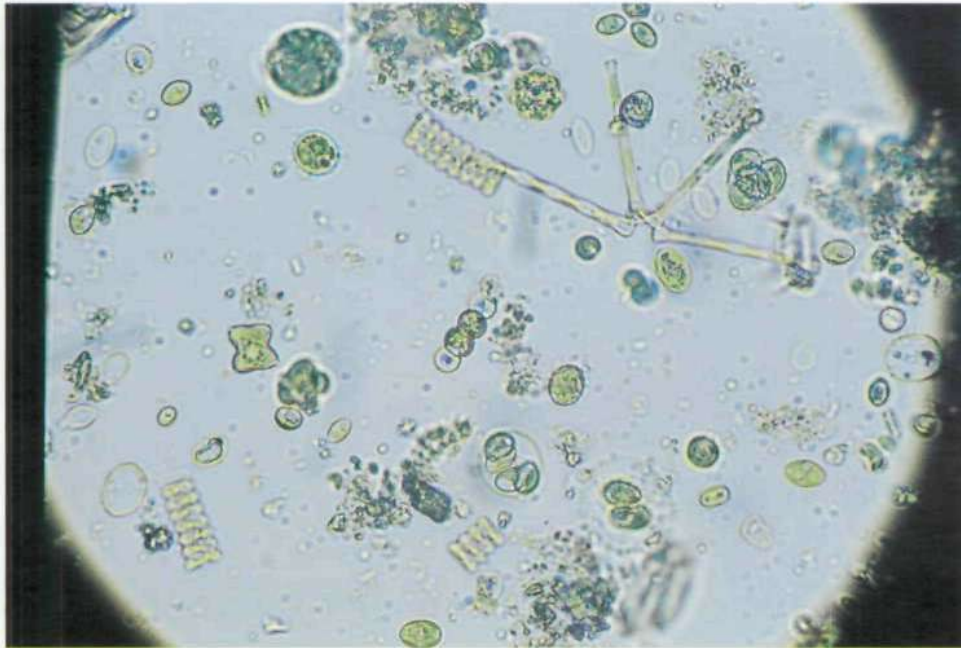
### Historische gegevens

#### Periode 1932-1942

In de periode 1932-1942 is het fytoplankton van het IJsselmeer op kwalitatieve wijze onderzocht

door Wibaut-Isebree Moens (1954). Het blijkt dat veel van de huidige talrijke soorten zich in de jaren kort na de afsluiting hebben gevestigd, aangevoerd door Zwarte Water, IJssel, Utrechtse Vecht en Eem. *Microcystis aeruginosa* behoorde na 1934 tot "de meest gewone soorten", terwijl *Aphanizomenon flos-aquae* vanaf 1935 in "verschillende jaren 'waterbloei' veroorzaakte" (Wibaut-Isebree Moens, 1954). Beide blauwwier-soorten zijn karakteristieke bewoners van meso- tot eutrofe, diepere meren.

Van de groenalgen kon *Crucigenia quadrata* (zie de opmerking hieronder) vanaf 1934 worden



**Foto 13**  
Fytoplankton is belangrijk voedsel voor zoöplankton. Niet alle fytoplanktonsoorten zijn echter gemakkelijk te consumeren. Kiezelwieren zijn voor veel zoöplankton moeilijk te verteren vanwege het harde kiezelskeletje. Van sommige draadvormige blauwwieren zoals *Oscillatoria agardhii* is bekend dat *Daphnia* erin verstrikt raken en zodoende de graas van zoöplankton op fytoplankton verlagen. Onder zomerse omstandigheden is *Oscillatoria agardhii* in het IJsselmeer een algemene soort.

beschouwd als een typische IJsselmeersoort. *Pediastrum kawraiskyi*, ook vóór de ontzilting al aanwezig, werd na 1937 niet meer teruggevonden maar was in 1992 weer opvallend vertegenwoordigd, mogelijk door de toename van het chloridegehalte. Van de diatomeeën behoorden *Melosira granulata*, *Actinocyclus normanii*, *Asterionella formosa* en *Diatoma tenuis* na 1935 tot de algemene en soms talrijke soorten.

Over de algenbiomassa in deze jaren zijn nauwelijks gegevens bekend. Berger & Sweers (1988) geven aan dat de gemiddelde biomassa in de periode 1932-1942 een factor 1,5 tot 13 lager was dan in 1973. Dit als gevolg van de eutrofiëring van het IJsselmeer in die periode.

#### Periode 1972-1984

Uit de jaren 1942-1971 zijn geen langere tijdreeksen van fytoplankton bekend. Fytoplanktongegevens uit de periode 1972-1984 zijn gepubliceerd door Berger *et al.* (1986) en Berger & Sweers (1988). Het fytoplankton werd getalmatig overheerst door groenalgen met een jaargemiddelde abundantie van meer dan 50%. Be-

langrijkste taxa waren eveneens *Scenedesmus* en *Coelastrum microporum* en verder *Pediastrum* en *Crucigenia quadrata* (deze soort is vermoedelijk identiek met *Tetrastrum komarekii*; uit waarnemingen blijkt dat *T. komarekii* talrijk is in zowel het IJsselmeer als het Markermeer (Bijkerk pers. med). Belangrijke diatomeeën (uit de voorjaarsperiode) waren ook toen *Melosira granulata*, *Asterionella formosa* en *Diatoma tenuis*. De maximale abundantie van blauwwieren in de zomermaanden bedroeg in de meeste jaren niet meer dan 4-20%. In de warme en droge zomer van 1976 waren de percentages in juli-september echter aanzienlijk hoger: IJmeer 22% (*Microcystis*), Markermeer 34-63% (*Microcystis* en *Oscillatoria agardhii*), IJsselmeer (midden) 85-93% (*Oscillatoria agardhii*).

Algen die in geen van de vorige studies werden genoemd zijn de cryptofyceeën en de diatomee *Skeletonema subsalsum*. Beide ontbreken altijd in oudere planktonlijsten. Wat *Skeletonema* betreft kan dit een gevolg zijn van een identificatieprobleem. Een feit is dat het aantal waarnemingen van deze diatomeeën in Europese en Noord Amerikaanse rivieren en meren sinds de zeventiger

jaren aanmerkelijk is gestegen. Deze stijging wordt wel verklaard uit een toename van het zoutgehalte in de betreffende wateren (Hasle & Evensen 1976).

De biomassa van het fytoplankton was kenmerkend voor geëutrofiëerde wateren. De (zomergemiddelde) chlorofyl- $\alpha$  gehalten varieerden van 70 tot 140  $\mu\text{g/l}$  (zie hoofdstuk 2 en Berger & Sweers 1988).

#### Recente ontwikkeling: afnemende eutrofiëring

De belasting van het IJsselmeer met nutriënten uit de Rijn vertoont sinds 1985 een dalende trend, na een lange periode van toename. Deze trend, welke zich vertaalt in de nutriëntengehalten, is een direct gevolg van de inspanningen in het kader van het Rijn- en Noordzee Actie Programma.

De effecten van deze afnemende belasting vertalen zich traditioneel het eerst aan de basis van de voedselketen, in het fytoplankton. In het IJsselmeer is dit echter nog niet het geval (zie hoofdstuk 2). De precieze oorzaken hiervan zijn voornamelijk onduidelijk.

In het Markermeer zijn de chlorofyl- $\alpha$  gehalten eveneens min of meer constant gebleven. In dit meer lijkt de soortensamenstelling echter wel een (geleidelijke) verschuiving te ondergaan. Zo treedt sinds 1982 een periodieke dominantie op van *Aphanizomenon flos-aquae*. Deze blauwalg onderscheidt zich van *Microcystis aeruginosa* en *Oscillatoria agardhii* door zijn vermogen om atmosferische stikstof te benutten. Het lijkt erop dat er sinds 1982 regelmatig een stikstofflimitatie van de algengroei optreedt: kortstondige perioden met zeer lage nitraat- en ammoniumgehalten worden vanaf 1982 waargenomen, terwijl sinds 1985 in het derde kwartaal een langere periode voorkomt met zeer lage gehalten opgelost anorganisch stikstof (DIN), waarbij de verhouding met ortho-fosfaat (DIN/DRP ratio) daalt tot 4 of lager (Dekker 1993). Ook lijkt een verschuiving op te treden naar kleine groenwieren als *Monoraphidium contortum*, *Dactylosphaerium jurisii*, *Dichotomococcus curvatus* en flagellaten als *Chroomonas*.

Bij een verdere afname van de fosfaatbelasting van het IJsselmeer zullen in de toekomst de



frequentie en omvang van *Microcystis*-bloeien naar verwachting minder worden dan in de periode 1972-1986, evenals de dichtheid van diatomeeën en groenwieren als *Scenedesmus* en *Coelastrum*. Incidentele bloeien van *Oscillatoria agardhii* blijven mogelijk, afhankelijk van de weersomstandigheden 's zomers (microstratificatie en langdurige perioden met temperaturen van 20°C of hoger, zoals in 1989 (Berger *et al.* 1986; van Duin 1992) en zolang er in het aangevoerde water omvangrijke populaties van deze soort aanwezig zijn. Bij een vermindering van het fosfaatgehalte zullen ook in het Markermeer de maximale aantallen diatomeeën en *Scenedesmus* in het voorjaar lager worden. In de zomermaanden lijkt fosfaat niet groei limiterend, zodat het effect in deze periode gering zal zijn. Het percentage blauwwieren in het Markermeer, gemiddeld over de maanden juli-september, benaderde in 1992 overigens wel de referentiewaarde van 20%.

In het hoofdstuk Integratie (hoofdstuk 10) wordt verder ingegaan op de effecten van afnemende eutrofiëring.

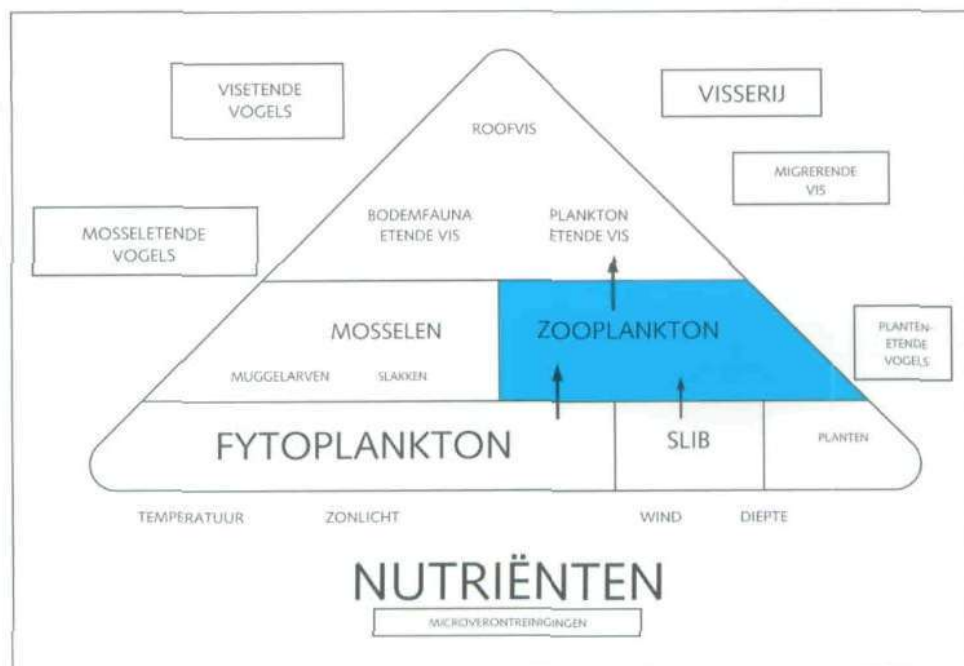
wacht worden. Bij welke fosfaatgehalten en in welke mate dit precies zal optreden is nog onduidelijk.

## Belangrijkste conclusies

- Sinds 1985 is er in het IJsselmeer sprake van een daling van het totaal-P gehalte als gevolg van een afnemende belasting uit de IJssel. Deze daling heeft tot op heden echter niet geresulteerd in lagere chlorofyl- $\alpha$  gehalten en/of een verschuiving in de soortensamenstelling van het fytoplankton.
- In het Markermeer treedt sinds 1982 regelmatig een dominantie op van de stikstoffixerende blauwalg *Aphanizomenon flos-aquae*. Deze dominantie is waarschijnlijk het gevolg van de sterk gedaalde fosfaatgehalten sinds het ontstaan van het Markermeer in 1975, waardoor regelmatig stikstofflimitatie van de algengroei optreedt.
- Bij een verdere afname van de fosfaatbelasting mag, in perioden dat fosfaat limiterend voor de algengroei is (naar verwachting in het voorjaar in beide meren en in de zomer in het IJsselmeer), een afname van de algenbiomassa ver-

## 8. Zoöplankton

Pim Dekker (Koeman en Bijkerk bv.)



Zoöplankton vormt een belangrijke component van het voedselweb in het Markermeer en IJsselmeer. Deze groep ongewervelde dieren omvat cladoceren, copepoden en rotatoren. Volwassen cladoceren en copepoden behoren tot het grote zoöplankton, de raderdieren tot het kleine zoöplankton. Enkele dominante geslachten van de Cladoceren zijn: *Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Daphnia* en *Chydoridae*. Van de groep Copepoden is het geslacht *Cyclops* algemeen. Binnen de groep raderdieren zijn *Asplanchna*, *Polyarthra*, *Keratella* veel voorkomende geslachten.

Zoöplankton begraaft het fytoplankton en detritus. Deze begrazing is soms soortspecifiek, hetgeen wil zeggen dat bv. enkele soorten zoöplankton diatomeën consumeren terwijl ander zoöplankton graag groenalgen eet. Enkele grote zoöplanktonsoorten eten ook kleine zoöplanktonsoorten.

Grote zoöplanktonsoorten (m.n. *Daphnia* sp.) kunnen het fytoplankton sterk onderdrukken. Om deze reden zijn deze 'waterkoeien' geliefd bij de waterbeheerder. Zowel bottom-up krachten (m.n. nutriëntenreductie) als top-down krachten (reductie planktivore visstand, stimulatie roofvisstand) worden ingezet om het zoöplankton te bevorderen.

### Resultaten 1992

#### Soortensamenstelling en dichtheidsverloop

Het verloop van de dichtheid van een aantal hoofdgroepen zoöplankton wordt gegeven in figuur 1 en 2.

#### IJsselmeer

In de dichtheid van Cladoceren treedt op alle locaties een voorjaars- en nazomer-piek op (figuur 1). De eerste piek, rond mei, is het hoogst, en wordt vooral gevormd door hoge dichtheden van de geslachten *Bosmina* en *Daphnia*. Deze dragen voor *Bosmina* 150-500 ind./l, en 100-200 ind/l voor *Daphnia*. Zowel *Bosmina longirostris* als *Bosmina coregoni* zijn algemene soorten. Van het geslacht *Daphnia* worden *Daphnia cucullata* en *Daphnia hyalina/galeata* in vergelijkbare aantallen aangetroffen.

De nazomer-piek valt in augustus/september. Hierin is vooral relatief klein zoöplankton als *Chydoridae* en *Ceriodaphnia* belangrijk. De dichtheid van deze groepen ligt tussen 50 en 100 ind/l. *Chydorus sphaericus* en *Ceriodaphnia pulchella* zijn van deze geslachten de meest algemene soorten.

Op de monsterpunten in het midden en zuiden van het IJsselmeer treedt de *Daphnia*-piek wat later op dan die van *Bosmina*, waardoor rond

juni gedurende een korte periode de dichtheid van *Daphnia* hoger is dan die van *Bosmina*. Op de noordelijke locatie is dit in augustus even het geval. Het grootste deel van het jaar zijn de dichtheden van *Bosmina* echter hoger dan die

van *Daphnia*.

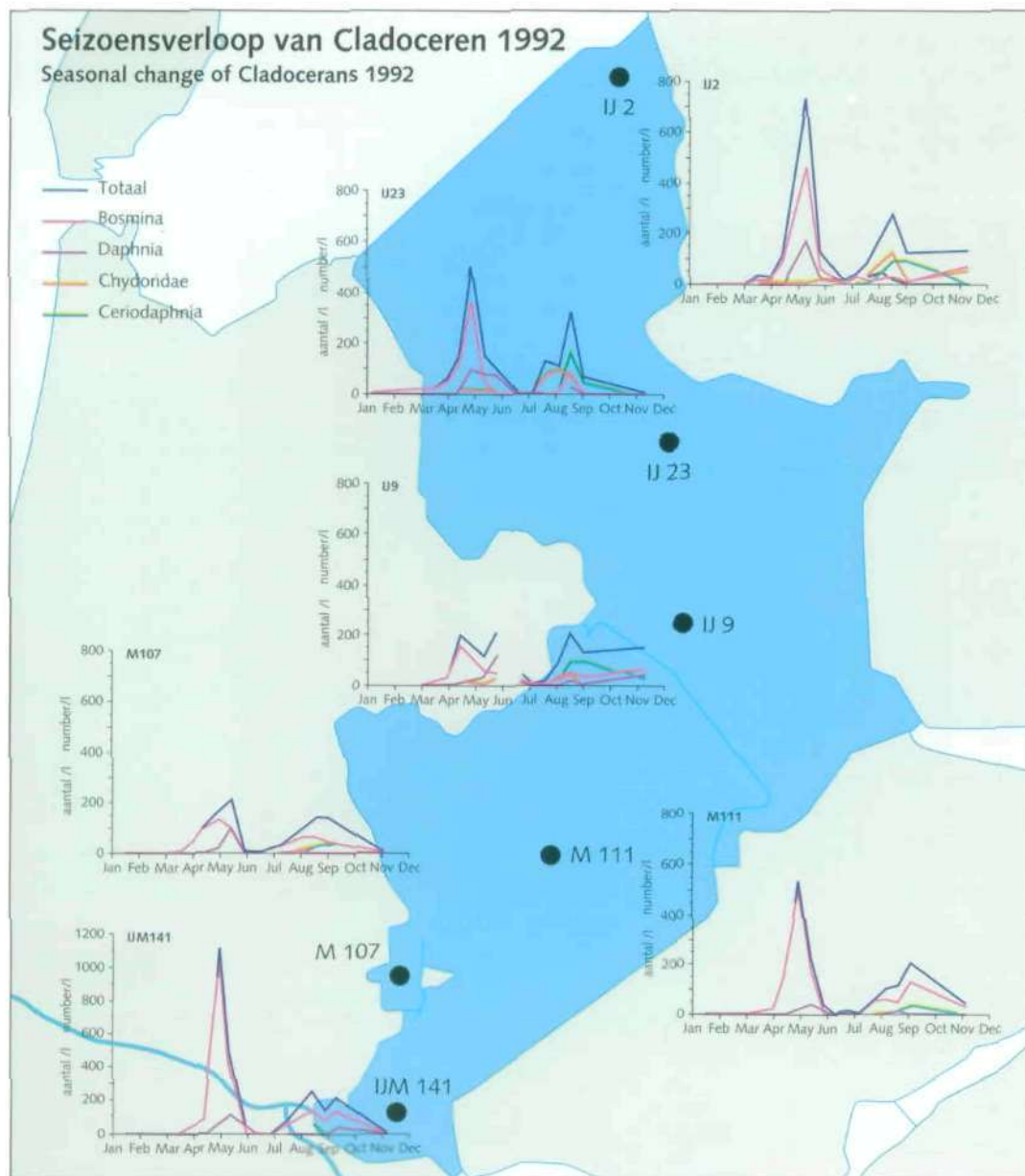
De dichtheid van raderdieren (figuur 2) vertoont een eerste piek in maart/april met waarden tot 1000 individuen per liter. Het meest talrijk zijn dan *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata* en



Foto 14

Net als fytoplankton wordt zoöplankton bemonsterd met een steekbuis en wordt het monster vervolgens geanalyseerd onder de microscoop. De bemonstering vindt maandelijks plaats. Naast soortensamenstelling en concentratie van de verschillende soorten zoöplankton wordt ook de gemiddelde lengte van de *Daphnia* bepaald. De gemiddelde lengte van de *Daphnia* geeft een indicatie over de omvang van de predatiedruk van vis op zoöplankton. Voor gedetailleerde informatie over de monitoringsmethodiek wordt verwezen naar het RIZA werkdokument 91.152 ax.





**Figuur 1**

De cladoceren behoren tot het relatief grote zoöplankton en vervullen een cruciale rol in het ecosysteem. Enerzijds consumeren cladoceren het fytoplankton, anderzijds zijn cladoceren belangrijk voedsel voor jonge en planktovore vis. De seizoens-trend van de populatie cladoceren vertoont een voorjaars- en najaarspiek met daartussen een korte periode van afwezigheid.

Members of the order cladocera are relatively large zooplankton and play an essential part in the ecosystem. Cladocera water fleas consume phytoplankton, on the one hand, and are an important source of food for young and planktivorous fish, on the other. The cladocera population peaks in the spring and autumn and is absent for a brief intervening period.

*Polyarthra* sp. Vanaf mei, tijdens de 'Cladoceren-piek', nemen de aantallen sterk af. Op het moment dat de Cladoceren-populatie is ingestort, in juli, treedt de tweede piek in de dichtheid van raderdieren op, ditmaal met waarden tussen de 1000 en 5000 individuen per liter. Tijdens de juli-piek komen vooral *Brachionus angularis* en *Polyarthra* sp. in hoge dichtheden voor. In juli en augustus is het geslacht *Keratella* vooral vertegenwoordigd door *Keratella cochlearis* f. *tecta*. Deze is in het voorjaar niet waargenomen, en wordt in de literatuur beschreven als typische vorm voor warme, eutrofe wateren (Pontin 1978). De in de IJsselmeermonsters aangetroffen

Copepoden betreffen voornamelijk copepodietstadia van Cyclopoiden en Calanoiden. Adulten worden in dichtheden van hoogstens enkele exemplaren per liter geteld. Soorten die in meer dan een monster zijn gevonden zijn *Mesocyclops leuckharti*, *Eudiaptomus gracilis*, *Eurytemora affinis* en *Eurytemora lacustris*.

De naupliuslarven van Copepoden worden vooral in april/mei aangetroffen, in dichtheden van 400 tot 500 exemplaren per liter.

#### Toename van zuid naar noord

Bij vergelijking van de figuren van de drie monsterlocaties onderling valt op dat de dichtheden

van zuid naar noord toenemen. Het duidelijkst is dit voor de groepen *Bosmina* in mei en raderdieren in juli. Deze gradiënt houdt zeer waarschijnlijk verband met de waterverplaatsing in noordelijke richting. De door de IJssel meegevoerde voedingsstoffen worden op het traject vanaf de monding naar het noorden geleidelijk vertaald in algenproductie. Dit veroorzaakt op haar beurt een toenemende dichtheid van zoöplankton, doordat tijdens het transport netto groei optreedt.

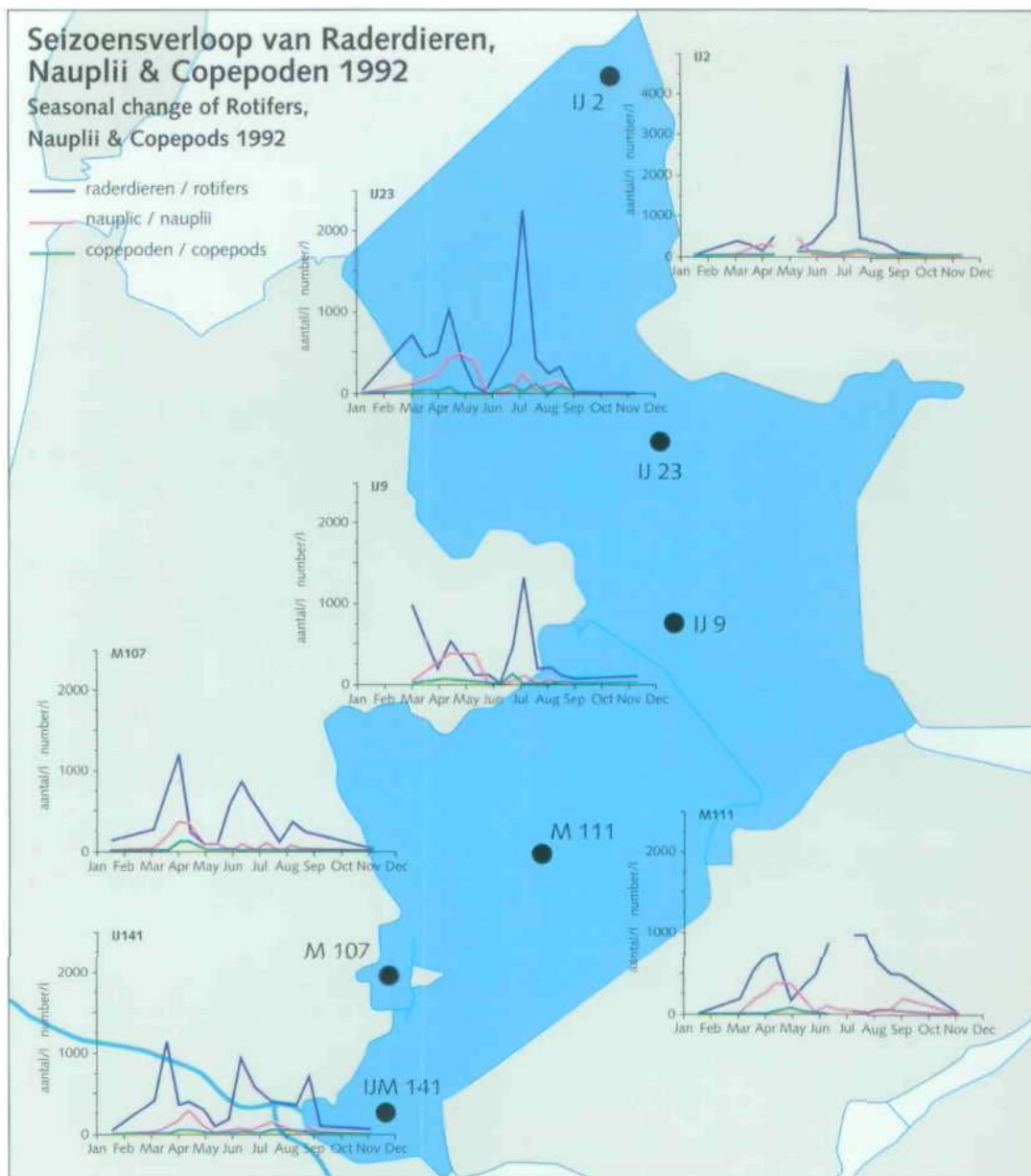
De zuid-noord gradiënt in de dichtheid van het zoöplankton komt niet duidelijk terug in het verloop van de algenbiomassa in het voorjaar

Figuur 2

De seizoensstrend van de raderdieren, nauplii en copepoden laat een samenhang zien met het seizoensverloop van Cladoceren. Zo nemen juist bij afwezigheid van cladoceren de hoeveelheid raderdieren sterk toe. De aantallen copepoden blijven in beide meren gedurende het hele jaar laag.

*There is a clear correlation between the seasonal abundance of rotifera, nauplii and copepods and that of cladocera. When cladocera are absent, the rotifera population grows dramatically.*

*The number of copepods in both lakes remains relatively low throughout the year.*



(zie hoofdstuk 7, figuur 1). Het chlorofyl- $\alpha$  gehalte is in deze periode duidelijk lager dan in de nazomer. Dit wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt door de sterke graasdruk van de Cladoceren, waardoor de algenbiomassa onderdrukt wordt (top-down effect).

#### Markermeer

Ook in het Markermeer is sprake van een voorjaars- en een nazomerpiek in de dichtheid van Cladoceren. Tijdens de piek in mei bedragen de maximale dichtheden van *Bosmina* op de verschillende monsterlocaties 150-1000 ind/l, en voor *Daphnia* 50-100 ind/l. De dominantie van

de kleinere *Bosmina* ten opzichte van *Daphnia* komt in het Markermeer dus sterker naar voren dan in het IJsselmeer. In het Markermeer maakt *Bosmina* bovendien het grootste deel uit van de 'Cladoceren-piek' in de nazomer. Naast *Bosmina* zijn dan ook *Ceriodaphnia* en Chydoridae in verhoogde dichtheden aanwezig. De dichtheid van deze groepen blijft op de locaties in het Markermeer echter beneden de 50 ind/l.

De soortensamenstelling van de Cladoceren in het Markermeer is in grote lijnen vergelijkbaar met die van het IJsselmeer. Een opvallend verschil is dat de kleine *Daphnia cucullata* ten opzichte van *Daphnia hyalina/galeata* sterk in aan-

tal overheerst.

Van de Copepoden wordt in het Markermeer in een groter aantal monsters volwassen exemplaren aangetroffen. De soorten die gevonden worden zijn dezelfde als in het IJsselmeer.

Het verloop in de dichtheid van raderdieren en naupliuslarven is vergelijkbaar met het IJsselmeer. De piekwaarden in de dichtheid van raderdieren in juli zijn in het Markermeer minder hoog en liggen rond de 1000 ind/l (figuur 2). Dominante raderdieren zijn *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata* en *Brachionus angularis*. *Polyarthra sp.* is in het Markermeer niet in grote aantallen aanwezig. *Keratella cochlearis f. tecta*, die



's zomers in het IJsselmeer binnen het geslacht *Keratella* overheerst, komt in het Markermeer incidenteel voor. Mogelijk hangt dit samen met het hoge gehalte van anorganisch seston, waardoor het seston als geheel in het Markermeer een lagere voedingswaarde heeft (zie verder).

Van de overige soorten is voorkomen en mate van dominantie in het Markermeer vergelijkbaar met het IJsselmeer.

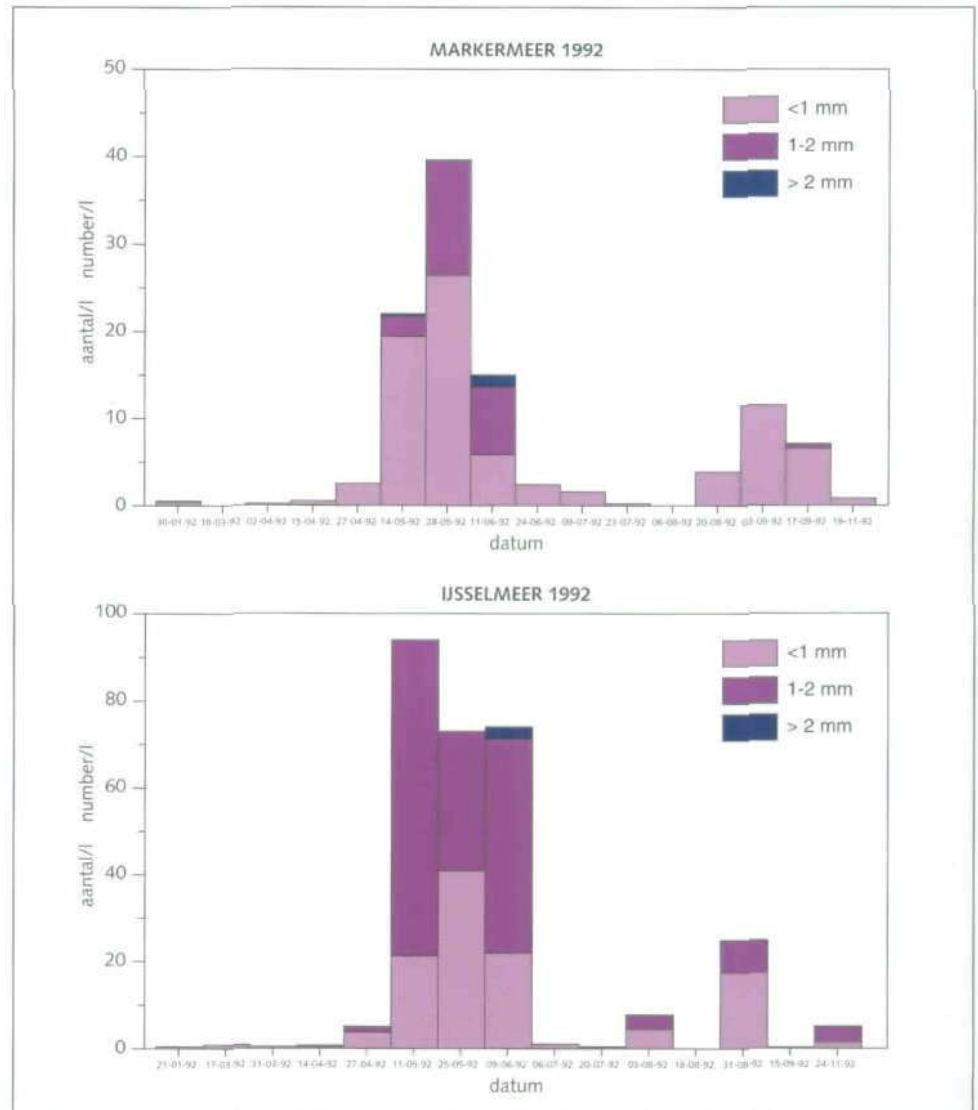
## Ontwikkelingen

### Historische gegevens

Van voorgaande jaren zijn slechts enkele kwalitatieve gegevens over het zoöplankton van het IJssel- en Markermeer bekend (m.n. Wibaut-Isebreë Moens 1954; van Zuilekom 1991). Hieruit blijkt dat er met betrekking tot de soortenrijkdom in de laatste vijftig jaar weinig veranderd is. *Daphnia cucullata* is in de periode 1932-1942 alleen in 1936 en 1937 waargenomen. Daarnaast is vanaf 1937-1942 ieder jaar *Daphnia longispina* aanwezig. In de taxonomie van *Daphnia* gr. *longispina* zijn sindsdien grote veranderingen opgetreden. Het is niet duidelijk in hoeverre het hier om een andere soort gaat dan de *Daphnia*'s van het *Daphnia hyalina/galeata*-complex. *Eurytemora lacustris*, een typische zoetwatersoort, ontbreekt tot 1942, maar is in 1992 in een groot deel van de monsters aanwezig.

### Dichtheidsverloop

Voor de meeste monsterpunten in beide meren geldt dat de afname van de Cladocerenpiek in mei het eerst inzet voor *Bosmina*, terwijl de aantallen van *Daphnia* nog toenemen (figuur 1 en 2). Dit wijst op een voedsellimitatie voor *Bosmina* door effectievere graas van *Daphnia*. Kort daarna stort de hele Cladoceren populatie in. Uit de gegevens over fytoplankton (zie hoofdstuk 7, figuur 3 en 4) blijkt dat in mei de dichtheden van cryptofyceën en diatomeeën in het IJsselmeer, en van diatomeeën in het Markermeer lager zijn dan in april. De oorzaak van het plotselinge verdwijnen van de Cladocerenpopulatie na mei hangt derhalve mogelijk samen met een verminderd voedselaanbod. Het verdwijnen van grote *Daphnia*'s in de tweede helft van juni (figuur 3)



**Figuur 3**

Het lengte-verloop van de *Daphnia* in het IJsselmeer en Markermeer in 1992 laat zien dat tijdens de voorjaarspiek de gemiddelde lengte van de *Daphnia* in het IJsselmeer iets groter is. Door (grootte-selectieve) predatie door vis neemt het aantal en de lengte van de *Daphnia* in het late voorjaar dramatisch af. In het najaar herstelt de populatie zich enigszins. De *Daphnia* in het IJsselmeer blijken ook dan gemiddeld iets groter dan in het Markermeer.

*Development of the average length of daphnia found in the IJsselmeer and Markermeer lakes in 1992 reveals that, on average, the length of daphnia from the IJsselmeer is somewhat longer during the spring peak. In the late spring, the (size-selective) predation habits of fish causes a dramatic decline in the length of daphnia. The population makes a slight come-back in the autumn. Daphnia of the IJsselmeer lake appear to be somewhat larger on average than those found in the Markermeer lake.*

geeft echter aan dat predatie door vis (vnl. de nieuw gerecruteerde jaarklasse) waarschijnlijk ook een rol speelt (o.a. Mills *et al.* 1987; Post & McQueen 1987). De sterk verlaagde chlorofyl- $\alpha$  gehalten in het IJsselmeer ten opzichte van de nazomer duiden erop dat het zoöplankton via graas een sturende factor voor de algenbiomassa is geweest. In andere perioden is dit waarschijnlijk niet het geval. Voor het Markermeer ligt dit minder duidelijk. De totale graasdruk van de kleinere soorten (*Bosmina*, *Daphnia cucullata*) is echter aanmerkelijk kleiner dan in het IJsselmeer.

Na de zomerpiek van de raderdieren in juli nemen de aantallen Cladoceren weer toe. In het IJsselmeer zijn Chydoridae en *Ceriodaphnia* in deze periode het meest talrijk, in het Markermeer is dat *Bosmina*. De aantallen blijven echter veel lager dan tijdens de voorjaarspiek. Tevens blijven de dieren kleiner (figuur 3). Predatie door vis is een waarschijnlijke oorzaak. Ook een vermindering van de kwaliteit van het voedselaanbod ten opzichte van april kan als eventuele oorzaak worden aangevoerd.

### Relatieve abundantie

Bij vergelijking van zoöplanktongemeenschap-

pen van ondiepe mesotrofe en eutrofe zoetwatermeren blijkt een sterke overeenkomst te bestaan in aangetroffen soorten, maar komen grote verschillen voor in relatieve abundantie (Arndt *et al.* 1993; Gulati 1990; STOWA 1993). Kenmerkend voor het zoöplankton van het IJssel- en Markermeer in 1992 is de dominantie van kleinere Crustaceëen, vooral *Bosmina*, en Raderdieren. Deze dominantie komt in het Markermeer het duidelijkst naar voren: *Daphnia hyalina/galeata*, die in het IJsselmeer een belangrijk deel uitmaakt van de *Daphnia*-populatie, wordt in het Markermeer nauwelijks aangetroffen. De *Daphnia*-populatie in het Markermeer bestaat voornamelijk uit *Daphnia cucullata*, die geldt als een kleine *Daphnia*-soort.

In het zoöplankton van andere Nederlandse eutrofe meren is een dominantie van kleinere Cladoceren een typisch verschijnsel (vgl. Gulati 1990). De meest genoemde factoren die het optreden van dominantie van kleinere Cladoceren kunnen verklaren zijn selectieve predatie van groter zoöplankton door planktivore vis, en een verschuiving in het fytoplanktonaanbod naar dominantie van draad- en kolonievormende blauwalgen, waar vooral grotere Daphniïden minder goed tegen bestand zouden zijn. Het eerste punt lijkt zeker van sterke invloed, getuige de de traditioneel hoge stand van (zoö)planktivore vissen (m.n. Spiering, zie hoofdstuk Vissen) alsmede het lengteverloop van *Daphnia* in 1992. Wat het tweede punt betreft zijn de onderzoeksresultaten echter niet eenduidig (zie bijv. Dawidowicz 1990; Gulati 1990). In het IJssel- en Markermeer zijn de maximale abundanties van blauwalgen in de nazomer hoog genoeg (Hoofdstuk Fytoplankton) om in negatieve zin van invloed te zijn op de groeisnelheid van vooral *Daphnia hyalina*, maar ook van *Daphnia cucullata* (Gliwicz 1990). De lage dichtheden van *Daphnia* in het najaar zouden hier naast vispredatie mee kunnen samenhangen.

DeMott en Kerfoot (1982) beschrijven een verschil in foerageerwijze tussen *Daphnia* en *Bosmina*, die oorzaak kan zijn van verschillen in relatieve abundantie tussen beide groepen. In tegenstelling tot *Daphnia* is *Bosmina* in staat selectief te grazen op deeltjes met een hoge voedingswaarde, bijvoorbeeld flagellaten. Vooral

wanneer de dichtheid van deze voedselrijke algen relatief laag is, is *Bosmina* ten opzichte van *Daphnia* in het voordeel en stijgt de relatieve abundantie van *Bosmina*. In het IJssel- en Markermeer zou dit verschil in foerageer-selectiviteit eveneens in het najaar een rol kunnen spelen, omdat dan de kwaliteit van het voedselaanbod daalt door een toename van het aandeel blauwalgen in het fytoplankton. Opvallend is echter dat in het Markermeer, waar de dichtheden van blauwalgen lager, en van flagellaten relatief hoger zijn dan in het IJsselmeer, de dominantie van kleine Cladoceren het meest uitgesproken is. Ook op grond van de planktivore visstand, welke in het IJsselmeer als gevolg van de grotere voedselrijkdom traditioneel groter is dan in het Markermeer (zie hoofdstukken Vissen en Ecosysteembeschrijving), zou in het IJsselmeer eerder een dominantie van kleine Cladoceren verwacht worden. (zie ook van Zuilekom 1991)

#### Anorganisch seston

Een bijzonder kenmerk van het Markermeer is het gehalte aan anorganisch seston, dat periodiek zeer hoog kan zijn. In april 1992 wordt een piekwaarde gemeten van 200 mg/l, in mei en juni zijn de gemeten gehalten respectievelijk 48 en 38 mg/l. In het IJsselmeer liggen de waarden in dezelfde periode tussen de 8.5 en 12.5 mg/l.

Uit de literatuur blijkt, dat hoge anorganisch seston-gehalten van grote invloed kunnen zijn op de overlevingskansen en populatiegroei van Daphniïden (Van Donk 1991).

Soorten binnen het geslacht *Daphnia* zijn 'filterfeeders', die zonder te selecteren alle zwevende deeltjes binnen een bepaalde 'size-range' opnemen. De opname van anorganisch seston heeft een drietal directe effecten. De snelheid waarmee algen worden opgenomen wordt lager, de algen die worden opgenomen verteren minder goed, en doordat het soortelijk gewicht van een dier door de opname van anorganisch seston sterk toeneemt moet er meer energie worden besteed aan opwaartse zwembewegingen. Deze ongunstige effecten worden gemeten voor anorganisch seston met een deeltjesgrootte 1-30 µm, en bij gehalten van >10-50 mg/l (van Donk, 1991). Zoals eerder vermeld heeft *Bosmina* een foerageerwijze die selectiever is dan die van *Daphnia* (De-

Mott & Kerfoot 1982). Door actieve selectie van voedselrijke deeltjes kan *Bosmina* het aandeel van anorganisch seston in het opgenomen materiaal waarschijnlijk beperken, en staat daardoor in mindere mate bloot aan de ongunstige effecten daarvan.

Niet duidelijk is in hoeverre er verschil bestaat in de gevoeligheid voor anorganisch seston tussen *Daphnia hyalina/galeata* en *Daphnia cucullata*, waarmee verklaard zou kunnen worden waarom alleen de eerste van deze twee soorten in het Markermeer vrijwel ontbreekt.

In 1993 zijn metingen verricht aan het koolstofgehalte van *Daphnia* in het IJssel- en Markermeer (Boersma 1993 niet gepubl.). Gerelateerd aan lengte kan het koolstofgehalte dienen als maat voor de conditie van *Daphnia* (zie voor methode Boersma en Vijverberg 1994). Op basis van het koolstofgehalte blijkt de conditie van *Daphnia* in het Markermeer lager te zijn dan in het IJsselmeer. Binnen het onderzoek is echter geen onderscheid gemaakt tussen verschillende *Daphnia*-soorten, zodat onduidelijk blijft in hoeverre het hier de conditie van *Daphnia cucullata* betreft.

## Belangrijkste conclusies

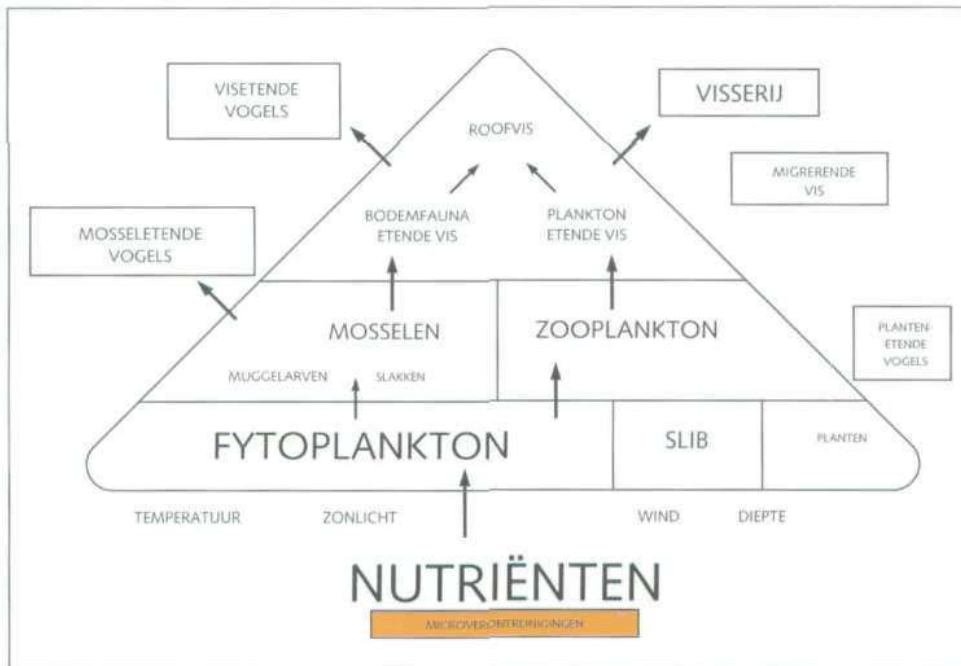
- Er zijn nauwelijks historische gegevens over het zoöplankton in het IJsselmeer en Markermeer bekend.
- In het voorjaar van 1992 is het zoöplankton zeer waarschijnlijk een sturende factor voor de algenbiomassa in het IJsselmeer geweest. In andere periodes en in het Markermeer was dit waarschijnlijk niet het geval.
- In het Markermeer is het zoöplankton in het algemeen kleiner dan in het IJsselmeer. Ook zijn de dichtheden in het algemeen lager. De verschillen zijn voor een belangrijk deel terug te voeren op produktiviteitsverschillen en de hoeveelheid anorganisch seston in het water. De invloed en het samenspel van deze en daarmee verwante factoren (o.a. vispredatie, kwaliteit van het voedsel) zijn nog grotendeels onbekend.





## 9. Ecotoxicologie

Charlotte Schmidt, Hannie Maas (RIZA), Roel Knobben (Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v.) en Henk Pieters (RIVO-DLO)



Het jonge onderzoeksveld van de exotoxicologie bestudeert de relaties tussen toxische stoffen en organismen die in het milieu aanwezig zijn. In de zeventiger en begin tachtiger jaren lag de nadruk op het bepalen van de toxiciteit van afzonderlijke stoffen in water op een soort in het laboratorium. Met die aanpak was de vertaling naar de veldsituatie moeilijk te maken. Daar zijn tenslotte een groot aantal toxische stoffen en een groot aantal soorten organismen gelijktijdig aanwezig. Recent onderzoek richt zich meer op test-systemen die meer op de veldsituatie lijken en uit meer biotische of abiotische componenten bestaan, zoals bioassays en mesocosms. Hierdoor ontstaat meer inzicht in het gedrag en lot van de stof in het milieu en inzicht in de betekenis van effecten op een soort voor de levensgemeenschap waar deze deel van uitmaakt.

### Inleiding

Het ecotoxicologisch onderzoek stelt de vraag centraal in hoeverre de aanwezigheid van toxische stoffen in het watersysteem gevolgen heeft voor de aanwezige soorten en levensgemeenschappen. In het watersysteem IJsselmeer is een veelheid aan zowel toxische stoffen als plante- en diersoorten aanwezig, waarvoor het onmogelijk is alle onderlinge relaties te onderzoeken. Het onderzoek benadert dit probleem door metingen aan een beperkt aantal organismen en processen te extrapoleren naar de gevolgen of risico's voor het gehele ecosysteem.

De nadruk van het onderzoek ligt op het proces van bioaccumulatie, de ophoping van stoffen in organismen. Het meten van deze stoffen in organismen levert inzicht in de mate waarin de stof in organismen opgenomen wordt, de biologische beschikbaarheid, en de verspreiding van de stof in de voedselketen.

Daarnaast is met bioassays onderzocht of het oppervlaktewater en het sediment acute of chronische effecten veroorzaken onder laboratoriumomstandigheden. Deze vrij nieuwe techniek is in 1992 voor het eerst in het landelijk biologisch meetnet toegepast.

### Methoden

#### Bioaccumulatie

Organische microverontreinigingen met een lipofiel karakter en zware metalen behoren tot de stoffen die sterk ophopen in organismen. Opna-

me van stoffen vindt in de lagere trofische niveaus vooral plaats door rechtstreekse opname vanuit water of sedimentdeeltjes, en in mindere mate via voedsel. Op de hogere trofische niveaus is de ophoping via voedsel van groter belang. In het IJsselmeergebied vindt het onderzoek aan accumulatie plaats aan twee soorten van verschillend trofisch niveau, te weten de primaire consument Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en Aal (*Anguilla anguilla*) als vertegenwoordiger



Foto 15

De stress van microverontreinigingen op het ecosysteem van het IJsselmeer en Markermeer is lastig te bepalen. Met behulp van een aantal methodes wordt een indicatie van het effect van een aantal stoffen op het systeem verkregen. Een van de methodes is de bepaling van accumulatie van microverontreiniging in Aal. De monitoring van ecotoxicologische effecten is beschreven in het RIZA werkdokument 91.152 fx.



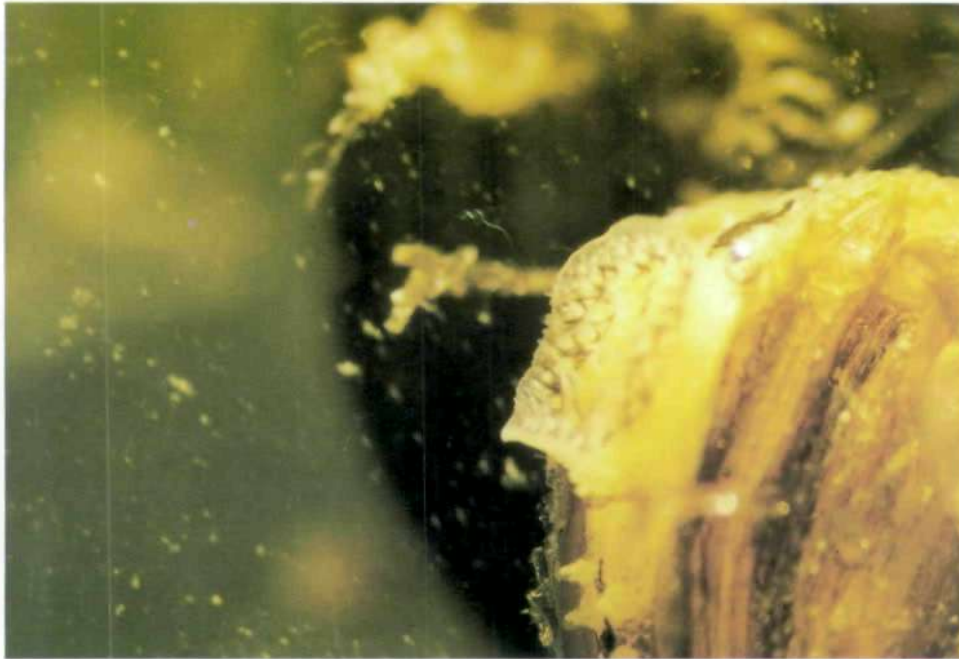


Foto 16

Sinds begin jaren '70 wordt de Driehoeksmossel gebruikt om de accumulatie van microverontreinigingen te bepalen. De Driehoeksmossel filtert alle partikelen, ongeacht zwevend stof of algen, uit het water. Doordat ze relatief weinig gevoelig zijn voor toxische stoffen en in verschillende habitats voorkomen, zijn ze zeer geschikt voor de bepaling van de bioaccumulatie van microverontreinigingen.

van de secundaire consumenten. Beide soorten zijn geschikt om de biobeschikbaarheid van zware metalen en organische verbindingen te meten door hun vaste verblijfplaats (Driehoeksmossel) of weinig migrerende karakter (Aal). Het hoge vetgehalte van Aal maakt deze soort tevens bijzonder geschikt om de accumulatie van lipofiele stoffen te meten.

In 1992 is de bioaccumulatie gemeten in Driehoeksmosselen, afkomstig uit een schoon referentiegebied, die in netten gedurende een bepaalde periode in het water zijn uitgehangen op de te onderzoeken lokaties (actieve biomonitoring; ABM). Gemeten stoffen zijn o.a.: cadmium, kwik, HCB, PCB, DDE, lindaan en PAK. De keuze van onderzochte stoffen komt voort uit de combinatie van aanwezigheid in het watersysteem en de bioaccumulerende en toxische eigenschappen van de stoffen (zie BOX stoffen).

Van de gevangen Aal zijn de accumulatie-niveaus van o.a. kwik,  $\Sigma$ DDT, PCB's, HCB en hexachloorcyclohexanen (waaronder lindaan) vastgesteld.

Vergelijking van de gemeten concentraties in de weefsels van Driehoeksmosselen en Aal met de MTR's, de Maximaal Toelaatbare Risiconiveau's

voor hun respectievelijke consumenten, levert een indicatie van het risico voor het aquatisch ecosysteem (zie pag. 60). Bij de berekeningen is aangenomen dat mosselen voor 90% uit vocht en voor 5% uit vet bestaan en dat het vetgehalte van Aal 20% is.

Voor een aantal stoffen zijn de resultaten vergeleken met historische gegevens met als doel temporele trends en ruimtelijke verschillen op te sporen. De mogelijkheden van deze vergelijking zijn beperkt omdat voor elke stof de lengte van de beschikbare tijdreeks en de bemonsterde lokaties sterk verschillend of niet compleet zijn. Bij de Driehoeksmosselen bestaat bovendien een methodisch verschil tussen de huidige en histori-

Tabel 1

Resultaten van accumulatiemetingen in Driehoeksmosselen in 1992.  
Results of accumulation measurements in Zebra Mussel, taken in 1992.

stof	IJsselmeer	Markermeer
cadmium ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ nat)	0.025	0.025
kwik ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ nat)	0.013	0.011
PCB-153 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ produkt)	0.78	0.54
DDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ produkt)	0.18	0.16
$\gamma$ -HCH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ produkt)	0.37	0.20
HCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ produkt)	0.079	0.05

sche gegevens. In eerdere programma's is de accumulatie gemeten in Driehoeksmosselen die ter plekke aanwezig zijn op de waterbodem of op een ander natuurlijk substraat (passieve biomonitoring; PBM).

Passieve monitoring geeft het niveau van accumulatie aan waaraan soorten gedurende een onbekende, maar langere tijd in het watersysteem zijn blootgesteld. Deze gehalten zijn goed gerelateerd aan gehalten in zwevend stof en waterbodem. In 1992 is gemeten met behulp van ABM. Actieve monitoring levert een beeld op van de actuele situatie voor stoffen die voornamelijk aan algen en zwevend materiaal gebonden zijn.

### Bioassays

Naast bioaccumulatie-onderzoek is er tevens gebruik gemaakt van zogenaamde bioassays. Bioassays worden gebruikt om acute en chronische toxiciteit van de waterbodem en het oppervlaktewater onder laboratoriumomstandigheden te meten. Voor een beschrijving van de methoden en resultaten van deze relatief nieuwe techniek wordt verwezen naar het intermezzo (pag. 62).

## Resultaten en discussie

De bespreking van de resultaten is geconcentreerd rond de bioaccumulatiemetingen. De resultaten van de bioassays staan vermeld in een aparte box.

### Bioaccumulatie in Driehoeksmosselen

De resultaten van de accumulatiemetingen in Driehoeksmosselen in het onderzoeksjaar 1992 staan in tabel 1. Alle metingen betreffen actieve biomonitoring met mosselen uit het IJsselmeer.



### Kwik

De gehalten aan totaal-kwik in Driehoeksmosselen blijken relatief hoog. Hoewel er een sterke daling optrad aan het eind van de jaren zeventig, heeft deze daling zich in 1992 niet verder voortgezet. Dit beeld komt ook naar voren in de gehalten totaal-kwik in water (Vrind 1995).

In het Markermeer treden vergelijkbare gehalten aan kwik in Driehoeksmosselen op als in het IJsselmeer, ondanks een geringere beïnvloeding van het water uit Rijnstroomgebied. De nalevering van (methyl)-kwik uit de waterbodem (Pieters en Hagel 1992) is waarschijnlijk de oorzaak van deze stagnatie in daling van kwik-gehalten.

### Cadmium

Voor cadmium is een lichte daling van accumulatie-niveaus sinds de zeventiger jaren waarneembaar (Hoogeveen 1995). Dit komt overeen met de daling in de cadmiumconcentratie in het IJsselmeerwater. De totaalconcentraties cadmium in het IJsselmeer en het Markermeer blijven ver onder de NOEC (175 µg/l) en de EC<sub>50</sub> (388 µg/l) die voor de filtratiesnelheid is vastgesteld (Kraak *et al.* 1994). De grote dichtheid waarin de Driehoeksmosselen in het IJsselmeer en Markermeer voorkomen bevestigen dit.

De cadmium gehalten in Driehoeksmosselen in het IJsselmeer en het Markermeer liggen net als bij kwik op hetzelfde niveau. Gehalten in Driehoeksmosselen in deze meren liggen een factor 2 lager dan in de Rijn bij Lobith (Van de Guchte *et al.* 1991) en een factor 3 lager dan in de Maas bij Eijsden (Pieters 1993a).

### PCB's

Gehalten van PCB in Driehoeksmosselen zijn pas sinds 1988 bekend; te kort voor het onderscheiden van temporele trends. Wel zijn ruimtelijke patronen te ontdekken. Als voorbeeld dienen de accumulatiemetingen van PCB-153. Deze verbinding maakt ca. 30% uit van het totaal aan gemeten PCB's. De lager gechloroerde, maar meer toxische, verbindingen komen in veel lagere gehalten voor.

Uit de accumulatiemetingen in 1988 in Driehoeksmosselen blijkt dat de gehalten aan PCB-153 bij de Afsluitdijk het hoogst waren in vergelijking met de resultaten uit andere jaren en

### Cadmium en kwik

Cadmium en kwik zijn het meest toxisch van de zware metalen en vertonen de grootste neiging tot bioaccumulatie. Van cadmium zijn indirecte toxische effecten op de filtratiesnelheid van mosselen bekend. (Kraak *et al.* 1994). Door sanering van lozingen in de metaalindustrie zijn de cadmiumgehalten in het Rijnstroomgebied de laatste jaren sterk gedaald. Een belangrijke bron van kwik in het watermilieu vormde de toepassing van amalgaam. Ook voor deze emissiebron zijn maatregelen getroffen. De stof is echter nog volop in het milieu aanwezig.

### Polychloorbifenylen (PCB's)

De gevaren van PCB's in het milieu zijn voornamelijk een gevolg van doorgifte via de voedselketen, waardoor effecten op toppredatoren optreden. Effecten zijn geconstateerd op het broedsucces van verschillende visetende vogelsoorten (Marquenie & Simmers 1988; Van der Gaag *et al.* 1989) en op de voortplanting bij zeehonden (Reijnders 1990). Ook wordt het uitsterven van de Otter in Nederland in verband gebracht met de hoge concentraties van PCB in het watermilieu. Marquenie *et al.* (1986) hebben de effecten van PCB's op Kuifeenden onderzocht.

### Organochloorverbindingen (HCB, HCBDD, QCS, OCS, en HCH-verbindingen)

De groep van lipofiele en daardoor sterk accumulerende verbindingen komt vrij als bijproduct in de chemische industrie. Bovendien wordt HCB ook als bestrijdingsmiddel gebruikt. Van deze groep komt hexachloorbenzeen in de hoogste gehalten in weefsels voor. Het gebruik van het bestrijdingsmiddel lindaan, dat voor een groot deel uit de stof  $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan bestaat, is nog slechts voor enkele toepassingen toegestaan.

### DDT, DDE, DDD

Het bestrijdingsmiddel DDT is zeer slecht afbreekbaar. Sinds het begin van de tachtiger jaren is de toepassing in Nederland verboden. Nog steeds worden residuen gevonden in de waterbodem van vele watersystemen en in het vet van aquatische organismen. Door biologische omzettingprocessen worden de individuele DDT-congeneren o,p-DDT en p,p'-DDT omgezet in de sterk toxische en accumulerende o,p-DDE en p,p'-DDE en vervolgens langzaam omgezet in de eveneens sterk toxische en accumulerende o,p-DDD en p,p'-DDD. In verschillende onderzoeken zijn aanwijzingen gevonden dat ernstige effecten op het broedsucces van Aalscholvers en Kuifeenden kunnen worden gerelateerd aan hoge DDE-gehalten in de dieren (Koeman *et al.* 1973; Marquenie *et al.* 1986).

### Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

Een voorname bron van emissie van PAK's in het milieu is de atmosferische depositie van deeltjes, die door onvolledige verbranding van fossiele brandstof in de lucht uitgestoten zijn. Daarnaast komen de verbindingen in het watermilieu door lozing van olieverbindingen en uitloging van oeverbeschermingsmaterialen. Sommige PAK's en metabolieten daarvan bezitten mutagene of carcinogene eigenschappen. Er zijn nog weinig effecten bekend van deze verbindingen op hogere organismen. Organismen kunnen PAK's wel opnemen en, met name hogere organismen, ook metaboliseren. Daardoor treden geen hoge concentraties op in de hogere trofische niveaus. In lagere organismen, zoals Driehoeksmosselen, is de metabolische activiteit waarschijnlijk geringer, zodat deze soort bruikbaar is om de biobeschikbaarheid van PAK's te meten.



## BIOASSAYS

Bioassays worden gebruikt om acute en chronische toxiciteit van de waterbodem en het oppervlaktewater onder laboratoriumomstandigheden te meten.

### Toxiciteit waterbodem

De toxiciteit van de waterbodem is gemeten met langdurende toxiciteitstoetsen met de muggelarve *Chironomus riparius* (sediment) en met de watervlo *Daphnia magna* (poriewater van het sediment). De ontwikkeling en sterfte van de muggelarve en de overleving en reproductie van de watervlo worden vergeleken met een 'blanco' (niet-verontreinigd milieu) en dienen als maat voor de toxiciteit.

Hoewel de waterbodem van het Markermeer één van de minst verontreinigde in Nederland is, komen overschrijdingen van de grenswaarden voor bijvoorbeeld kwik en enkele PAK's voor (Winkels 1994). Ook bestrijdingsmiddelen zijn aangetroffen (Vink 1993). In de bioassays veroorzaakt het sediment van het Markermeer echter geen effecten op de overleving en ontwikkeling van muggelarven. Ook in toetsen met de watervlo treden geen effecten op.

De chemische kwaliteit van de waterbodem van het IJsselmeer is slechter dan die van het Markermeer. Gehalten aan cadmium, koper, kwik, zink en nikkel evenals PCB's en PAK overschrijden regelmatig de grenswaarde (Vink en Winkels 1991). In de bioassays blijkt het sediment van het IJsselmeer (Y23) geen effecten te veroorzaken op de ontwikkeling van muggelarven en de reproductie van watervlooien. Ook treedt bij beide organismen geen verhoogde sterfte op (Witteveen+Bos 1994). Uit de bioaccumulatiemetingen blijkt dat de stoffen wel biologisch beschikbaar zijn. De gehalten komen kennelijk niet tot uitdrukking in effecten in de bioassays.

In 1992 zijn naast de bioassays ook de dichtheden van kaakafwijkingen bij Chironomiden in het veld geïnventariseerd. Er bestaan duidelijke aanwijzingen, dat er een verband bestaat tussen het voorkomen van deze afwijkingen en de mate van verontreiniging van de waterbodem (van Urk & Kerkum 1991; van de Guchte 1992).

Bij bemonstering van één lokatie midden in het IJsselmeer en het Markermeer werden te weinig muggelarven aangetroffen om het percentage kaakafwijkingen betrouwbaar vast te stellen. De chemische kwaliteit van de bodem was echter relatief goed (beide klasse 2). Waarschijnlijk waren de habitatkenmerken ter plekke minder geschikt voor het voorkomen van muggelarven.

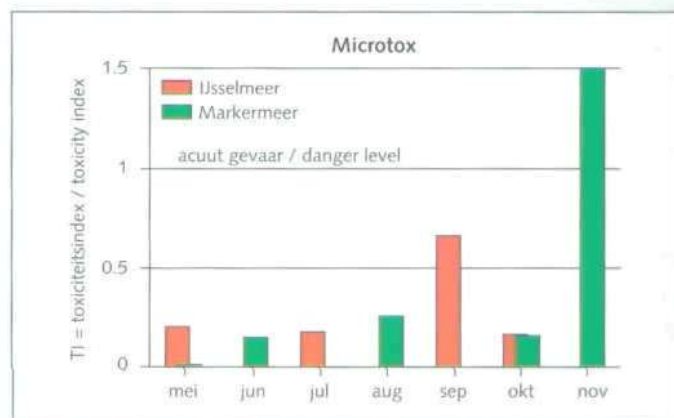
### Toxiciteit oppervlaktewater

De toxiciteit van het oppervlaktewater is gemeten met de luminescerende bacterie *Photobacterium phosphoreum*, volgens de Microtox-methode (zie o.a. Hendriks & Pieters 1993; De Zwart en Polman 1993). Toxische stoffen veroorzaken een afname in de hoeveelheid licht die deze bacterie uitzendt. Het resultaat van de bioassay is de verdunningsfactor van het concentraat waarbij juist een afname van lichtemissie waarneembaar is (EC20), uit te drukken in de toxiciteitsindex TI.

Op één monster na ligt de toxiciteitsindex TI voor alle monsters van het IJsselmeer en Markermeer ver onder het niveau waarbij acuut gevaar optreedt (TI>1; zie figuur). De oorzaak van de extreem hoge toxiciteit in het Markermeer in november is niet duidelijk en kan niet bevestigd worden uit chemische analyse van het onbehandelde oppervlaktewater.

Hoewel er op basis van de test geen direct gevaar voor aquatische organismen bestaat liggen de TI-waarden in alle gevallen boven de voorlopige grens van 0,01. Dit zou betekenen dat er door de belasting met toxicanten op langere termijn een onacceptabel risico voor het ecosysteem kan ontstaan. De chemische analyses in zwevend stof in beide meren bevestigen dit beeld echter niet. De kwaliteitsklasse is 1. Een nadere bepaling van de voorlopige grens lijkt op basis van deze gegevens op z'n plaats.

De gemiddelde toxiciteit van het oppervlaktewater van het Markermeer ligt, met uitzondering van de meting in november, lager dan die van het IJsselmeer, conform de verwachting. Het gemeten toxiciteitsniveau in het IJsselmeer is over het jaar gemiddeld gelijk aan het niveau in de Rijn bij Lobith.



Toxiciteit van oppervlaktewater volgens de Microtox methode.

locaties. De gehalten in het zwevend stof bevestigen dit ruimtelijk patroon niet. De gehalten aan PCB's die in 1992 gemeten zijn in Driehoeksmosselen in het IJsselmeer zijn gemiddeld een factor 2 tot 3 hoger dan gehalten gemeten in het Markermeer (Pieters 1993a/b). Vergeleken met waarden, die in het Rijnstroomgebied gemeten zijn, liggen de accumulatiewaarden voor PCB's in het IJsselmeer echter een factor 5 lager.

#### DDT, DDE, DDD

De variatie tussen de locaties en de verschillende jaren in de gehalten van de sterk accumulerende congener p,p'-DDE is zeer klein. In het Markermeer is er over de laatste drie jaren een lichte daling in de gehalten van p,p'-DDE op vetbasis waarneembaar. Het gehalte in Driehoeksmosselen is in het Markermeer een factor 2 lager dan in het IJsselmeer.

#### HCH

Het bestrijdingsmiddel lindaan is nog slechts voor een enkele toepassing toegestaan. Toch worden nog steeds verhoogde gehalten van de HCH-isomeren in Driehoeksmosselen en in Aal gevonden. In 1992 zijn de hoogste gehalten gemeten in het midden van het IJsselmeer. Deze liggen op vergelijkbaar niveau als in watersystemen in het Nederlandse Rijnstroomgebied in 1988 (Van der Valk *et al.* 1989).

#### PAK's

In het IJsselmeer en Markermeer zijn, in vergelijking met andere watersystemen, lage gehalten PAK in Driehoeksmosselen gemeten, vaak onder het detectieniveau. De accumulatie-niveaus gemeten in de Maas (Eijsden) liggen gemiddeld een factor 5 tot 50 hoger (Pieters 1993a) dan in beide meren.

#### Bioaccumulatie in Aal

De resultaten van de accumulatiemetingen in Aal, die in 1992 op verschillende locaties in het watersysteem van het IJsselmeer gevangen is, staan in tabel 2.

#### Kwik

Gehalten aan totaal-kwik in Aal zijn relatief hoog in het IJsselmeer. Hoewel er een sterke daling

stof	IJsselmeer	Markermeer
kwik (mg/kg nat)	0.27	0.15
PCB-153 (mg/kg nat)	0.13	0.071
HCB (mg/kg nat)	0.007	0.006
ΣDDT (mg/kg nat)	0.059	0.042
γ-HCH (mg/kg nat)	0.054	0.036

Tabel 2

Resultaten van accumulatiemetingen in Aal in 1992.

Results of accumulation measurements in eel, taken in 1992.

optrad aan het eind van de jaren zeventig, heeft deze daling zich de laatste jaren niet voortgezet. Dit beeld komt overeen met het verloop van het kwik-gehalte in water en met de gehalten in Driehoeksmosselen.

De kwikgehalten in Aal in het Markermeer zijn net als bij Driehoeksmosselen vergelijkbaar met die in het IJsselmeer.

#### PCB

PCB-gehalten in Aal uit het IJsselmeer worden al sinds 1979 gemeten. De bespreking van de accumulatiemetingen in Aal beperkt zich tot de congener PCB-153, die in de hoogste concentraties in weefsels voorkomt.

De Boer en Hagel (1994) toonden in 1990 een duidelijk ruimtelijk patroon aan in PCB-gehalten in Aal in het stroomgebied van de IJssel op de locaties IJssel bij Kampen, Ketelmeer, IJsselmeer en Markermeer. Een deel van deze gegevens is in figuur 4 opgenomen. De invloed van het vervuilde Rijnwater uit de IJssel op de PCB-153-gehalten van Aal is duidelijk waarneembaar. Gehalten in Aal bij de Afsluitdijk en in het Markermeer zijn lager dan in de directe nabijheid van het Ketelmeer. In 1988 en 1991 is de ruimtelijke variatie van PCB-gehalten in het zwevend stof in het IJsselmeer gemeten. In 1988 is een duidelijke afname met toenemende afstand tot het Ketelmeer te constateren.

In het centrale gedeelte van het IJsselmeer zijn de gehalten in Aal sinds 1979 met bijna de helft gedaald, waarbij aangemerkt dient te worden dat er in de jaren 1990 tot 1992 weer een stijging in de gehalten waarneembaar is

Deze stijging is in zekere mate ook te zien in het

zwevend-stofgehalte in het IJsselmeer. Een duidelijke trend is echter niet waarneembaar omdat de tijdreeks van PCB-gehalten in het meer pas vanaf 1988 beschikbaar is. Het lijkt eerder of de concentratie aan PCB een constant niveau bereikt. Een stagnatie in daling van het PCB-gehalte in Aal is eveneens gevonden door Hendriks en Pieters (1993) in accumulatiemetingen in het Rijnstroomgebied.

#### HCB, HCBDD, QCB en OCS

Van de vier verbindingen is het gehalte van hexachloorbenzeen in Aal het hoogst. Tabel 2 toont de accumulatiewaarden van HCB in Aal. Zowel in het Markermeer als het IJsselmeer ligt het accumulatie-niveau op constant niveau. De gehalten in het vlees van Aal uit het Markermeer en uit het noorden en midden van het IJsselmeer zijn relatief laag. De gehalten direct bij het Ketelmeer zijn aanmerkelijk hoger.

#### DDT, DDE, DDD

Van de drie congenen is het gehalte van p,p'-DDE in Aal het hoogst. In tabel 2 zijn de gemeten gehalten aan ΣDDT (=p,p'-DDT; p,p'-DDE; p,p'-DDD) in Aal weergegeven.

De gehalten gemeten nabij het Ketelmeer en bij Urk zijn het hoogst in vergelijking met de andere locaties. Echter in 1992 is in Aal afkomstig uit het midden van het IJsselmeer een hiermee vergelijkbaar gehalte op vetbasis gemeten. In het Markermeer liggen de gehalten in Aal een factor 2 lager.

#### Risico's voor organismen en het ecosysteem

De bioaccumulatiemetingen in Driehoeksmosselen en Aal laten zien dat een aantal toxische



### Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) voor aquatische systemen

M.A. Beek en J.L. Maas (RIZA)

Het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) is de concentratie per stof waarbij (theoretisch) 95% van de potentieel aanwezige soorten binnen een ecosysteem beschermd is. Boven deze concentratie wordt het risico op nadelige effecten voor het ecosysteem als ontoelaatbaar beschouwd. De MTR's dienen ter onderbouwing van de milieukwaliteitsdoelstellingen, de grenswaarden.

Voor ecosystemen worden MTR's over het algemeen afgeleid uit toxiciteitsgegevens waarin organismen direct zijn blootgesteld aan een stof. Voor bepaalde stoffen is het van belang om ook de risico's op effecten via indirecte blootstelling, dat wil zeggen via doorvergiftiging in de voedselketen, mee te nemen. De meest kritische blootstellingsroute, dat wil zeggen de route die het eerst risico's op effecten met zich meebrengt, is uiteindelijk bepalend voor het MTR voor ecosystemen.

In onderstaande tabel staan de MTR's voor aquatische ecosystemen voor een aantal stoffen weergegeven. Deze MTR's zijn uitgedrukt als concentratie in vis en in mossel. Wanneer de meetgehalten in vis of in mossel deze MTR's overschrijden, kan gesteld worden dat de risico's op effecten in het ecosysteem ontoelaatbaar zijn. De stof is als stressfactor in het ecosysteem aanwezig.

De methodiek voor het afleiden van MTR's, inclusief de risico's via doorvergiftiging, ter onderbouwing van de grenswaarden is vastgesteld in het kader van de Integrale Normstelling Stoffen (INS). Deze methodiek en afgeleide MTR's zijn voortgekomen uit diverse RIVM-rapporten, en voor RWS weergegeven in een overzichtsrapport (Beek, 1995).

Tabel 3

Maximaal Toelaatbare Risiconiveau's voor aquatische systemen, gebaseerd op gehalten in vissen en Driehoeksmosselen [mg/kg nat].

Stof	MTR [mg/kg vis]	MTR [mg/kg mossel]
(methyl)-kwik	0,0266	0,0247
cadmium	0,0133	0,008*
PCB-153	0,32*	0,084*
HCB	0,038	0,0147
p,p'DDD	0,035	0,0097
p,p'DDE	0,022	0,018
p,p'DDT	0,023	0,048
ΣDDD/DDE/DDT	0,026*	0,020*
lindaan	0,37	0,154

\* = niet binnen INS vastgesteld (zie Beek 1995)

stoffen, die in het IJsselmeer-Markermeer voorkomen, biologisch beschikbaar zijn. De blootstelling van deze soorten aan de stoffen leidt door opname uit het water en of het voedsel tot ophoping in weefsels.

De toegepaste onderzoeksmethode was niet primair gericht op het verkrijgen van inzicht in de

betekenis van deze ophoping voor de soorten zelf. De soorten zijn geselecteerd om het risico van stoffen, welke zich ophopen in biota, vast te stellen. De resultaten van de metingen in weefsels zijn op twee manieren bruikbaar om inzicht in het proces van doorvergiftiging te krijgen, enerzijds door de vergelijking van de gehalten

tussen twee belangrijke trofische niveau's (primaire en secundaire consumenten) en anderzijds door deze te toetsen aan de maximaal toelaatbare risiconiveau's voor het aquatische systeem. Daarnaast kan ook directe blootstelling de meest kritische blootstellingsroute zijn. (zie Intermezzo MTR)

### Vergelijking accumulatie in Driehoeksmosselen en Aal

Voor alle verbindingen die in beide soorten gemeten zijn (zie tabel 1 en 2), liggen de gehalten in Aal een factor 2 tot maximaal 20 hoger dan in Driehoeksmosselen. De verhouding is voor kwik het hoogst: 10-20 maal zo hoog in Aal. Het accumulatie-niveau van PCB-153 in Aal ligt in het IJsselmeer en Markermeer een factor 5 respectievelijk 2 hoger dan in Driehoeksmosselen. Hendriks en Pieters (1993) vinden een gemiddelde verhouding van 3 voor PCB-153 in verschillende watersystemen in het Rijnstroomgebied in 1990.

Het accumulatie-niveau van HCB en QCB voor Driehoeksmosselen (op basis van vetgewicht) ligt een factor 3 lager dan voor Aal. Voor ΣDDT geldt in beide meren een factor 5. Ook de gehalten van γ-HCH in Aal liggen een factor 4-6 hoger dan de gehalten in Driehoeksmosselen. De resultaten bevestigen de verwachting dat er sprake is van ophoping in de voedselketen.

### Toetsing van accumulatie-niveau's aan MTR

De beoordeling van het risico voor het aquatisch systeem vindt plaats door de gemeten accumulatie-niveau's te vergelijken met de Maximaal Toelaatbare Risico-niveau's.

In figuur 1 en 2 zijn voor alle gemeten stoffen de gehalten in Driehoeksmosselen en Aal in het watersysteem IJsselmeer weergegeven als percentage van de MTR. Waar een weefselgehalte 100% overschrijdt, loopt het gehele aquatische systeem een ontoelaatbaar risico op nadelige effecten te ondervinden.

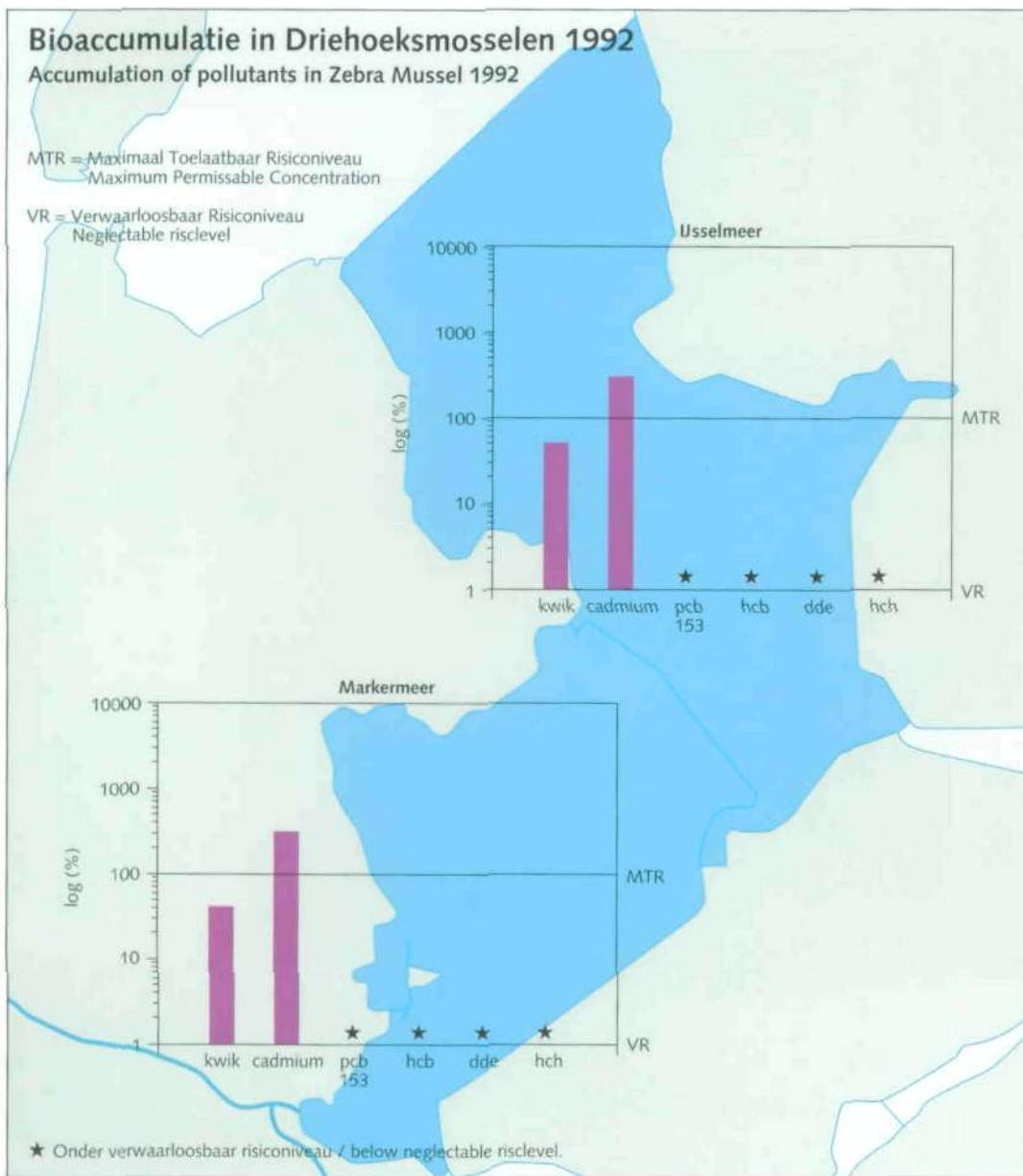
Uit figuur 1 komt naar voren dat de accumulatie-niveau's voor cadmium in Driehoeksmosselen en voor kwik en ΣDDT in Aal boven de MTR-waarde liggen. Voor deze stoffen bestaat op basis



**Figuur 17**  
De gevaren van PCB's zijn voornamelijk een gevolg van doorgifte via de voedselketen, waardoor effecten bij toppredatoren optreden. Zo is een negatieve invloed geconstateerd op het broedsucces van Aalscholvers.





**Figuur 1**

De gehalten van alle gemeten stoffen in Driehoeksmosselen, weergegeven als percentage van het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR).

*Levels of all measured substances found in dreissena molluscs, stated as the percentage of the 'MTR' (Maximum Permissible Concentration).*

van de resultaten derhalve gevaar voor het gehele aquatische systeem. De MTR-waarde voor kwik in Driehoeksmosselen wordt echter niet overschreden, hetgeen zou betekenen dat het aquatische systeem ontoelaatbaar risico loopt. De oorzaak voor dit verschil is vooralsnog niet bekend en dient nog nader onderzocht te worden.

De gehalten aan HCB in Driehoeksmosselen en Aal liggen in 1992 in beide meren onder de MTR-waarde. In 1990 lagen de gehalten in Aal nabij de Ketelbrug nog boven de MTR-waarde.

## Belangrijkste conclusies

In het ecotoxicologisch onderzoek in het IJsselmeer-Markermeer heeft de nadruk gelegen op bioaccumulatiemetingen in Driehoeksmosselen en Aal. Het waarnemen van ophoping en doorvergiftiging van stoffen in deze organismen staat model voor het biologisch beschikbaar zijn van deze stoffen. Dit betekent dat organismen in de gehele voedselketen zijn blootgesteld aan deze toxische stoffen en meedoen in het proces van bioaccumulatie.

In de toekomst komen bioassays en veldwaarne-

mingen van opgetreden effecten nadrukkelijker aan de orde. Op basis van de nu uitgevoerde bioassays met waterbodembodem en oppervlaktewater blijken het IJsselmeer en Markermeer relatief schone systemen. Hetzelfde komt naar voren uit de resultaten van chemische analyses.

Uit de accumulatiemetingen komt een aantal trends en ruimtelijke patronen naar voren en zijn risico's af te leiden voor het functioneren van het ecosysteem.

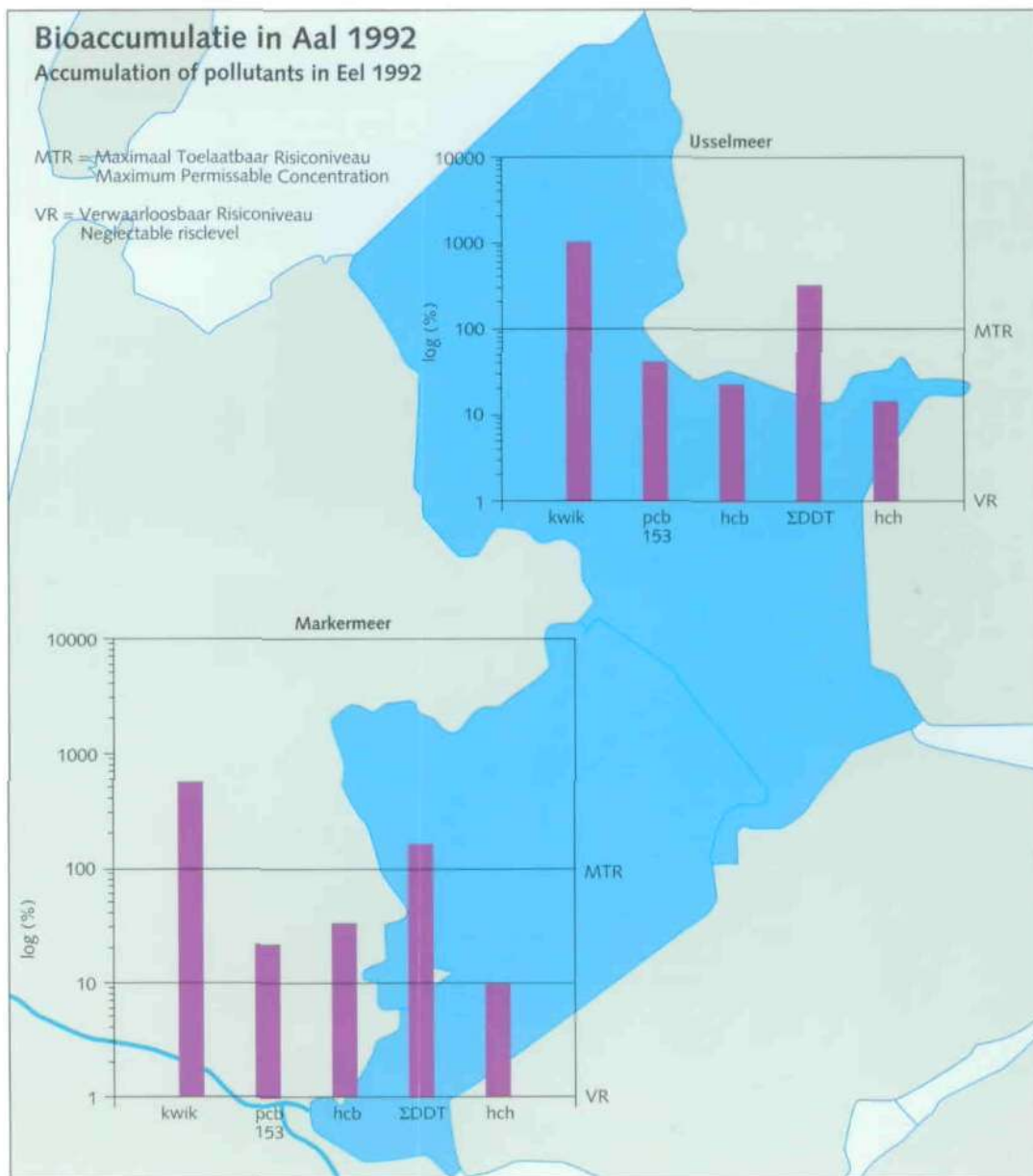
Trends:

- de trend van dalende kwikgehalten, die sinds

Figuur 2

De gehalten van alle gemeten stoffen in Aal, weergegeven als percentage van het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR).

Levels of all measured substances found in eel, stated as the percentage of the 'MTR' (Maximum Permissible Concentration).



eind jaren 70 waarneembaar is in water en weefsel van Aal en Driehoeksmossel, stagneert momenteel. De oorzaak van deze stagnatie ligt mogelijk in nalevering van (methyl)kwik uit de waterbodem.

- In het centrale gedeelte van het IJsselmeer zijn de PCB-gehalten in Aal sinds 1979 met bijna de helft gedaald, gevolgd door een geringe stijging in 1990 tot 1992.
- Sommige stoffen komen ondanks een verbod of sterke beperking van het gebruik toch nog steeds voor in abiotische en biotisch compartimenten van het watersysteem. Met

name HCH-isomeren en isomeren van DDT zijn in Aal en in Driehoeksmosselen in verhoogde gehalten aangetroffen.

#### Ruimtelijke patronen:

- De accumulatie-niveaus van PCB's in Driehoeksmosselen en Aal zijn in het IJsselmeer gemiddeld 2 tot 3 maal hoger dan in het Markermeer. In het Rijnstroomgebied liggen de accumulatie-waarden echter een factor 5 hoger dan in het IJsselmeer.
- Voor kwik en cadmium is geen verschil in weefselgehalten gevonden tussen het IJssel-

meer en Markermeer.

#### Risico's

- Voor kwik en ΣDDT in Aal en voor cadmium in Driehoeksmosselen vindt er in het IJssel- en Markermeer overschrijding van het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) plaats. Dit houdt in dat deze stoffen voor het gehele aquatische systeem een risico vormen.





## 10. Conclusies

Marcel Klinge en Willem Ligtoet (Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v.)

De belangrijkste feiten en conclusies ten aanzien van de verschillende ecologische groepen zijn weergegeven in tabel 1.

### Opvallende gebeurtenissen in 1992

Uit de tabel kan afgeleid worden dat er in 1992 twee belangrijke gebeurtenissen hebben plaatsgevonden welke in meerdere trofische niveaus van het voedselweb invloed hebben gehad.

De eerste en belangrijkste is het slechte voortplantingssucces van Spiering in het IJsselmeer in 1992. De oorzaak hiervan is vooralsnog niet duidelijk. Verwacht wordt dat het gaat om een incidentele gebeurtenis. Wel illustreert dit incident de centrale positie die Spiering in het voedselweb van het IJsselmeer inneemt, getuige de effecten in alle andere trofische niveaus:

- Parallel aan het wegvallen van de sterke (groot-selectieve) predatie van Spiering zorgt het zoöplankton ervoor dat in het voorjaar de algenbiomassa onderdrukt wordt. Dit is een aanwijzing voor het sterke top-down effect van Spiering.
- Het wegvallen van Spiering als voedselbron veroorzaakt een daling van de stand van Spiering-etende vogels, m.n. Futen en zaagbekken.
- Ook het slechte broedsucces van op het IJsselmeer jagende Aalscholvers (zie o.a. hoofdstuk 3) kan hier verband mee houden. Dit illustreert het sterke bottom-up effect van Spiering.

De andere belangrijke gebeurtenis in 1992 is de geconstateerde achteruitgang van Driehoeksmosselen in het Markermeer (zie hoofdstuk 6 en Bij de Vaate 1994). Deze veroorzaakt een scherpe daling van de stand aan mosseletende vogels, met name Tafeleenden en Kuifeenden.

### Meerjarige trends op systeemniveau

Voor de meerjarige trends op het niveau van de verschillende organismen wordt verwezen naar tabel 1 en de betreffende hoofdstukken. Onderstaand worden de belangrijkste trends op systeemniveau besproken.

De oorzaak van de teruggang van de Driehoeksmosselen moet zeer waarschijnlijk gezocht worden in de oplading van het Markermeer met **slib**. Dit slib is een produkt van erosieprocessen. Voor

de aanleg van de Houtribdijk werd dit slib naar de diepe getijdegeulen van het IJsselmeer getransporteerd. Thans bedekt het reeds meer dan *de helft van het Markermeer met een dunne en uiterst mobiele laag* (de zogenaamde IJsselmeer-afzetting) en oefent het invloed uit op het functioneren van het gehele systeem (zie ook tabel 1). Zo vormt het een zeer slecht substraat voor Driehoeksmosselen. Ook andere macrofaunasoorten komen in slib in zeer geringe dichtheden voor (zie o.a. Bij de Vaate & Wanink, 1985). De relatief geringe benthische produktie (op een stabiele kleibodem als die in het Markermeer zijn doorgaans zeer hoge produkties mogelijk) werkt

Sinds de aanleg van de Afsluitdijk in 1932 heeft het IJsselmeergebied in het teken gestaan van een groot aantal veranderingen, zoals de overgang van een zout naar een zoet water, de inpolderingen, de aanleg van de Houtribdijk, de intensivering van de visserij, de eutrofiëring vanaf de jaren '50 en de huidige trend van afnemende eutrofiëring.

Dergelijke snelle en langzame veranderingen hebben grote effecten gehad op het functioneren van het ecosysteem. Het ecosysteem is niettemin in staat gebleken zeer snel en flexibel op deze veranderingen te reageren en heeft haar internationale allure tot op heden behouden. Veranderingen zullen ook in de toekomst een belangrijke rol blijven spelen. Een aantal ontwikkelingen kan nu reeds signaleerd worden.

Tabel 1

Overzicht van de belangrijkste feiten en conclusies ten aanzien van de verschillende organismegroepen. De onderlinge samenhang tussen verschillende conclusies en de sturende factoren welke hierbij een rol spelen zijn eveneens weergegeven. ●● = wegvallen bottom-up kracht; ●● = wegvallen top-down kracht; ●● = afnemende eutrofiëring; ●● = oplading met slib.

		Trend in voedsel web	Sturende factor
<b>Vogels</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het IJsselmeer-Markermeer vormen een gebied van nationale en internationale betekenis voor watervogels.</li> <li>• In de winter 1992/93 waren in het Markermeer beduidend minder mosseletende vogels aanwezig dan in andere jaren. Vooral het aantal Tafeleenden (<math>\pm 15\%</math> van het gemiddelde van voorgaande jaren) was tijdens de jaartelling laag.</li> <li>• In 1992/93 werden in het IJsselmeer relatief weinig visetende vogels, m.n. zaagbekken en Futen, geteld.</li> </ul>		
<b>Vissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De visbiomassa in het Markermeer ligt tenminste een factor 2 lager dan in het IJsselmeer.</li> <li>• In 1992 heeft Spiering in het IJsselmeer slecht gerecruteerd. De stand bedroeg <math>\pm 20\%</math> van het langjarig gemiddelde.</li> <li>• In 1992 zijn in beide meren relatief sterke jaarklassen baars gerecruteerd. In het IJsselmeer was daarnaast de recrutering van snoekbaars sterk.</li> <li>• De intrek van glasaal via de sluisen in de Afsluitdijk ligt sinds het begin van de jaren '80 op een relatief laag niveau. (Dekker 1992)</li> <li>• In het IJsselmeer is een geleidelijke toename van bot te constateren.</li> </ul>		
<b>Macrofauna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In het Markermeer en IJsselmeer heeft zich een sterke achteruitgang van Driehoeksmosselen voorgedaan.</li> <li>• Het Markermeer wordt thans voor meer dan de helft bedekt met een laag slib. In dit slib komt relatief zeer weinig macrofauna voor.</li> </ul>		
<b>Zoöplankton</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In het voorjaar van 1992 beperkte het zoöplankton de algenbiomassa in het IJsselmeer. In andere periodes en in het Markermeer was dit niet het geval.</li> <li>• In het Markermeer is het zoöplankton in het algemeen kleiner dan in het IJsselmeer.</li> </ul>		
<b>Water- en oeverplanten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bedekking met ondergedoken waterplanten neemt sinds de jaren '80 geleidelijk toe, met name in het Markermeer.</li> <li>• De oevervegetatie wordt in het IJsselmeer en Markermeer beperkt door de vele verharde oevers en het onnatuurlijke waterpeil.</li> </ul>		
<b>Fytoplankton</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In het voorjaar van 1992 zijn de chlorofyl-a gehalten in het IJsselmeer relatief laag geweest (<math>\pm 40 \mu\text{g/l}</math>).</li> <li>• In het Markermeer treedt sinds 1982 regelmatig een stikstoflimitatie van de algengroei op met een dominantie van de stikstoffixerende blauwalg <i>Aphanizomenon flos aquae</i>.</li> </ul>		



door in de gehele benthische voedselketen (detritus-macrofauna-benthivore vissen-benthivore vogels-piscivore vogels).

Niet alleen de benthische voedselketen wordt beïnvloed door het slib, ook de pelagische voedselketen (algen-zoöplankton-planktivore vis-piscivore vis-piscivore vogels) ondervindt effecten. Het belangrijkste is het effect op het lichtklimaat, waardoor de primaire (algen)productie en derhalve de productie in de gehele voedselketen wordt beïnvloed. Ook het zoöplankton wordt echter waarschijnlijk direct beïnvloed, getuige het voorkomen van kleine soorten (zie hoofdstuk 8). Gesteld kan worden dat het slib een dominante factor is geworden, welke het ecologisch functioneren van het Markermeer negatief beïnvloedt.

Een andere sturende factor welke z'n sporen begint achter te laten is de **afnemende eutrofiëring**. Dit verschijnsel is het oudst in het Markermeer, waar na de afsluiting in 1975 de nutriëntenbelasting sterk is teruggelopen. Samen met de oplading van dit meer met slib heeft dit een verminderde produktiviteit van het gehele systeem tot en met de visstand veroorzaakt. Het optreden van een stikstoflimitatie en de dominantie van de stikstoffixerende blauwalg *Aphanizomenon flos aquae* sinds 1982 kan gezien worden als een illustratie van de afgenomen belasting. Mogelijk kan ook het herstel van waterplanten in het Markermeer sinds het begin van de jaren '80 aan dit fenomeen toegeschreven worden. Hierover bestaat echter (nog) geen duidelijkheid.

In het IJsselmeer, waar de P-belasting sinds 1975 ongeveer is gehalveerd, zijn (nog) geen effecten op de algenbiomassa en dus op de produktiviteit van het gehele voedselweb zichtbaar. In de toekomst zijn echter zeker effecten te verwachten (zie verder).

De **visserij** in het gebied kampt al geruime tijd met problemen van overbevissing (vooral Aal en Snoekbaars). Daarnaast begint de trend in de teruggang van de intrek van glasaal in de oogst zichtbaar te worden, waardoor de toekomst er niet bepaald rooskleurig uitziet. Vanuit zowel de visserij zelf als vanuit het oogpunt van een even-

wichtiger ecologisch functioneren van het IJsselmeer-Markermeer neemt de wil toe om de visserij-intensiteit terug te dringen en te komen tot een meer duurzame vorm van visserij (zie verder).

Ten aanzien van de **ecotoxicologische toestand** van het IJsselmeer/Markermeer kan gesteld worden, dat er voor de meeste stoffen spake is van een trend van geleidelijke verbetering. Voor enkele stoffen, zoals kwik, cadmium en DDT, bestaat via bioaccumulatie risico voor het aquatische systeem. Of er momenteel of op de langere termijn daadwerkelijk sprake is van schade is echter nog niet bekend. Het IJsselmeer-Markermeer zijn landelijk gezien echter relatief schone systemen welke in de toekomst waarschijnlijk verder zullen verbeteren, zowel door maatregelen bij de bron als door lokale ingrepen zoals de sanering van het Ketelmeer.

## Toekomstige ontwikkelingen

Het IJsselmeergebied is een multifunctioneel gebied waar vele menselijke belangen, zoals landbouw, drinkwatervoorziening, recreatie en visserij een rol spelen. De invloed van de mens is reeds vanaf de vroege Middeleeuwen merkbaar geweest, hoewel dit lange tijd geen of slechts weinig invloed op het ecologisch functioneren had. Hierin kwam een drastische verandering vanaf 1932, toen de Zuiderzee IJsselmeer werd en er grote arealen ingepolderd werden. Hierdoor verdwenen er vele karakteristieke ecologische processen, zoals een natuurlijke waterpeildynamiek en geleidelijke overgangen van zoet naar zout en van land naar water. Opvallend genoeg zijn in het 'nieuwe' IJsselmeergebied echter natuurwaarden van nationale en internationale betekenis ontwikkeld. Deze natuurwaarden staan echter in toenemende mate onder druk en vormen slechts een beperkte afspiegeling van de ecologische potenties van het gebied.

De wens om te komen tot een verbetering van de natuurwaarden van het IJsselmeergebied is de laatste tijd sterk gegroeid. Deze wens is het product van een toegenomen maatschappelijke be-

hoefte aan natuur om ons heen en het besef dat het tijd is om de natuur te herstellen. In de Derde Nota Waterhuishouding en het Natuurbeleidplan wordt dan ook veel ruimte gegeven aan ecologisch herstel.

De gebiedsgerichte invulling van het landelijke beleid is in het IJsselmeergebied momenteel in volle gang. Sleutelwoorden bij dit beleid zijn **integraal** en **actief**. Een integrale aanpak is noodzakelijk om alle belangen optimaal op elkaar af te stemmen. Een actieve aanpak is nodig om te herstellen wat we hebben beschadigd.

Hoewel de planvorming voor het gebied nog in volle gang is kunnen er nu reeds een aantal belangrijke maatregelen worden onderscheiden welke een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het verbeteren van het ecologisch functioneren van het IJsselmeer-Markermeer.

Het betreft:

- Een verdere afname van de eutrofiëring
- Het aanleggen van moerassen
- Het reguleren van de visserij
- De aanpak van de slib-problematiek in het Markermeer

In tabel 2 wordt een eerste verkenning van de verwachte effecten van deze maatregelen op de verschillende trofische niveaus van het voedselweb van beide meren gegeven. In het project "Ecosysteemanalyse IJsselmeer-Markermeer" (RIZA) en in het rapport "Natuur in het natte hart-een verkenning van de kansen voor natuurontwikkeling in het IJsselmeergebied" (rapport RWS Directie IJsselmeergebied en IKC-Natuurbeheer) wordt nader op deze factoren ingegaan.

### Afnemende eutrofiëring

De afnemende eutrofiëring is het gevolg van een nationaal en internationaal meststoffenbeleid. Dit beleid heeft reeds geresulteerd in een halvering van de belasting van het IJsselmeer vanuit de IJssel (zie hoofdstuk 2). Voor de toekomst wordt een verdere daling van de belasting verwacht.

Verwacht wordt dat bij een verdergaande afname van de eutrofiëring de produktiviteit van de

gehele voedselketen zal afnemen. Dit betekent dus via een directe vermindering van de hoeveelheid algen een vermindering van zoöplankton, macrofauna, vissen en mossel- en visetende vogels. Via een toename van het doorzicht is er wel een toename van de ondergedoken waterplanten en van de herbivore vogelstand te verwachten.

Het niveau waarop de produktiviteit van het water uiteindelijk zal stabiliseren is nog grotendeels onduidelijk. Naar verwachting zal het totaal-P gehalte uitkomen tussen 0.05 en 0.1 mg/l (Boers pers. med.).

Voor het ecosysteem betekent dit dat er waarschijnlijk geen omslag naar een duurzaam helder water zal optreden; daarvoor is het ontstaan van een door waterplanten en Snoek gedomineerd systeem noodzakelijk, hetgeen niet mogelijk is (Ligtvoet & Grimm 1993; Klinge *et al.*, 1995). Wel zijn een algehele verbetering van het doorzicht in met name het IJsselmeer en het optreden van perioden met helder water (doorzicht 1 à 2 meter) te verwachten.

### Moerasontwikkeling

Meerbegeleidende moerassen zijn momenteel sterk ondervetegenwoordigd in het IJsselmeer-Markermeer. Dit wordt vooral veroorzaakt door

de geringe waterpeildynamiek en de gevolgen van de inpolderingen, waardoor ondiepe arealen en 'zachte' oevers schaars zijn geworden. Het beleid is erop gericht het areaal aan moerassen in het gebied te vergroten (o.a. Anonymus 1992). Momenteel vinden er op diverse plaatsen op relatief kleine schaal opspuitingen plaats waarbij de bestaande verharde oevers weer 'zacht' gemaakt worden en er ondiepe arealen worden aangelegd. Als ondergrens voor de gewenste grootte van dergelijke moerassen kan, afhankelijk van de lokale voedselrijkdom, een oppervlak van zo'n 1500 tot 3000 ha gehanteerd worden (RWS Directie IJsselmeergebied & IKC-Natuurbeheer, in prep.). Voor het ecologisch functioneren betekenen dergelijke moerassen vooral een verbetering van de lokale natuurwaarden op alle trofische niveaus. Ook kunnen dergelijke moerassen bijdragen aan de Ecologische Hoofd Structuur. Voor een meer uitstralende werking naar grotere delen van het IJsselmeer-Markermeer zijn grootschalige moerassen van 10.000 ha en groter en met een gezamenlijk oppervlak van 10-15% van het totale oppervlak van het IJsselmeer-Markermeer nodig. Voor dergelijke grootschalige moerassen is een aanpassing van het waterpeilbeheer noodzakelijk. Hiernaar zal in de nabije toekomst een studie verricht worden.

### Regulatie van de visserij

De beroepsvisserij is in de huidige situatie een dominante ecologische factor. Niet alleen benadeelt de zeer intensieve visserij de vissers zelf (overbevissing), de visserij kan gezien worden als een top-down kracht welke het gehele ecosysteem beïnvloedt, van de algen tot en met de visetende vogels. Een vermindering van de visserij-intensiteit is om deze redenen gewenst.

Over de wijze waarop de visserij gereguleerd moet worden bestaat momenteel veel discussie (zie o.a. Anonymous, 1991; Beheersadviescommissie IJsselmeer, 1991). Het opstellen van een integraal visstandbeheersplan, waaraan naast de vissers ook de water- en natuurbeheerders meewerken, lijkt de beste manier om te komen tot een breed gedragen pakket van vangstbeperkende maatregelen en een duurzame ontwikkeling van de visserij.

De exacte effecten van een regulatie van de visserij op het ecologisch functioneren van het IJsselmeer-Markermeer zijn nog grotendeels onbekend. Een vergroting van het bestand aan piscivore vissen is het meest waarschijnlijk. Andere effecten zullen vooral afhangen van het netto-effect van enerzijds een vergroting van de pis-

Tabel 2

De verwachte effecten van diverse maatregelen op de verschillende trofische niveaus. s= effect op systeemchaal; l=effect op lokaal niveau; ++ = directe toename; ---= directe afname; += indirecte toename; -=indirecte afname; ?=effect onbekend; 0= geen effect.

IJSSELMEER	Schaal	Fytopl.	Waterpl.	Oeverpl.	Zoöpl.	Macrof.	Pl. vis	Benth. vis	Pisc. vis	Herb. vogels	Benth. vogels	Pisc. vogels
Bottom-up												
. Afnemende eutrofiëring	s	--	+	0	-	-	-	-	-	+	-	-
. Moerasontwikkeling	l	-	++	++	0	+	+	+	+	+	+	+
Top-down												
. Regulatie visserij	s	?	?	0	?	?	?	?	++	?	?	?
MARKERMEER												
Bottom-up												
. Afnemende eutrofiëring	s	--	+	0	-	-	-	-	-	+	-	-
. Moerasontwikkeling	l	?	++	++	?	+	+	+	+	+	+	+
. Aanpak slibprobleem	s	++	+	0	++	++	+	+	+	+	+	+
Top-down												
. Regulatie visserij	s	?	?	0	?	?	?	?	++	?	?	?



civore visstand en derhalve een vergroting van de consumptie van prooivissen en anderzijds een verminderde sterfte van prooivissen door de fuikenvisserij.

#### Aanpak slibproblematiek Markermeer

Het ecologisch functioneren van het Markermeer wordt momenteel sterk negatief beïnvloed door het in de waterkolom en op de bodem aan-

wezige slib. De effecten van het slib op het systeem lijken geleidelijk toe te nemen, getuige ondermeer de afname van de stand aan Driehoeksmosselen. Een verdere verslechtering van de ecologische toestand in de toekomst is derhalve niet uit te sluiten.

Het aanpakken van de slibproblematiek zal in het Markermeer op systeemchaal vrijwel uitsluitend positief uitwerken. Minder slib geeft on-

dermeer een toename van waterplanten, verbetering van de vestigingsmogelijkheden voor Driehoeksmosselen en andere macrofauna, verbetering van de visstand enz. (zie tabel 2).

Het aanbrengen van verdiepingen waarin het slib zich verzameld lijkt een goed instrument (o.a. Ligtvoet 1994). Een belangrijk aandachtspunt hierbij is de duurzaamheid van deze maatregel.



**Foto 18**  
De beroepsvisserij is in de huidige situatie een dominante ecologische factor. Een ontwikkeling van duurzame visserij kan een goede bijdrage leveren, aan een duurzaam ecosysteem in het IJsselmeer en Markermeer.

# Literatuur

## Hoofdstuk 1 Inleiding

Adriaanse, M. Keuper, F., Martijn, E.C.L. en Snoek, W., 1992. Milieumeetnet Zoete Rijkswateren. RIZA nota 92.051.

Hoogeveen, P.M.T.C., 1995. Resultaten van waterkwaliteitsonderzoek van het IJsselmeer, 1974-1993. RIZA nota 95.012.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989. Water voor nu en later. Derde nota Waterhuishouding.

Vrind, B., Leus, E., Oirschot, M. van, 1995. De waterkwaliteit van het IJsselmeer in de periode 1972-1992. Riza nota 94.048.

## Hoofdstuk 3 Watervogels

Beintema A., H. Buesink & L.M.J. van den Bergh 1993. Overwinterende watervogels in Nederland, 1967-89. *Limosa* 66: 17-24.

Buesink H., A.J. Beintema & L.M.J. van den Bergh 1992. Een kwart eeuw watervogeltellingen. IBN-DLO, rapport 92/25, Arnhem.

Dirksen S., T.J. Boudewijn, R. Noordhuis & E.C.L. Martijn in press. Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in shallow eutrophic freshwater lakes: prey choice and fish consumption in the non-breeding period and effects of large-scale fish removal. *Ardea*.

Doornbos G. 1980. Aantallen, verspreiding, activiteit, voedsel en konditie van Nonnetjes (*Mergus albellus* L.) in het zuidwestelijk IJsselmeergebied, winter 1977. RIJP-rapport 1980-20Abw.

Van Eerden M.R. & A. bij de Vaate 1984. Natuurwaarden van het IJsselmeergebied. RIJP, rapport nr. 242, Lelystad.

Van Eerden M.R., T. Piersma & R. Lindeboom 1991. Competitive food exploitation of Smelt *Osmerus eperlanus* by Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* and Perch *Perca fluviatilis*

at Lake IJsselmeer, The Netherlands. *Oecologia*.

De Leeuw J. & Noordhuis 1991. Predatie van Driehoeksmosselen door watervogels. RIZA, rapport 91.050, Lelystad.

Piersma t. & J. Muller 1987. Visbestanden bij de ondiepten Vrouwenzand en Enkhuizerzand in het IJsselmeergebied in augustus-oktober 1985. RIJP, rapport 1987-9abw, Lelystad.

Platteeuw M. 1985. Voedseloeologie van de Grote (*Mergus merganser*) en de Middelste Zaagbek (*Mergus serrator*) in het IJsselmeergebied 1979/1980 en 1980/1981. RIJP, rapport 1985-48abw.

Van Roomen M. 1993. Tellen van watervogels in Nederland: voorstellen voor vernieuwing van een aantal monitoringprojecten vanaf 1993. SOVON-rapport 93.07, Beek-Ubbergen.

Van Roomen M. & E. van Winden 1993. Watervogels in de Zoete Rijkswateren. SOVON-rapport 93.15, Beek-Ubbergen.

Ruiters P.S. 1994. Een oriënterend onderzoek naar de relatie tussen het voorkomen van Krooneenden en Kranswieren in de Gouwzee, 1993. Bureau Waardenburg, rapport 94.04, Culemborg.

SOVON 1987. Atlas van de Nederlandse Vogels. Jellema Druk B.V., Almelo.

Voslamber B. 1988. Visplaatskeuze, foerageerwijze en voedselkeuze van Aalscholvers *Phalacrocorax carbo* in het IJsselmeergebied in 1982. RIJP, rapport 286, Lelystad.

Van der Wal R.J. & P.J. Zomerdijk 1979. The moulting of Tufted Duck and Pochard on the IJsselmeer in relation to moult concentrations in Europe. *Wildfowl* 30: 99-108.

Winter E. 1994. Verspreiding in ruimte en tijd van visetende vogels in het IJsselmeergebied in relatie tot de visstand. RWS Dir. Flevoland, rapport 1994-6Lio.

Zomerdijk P.J. 1992. De Afsluitdijk, nieuwe ruiplaats voor Kuifeenden. *De Graspieper* 12: 89-93.

Zomerdijk P.J. 1993. Krooneenden in en rond de Gouwzee. *De Graspieper* 13: 126-130.

Zomerdijk P.J. in prep. Ruiende Tafeleenden in het Markermeer in 1992.

## Hoofdstuk 4 Vissen

Anonymus. 1988. Beheren door beheersing: een advies voor verbetering van de IJsselmeervisserij.

Backx, J.J.G.M. & M.P. Grimm, 1991. De efficiëntie van de zegen, kuil, raamkuil en broedzege op het Wolderwijd. Rapport Witteveen+Bos no. Hd.13.5

Buijse, A.D., Eerden, M.R. van, Dekker, W. & Densen, W.L.T. van, 1993. Elements of a trophic model for IJsselmeer (The Netherlands), a shallow eutrophic lake. p 90-94 in: V. Christensen and D. Pauly [eds.] *Trophic models of aquatic ecosystems*. ICLARM Conf. Proc. 26, 390 p.

Buijse A.D. 1992. Dynamics and exploitation of unstable percid populations. Proefschrift Landbouw Universiteit Wageningen. 167 pp.

Cazemier, W.G. 1975. Onderzoek naar de oorzaak van groeiverschillen bij brasem. *Visserij* 28: 197-207.

Dekker, W., Schaap, L. and Willigen, J. van, 1992. Aanwas van jonge vis in het IJsselmeer. RIVO rapport Binvis 92-04. 17 p. (in Dutch)

Dekker, W. 1994. Visstand en visserij op het IJsselmeer en Markermeer: de toestand in 1993. RIVO-DLO rapport 94.001

Dekker, W., L.A. Schaap & J.A. van Willigen. 1993. Bijvangst in de fuikvisserij op het IJsselmeer. RIVO-intern rapport 93.011. 29 p



Dekker, W. & L.A. Schaap. 1993. De nettenvisserij van baars en snoekbaars op het IJsselmeer, evaluatie van de toestand van de bronbestanden tot 1992. RIVO intern rapport 93.005, 37p

Dekker, W., 1993. Assessment of eel fisheries using length-based cohort analysis: the IJsselmeer eel stock. EIFAC working party on eel, Olsztyn Poland, 24-27 May 1993. 19 pp (mimeo)

Hosper S.H., P.C.M. Boers & J. de Jong. 1994. Ecologisch herstel meren en plassen, meer dan aanpak van fosfaatbelasting. Het Waterschap 13: 545-550

Kaspers, J., 1992. Voedsel en groei van pos (*Gymnocephalus cernuus*) in het IJsselmeer in relatie tot plaats, grootte en leeftijd en een vergelijking met het voedsel van aal (*Anguilla anguilla*). Landbouwniversiteit Wageningen. Vakgroep Visteelt en Visserij. Doctoraalverslag nr. 1387. 51 p.

Knijjn, R.J. en Dekker, W., 1993. Watersysteemverkenningen IJsselmeer-de visstand: overzicht en evaluatie van de resultaten verkregen uit bestandsopnamen en visserijstatistieken.

Lammens, E.H.R.R., H.W. de Nie, J. Vijverberg & W.L.T. van Densen. 1985. Resource partitioning and niche shifts of bream (*Abramis brama*) and eel (*Anguilla anguilla*) mediated by predation of smelt (*Osmerus eperlanus*) on *Daphnia hyalina*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1342-1351.

Lammens, E.H.R.R., J. Geursen & P.J. MacGillivray. 1987. Diet shifts, feeding efficiency and coexistence of bream (*Abramis brama*), roach (*Rutilus rutilus*) and white bream (*Blicca bjoerkna*) in eutrophic lakes. In: Proceedings Fifth Congress of European Ichthyologists p. 153-162.

Lammens, E.H.R.R., A. Frank-Landman, P.J. Mac Gillivray & B. Vlink. 1991. The role of predation and competition in determining the distribution of common bream, roach and white bream in Dutch eutrophic lakes. Envir. Biol. Fishes 33: 195-205

Mikulski, J., 1964. Some biological features of perch-pike lakes. Verh. Int. Ver. Limnol. 15: 151-157.

Nie, de H.W. 1988. Food, feeding and growth of the eel (*Anguilla anguilla* L.) in a Dutch eutrophic lake. Proefschrift LU Wageningen 129 pp

Oglesby, R.T., J.H. Leach & J. Forney, 1987. Potential Stizostedion yield as a function of chlorophyll concentration with special reference to Lake Erie. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 166-170.

Paulisse, J., 1993. Het voedselgedrag van aal (*Anguilla anguilla*) in het IJsselmeer in relatie tot plaats, grootte, sexe en morfologie. Landbouwniversiteit Wageningen. Vakgroep Visteelt en Visserij. Doctoraalverslag nr. 1432. 88 p.

Voslamber, B. 1988. Visplaatskeuze, foerageerwijze en voedselkeuze van aalscholers *phalacrocorax carbo* in het IJsselmeergebied in 1982. Flevovericht ; 286

Willemsen, J. 1977. Population dynamics of percids in Lake IJssel and some smaller lakes in the Netherlands. J.Fish.Res.Board Can. 34:1710-1719.

## Hoofdstuk 5 Vegetatie

Backx, J.J.G.M., 1994. Bemonstering van het bestand aan broed en meezomerige vis in het Wolderwijd/Nuldernaau september 1994. Rapport Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs no. Rw.295.1.

Coops, H., 1992. Historische veranderingen in buitendijkse moerassen in het Noordelijk Deltabekken en het IJsselmeergebied. RIZA nota nr. 92.030.

Coops, H., Berkeveld, C., Grul, A., 1992. Waterplantenvlucht Randmeren 15 juni 1992. RIZA notitie nr. 92.17 AOBL.

Doef, R.W., Smits, A.J.M., Kerkum, F.C.M. 1991. Water- en oeverplanten in het IJsselmeergebied (1987-1989). RIZA nota nr. 90.015

Doef, R.W. 1992. Oriënterende vegetatievluchten IJsselmeergebied 1991. RIZA nota nr. 92.028x.

Doef, R.W., Coops, H., Streekstra, M.L., Hector, L.H.C.A., 1994. Waterplanten in het Wolderwijd en het Veluwemeer (1990-1993). RIZA nota 94.046.

Groene Ruimte, de, 1993. Inventarisatie Oevervegetaties IJsselmeerkust. De Groene Ruimte, Wageningen.

Hosper S.H., Boers, P.C.M., de Jong, J., 1994. Ecologisch herstel meren en plassen, meer dan aanpak van fosfaatbelasting. Het Waterschap 13: 545-550

Jonge, J. de, ongepubliceerd. Waterplantenbemonstering in het IJsselmeergebied. RIZA.

Ministerie Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1990. Natuurbeleidsplan. Regeringsbeslissing. SDU uitgeverij, Den Haag.

Winkel, E.H. ten, Meulemans, F.T., 1984. Effects of fish upon submerged vegetation. Hydrobiological Bulletin 18(2): 157-158.

## Hoofdstuk 6 Macrofauna

Adam, W., 1942. Notes sur les Gastéropodes. 11. Sur la répartition et la biologie de *Hydrobia jenkinsi* Smith en Belgique. Bull. Musée royal d'Hist. nat. Belg. 18 (23): 1-18.

Cleland, D. M., 1954. A study of the habits of *Valvata piscinalis* (Müller) and the structure and function of the alimentary canal and reproductive system. Proc. Malacol. Soc. Lond. 30: 167-203.

Bij de Vaate, A., 1991. Distribution and aspects of population dynamics of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), in the lake IJsselmeer area (the Netherlands). Oecologia (Berlin) 86:40-50.

- Bij de Vaate, A., 1994. Oriënterend onderzoek naar de achteruitgang van de Driehoeksmossel in het Markermeer. Notitie RIZA no. 94-09 WSE.
- Bij de Vaate, A. & J.H. Wanink, 1985. De bodemfauna in het noordelijk deel van het IJsselmeer. Rapport NEOM, no. PAC5-N194.
- Bij de Vaate, A. & M.R. van Eerden, 1990. Short term colonization and subsequent extinction of a population of *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer) (Gastropoda, Prosobranchia, Hydrobiidae) in the IJsselmeer, the Netherlands. *Basteria* 54 (4-6): 217-226.
- Bij de Vaate, A. & M. Greijdanus-Klaas, 1991. Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study executed in the Dutch part in 1988. RIZA, publikaties en rapporten van het project "Ecologisch Herstel Rijn", nr. 27-1991.
- Bij de Vaate, A. & M. Greijdanus-Klaas, 1993. Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study executed in the Dutch part in 1990. RIZA, publikaties en rapporten van het project "Ecologisch Herstel Rijn en Maas", nr. 52-1993.
- Crozet, B., J.-C. Pedroli & C. Vaucher, 1980. Premières observations de *Potamopyrgus jenkinsi* (Smith) (Mollusca, Hydrobiidae) en Suisse romande. *Rev. suisse Zoologie* 87 (3): 807-811.
- Frantzen, N., 1991. De kwaliteit van Maas- en Rijnwater in de periode 1983-1989. Beoordeling met behulp van macro-evertebraten. Rapport RIWA, Amsterdam.
- Fretter & Graham, 1978. The prosobranch molluscs of Britain and Denmark. Part 3. *J. Molluscan Stud. Suppl* 5:101-152.
- Havinga, B., 1941. De veranderingen in den hydrographischen toestand en in de macrofauna van het IJsselmeer gedurende de jaren 1936-1940. *Meded. Zuiderzeecomm.* 5: 1-26.
- Hawkes, H.A., 1979. Invertebrates as indicators of river water quality. In: James, A. & L. Evison (eds.), *Biological indicators of water quality*. Chichester.
- Heermans, W., 1972. Onderzoek naar enige bodemdieren in het IJsselmeer. *Visserij* 25 (1): 8-14.
- Holthuis, L.B., 1956. *Isopoda en Tanaidacea. Fauna van Nederland*, deel 16.
- Jong, J. de & A. bij de Vaate, 1989. Dams and the environment. The Zuiderzee damming. International Commission on Large Dams (ICOLD), Bulletin 66.
- Krause, H., 1949. Untersuchungen zur Anatomie und Oekologie von *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer). *Arch. Molluskenk.* 78: 103-148.
- Moller Pillot, H.K.M. & R.F.M. Buskens, 1990. De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera): Autoekologie en verspreiding. *Nederlandse Faunistische Mededelingen* nr. 1C.
- Moore, J. W., 1979. Some factors influencing the distribution, seasonal abundance, and feeding of subarctic Chironomidae (Diptera). *Arch. Hydrobiol.* 85: 302-325.
- Pinster, S. & D. Platvoet, 1986. De vlokreeften van het Nederlandse oppervlaktewater. *Hoogland, Wetensch. Meded. KNNV* nr. 172.
- Reiss, F., 1968. Ökologische und systematische Untersuchungen an Chironomiden (Diptera) des Bodensees. *Arch. Hydrobiol.* 64: 176-323.
- Roth, G., 1987. Zur Verbreitung und Biologie von *Potamopyrgus jenkinsi* (E.A. Smith, 1889) im Rhein-Einzugsgebiet (Prosobranchia: Hydrobiidae). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 79 (1): 49-68.
- Swennen, C., 1981. Vogelsterfte door parasieten, een laat effect van de afsluiting van de Zuiderzee. *Het Vogeljaar* 29 (3): 120-124.
- Van Benthem Jutting, T., 1922. Zoet- en brakwatermollusken. In: De Beaufort, L.F. (ed.), *Flora en fauna van de Zuiderzee*. Uitgave Nederlandse Dierkundige Vereniging, De Boer, Den Helder.
- Van Benthem Jutting, W.S.S., 1954. Mollusca. In: De Beaufort, L.F. (ed.), *Veranderingen in de flora en fauna der Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932*. Uitgave Nederlandse Dierkundige Vereniging, De Boer, Den Helder.
- Van der Hammen, H., 1992. De macrofauna van het oppervlaktewater van Noord-Holland: een aquatisch ecologische studie: inventarisatie, verspreidingspatronen, tijdreeksen, classificatie van wateren. Proefschrift Kath. Univ. Nijmegen.
- Van der Wal, R.J., 1979. De Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in het IJsselmeer. Doctoraalscriptie Univ. van Amsterdam.
- Van Eerden, M.R. & A. bij de Vaate, 1984. Natuurwaarden van het IJsselmeergebied. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad, Flevobericht nr. 242.
- Van Soest, R.W.M., 1970. Aspecten van de oecologie van de Driehoeksmossel, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (Lamellibranchiata) in het IJsselmeer. Doctoraalscriptie.
- Wibaut-Isebree Moens, N.L., 1954. Plankton. In: De Beaufort, L.F. (ed.), *Veranderingen in de flora en fauna der Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932*. Uitgave Nederlandse Dierkundige Vereniging, De Boer, Den Helder.
- Wilson, R.S. & J.D. McGill, 1982. A practical key to the genera of pupal exuviae of the British Chironomidae. Bristol University Printing Office.



## Hoofdstuk 7 Fytoplankton

Berger, C., 1988. *Oscillatoria*-meren, een eindfase van eutrofiëring: ontstaan, kenmerken en sanering. De Levende Natuur 89: 112-120.

Berger, C., Sweers, H.E., 1988. The IJsselmeer and its phytoplankton - with special attention to the suitability of the lake as a habitat for *Oscillatoria agardhii* Gom. J. Plankton Res. 10: 579-599.

Berger, C., Bouman, J.E.G., Ente, P.J., De Jong, J., Schultz, E., Uunk, E.J.B., Menting, G.A.M., 1986. De kans op blauwalgenbloei in de randmeren van de Markerwaard. Flevobereicht 268: 1-90, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.

Dekker, P., 1993. Ontwikkeling en huidige natuurwaarden van het Enkhuizerzand. Rapport in opdracht van de RWS Directie Flevoland. RDD Aquatic Ecosystems, Haren: 1-37.

Duin, E.H.S. van, 1992. Sediment transport, light and algal growth in the Markermeer. Proefschrift, Landbouwniversiteit, Wageningen: 1-274.

Hasle, G.R., Evensen, D.L., 1976. Brackish water and freshwater species of the diatom genus *Skeletonema*. II. *Skeletonema potamos* comb. nov. J. Phycol. 12: 73-82.

Reynolds, C.S., 1988. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: Sandgren, C.D. (red). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton: 388-433, Cambridge University Press, Cambridge.

STOWA, 1993. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater - Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingsstelsel voor meren en plassen. Rapport no. 93-17: 1-73, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht.

Vrind, B., Leus, F., Oirschot, M. van, 1995. De waterkwaliteit van het IJsselmeer in de periode 1972-1992. RIZA nota 94.048.

Werkgroep WSV\*Biologie IJsselmeergebied, 1993. Amoebes IJsselmeergebied - Hoofdrapport. RIZA nota 93.014: 5-250. RIZA, Lelystad.

Wibaut-Isebree Moens, N.L., 1954. Plankton. In: De Beaufort, L.F. (red). Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee na de afsluiting in 1932: 90-155. Nederlandse Dierkundige Vereniging, Den Helder.

## Hoofdstuk 8 Zoöplankton

Arndt H., Krockner, M., Nixdorf, B., Köhler, A., 1993. Long-term Annual and Seasonal Changes of Meta- and Protozooplankton in Lake Müggelsee (Berlin): Effects of Eutrophication, Grazing Activities, and the Impact of Predation. Int Revue ges Hydrobiol 78: 379-402.

Boersma, M., Vijverberg, J., 1994. Seasonal variations in the condition of two *Daphnia* species and their hybrid in a eutrophic lake (Lake Tjeukemeer): Evidence for food limitation under field conditions. Submitted to J. Plankton Res., januari 1994.

Dawidowicz, P., 1990. Effectiveness of phytoplankton control by large-bodied and small-bodied zooplankton. Hydrobiologia 200/201: 43-47.

DeMott, W.R., Kerfoot, W.C., 1982. Competition among Cladocerans: nature of the interaction between *Bosmina* and *Daphnia*. Ecology 63(6):1949-1966.

Gliwicz, Z.M., 1990. Why do cladocerans fail to control algal blooms? Hydrobiologia 200/201: 83-97.

Gulati, R.D., 1990. Structure and grazing responses of zooplankton community to biomani-pulation of some Dutch waterbodies. Hydrobiologia 200/201: 99-118.

Mills, E.L., Green, D.M., Schiavone Jr., A., 1987. Use of zooplankton size to assess the community structure of fish populations in freshwater lakes. North Am. J. of Fish. Man. 7: 369-378.

Pontin, R.M., 1978. A Key to the Freshwater Planktonic and Semi-planktonic Rotifera of the British Isles. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No.38

Post, J.R., McQueen, D.J., 1987. The impact of planktivorous fish on the structure of a plankton community. Freshwater Biology 17: 79-89.

STOWA, 1993. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater - Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingsstelsel voor meren en plassen. Rapport 93-17: 1-73, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht.

Van Donk, E., 1991. Interactions between suspended solids and zooplankton: a literature study. Department of Nature Conservation, Section of Aquatic Ecology, Agricultural University Wageningen.

Van Zuilekom, W.J., 1991. Invloed van temperatuur en zoöplanktonaanbod op de groei van spiering (*Osmerus eperlanus*) en juveniele baars (*Perca fluviatilis*) in het IJsselmeer. Doctoraalverslag Landbouwniversiteit Wageningen.

Wibaut-Isebree Moens, N.L., 1954. Plankton. In: De Beaufort LF (red) Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee na de afsluiting in 1932: 90-155. Nederlandse Dierkundige Vereniging, VHC De Boer jr, Den Helder.

## Hoofdstuk 9 Ecotoxicologie

Beek, M.A., 1995. De risico's van normen. RIZA werkdocument 95.097X

Boer, J. de, en P. Hagel, 1994. Spatial differences and temporal trends of chlorobiphenyls in yellow eel (*Anguilla anguilla*) from inland waters of the Netherlands. The Science of the Total Environment 141 p. 155-174.

Gaag, M.A. van der, M. van den Bergh, A. Brouwer, S. Dirksen, T. Boudewijn and G. van Urk (1989). Impaired breeding succes of some

Cormorant populations in the Netherlands: the net tightens around compounds with a dioxin-like effect. In: The effects of micropollutants on components of the river Rhine. Publications and reports of the project "Ecological Rehabilitation of the river Rhine". publ. no. 35 (1991).

Gezondheidsraad (1993). Commissie doorvergiftiging. Doorvergiftiging, toxische stoffen in voedselketens. Den Haag, publikatienummer 1993/04. pp. 72.

Guchte, C. van de (1992). The sediment quality TRIAD: An integrated approach to assess contaminated sediments. In: River Water Quality, Ecological Assessment and Control. Eds. Newman, P.J., M.A. Piavaux and R.A. Sweeting. Brussel, Belgium. 417-423.

Guchte, C. v.d., H. Pieters en G. van Urk (1991). Trends of IRC-priority pollutants in zebra-mussel (*Dreissena polymorpha*) and yellow eel (*Anguilla anguilla*). In: Wit, J.A.W de, et al. (eds.) The effects of micropollutants on components of the Rhine ecosystem. Report No. 35-1991. Project Ecological Rehabilitation of the River Rhine, RIZA, Lelystad. p. 59-70.

Hendriks, A.J. and H. Pieters (1993). Monitoring concentrations of microcontaminants in aquatic organisms in the Rhine delta: a comparison with reference values. *Chemosphere* 26, 5, 817-836.

Hoogeveen, P.M.T.C., 1995. Resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek van het IJsselmeer, 1974-1993. RIZA nota: 95.012.

Koeman, J.H., H.C.W. Van Velzen-Blad, R. de Vries and J.G. Vos (1973). Effects of PCB and DDE in Cormorants and evaluation of PCB residues from an experimental study. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 19, 353-364.

Kraak, M.H.S., D. Lavy, H. Schoon, M. Toussaint, W.H.M. Peeters and N.M. van Straalen (1994). Ecotoxicity of mixtures of metals to zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Environm. Toxicol. and Chem.* 13, 109-114.

Marquenie, J.M., P. Roelle en G. Hoornsman (1986). Onderzoek naar effecten van contaminanten op duikeenden. TNO, Delft. Rapport nr. 86/066. In opdracht van RIZA.

Marquenie, J.M. and J.W. Simmers (1988). Environmental behaviour of PCB's, who are at risk and why. Proceeding International Conference on Environmental Contamination, Venice, September 1988. CEP Consultants Ltd. Edinburgh. DGW Nota GWA0-88.030, The Hague, the Netherlands.

Min. van VROM (1991). Notitie Milieukwaliteits-doelstellingen bodem en water (MILBO-WA). Tweede Kamer, vergaderjaar, 1990-1991, 21 990, nr. 1. pp.47.

Pieters, H. (1993a). Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: Mikroverontreinigingen in driehoeksmosselen - periode 1992. DLO-RIVO IJmuiden. RIVO rapport C011/93. RIZA rapport BM 93.04.

Pieters, H. 1993b. Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: microverontreinigingen in rode aal - periode 1992. DLO-RIVO IJmuiden. RIVO rapport C007/93. RIZA rapport BM 93.05.

Pieters, H. en P. Hagel (1992). Biomonitoring of mercury in European Eel (*Anguilla anguilla*) in the Netherlands, compared with Pike-perch (*Stizostedion Lucioperca*): Statistical Analysis. In: Heavy metals in the Environment II, J.P. Vernet (Ed.), Elsevier, Amsterdam.

Plassche, E.J. van de (1993). Towards integrated environmental quality objectives for several compounds with a risk for secondary poisoning. RIVM, Bilthoven. Report nr. 679101. (Concept).

Reijnders, P.J.H. (1980). Management and conservation of the harbour seal, *Phoca vitulina*, population in the international Wadden sea area. *Biol. Conserv.*, 18, 1-13.

Urk, G. van, en F.C.M. Kerkum (1991). Bio-

logische beoordeling van sedimentkwaliteit met *Chironomus* (diptera: chironomidae). RIZA nota 91.017.

Valk, F. van der, Q.T. Dao and J. Speur (1989). Contaminants contents of freshwater mussels (*Dreissena polymorpha*) incubated at various locations in the river Rhine from Switzerland to the Netherlands. RIVO MO 89-206. In opdracht van RIZA.

Vink, J.P.M., 1993. Organische bestrijdingsmiddelen en residuen in sediment van het Markermeer. RWS Dir. Flevoland 1 Lio Werkdocument.

Vink, J.P.M., en H.J. Winkels, 1991. Opbouw en kwaliteit van de waterbodem van het IJsselmeer. Flevobericht nr. 326. RWS Dir. Flevoland.

Vrind, B., Leus, F., Oirschot, M. van, 1995. De waterkwaliteit van het IJsselmeer in de periode 1972-1992. RIZA nota 94.048.

Winkels, H.J., 1994. Een eerste inventarisatie van de waterbodempkwaliteit van het Markermeer-/IJmeer. RWS Dir. Flevoland 11 Lio Intern rapport.

Witteveen & Bos (1994). Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren. Het bepalen van de toxiciteit van sediment en poriewater met behulp van bioassays. Fase 2: 1993. In opdracht van RIZA. Rapport BM 93.22.

Zwart, D. de, en H.J.G. Polman, 1993. De toxiciteit van Maas- en Rijnwater in 1992. RIVM rapportnr. 719102 023. RIVM, Bilthoven, pp. 15.

## Hoofdstuk 10 Integratie

Anonymous, 1991. Notitie beleid beroepsbinnenvisserij. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Visserijen.

Anonymous, 1992. Projectenplan 1992-1997. Natuurontwikkeling in het IJsselmeerge-



bied-uitbreiding oeverzones. Ministerie van Verkeer en Waterstaat & Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Beheersadviescommissie IJsselmeer, 1991. Jaarverslag 1991, een evaluatie van de beheersadviezen in de periode 1987-1991. Produktschap voor Vis en Visprodukten.

Bij de Vaate, A., 1994. Oriënterend onderzoek naar de achteruitgang van de driehoeksmossel in het Markermeer. Notitie RIZA no. 94-09 WSE.

Bij de Vaate, A., Wanink, J.H., 1985. De bodemfauna in het noordelijk deel van het IJsselmeer. Rapport NEOM, no. PAC5-N194.

Klinge, M., Grimm, M.P., Hosper, S.H., 1995. Eutrophication and ecological rehabilitation of dutch lakes. Presentation of a new conceptual framework. IAWQ-journal, in press.

Ligtvoet, W., Grimm, M.P., 1993. Ecologisch functioneren van de Randmeren in het IJsselmeergebied. Rapport Witteveen+Bos no. RW.119.1.

Ligtvoet, W., 1994. Natuurontwikkeling IJssel- en Markermeer: verkenning van ecologische effecten van verdiepingen. Rapport Witteveen+Bos no. RW.119.3.

Rijkswaterstaat Directie Flevoland & NBLF, in prep. Natuur in het natte hart-een verkenning van kansen voor natuurontwikkeling in het IJsselmeergebied.

# Verantwoording

## VEGETATIE

De veldopnames in het IJsselmeergebied vinden plaats in samenwerking met de sectie Milieu van directie IJsselmeergebied. De coördinatie en uitwerking van de luchtfotokartering wordt verzorgd door de Meetkundige Dienst.

In het RIZA werkdocument 91.152 cx\* is de operationele uitwerking van de vegetatiemonitoring beschreven.

## FYTOPLANKTON en ZOOPLANKTON

De bemonstering en het plankton in het IJsselmeergebied wordt verzorgd door de sectie Milieu van directie IJsselmeergebied. Deze monsters worden gedetermineerd onder verantwoordelijkheid van de afdeling IML van het RIZA.

De operationele uitwerking van de monitoring van fytoplankton is beschreven in het RIZA werkdocument 91.152 ax\*.

## MACROFAUNA

De bemonstering van macrofauna in het IJsselmeergebied wordt uitgevoerd door de sectie Milieu van directie IJsselmeergebied. Deze monsters worden gedetermineerd onder verantwoordelijkheid van de afdeling IML van het RIZA.

De operationele uitwerking van de monitoring van macrofauna is beschreven in het RIZA werkdocument 91.152 bx\*.

## VISSEN

De monitoring van de visstand vindt plaats in samenwerking met het RIVO (Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek) te IJmuiden. De operationele uitwerking van de monitoring van de visstand is beschreven in het RIZA werkdocument 91.152 dx\*.

## WATERVOGELS

De monitoring van watervogels wordt gecoördineerd door het SOVON (Samenwerkende Organisaties Vogelonderzoek Nederland) te Beek-Ubbergen. In dit rapport is tevens gebruik gemaakt van de maandelijkse vogeltellingen vanuit een vliegtuig van Dhr. M.R. Van Eerden van directie IJsselmeergebied. De operationele uitwerking van de monitoring van watervogels is beschreven in het RIZA rapport BM93.06\*.

## ECOTOXICOLOGIE

De monitoring van accumulatie van microverontreinigingen in Aal en Driehoeksmosselen vindt plaats in samenwerking met het RIVO. De monitoring van de toxiciteit van het oppervlaktewater vindt plaats in samenwerking met het RIVM. De operationele uitwerking van de monitoring van ecotoxicologische parameters is omschreven in het RIZA werkdocument BM91.152 fx\*.

\* Ten behoeve van de tweede cyclus van de biologische monitoring, (1996 tot en met 1999), worden de genoemde werkdocumenten in 1995 geactualiseerd.

## U WILT MEER WETEN ???!

Niet alle gegevens die zijn verzameld in het kader van de Biologische Monitoring zijn in dit rapport gepresenteerd. Een overzicht van de in 1992 bepaalde parameters wordt gegeven in de nota Mileumeetnet Zoete Rijkswateren, 92.051.

Bij het gereed komen van "DONAR", het centrale gegevensopslag systeem van Verkeer en Waterstaat, zullen alle gegevens in "DONAR" worden opgeslagen.

Voor vragen over deze gegevens kunt u terecht bij de afdeling meetnetten (IMM) van het RIZA; contactpersoon voor de biologische monitoring is Dhr. P. Jesse.

Programmaleider van de biologische monitoring is Dhr. K.H. Prins. De programmaleider van chemische en fysische monitoring is Dhr. W.H. Mulder.

Alle hier vermelde personen zijn werkzaam bij het RIZA

adres: Postbus 17  
8200 AA Lelystad

telefoonnummer: 03200-70411





# Colofon

**lay-out en figuren:**

Afdeling Presentatie RIZA

**omslagontwerp:**

Bureau Beekvisser bNO

**drukwerk:**

Koninklijke Vermande BV

**fotoverantwoording:**

R. Doef (foto's 2, 3, 7, 8, 12, 14, 15, 16)

H. Polderman (foto 18)

J. van der Hout (foto 13)

W. Kolvoort (foto's 5, 6, 9, 11)

E. Martejn (foto 4)

M. Decler (foto 17)

I. Smit (foto 1)

B. bij de Vaate (foto 10)

**Engelse correcties:**

Beretta Traductions