



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Waterkwaliteit van de Zuidelijke Randmeren (Eem- en Gooimeer) 1990-1999

BEZEM Deelrapport 1

RIZA rapport 2001.018

ISBN 9036953723

Auteurs: R. Portielje, R. Noordhuis en M-L. Meijer

RIZA-WSE

RIZA

Lelystad, februari 2001



Inhoudsopgave

.....

Voorwoord 5

Samenvatting 7

1 Inleiding 9

2 Morfologische kenmerken van de Zuidelijke Randmeren 11

3 Fysisch-chemische waterkwaliteit 13

3.1 Verloop van eutrofiëringsparameters in de tijd 13

3.1.1 Algemene ontwikkelingen 13

3.1.2 Toetsing aan MTR, landelijke en regionale streefwaarden 13

3.1.3 Trendanalyse 14

3.2 Relaties tussen meetpunten in de tijd en in de ruimte 15

3.3 Bijdrage van overige componenten (niet-algen) aan de lichtuitdoving 17

3.4 Opgeloste nutriënten als indicator voor groei-limitatie van algen 19

3.5 Verhouding tussen chlorofyl en nutriëntenconcentraties 19

3.6 Overzicht kwaliteit van de waterbodem: fosfaat en stikstof 22

4 Ecologische waterkwaliteit 23

4.1 Inleiding 23

4.2 Fytoplankton 23

4.3 Zoöplankton 25

4.4 Waterplanten 25

4.5 Vis 26

4.6 Driehoeksmosselen 29

4.7 Watervogels 31

5 Discussie 35

6 Conclusies 39

Referenties 41





Voorwoord

Voor U ligt het eerste deelrapport in het kader van het project BEZEM (Bestrijding Eutrofiëring ZuidelijkE randMeren). De aanleiding voor deze door RIZA, afdeling Watersystemen Ecologie (WSE) uitgevoerde studie is de hernieuwde interesse in het herstel van deze Zuidelijke Randmeren (Gooimeer, Eemmeer en Nijkerkernauw), die gedurende decennia zeer te lijden hebben gehad van sterke eutrofiëring. Dit deelrapport beschrijft de waterkwaliteit en de ecologische toestand van de meren in de periode 1990-1999. Projectleider binnen RIZA is Rob Portielje (WSE).

De projectleider bij Regionale Directie IJsselmeergebied is Ernst Rijdsijk. De leden van de Werkgroep BEZEM hebben bijgedragen aan het tot stand komen van dit rapport door de aanlevering van de benodigde gegevens en het bediscussiëren van de concepten. Extern hebben de leden van de Projectgroep BEZEM commentaar geleverd op het eindconcept van dit rapport.

De studie toont aan dat de eutrofiëringstoestand van de Zuidelijke Randmeren door de vele geleverde inspanningen aanzienlijk is verbeterd, en dat waar er gedurende vele jaren weinig reden tot hoop op herstel was er nu toch aanknopingspunten zijn voor het verder bereiken van een gewenste fysisch-chemische en ecologische waterkwaliteit.

Rob Portielje
Ruurd Noordhuis
Marie-Louise Meijer





Samenvatting

De Zuidelijke Randmeren (Eemmeer/Nijkerkernauw en Gooimeer) hebben te maken gehad met zeer ernstige eutrofiëring, hetgeen zich uitte in zeer hoge nutriëntenconcentraties en troebel, door blauwalgen gedomineerd water. Omdat de toestand van de Zuidelijke Randmeren niet direct beheersbaar leek, heeft de aandacht voor bestrijding van eutrofiëring zich in eerste instantie gericht op de Veluwerandmeren. Nu staat echter ook het herstel van de Zuidelijke Randmeren weer in de belangstelling, mede door maatschappelijke ontwikkelingen in de omliggende gebieden.

In dit rapport worden de ontwikkelingen van de eutrofiëringstoestand van de Zuidelijke Randmeren gedurende de laatste tien jaar beschreven en vergeleken met een referentiesysteem (het Veluwemeer), waar de gewenste omslag van troebel naar helder reeds heeft plaatsgevonden. De analyses dienen ter ondersteuning van komende bestuurlijke beslissingen met betrekking tot het nemen van aanvullende maatregelen om in de Zuidelijke Randmeren een gewenste chemische en biologische toestand te bereiken. Tevens wordt een beschrijving gegeven van de ecologische waterkwaliteit. Het doel hierbij is om de uitgangssituatie voor verder herstel in beeld te krijgen en de ontwikkelingen die er al zijn geweest zijn in de periode 1990-1999 te beschrijven.

De zomergemiddelde totaal-P gehalten zijn na 1990 in zowel Eemmeer als Gooimeer fors afgenomen. Sinds 1996 schommelt de waarde in het Gooimeer rond de landelijke MTR-waarde van $0,15 \text{ mg P l}^{-1}$. Er wordt in 1999 voorts voldaan aan de MTR-waarden voor chlorofyl-a en doorzicht, maar niet aan die voor totaal-N. In het Eemmeer bedraagt de zomergemiddelde totaal-P concentratie in 1999, ondanks een zeer sterke afname gedurende de laatste tien jaar, nog $0,27 \text{ mg P l}^{-1}$, bijna tweemaal de MTR-waarde. Hier wordt alleen aan de MTR-waarde voor chlorofyl-a voldaan. De gebiedsgerichte streefwaarden voor totaal-P en doorzicht worden zowel in Eem- als Gooimeer nog geen van alle gehaald, ondanks een sterke verbetering van het doorzicht in het Gooimeer gedurende de periode 1995-1999.

In tegenstelling tot de Veluwerandmeren is de forse toename van het doorzicht in het Gooimeer niet gepaard gegaan met een toename van ondergedoken waterplanten. Mogelijke mechanismen die deze toename in doorzicht wel veroorzaakt kunnen hebben zijn: filtratie door driehoeksmosselen, afvissen van pootvis (grotere brasem) of uitputting van de pool van gemakkelijk opwervelbaar sediment door doorspoeling of sedimentatie in de diepere delen van het meer. Door een andere diepteverdeling van de Zuidelijke Randmeren, met een veel geringer areaal met een diepte kleiner dan één meter dan het Veluwemeer, is een grotere verbetering van het doorzicht nodig om kolonisatie met ondergedoken waterplanten mogelijk te maken dan destijds voor het Veluwemeer nodig was.

Een globaal overzicht van de waarden van en trends in de belangrijkste waterkwaliteits- en ecologische variabelen in Gooimeer en Eemmeer is gegeven in tabel 1.



Tabel 1

Globaal overzicht van de waarden van en trends in de belangrijkste waterkwaliteits- en ecologische variabelen in Gooimeer en Eemmeer. Waarden hebben zoveel mogelijk betrekking op het eind van de periode 1990-1999, trends over deze gehele periode: --, - = (sterk) dalend; 0= onveranderd; ++, + = (sterk) stijgend; ? = onbekend.

	Gooimeer		Eemmeer/Nijkerkernauw	
	waarde	trend	waarde	trend
Waterkwaliteit				
Totaal-P	hoog	--	zeer hoog	--
Totaal-N	hoog	0	hoog	-
Chlorofyl-a	laag	--	hoog	--
Doorzicht	hoog	++	laag	+
Ecologie				
Aandeel blauwalgen	hoog	-	hoog	-
Waterplanten	laag	-	laag	-
Zoöplankton	?	?	?	?
Driehoeksmosselen	zeer hoog	?	laag	?
Watervogels	hoog	+	hoog	+



1 Inleiding

De randmeren hebben sinds hun ontstaan door de aanleg van de Flevopolders in de jaren vijftig en zestig alle te maken (gehad) met ernstige eutrofiëring. Het ernstigst was en is de toestand in de Zuidelijke Randmeren: het Nijkerkernauw, Eemmeer en Gooimeer. De oorzaak hiervan ligt vooral bij de zeer hoge aanvoer van fosfor vanuit de Eem. Deze aanvoer leidde tot extreem hoge nutriëntenconcentraties, met in het Eemmeer in het begin van de jaren tachtig zomergemiddelde totaal-P concentraties van ruim boven 1 mg P/l. Als gevolg hiervan traden ook zeer hoge chlorofyl-a gehalten op, een vrijwel permanente bloei van draadvormige blauwalgen en een zeer laag doorzicht.

Het gevoerde generiek beleid op nationaal en internationaal niveau heeft de eutrofiëringstoestand van de Nederlandse meren en plassen op landelijke schaal aantoonbaar verbeterd sinds het begin van de jaren tachtig (Portielje & Van der Molen, 1997). Voor een aantal meren zijn systeem-specifieke aanvullende maatregelen genomen om het herstel verder te bevorderen. Omdat de toestand van de Zuidelijke Randmeren niet direct beheersbaar leek, heeft de aandacht voor bestrijding van eutrofiëring in de regio zich in eerste instantie toegespitst op de Veluwerandmeren (Veluwemeer, Wolderwijd, Nuldernauw, Drontermeer). Hier hebben de vele gepleegde inspanningen geleid tot een sterke verbetering van eerst de waterkwaliteit en uiteindelijk ook van de toestand van het aquatisch ecosysteem (Meijer *et al.*, 1999). Nu staat ook het herstel van de Zuidelijke Randmeren weer in de belangstelling, mede door maatschappelijke ontwikkelingen in de omliggende gebieden.

In dit rapport worden de ontwikkelingen van de eutrofiëringstoestand van de Zuidelijke Randmeren gedurende de laatste tien jaar beschreven en vergeleken met een referentiesysteem, waar de gewenste omslag van troebel naar helder reeds heeft plaatsgevonden. Als referentiesysteem wordt het Veluwemeer aangehouden. Voor dit meer is reeds een uitvoerige waterkwaliteits- en ecosysteemanalyse uitgevoerd (Meijer *et al.*, 1999). Sinds 1980 is hier een gewenste verbetering van eerst de abiotische waterkwaliteit en vervolgens van het aquatisch ecosysteem opgetreden. Van een troebel en door blauwalgen gedomineerd systeem is het veranderd in een systeem met helder water gedomineerd door ondergedoken waterplanten. Tevens wordt in deze studie waar nodig een vergelijking gemaakt met het IJmeer en het Nuldernauw, de aangrenzende meren die de Zuidelijke Randmeren via uitwisseling rechtstreeks beïnvloeden.

De analyses in dit rapport dienen ter ondersteuning van komende bestuurlijke beslissingen met betrekking tot het nemen van maatregelen om in de Zuidelijke Randmeren een gewenste chemische en biologische toestand te bereiken. Dit rapport is het eerste deel van een serie in het kader van het project BEZEM (Bestrijding Eutrofiëring ZuidelijkE randMeren). In vervolgrapporten zullen ook de water- en stofbalansen van de Zuidelijke Randmeren in de periode 1990-1999 en de samenhang tussen water- en ecosysteemkwaliteit in relatie tot de balansen worden beschreven.



In het voorliggende rapport worden achtereenvolgens beschreven de algemene morfologische kenmerken van de meren (hoofdstuk 2), de ontwikkelingen in de chemische waterkwaliteit in de periode 1990-1999 (hoofdstuk 3), en een beschrijving van de toestand van het aquatisch ecosysteem (hoofdstuk 4).

Het doel hierbij is:

- a) het in beeld krijgen van de uitgangssituatie voor verder herstel
- b) het beschrijven van eventuele ontwikkelingen die er al zijn geweest zijn in de periode 1990-1999.

Besloten wordt met discussie en conclusies (hoofdstuk 5 en 6).



2 Morfologische kenmerken van de Zuidelijke Randmeren

De morfologie en geologie van meren kunnen sterk bepalend zijn voor het ecosysteem dat zich kan ontwikkelen. Naast enige algemene kenmerken, zoals oppervlakte en gemiddelde diepte worden hier de belangrijkste morfologische kenmerken die de mogelijkheden tot verbetering van de waterkwaliteit en het ecosysteem bepalen, beschreven. Dit zijn de diepte-verdeling, in verband met de mogelijkheden voor de vestiging van waterplanten en driehoeksmosselen, en het bodemtype. Het laatste is eveneens van belang voor de kansen voor waterplanten, door de gevoeligheid van soorten voor de bodem-fysische en -chemische toestand, en voor de achtergrondstroebelinge van de meren, door verschillen in opwervelbaarheid tussen verschillende bodemtypen.

Tabel 2.1
Algemene kenmerken van de Zuidelijke Randmeren in vergelijking met het Veluwemeer.

	oppervlakte (ha)	mediane diepte (m)	bodemtype (%) ¹⁾			
			klei	zavel	zand ²⁾	veen
Eemmeer/Nijkerkernauw	1510	1,7	59	15	16	10
Gooimeer	2575	2,3	47		53	
Veluwemeer	3300	1,1	20	2	78	

1) Bron: Schout *et al.* (1997)

2) de fractie zand is inclusief een klein deel (4%) pleistoceen zand in het Gooimeer en inclusief het percentage oppervlak van de vaargeul (voor Eemmeer, Gooimeer en Veluwemeer respectievelijk 16, 24 en 11%).

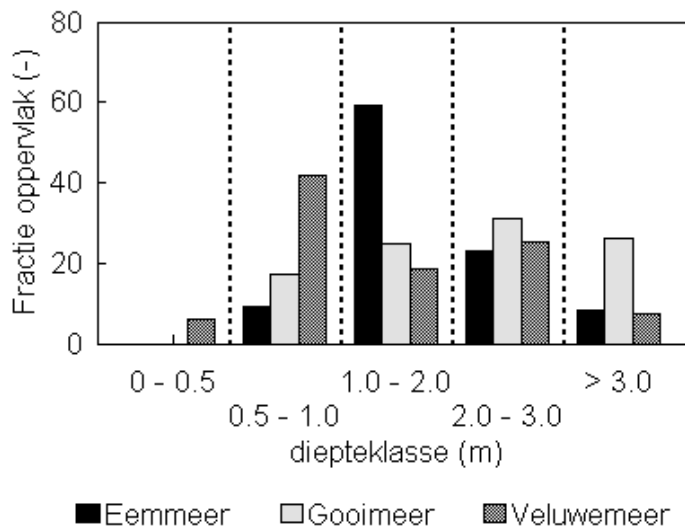
Uit tabel 2.1 wordt duidelijk dat het bodemtype in de Zuidelijke Randmeren sterk verschilt van dat van het Veluwemeer. In het Eemmeer/Nijkerkernauw is de fractie zand aanzienlijk. In het Gooimeer beslaat zand wel meer dan de helft van het areaal, maar een aanzienlijk deel hiervan ligt in de vaargeul, en bevindt zich derhalve op grotere diepte. Het aandeel klei is veel groter in de Zuidelijke Randmeren dan in het Veluwemeer. Zavel en veen zijn afwezig in het Veluwemeer, maar beslaan wel een wezenlijk deel van het Eemmeer/Nijkerkernauw.

De diepteverdeling in de Zuidelijke Randmeren verschilt sterk van die van het Veluwemeer. De fractie van het meeroppervlak met een diepte minder dan één meter is zowel in het Eemmeer/Nijkerkernauw als in het Gooimeer aanzienlijk geringer (figuur 2.1) dan in het Veluwemeer. De fractie van het meeroppervlak met een diepte tussen één en twee meter is in het Eemmeer daarentegen zeer aanzienlijk. Zowel in het Gooimeer als in het Eemmeer/Nijkerkernauw bevinden de ondiepe delen zich voornamelijk langs de zuidoever.

Het Eemmeer is buiten incidentele verwijdering van baggerspecie sinds de aanleg nooit gebaggerd (J.G.M. Wiegers, pers. comm.), maar zal dit in de nabije toekomst, om de diepte van de vaargeul te handhaven en in een later stadium te laten toenemen, wel worden. In het Gooimeer zijn door zandwinning een aantal diepe putten gevormd met een diepte tot meer dan 30 m die als slibvang kunnen fungeren.



.....
Figuur 2.1
Verdeling van de waterdiepte in
Eemmeer/Nijkerkernauw, Gooimeer en
Veluwemeer over een vijftal diepte-
klassen.



3 Fysisch-chemische waterkwaliteit

3.1 Verloop van eutrofiëringsparameters in de tijd

3.1.1 Algemene ontwikkelingen

Figuur 3.1 geeft een overzicht van het verloop van de zomergemiddelde waarden van de belangrijkste eutrofiëringsvariabelen. De zomergemiddelde totaal-P gehalten zijn na 1990 in zowel Eemmeer als Gooimeer fors afgenomen, een ontwikkeling die al sinds omstreeks 1985 plaatsvindt (voor 1985 lagen de zomergemiddelden totaal-P concentraties in het Eemmeer ruim boven 1 mg P l^{-1}). Sinds 1996 schommelt de waarde in het Gooimeer rond de $0,15 \text{ mg P l}^{-1}$.

In het Eemmeer is, in tegenstelling tot in het Gooimeer, het zomergemiddelde totaal-N gehalte wel afgenomen tussen 1990 en 1999. In 1999 was er nauwelijks verschil tussen Eemmeer en Gooimeer. De zomergemiddelde totaal-N concentraties liggen iets hoger dan in het Veluwemeer. In zowel Gooi- als Eemmeer is er een forse daling opgetreden in het zomergemiddelde chlorofyl-a gehalte. Daar waar deze in het Eemmeer begin jaren negentig nog rond de $150 \mu\text{g l}^{-1}$ bedroegen, was dit in 1999 nog slechts circa $50 \mu\text{g l}^{-1}$. Ook in het Gooimeer is een aanzienlijke daling opgetreden, en liggen de gehalten slechts weinig hoger dan in het Veluwemeer.

Opvallend is dat het zomergemiddelde doorzicht in het Gooimeer sinds 1995 sterk en gelijkmatig is toegenomen, een ontwikkeling die vrijwel parallel loopt aan die in het Veluwemeer. In het Eemmeer lijkt ook sprake te zijn van een geringe toename. In paragraaf 3.1.3 wordt middels een trendanalyse nader onderzocht in hoeverre deze toename significant is.

3.1.2 Toetsing aan MTR, landelijke en regionale streefwaarden

In de Vierde Nota Waterhuishouding (NW4, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998) worden voor stagnante eutrofiëringsgevoelige wateren landelijke MTR- en streefwaarden voor de zomergemiddelde waarden van eutrofiëringsvariabelen genoemd. In het Beheersplan voor de Rijkswateren 1997-2000 is aan het Eem- en Gooimeer onder andere de functie Natuur en Landschap toegekend. Deze toekenning wordt naar verwachting in het Beheersplan voor de Rijkswateren 2001-2004 gecontinueerd. Dit landelijk beleid is uitgewerkt in het BeheerPlan Nat IJsselmeergebied 1999-2003 (BPN). In het BPN wordt onder meer de functie ecologie onderscheiden. Hierbij zijn gebiedsgerichte streefwaarden voor totaal-P en doorzicht voor het Eem- en Gooimeer geformuleerd (Tabel 3.1.1).

Tabel 3.1.1
Landelijke MTR- en streefwaarden en gebiedsgerichte streefwaarden voor zomergemiddelden van totaal-P, totaal-N, chlorofyl-a en doorzicht.

Variabele	MTR-waarde (NW4)	landelijke streefwaarde (NW4)	gebiedsgerichte streefwaarde (RDIJ)
totaal-P (mg/l)	0.15	0.05	0.06
totaal-N (mg/l)	2.2	1.0	-
chlorofyl-a ($\mu\text{g/l}$)	100	-	geen overlast door algen
doorzicht (m)	0.4	-	1.0

Het Gooimeer voldoet in 1999 aan de MTR-waarden voor totaal-P, chlorofyl-a en doorzicht, maar niet aan die voor totaal-N. Voor het doorzicht wordt de gebiedsgerichte streefwaarde bijna gehaald, voor totaal-P niet.

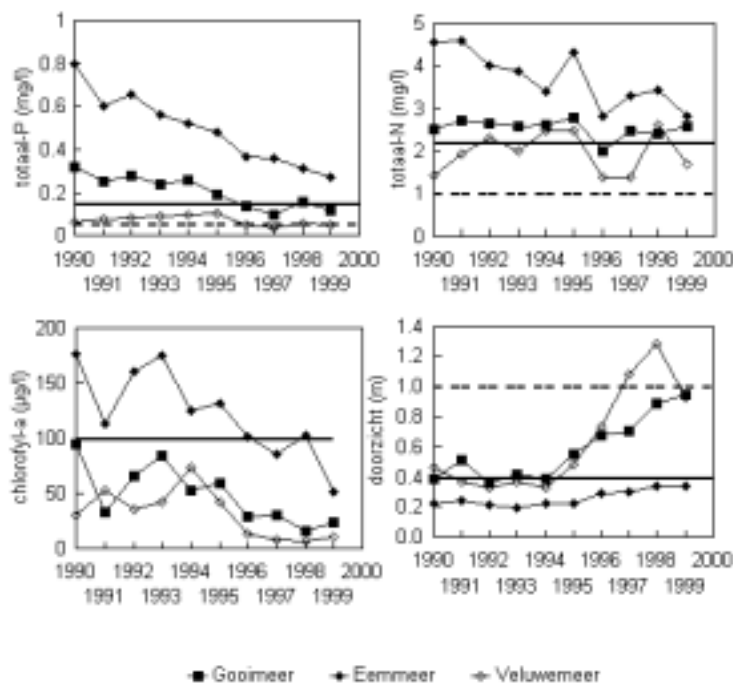
In het Eemmeer wordt alleen aan de MTR-waarde voor chlorofyl-a voldaan, voor de overige drie variabelen wordt nog aan geen enkele norm



voldaan. In 1999 bedroeg de zomergemiddelde totaal-P concentratie nog 0,27 mg P l⁻¹. Hier is de MTR-waarde dus nog niet in bereik, ondanks dat er reeds een zeer forse afname is opgetreden. Indien echter de gemiddelde daling van het zomergemiddelde van 0,05 mg P l⁻¹ j⁻¹, zich onveranderd blijft doorzetten ligt dit binnen enkele jaren wel in het verschiet.

Figuur 3.1

Zomergemiddelden van totaal-P, totaal-N, chlorofyl-a en doorzicht in Gooimeer, Eemmeer en Veluwemeer in de periode 1990 tot en met 1999. De solide en gestippelde lijnen geven respectievelijk de MTR-waarden en de landelijke of gebiedsgerichte streefwaarden weer. (Voor totaal-P representeert de gestippelde lijn de landelijke streefwaarde).



3.1.3 Trendanalyse

In de Vierde Eutrofiëringsevenquête (Portielje & Van der Molen, 1997) zijn trends voor eutrofiëringvariabelen berekend over de periode 1980-1996. Tijdens deze periode was voor het Eem- en Gooimeer al een afname van totaal-P en chlorofyl-a geconstateerd. Over de periode 1990-1999 zijn de veranderingen in de tijd in veel gevallen al visueel duidelijk. Trendanalyse dient om deze veranderingen nader te kwantificeren en om aan te kunnen geven in hoeverre deze veranderingen significant zijn.

Voor chlorofyl-a bedraagt de afname ten opzichte van het langjarig gemiddelde over de periode 1990-1999 in alle meren ruim 10% per jaar (Tabel 3.1.2). De trends in totaal-P bedragen in Eem- en Gooimeer ook ruim 10% per jaar ten opzichte van het gemiddelde over de periode 1990-1999.

In het Eemmeer is, in tegenstelling tot in het Gooimeer, de trend in totaal-N significant ($p < 0,1$) dalend, met een afname van 0,18 mg N l⁻¹ j⁻¹. In het Gooimeer wijkt de trend in totaal-N niet significant af van nul, ofwel een verandering in totaal-N kan niet worden aangetoond.

De trend voor doorzicht in het Gooimeer is sterk positief, zoals ook uit figuur 3.1 al duidelijk blijkt. Evenals in het Veluwemeer bedraagt de toename over de periode van tien jaar gemiddeld meer dan 10% per jaar. Er is echter duidelijk sprake van een niet-lineair tijdverloop. Na 1995 lijkt er een omslag te zijn opgetreden. Benadering door middel van een lineaire trend is in dergelijke gevallen minder zinvol. In het Eemmeer is de trend in het doorzicht over de periode 1990-1999 significant positief, maar met een gemiddelde toename van 1,5 cm per jaar nog zeer gering. Uit het verloop in de tijd van het doorzicht in zowel het Veluwemeer als het Gooimeer lijkt het dat voor



een toename in het doorzicht een omslagpunt gepasseerd moet worden, waarna het doorzicht snel toe kan nemen. Mogelijk ligt dit gezien de geconstateerde trend voor de komende jaren ook voor het Eemmeer in het verschiet. Echter dit is nog zeer speculatief. De achtergrondstroebeling (troebelings veroorzaakt door andere componenten dan algen) kan hier ook beperkingen aan opleggen (zie hoofdstuk 3.3).

Tabel 3.1.2

Mediane trends en langjarig gemiddelde waarden over de periode 1990-1999 van totaal-P, totaal-N (beide in $\text{mg l}^{-1} \text{j}^{-1}$), chlorofyl-a ($\mu\text{g l}^{-1} \text{j}^{-1}$) en doorzicht (m j^{-1}) in Veluwemeer, Eemmeer en Gooimeer. Vetgedrukte waarden voor trends geven aan dat deze significant verschilt van nul ($p < 0.1$).

		mediane trend	langjarig gemiddelde		mediane trend	langjarig gemiddelde
Veluwemeer	totaal-P	-0,002	0,07	chlorofyl-a	-4,8	32
Eemmeer		-0,054	0,49		-13,1	122
Gooimeer		-0,023	0,21		-7,3	49
Veluwemeer	totaal-N	0,03	2,0	doorzicht	0,087	0,64
Eemmeer		-0,18	3,7		0,015	0,26
Gooimeer		-0,02	2,5		0,067	0,58

3.2 Relaties tussen meetpunten in de tijd en in de ruimte

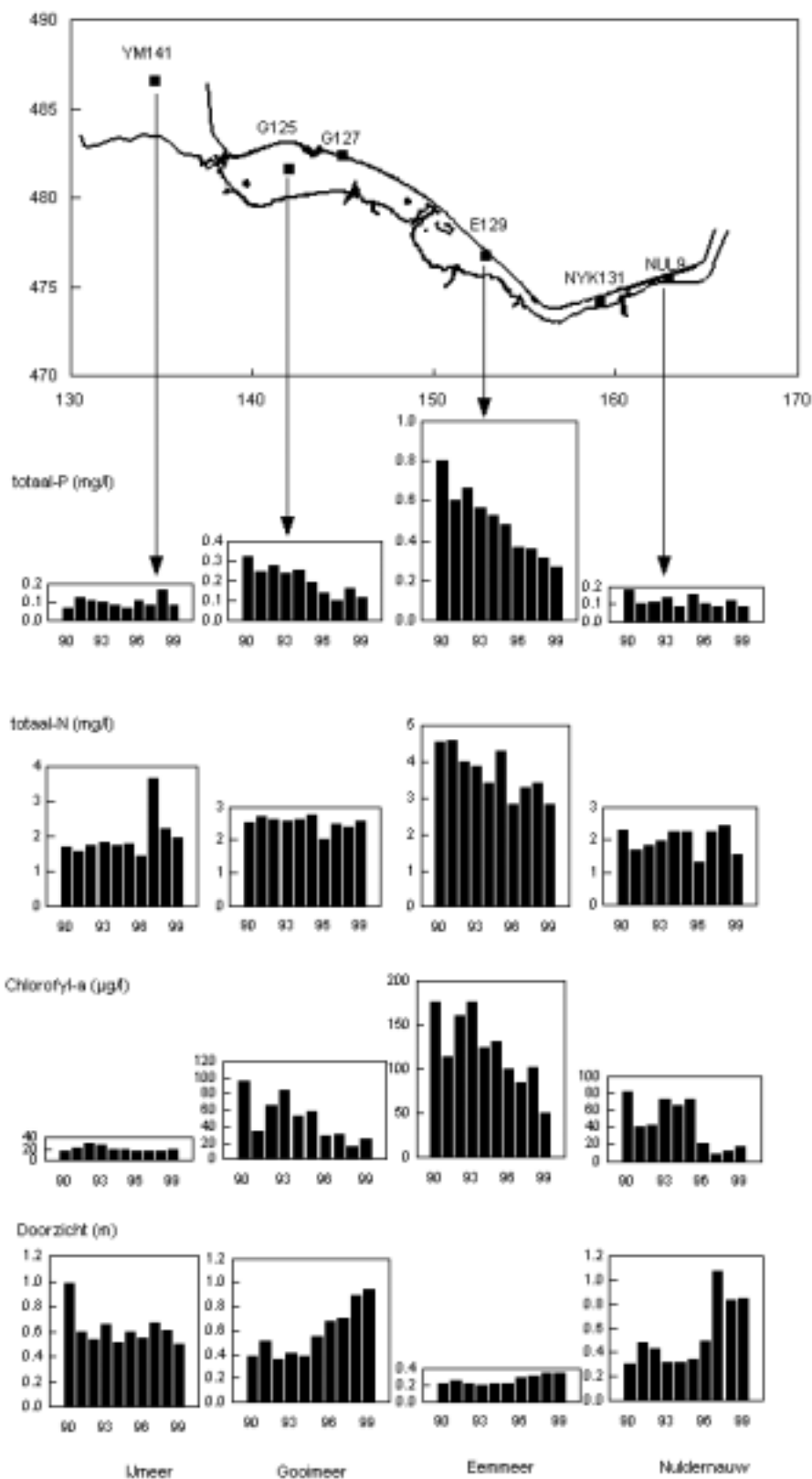
Figuur 3.2.1 geeft een ruimtelijke weergave van de gradiënten die er zijn in zomergemiddelde waarden van totaal-P, totaal-N, chlorofyl-a en doorzicht in de Zuidelijke Randmeren en het aanliggende IJmeer en Nuldernauw. De totaal-P en chlorofyl-a gehalten zijn hoog in het Eemmeer en het Gooimeer in vergelijking met de aanliggende meren. De totaal-N concentratie was in het begin van de jaren negentig nog aanzienlijk hoger in het Eemmeer dan in het Gooimeer en het Nijkerkernauw, maar dit verschil is aanzienlijk afgenomen. De toename in het doorzicht van het Gooimeer is niet te verklaren uit de aanvoer van helder water vanuit het IJmeer. Het doorzicht aldaar bedraagt de laatste jaren slechts 0,5 - 0,6 m. Daar ook in het Eemmeer het doorzicht aanzienlijk lager is dan in het Gooimeer, is het waarschijnlijk dat de toename van het doorzicht in het Gooimeer wordt veroorzaakt door een intern proces.

Dat de ruimtelijke gradiënten in de meren een permanent karakter hebben, blijkt uit het verloop van de totaal-P concentratie binnen een jaar (figuur 3.2.2). Hiervoor is 1992 gekozen omdat voor dat jaar ook gegevens van twee tussenliggende meetlocaties (G127 en NIJK131, zie figuur 3.2.1) beschikbaar zijn. De concentraties op NIJK131 zijn duidelijk lager dan die op locatie E129, maar volgen deze wel, en zijn aanzienlijk hoger dan die in het aangrenzende Nuldernauw. Dit duidt op een sterke menging van water afkomstig vanuit de Eem met het water in het Nijkerkernauw, waarschijnlijk veroorzaakt door opstuwing in die richting bij de overheersende windrichting. Vanaf het meetpunt E129 is er een negatieve gradiënt in westelijke richting, met een duidelijke afname richting G127 en een opvallend sterke verdere afname richting G125.

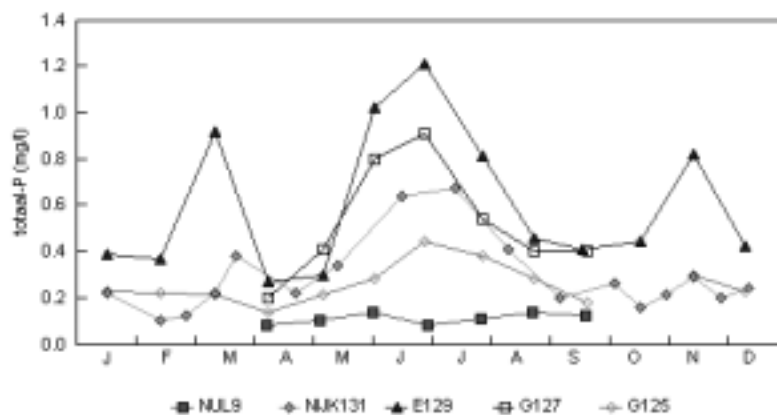


Figuur 3.2.1

Ruimtelijke weergave van het verloop van zomergemiddelden van totaal-P, totaal-N, chlorofyl-a en doorzicht in Nuldernauw, Eemmeer, Gooimeer en IJmeer, en locaties van de meetpunten.



.....
Figuur 3.2.2
 Verloop van de totaal-P concentratie in
 1992 op een vijftal meetlocaties.



3.3 Bijdrage van overige componenten (niet-algen) aan de lichtuitdoving

Niet alle lichtuitdoving die optreedt wordt direct veroorzaakt door algen. Naast algen zijn tevens gesuspendeerde en opgeloste stoffen aanwezig die mede de helderheid van het water bepalen. Er is een lineaire bijdrage van chlorofyl-a aan het reciproke doorzicht ($1/SD$, met SD de Secchi diepte), en deze levert dus een ondergrens $(1/SD)_{min}$ voor het reciproke doorzicht bij een bepaalde chlorofyl-a concentratie (Portielje & Van der Molen, 1998):

$$(1/SD)_{min} = 0.01 [\text{Chl-a}]$$

Door de bijdrage van de overige stoffen is $1/SD$ in de praktijk altijd groter dan de minimale waarde. De afwijking $(1/SD)_{gemeten} - (1/SD)_{min}$ wordt aangeduid als de residu-waarde $(1/SD)_{res}$ en is een maat voor de achtergrondstroebelings. Deze achtergrondstroebelings bestaat ook weer uit twee delen: een relatief kleine, altijd aanwezige constante bijdrage voornamelijk veroorzaakt door opgeloste en colloïdale stoffen zoals humus-verbindingen en een sterk variabele bijdrage die samenhangt met de tijdelijke resuspensie van bodemmateriaal ten gevolge van wind.

De waarde van $(1/SD)_{res}$ geeft aan welk doorzicht maximaal bereikt kan worden, indien het chlorofyl-a gehalte tot nul teruggebracht zou worden. Voor veel ondiepe meren legt de achtergrondstroebelings alléén al een maximum op aan het doorzicht dat lager is dan de gewenste waarde.

Tussen het Gooi- en Eemmeer zijn er duidelijke verschillen in de achtergrondstroebelings (figuur 3.3.1), met aanzienlijk hogere waarden in het Eemmeer. In het Gooimeer is de zomergemiddelde waarde van de achtergrondstroebelings de laatste jaren duidelijk afgenomen, en bedroeg in 1999 nog $0,68 \text{ m}^{-1}$. Dit geeft aan dat indien chlorofyl-a tot nul gereduceerd zou kunnen worden een zomergemiddeld doorzicht van bijna 1,5 m mogelijk is. In het Eemmeer lijkt de laatste jaren sprake te zijn van een zeer lichte daling, maar in 1999 bedroeg de achtergrondstroebelings nog altijd $2,38 \text{ m}^{-1}$, ofwel het zomergemiddelde doorzicht kan maximaal 0,42 m bedragen. De gehalten van gesuspendeerde anorganische deeltjes zijn in het algemeen aanzienlijk hoger in het Eemmeer dan in het Gooimeer: de mediane waarden van de gloeirest over de periode 1990-1999 zijn respectievelijk 23 mg l^{-1} en 7 mg l^{-1} .

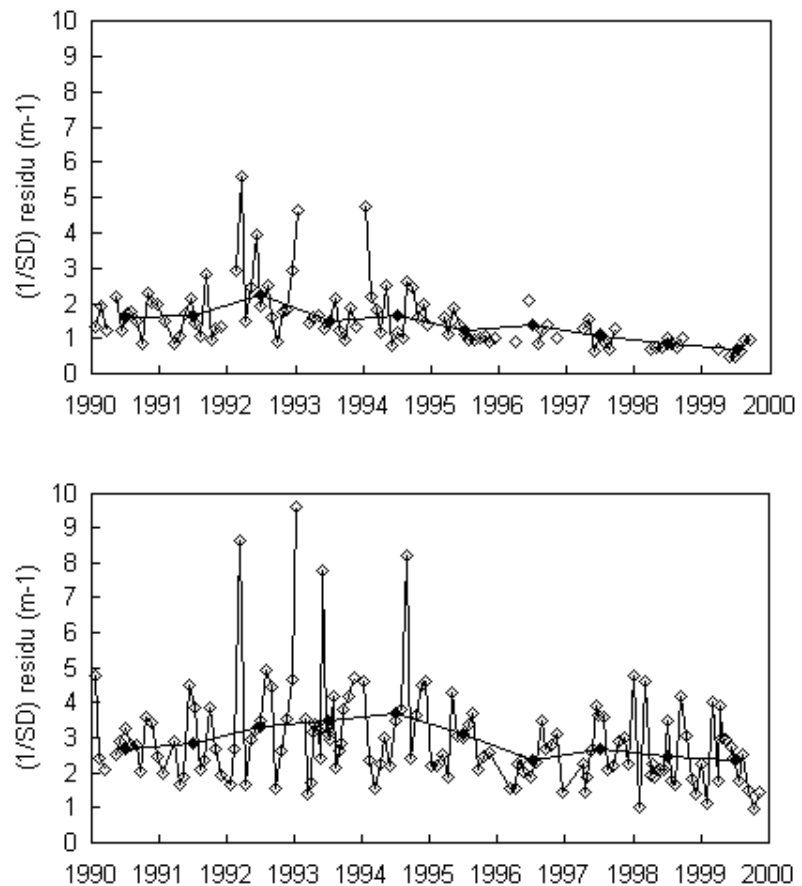


In de Veluwerandmeren is met de toename van de waterplanten een significante afname van de achtergrondtroebeling geconstateerd. In het Gooimeer zijn echter nauwelijks waterplanten aanwezig (zie hoofdstuk 4.4), en deze geven dus geen verklaring voor de geconstateerde toename van het doorzicht. Behalve door waterplanten kan een dergelijke toename door een aantal andere mechanismen veroorzaakt worden:

- een toename van de filtratiecapaciteit van zoöplankton en zoöbenthos zoals Driehoeksmosselen
- een afname van benthivore vis
- de aanwezigheid van diepe putten in een systeem, die als sedimentatiebak voor gemakkelijk opwervelbaar materiaal kunnen dienen
- een export van gemakkelijk opwervelbaar materiaal richting het IJmeer die groter is dan de import en de interne productie in het systeem

Voorts speelt mee dat het bodemtype in de Zuidelijke Randmeren beduidend anders is dan in het Veluwemeer (hoofdstuk 2). In het Eemmeer kan bijvoorbeeld door het grotere aandeel klei en veen een lager achtergronddoorzicht verwacht worden. Op grond van een andere diepteverdeling, met een veel geringer deel met een diepte kleiner dan één meter dan in het Veluwemeer, mag echter juist een hoger achtergronddoorzicht verwacht worden. Dit geldt ook voor de strijklengte in de dominante windrichting (zuidwest). Deze is kleiner in de Zuidelijke Randmeren dan in het Veluwemeer.

.....
Figuur 3.3.1
 Verloop in de tijd van de achtergronddoorzichtigheid ($1/SD$)res in Gooimeer (boven) en Eemmeer (onder). Zwarte symbolen geven de zomergemiddelde waarden weer.



3.4 Opgeloste nutriënten als indicator voor groeilimitatie van algen

Het verloop van concentraties opgeloste nutriënten (N en P) geeft een indicatie voor het optreden van nutriëntenlimitatie van algengroei binnen een groeiseizoen. Opgeloste anorganische nutriënten, $\text{PO}_4\text{-P}$ en $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$, zijn direct opneembaar voor algen. Een uitputting van deze pool duidt er op dat de vraag naar opgeloste nutriënten groter is dan de productie door externe aanvoer of mineralisatie.

De concentraties van opgeloste nutriënten waar beneden daadwerkelijk groeilimitatie optreedt zijn soortafhankelijk. Voor totaal-P wordt een concentratie van $0,01 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ aangenomen, voor de som van $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_x\text{-N}$ een concentratie van 0.1 mg N l^{-1} . Op basis van die aannamen trad zowel in het Eemmeer als in het Gooimeer in de eerste helft van de jaren negentig regelmatig N-limitatie op (figuur 3.4.1). Dit verschijnsel lijkt echter in de tijd af te nemen. P-limitatie trad daarentegen in het begin van de jaren negentig nog niet op, terwijl dit later incidenteel wel lijkt te gebeuren. Uit figuur 3.4.1. blijkt verder dat binnen één groeiseizoen P-limitatie en N-limitatie beide achtereenvolgens op kunnen treden. In het Gooimeer trad in 1993 eerst P-limitatie op. Nadat echter N limiterend werd, nam de concentratie opgelost P weer toe.

Naast de opgeloste concentraties van N en P kan voor diatomeeën ook de concentratie opgelost silicium (SiO_2) limiterend zijn. Omdat diatomeeën silicium nodig hebben als nutriënt, verzwakt het uitgeput raken van de SiO_2 pool de concurrentiepositie van de diatomeeën ten opzichte van die voor blauwalgen en groenwieren. Data van opgelost silicium laten zien dat uitputting hiervan onregelmatig voorkomt in het voorjaar in zowel Gooimeer als Eemmeer.

3.5 Verhouding tussen chlorofyl en nutriëntenconcentraties

Behalve uit de concentraties van opgeloste nutriënten kan limitatie door nutriënten ook afgeleid worden uit de verhoudingen tussen chlorofyl-a en totaal concentraties van N en P. Zowel de totaal-N als de totaal-P concentratie legt een maximum op aan de chlorofyl-a concentratie. Indien de werkelijke chlorofyl-a concentratie dicht tegen dit maximum aan ligt duidt dit er op dat het betreffende nutriënt limiterend is voor het chlorofyl-a gehalte. Indien het chlorofyl-a gehalte beduidend lager is dan dit maximum zijn andere factoren limiterend.

De algensamenstelling is echter van invloed op de maximale chlorofyl-a : totaal-P en chlorofyl-a : totaal-N ratio. In systemen gedomineerd door draadvormige blauwalgen zijn de maximale chlorofyl-a : P en chlorofyl-a : N ratio's beduidend hoger dan in systemen waar deze dominantie afwezig is (Portielje & Van der Molen, 1998). Daar het optreden van deze extra hoge chlorofyl-a gehalten bij dominantie van draadvormige blauwalgen een sterk regionaal verschijnsel lijkt te zijn dat zich beperkt tot het veenplassen-gebied van West-Nederland, wordt hier slechts vergeleken met de lijnen die gelden bij afwezigheid van dominantie van draadvormige blauwalgen. Deze zijn op basis van gegevens afkomstig uit een groot aantal meren en plassen in Nederland vastgesteld op (Portielje & Van der Molen, 1998):

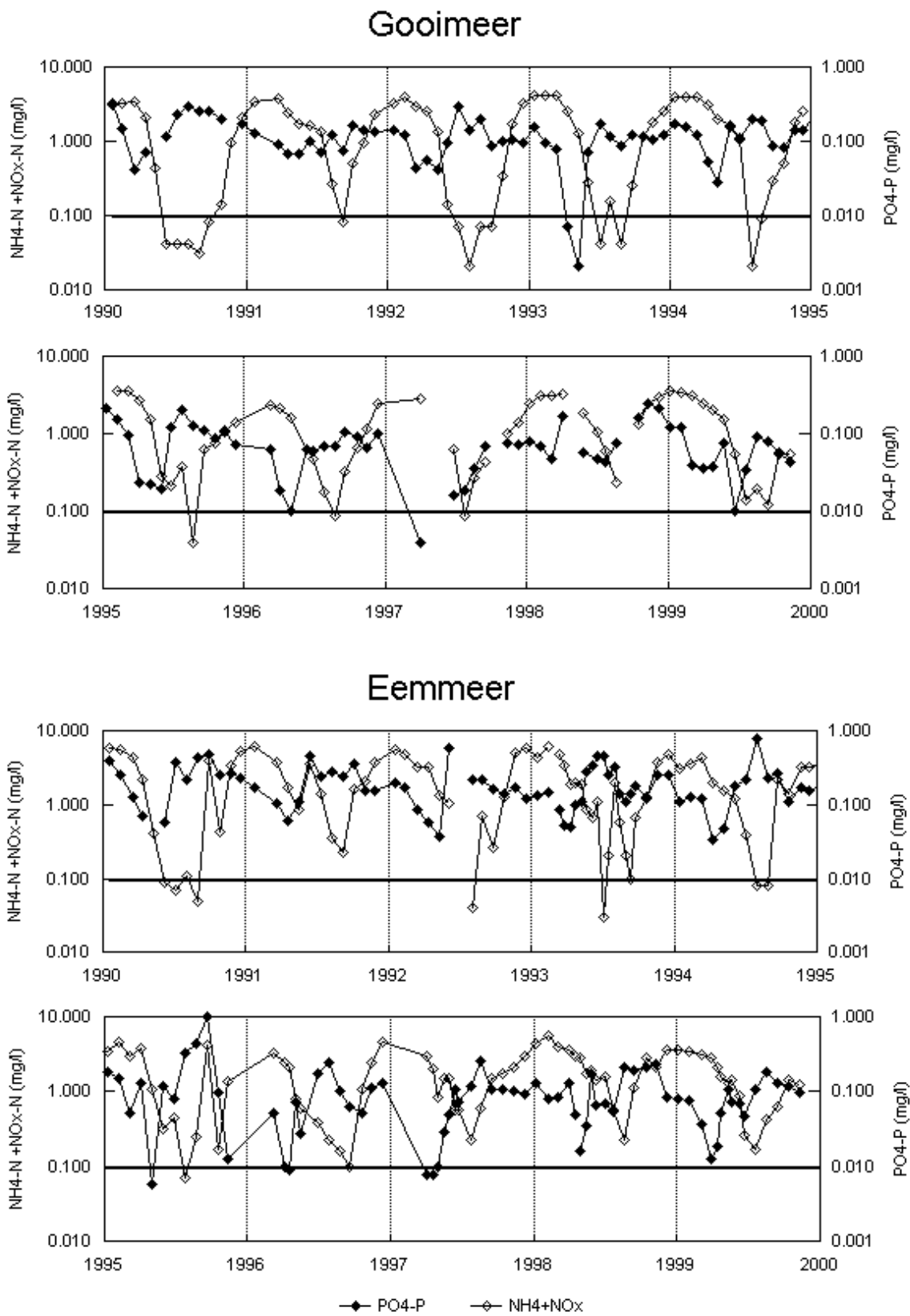
- chlorofyl-a_{max} = $759 * \text{totaal-P}$
- chlorofyl-a_{max} = $54,3 * (\text{totaal-N} - 0,67)$

Het totaal-N gehalte wordt gecorrigeerd voor een achtergrondswaarde van $0,67 \text{ mg l}^{-1}$, de minimale waarde voor het zomergemiddelde die was aangetroffen in de landelijke set en correspondeert met een chlorofyl-a gehalte van nul.



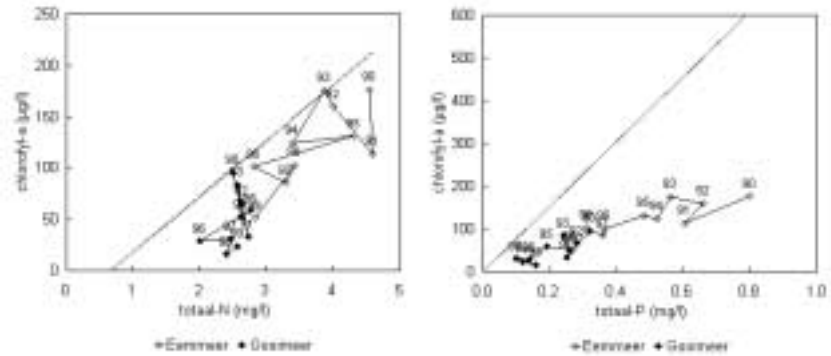
Figuur 3.4.1

Verloop in de tijd van concentraties opgeloste nutriënten P ($\text{PO}_4\text{-P}$) en N ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) in Gooimeer (boven) en Eemmeer (onder). Vetgedrukte horizontale lijnen duiden de concentraties aan waar beneden opgelost P en opgelost N limiterend zijn.



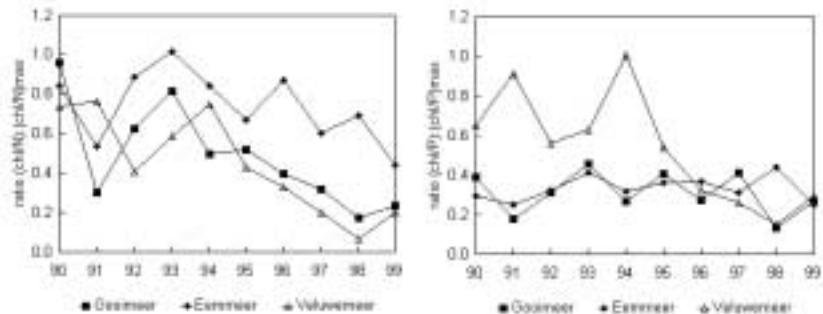
De chlorofyl-a : totaal-N verhoudingen in de Zuidelijke Randmeren benaderen veel sterker de maximale waarden dan de chlorofyl-a : totaal-P verhoudingen (figuur 3.5.1). Dit duidt er op dat, consistent met wat op basis van opgeloste nutriëntconcentraties is gevonden, in de Zuidelijke Randmeren stikstof een belangrijkere rol speelt als limiterende factor voor de algenbiomassa dan totaal-P. P speelt geen rol als limiterende factor, alhoewel er wel een positief verband is tussen totaal-P en chlorofyl-a.

Figuur 3.5.1
Zomergemiddelde waarden van chlorofyl-a in relatie tot die van totaal-N (links) en totaal-P (rechts) in vergelijking met de maximale gehalten volgens $\text{chlorofyl-a}_{\text{max}} = 54,3 * (\text{totaal-N} - 0,67)$ en $\text{chlorofyl-a}_{\text{max}} = 759 * \text{totaal-P}$. Labels geven jaren weer.



In met name het Gooimeer is een daling opgetreden in de chlorofyl-a : totaal-N ratio's, vergelijkbaar met de daling die is opgetreden in het Veluwemeer (figuur 3.5.2). Ook in het Eemmeer lijkt deze daling sinds 1993 op te treden, maar is echter nog minder uitgesproken. De chlorofyl-a : totaal-P ratio's zijn vrijwel onveranderd gebleven en liggen op het lage niveau dat sinds 1996 ook in het Veluwemeer is bereikt.

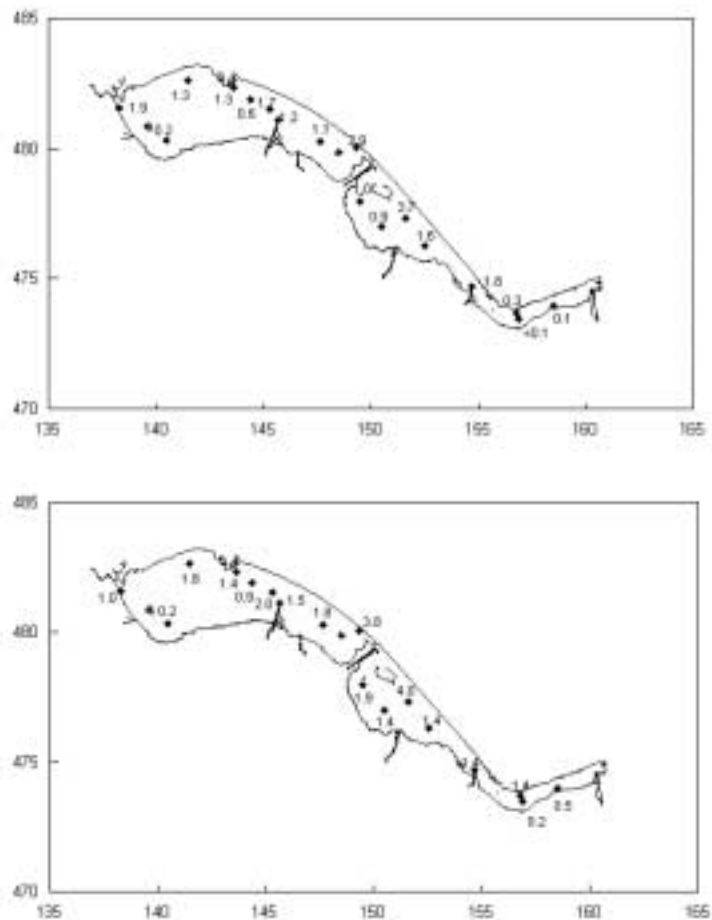
Figuur 3.5.2
Verloop in de tijd van de ratio's chlorofyl-a : totaal-N en chlorofyl-a : totaal-P ten opzichte van de maximale ratio's volgens uit $\text{chlorofyl-a}_{\text{max}} = 54,3 * (\text{totaal-N} - 0,67)$ en $\text{chlorofyl-a}_{\text{max}} = 759 * \text{totaal-P}$.



3.6 Overzicht kwaliteit van de waterbodem: fosfaat en stikstof

In oktober 1990 zijn op een aantal plaatsen in het Eemmeer en Gooimeer analyses van de sediment toplaag uitgevoerd. De hoogste gehalten totaal-P en Kjeldahl-N, uitgedrukt als mg P of N per gram droge stof, werden gevonden nabij de monding van de Eem en in de vaargeul net voorbij de Stichtse Brug. Aan de oudelandszijde van de verbreding in het westelijk deel van het Eemmeer zijn de gehalten relatief laag, evenals in het Nijkerkernauw. Aan de oudelandszijde van het westelijk deel van het Gooimeer zijn de gehalten eveneens lager dan in de diepere delen aan de noordzijde van het Gooimeer. De sterk verhoogde gehalten lijken zich dus te beperken tot het gedeelte van de vaargeul nabij de monding van de Eem, en het oostelijk deel van het Gooimeer. Hier (op locatie G127) werden in 1992 ook verhoogde concentraties in de waterkolom gemeten ten opzichte van het westelijk deel van het Gooimeer. De metingen in het sediment betreffen een éénmalige momentopname die reeds dateert van tien jaar geleden. Door de sedimentatie van vers materiaal in een periode waarin de totaal-P concentraties in de Eem en in het Eemmeer afgenomen zijn, kan de kwaliteit van de sediment toplaag dus inmiddels al verbeterd zijn. Hier zijn echter geen gegevens van beschikbaar. Tevens betreffen de analyses totaalgehalten. De fractie die weer beschikbaar kan komen en de nalevering vanuit het sediment die dit tot gevolg kan hebben worden hieruit niet duidelijk. Nalevering van P vanuit het sediment heeft in ieder geval niet de geconstateerde verlaging van de zomergemiddelde concentraties in de waterkolom (zie figuur 3.1) kunnen voorkomen.

Figuur 3.6.1
Gehalten (mg/droge stof) van Totaal-P (boven) en Kjeldahl-N (onder) in de sediment toplaag in oktober 1990.



4 Ecologische waterkwaliteit

4.1 Inleiding

Tijdens de fase waarin een meer herstelt van eutrofiëring zal allereerst de chemisch waterkwaliteit verbeteren. Pas na voldoende verbetering hierin kan enig effect op de ecologische waterkwaliteit verwacht worden. In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de ecologische waterkwaliteit. Achtereenvolgens worden behandeld de ontwikkeling in de samenstelling van het fytoplankton, het zoöplankton, de waterplanten, de vis, de drie-hoeksmosselen en de watervogels. Voor een grondige analyse is de hoeveelheid beschikbare gegevens veelal onvoldoende gebleken, echter voor het vastleggen van de uitgangssituatie geeft het een behoorlijke indruk.

4.2 Fytoplankton

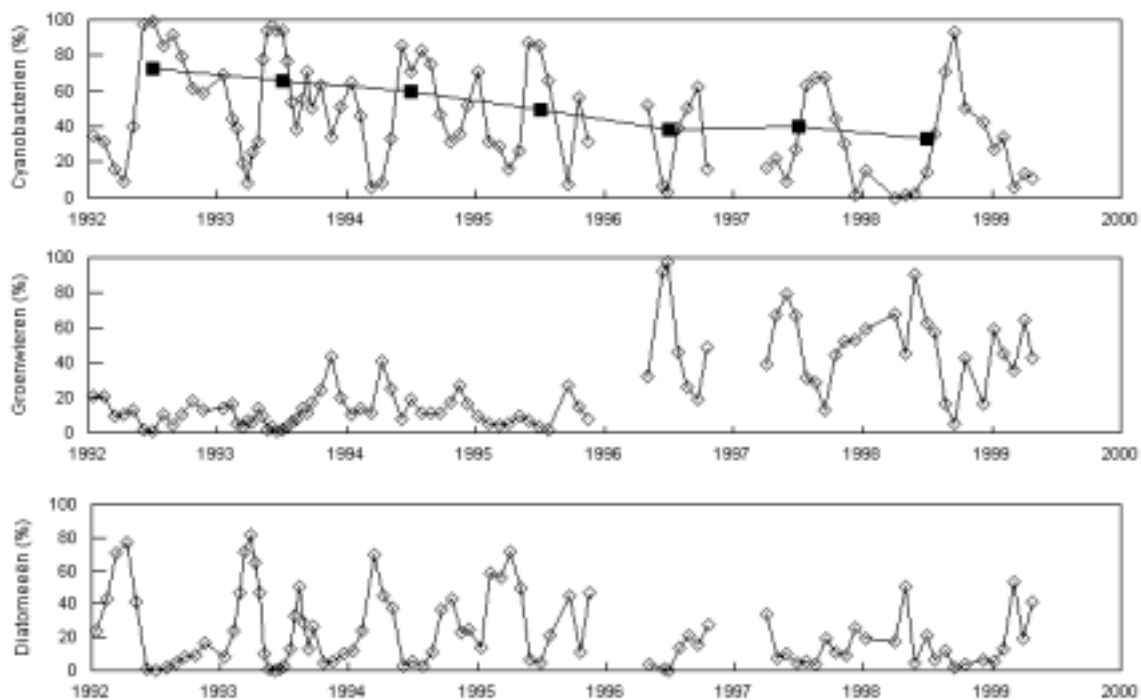
Gegevens van de fytoplankton samenstelling zijn beschikbaar vanaf 1992. In het Eemmeer is sinds 1992 een gelijkmatige afname opgetreden van het zomergemiddelde percentage blauwalgen op basis van aantallen van 73% naar 33 % (figuur 4.2.1). Tot eind 1995 betrof het voor het overgrote deel draadvormige blauwalgen (*Aphanizomenon* en *Planktothrix*). Vanaf begin 1996 zijn de verschillende groepen blauwalgen niet meer afzonderlijk bepaald, en is uit de data dus niet duidelijk of en wanneer de dominantie van draadvormige blauwalgen is doorbroken. Het valt echter op dat de periode in het zomerhalfjaar waarin blauwalgen dominant zijn, korter is geworden en zich meer en meer beperkt tot het najaar. Het aandeel groenalgen is na 1996 sterk toegenomen, terwijl dat van de diatomeeën juist is afgenomen. Er ontbreekt na 1996 echter een aantal waarnemingen van het vroege voorjaar, de periode waarin de diatomeeën bloei in de regel optreedt. De pieken in het percentage groenalgen na 1996 vallen op een later tijdstip in het jaar, hetgeen tot gevolg heeft dat de blauwalgen piek naar een latere periode verschoven wordt. Er dient echter opgemerkt te worden dat de wijze waarop de data zijn opgeslagen sinds 1996 veranderd is, en de totalen mogelijk enigszins anders berekend zijn.

Van het Gooimeer zijn aanzienlijk minder gegevens beschikbaar (in de periode 1994 tot en met 1998 slecht zes waarnemingen per jaar en alleen gedurende het zomerhalfjaar). Hier bedraagt het zomergemiddelde percentage blauwalgen sinds 1995 circa 50% (figuur 4.2.2). Ook hier ontbreken waarnemingen in het vroege voorjaar, en wordt het dus niet duidelijk of er dan een bloei van diatomeeën optreedt. Evenals in het Eemmeer treden er na 1996 in het begin van het zomerhalfjaar hogere pieken op in het percentage groenalgen.



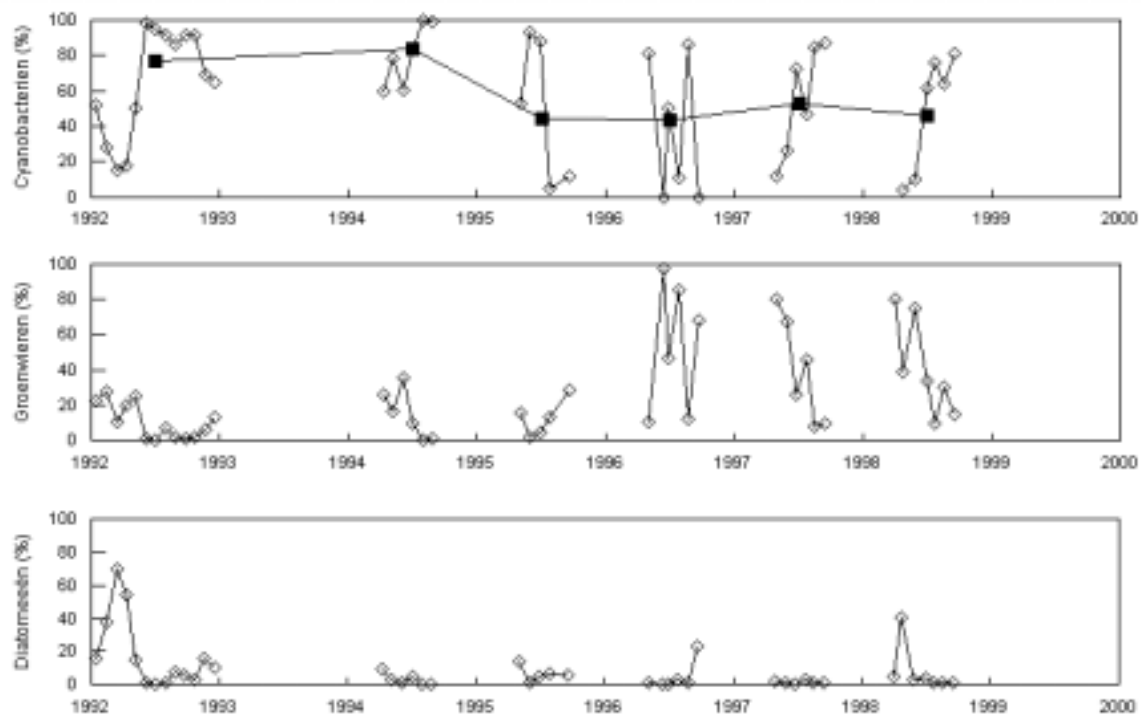
.....
Figuur 4.2.1

Percentages (op basis van aantallen) van de drie hoofdgroepen algen in het Eemmeer (de groep 'overige algen' is niet weergegeven). De zwarte blokken in bovenste grafiek geven de zomergemiddelde percentages van blauwalgen weer.



.....
Figuur 4.2.2

Percentages (op basis van aantallen) van de drie hoofdgroepen algen in het Gooimeer (de groep 'overige algen' is niet weergegeven). De zwarte blokken in bovenste grafiek geven de zomergemiddelde percentages van blauwalgen weer.



4.3 Zoöplankton

Van het zoöplankton zijn te weinig gegevens beschikbaar om een zinvolle analyse uit te kunnen voeren naar de invloed van graas op het ecosysteem. Graas door zoöplankton is van nature sterk variabel, en een éénmalige momentopname zo nu en dan levert geen bruikbare informatie op.

4.4 Waterplanten

De ondergedoken waterplanten zijn gekarteerd in 1991, 1994 en 1997 (De Witte *et al.*, 1995; 1997), en op het moment van schrijven waren reeds voorlopige resultaten van de karteringen van 2000 beschikbaar. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 4.4.1. De totale bedekking is in beide meren laag, en de enige soort die in noemenswaardige hoeveelheden voorkomt (voorkwam) is Schedefonteinkruid. Draadwieren komen ook in kleine hoeveelheden voor. De inwendige bedekking geeft het percentage van het oppervlak weer dat wordt bedekt als gecorrigeerd wordt voor ijheid van de vegetatie, en wordt berekend uit de gemiddelde bedekking van de bedekingsklassen 0-15%, 15-50% en 50-100%:

$$\text{inwendige bedekking} = f_1 * 0.075 + f_2 * 0.325 + f_3 * 0.75$$

met f_i de fractie van het oppervlak in klasse i . Voorlopige resultaten van de karteringen in 2000 laten zien dat Schedefonteinkruid na 1997 sterk is afgenomen in zowel Gooimeer als Eemmeer/Nijkerkernauw. In het Gooimeer is Zannichellia daarentegen enigszins toegenomen. De totale bedekking is echter zeer laag. Kranswieren, die in de Veluwerandmeren de laatste tien jaren zo explosief zijn toegenomen, worden nog in het geheel niet aangetroffen.

Tabel 4.4.1
Bedekking (ha) en inwendige bedekking (%) van ondergedoken waterplanten in Gooi- en Eemmeer/Nijkerkernauw in 1991, 1994 en 1997. Klasse 1 = 0-15%, klasse 2 = 15 - 50%, klasse 3 = 50-100%. Vette getallen geven de helft van de detectielimiet (<10 ha).

		GOOIMEER						
	klasse	Schedefonteinkruid	Doorgroeid Fonteinfruid	Draadwier	Darmwier	Zannichellia	totaal*	
		Bedekking (ha)						
1991*	1	304	37	408			314	
	2	216	5	172			327	
	3	22	5	29			75	
1994	1	291	15	407			487	
	2	14	5	22			45	
	3	5	5	5			5	
1997	1	264	71	524	94	72	657	
	2	24	5	5		5	72	
	3	5	0	5			5	
		Inwendige bedekking (%)						
1991*		4,7	0,3	4,6	0,0	0,0	8,0	
1994		1,3	0,3	1,8	0,0	0,0	2,4	
1997		1,3	0,3	1,9	0,3	0,3	3,3	



Tabel 4.4.1 vervolg

Bedekking (ha) en inwendige bedekking (%) van ondergedoken waterplanten in Gooi- en Eemmeer/Nijkerkernauw in 1991, 1994 en 1997. Klasse 1 = 0-15%, klasse 2 = 15 - 50%, klasse 3 = 50-100%. Vette getallen geven de helft van de detectielimiet (<10 ha).

	EEMMEER/NIJKERKERNAUW			
	klasse	Schedefonteinkruid	Draadwier	totaal*
			Bedekking (ha)	
1991**	1	69	0	69
	2	54	0	54
	3	33	0	33
1994	1	50	66	119
	2	5	0	5
	3	5	0	5
1997	1	67	112	354
	2	5	5	27
	3	5	0	5
			Inwendige bedekking (%)	
1991**		2,0	0,0	2,0
1994		0,4	0,2	0,6
1997		0,4	0,4	1,7

* Het totaal is niet gelijk aan de som van de overige kolommen doordat soorten over elkaar heen kunnen voorkomen (geldt met name voor draadwieren die over andere planten heengroeien).

** in 1991 is niet voor het gehele meer geïnterpoleerd; In het Eemmeer/Nijkerkernauw bedroeg de geïnterpoleerde oppervlakte slechts 22% en in het Gooimeer ruim 81%. Bij de interpretatie dient hiermee rekening te worden gehouden.

4.5 Vis

De visstand is gedurende de periode 1990-1999 tweemaal bepaald, in oktober-november 1993 en oktober 1995 (Wiegerinck *et al.*, 1994; Cazemier *et al.*, 1996). Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen Eemmeer en Gooimeer, maar zijn beide gezamenlijk bemonsterd. In beide jaren is zowel met de kor als met de kuil gevist. Met de kor zijn de diepere delen, vooral de vaargeul, bemonsterd en met de wonderkuil de ondiepe gebieden. Beide bemonsteringsmethoden zijn noodzakelijk om een indruk te krijgen van de visstand van de meren.

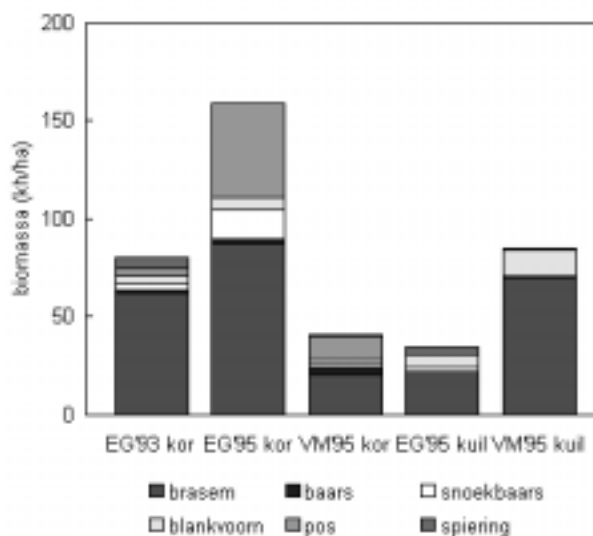
In de vaargeul (korbemonstering) werden in 1993 10 soorten gevangen, in 1995 was dit toegenomen tot 13 soorten. Op de ondiepten (wonderkuil) werden in 1993 6 soorten gevangen en in 1995 was dit aantal toegenomen tot 9. In 1995 kwamen in het Eem- en Gooimeer de relatief zeldzame giebel, winde en rivierdonderpad voor.

In 1993 werd de dichtheid van de vis zowel in de kor als in de wonderkuil vooral bepaald door de spiering. De biomassa werd zowel in de ondieptes als in de vaargeul sterk gedomineerd door brasem (Figuur 4.5.1). In 1995 is de hoeveelheid vis toegenomen in vergelijking met 1993. In 1995 is vooral de hoge dichtheid spiering in het ondiepe gebied opvallend (tabel 4.5.1). In 1993 was de spiering nog redelijk homogeen verdeeld over de diepte van het meer, in 1995 concentreerde deze vis zich in de ondiepe delen. In de diepere delen van het meer werd in 1995 in vergelijking tot 1993 ook zeer veel brasem gevonden en was de hoeveelheid blankvoorn (beide met een lengte variërend van klein tot groot) ook toegenomen. De aantallen pos hadden zich in de vaargeul vertienvoudigd. Al met al is in 1995 de visstand ten opzichte van 1993 sterk toegenomen. In 1995 bepalen pos en brasem de dominantie in de aantallen vis. De biomassa van het visbestand wordt evenals in 1993 vooral bepaald door brasem.



Figuur 4.5.1

Biomassa van de belangrijkste soorten in Eem- en Gooimeer in november 1993 (EG'93), en oktober 1995 (EG'95) en in het Veluwemeer oktober 1995 (VM'95), met kor- en wonderkuil be-
monstering.



In 1995 is de gemiddelde lengte van de brasem en blankvoorn wat afgenomen ten opzichte van 1993. Er is een sterke jaarklasse van één-jarige vis en de grote brasem (langer dan 35 cm) lijkt te zijn uitgedund (Figuur 4.5.2).

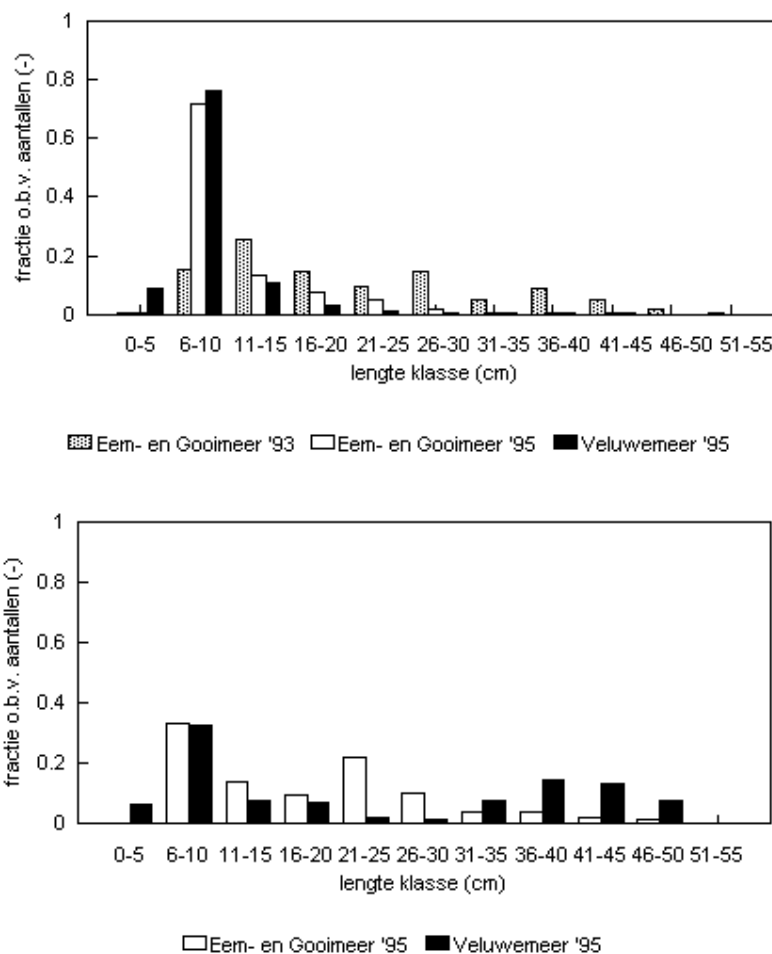
Tabel 4.5.1

Dichtheden van soorten uitgedrukt in CPUE (catch per unit effort = aantal/1000m²) met kor en wonderkuil van de belangrijkste vissoorten.

	1993		1995	
	Kor	Wonderkuil	Kor	Wonderkuil
Eem- en Gooimeer				
Spiering	146.9	119.6	4.4	384.2
Blankvoorn	11.3	0.9	48.9	59.5
Brasem	29.7	8.8	401.8	17.1
Baars	13.4	0.1	10.1	3.8
Snoekbaars	3.9	0	31.9	0.6
Pos	42.2	0	441.1	1.0
Veluwemeer				
Spiering	20.4	26.8	4.2	45.8
Blankvoorn	22.5	2.5	45.7	234.3
Brasem	26.4	22.1	179.5	21.0
Baars	4.5	0.2	91.4	17.3
Snoekbaars	21.5	0.4	4.7	0.2
Pos	108.2	0	195.8	0.1



Figuur 4.5.2 B
 Lengte verdeling van brasem in Eem- en Gooimeer (1993 en 1995) en Veluwemeer (1995) in (boven) kor- en (onder) kuilbemonstering.



Vergelijking met het Veluwemeer

Ook in het Veluwemeer was de hoeveelheid brasem, blankvoorn en pos toegenomen in 1995 ten opzichte van 1993. In dit meer werden deze vangsten vooral gevormd door één-zomerige vis, waardoor de biomassa van de vis niet zo sterk was toegenomen. In het Eem- en Gooimeer is de bijdrage van spiering hoger dan in het Veluwemeer, hetgeen sterker overeenkomt met de visstand in het IJmeer.

Met name in het Eem- en Gooimeer, maar in mindere mate ook in het Veluwemeer treden grote verschillen op in de vangsten tussen de ondiepe en de diepere delen van de meren. Spiering komt vooral voor in de ondiepe delen en brasem en pos hebben een voorkeur voor de vaargeul.

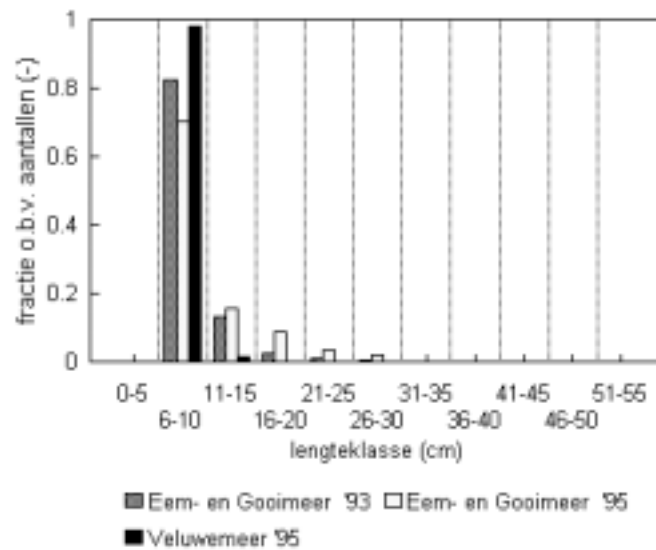
Een aanzienlijk deel van de baars bereikt in het Eem- en Gooimeer in tegenstelling tot in het Veluwemeer, het piscivore stadium (figuur 4.5.3). In 1993 en 1995 had respectievelijk 17% en 30% van de baars een lengte groter dan of gelijk aan 11 cm, de lengte vanaf welke baars verondersteld kan worden piscivoor te zijn (Meijer, 2000). In het Veluwemeer was dit in 1995 slechts 1,6 %.

Ook de snoekbaars wordt in het Eem- en Gooimeer groter dan in het Veluwemeer. Mogelijk kan deze grotere lengte worden verklaard door een iets grotere diepte van deze meren. Ook kan de invloed van het Markermeer en het IJmeer, waar door de grotere diepte meer grote baars en snoekbaars zit,



een rol spelen. De grotere lengte van de potentiële roofvis heeft de explosie van jonge brasem, die bij de bemonstering van november 1995 werd gevonden, niet kunnen voorkomen.

.....
Figuur 4.5.3
 Lengteverdeling baars in Eem- en Gooimeer ('93 en '95) en Veluwemeer ('95).



Invloed van pootvisvisserij

Evenals in het Veluwemeer en het Wolderwijd (Lammens, 2000) kan de visstand in het Eem- en Gooimeer negatief beïnvloed zijn door pootvisvisserij op grote brasem en blankvoorn. Omdat de reguliere visserij met fuiken steeds minder rendabel geworden is, is de bevinging van grote brasem en blankvoorn toegenomen. Er is voor de wintermaanden een vergunning afgegeven om pootvis te verwijderen op het Eem- en Gooimeer. Deze vergunning is al jaren geldig. Er is niet bekend hoeveel vis er in de winter wordt verwijderd. De sterke afname van de zeer grote lengteklassen van brasem in 1995 zou een indicatie kunnen zijn van een dergelijke visserij op pootvis. Op het nabijgelegen IJmeer en Markermeer mag het gehele jaar op pootvis worden gevestigd. Hier is volgens de betrokken visser in de afgelopen 10 jaar vrijwel 90% van alle grote brasem verwijderd (pers. mededeling G. Manshanden). De sterke toename van het doorzicht in het Gooimeer vanaf 1995 en de geringe doch significante toename van het doorzicht in het Eemmeer kunnen mogelijk een verband hebben met een dergelijke verwijdering van grote brasem. Omdat de huidige visgegevens niet verder gaan dan 1995, kunnen deze ideeën niet met gegevens worden getoetst. Het is raadzaam om een nieuwe schatting van de visstand uit te voeren.

4.6 Driehoeksmosselen

Driehoeksmosselen kunnen door filtratie een bijdrage leveren aan het helder maken van water. De ontwikkeling van Driehoeksmosselen is derhalve van belang voor de ontwikkeling van het ecosysteem als geheel. De filtratiecapaciteit, uitgedrukt in volume water per tijdseenheid per mossel, is afhankelijk van het zwevend stofgehalte: als het zwevend stofgehalte toeneemt, neemt de filtratiecapaciteit af. Bij toenemende schelpenlengte neemt de filtratiecapaciteit toe (Van Moorsel *et al.*, 1999).

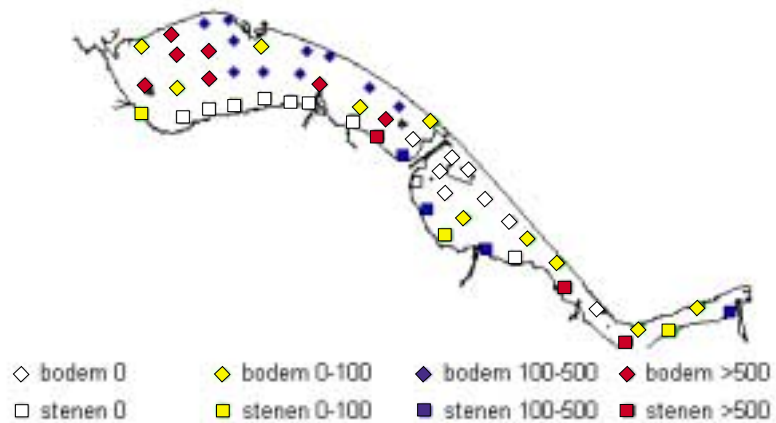
In de tweede helft van de jaren tachtig is in de Zuidelijke Randmeren een viertal inventarisaties uitgevoerd waarbij het voorkomen van Driehoeks-



mosselen werd vastgelegd. Hieruit ontstaat een beeld van een bijna verwaarloosbare populatie in het Eemmeer/Nijkerkernauw en een beperkte in het Gooimeer, waar een bodempopulatie aanwezig was (Noordhuis, 1992).

In 1998 is in de randmeren een inventarisatie gemaakt van de aantallen Driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) op de bodem. In de Zuidelijke Randmeren is er een duidelijke ruimtelijke gradiënt aanwezig, met aanzienlijk hogere dichtheden op de bodem in het Gooimeer dan in het Eemmeer/Nijkerkernauw (figuur 4.6.1). De dichtheden in het Gooimeer zijn nu aanzienlijk hoger dan in de jaren tachtig. Deze situatie wordt weerspiegeld in het aantalsverloop van de mosseletende watervogels, dat suggereert dat de mosselpopulatie in beide meren na 1990 sterk is toegenomen (zie hoofdstuk 4.7). Ook in vergelijking met het Veluwemeer zijn de dichtheden in het Gooimeer zeer hoog (figuur 4.6.2). De fractie van het areaal met een dichtheid > 500 individuen/m² bedroeg in 1998 ruim 40%.

.....
Figuur 4.6.1
 Ruimtelijke spreiding van de dichtheden van driehoeksmosselen (aantal individuen per m²) op de bodem en op stenen nabij de oever in de Zuidelijke Randmeren in 1998.

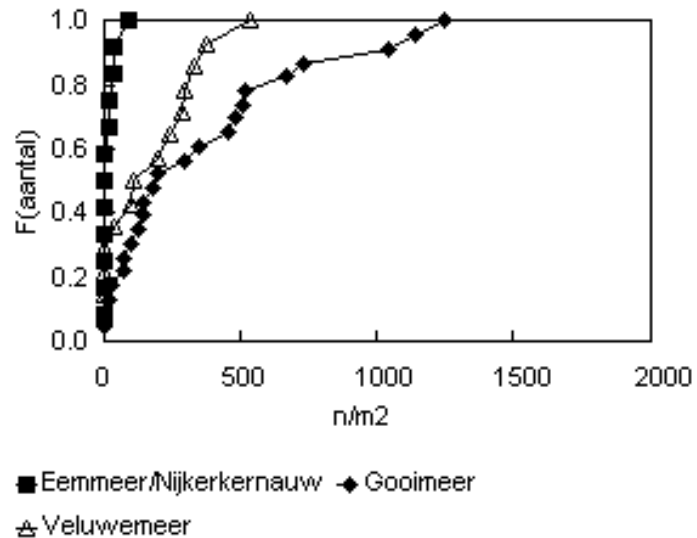


Uit de bemonsterde aantallen driehoeksmosselen, hun lengteverdeling en het bemonsterde oppervlak berekenden Van Moorsel *et al.* (1999) voor het Gooimeer een filtratiecapaciteit van 16,7 % van het meerwater per dag. Voor het Eemmeer en Nijkerkernauw bedroeg dit respectievelijk 2,1 en 3,3 % (omgerekend naar een volume-gewogen gemiddelde voor beide meren is dit 2.4 % dag⁻¹), en in het Veluwemeer 9,6 % dag⁻¹. De hoge filtratiecapaciteit van de Driehoeksmosselen vormt dus een mogelijke verklaring voor de toegenomen helderheid van het water in het Gooimeer. Ten opzichte van de maximale groeisnelheid van algen (ruwweg circa 25 % per dag) is berekende filtratiecapaciteit in het Gooimeer zeer aanzienlijk. Aangezien er geen gegevens zijn over het verloop in de tijd van de filtratiecapaciteit door Driehoeksmosselen, is het niet aan te geven in hoeverre de geconstateerde toename van het doorzicht parallel is gegaan met een toename van de mosselen. Indirecte aanwijzingen hiervoor kunnen mogelijk verkregen worden uit de aantallen benthivore watervogels. Dit wordt in hoofdstuk 4.7 geanalyseerd.



Figuur 4.6.2

Cumulatieve verdeling aantallen drie-hoeksmosselen op de bodem (aantal individuen per m²) in 1998 in Eemmeer/Nijkerkernauw, Gooimeer en Veluwemeer.



4.7 Watervogels

Van de watervogels zijn langjarige gegevensreeksen van aantallen vogeldagen beschikbaar. Voor de volledigheid worden hierom ook gegevens van de periode voor 1990 gepresenteerd.

Net als in de Veluwerandmeren zijn de aantallen vogels op de Zuidelijke Randmeren eind jaren zestig afgenomen. Na een periode met lage aantallen nam een aantal soorten echter in de jaren tachtig, vaak eerder dan in de Veluwerandmeren, sterk toe. Tegenwoordig kunnen in het winterhalfjaar tot ongeveer 35.000 watervogels worden aangetroffen op het Eemmeer en Nijkerkernauw; in het Gooimeer bedroeg het maximum in de jaren 90 ongeveer 40.000. De meest talrijke soorten zijn Kuifeend, Tafeleend en Smient (Eemmeer). Deze vogels zijn vooral in het winterhalfjaar aanwezig, met een maximum omstreeks de maand december. In de zomermaanden zijn de aantallen veel lager (enkele honderden vogels per meer).

Voedselgroepen

De belangrijkste voedselbronnen voor watervogels in het meer zelf zijn vis en Driehoeksmosselen. Waterplanten zijn, vooral in vergelijking met de situatie in de Veluwerandmeren, bij de huidige beschikbaarheid (relatief grote diepte en geen kranswier) relatief onbelangrijk. De Zuidelijke Randmeren worden echter, meer dan in de Veluwerandmeren, eveneens gebruikt door soorten die in de oever of de aangrenzende landerijen foerageren (Smient). Hun aantallen zeggen daarom niet direct iets over de voedselbeschikbaarheid in de meren zelf.

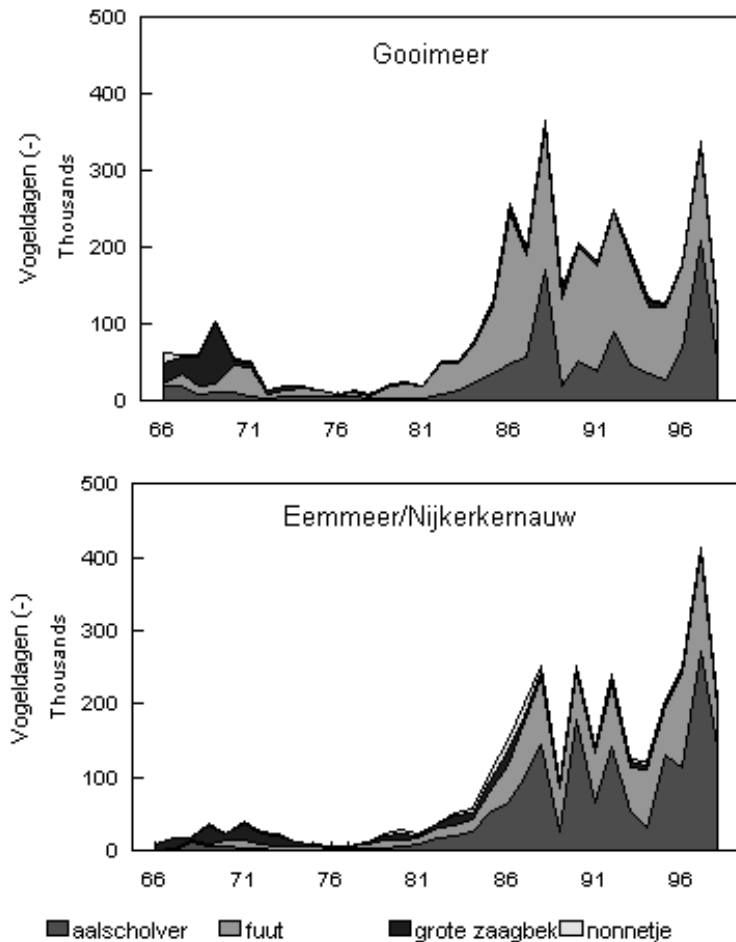
Viseters

De vier meest talrijke viseters zijn Fuut, Aalscholver, Grote Zaagbek en Nonnetje. Het aantalsverloop van deze soorten vertoont een vergelijkbaar beeld (figuur 4.7.1). Alle vier vertonen ze in beide meren een opleving rond 1970, het minst duidelijk bij de Aalscholver, die in die periode in heel Nederland nog schaars was, het meest opvallend bij de Grote Zaagbek. Daarna volgt een magere periode en een sterke toename rond het midden van de jaren tachtig. Deze toename is het sterkst in de periode waarin in 1985, 1986 en 1987 drie opeenvolgende strenge winters voorkwamen, maar lijkt vooral in het Eemmeer al eerder te zijn ingezet. Rond 1987



bereikte de toename een plafond en sindsdien zijn de aantallen gelijk gebleven of iets afgenomen. De aantalsveranderingen wijken sterk af van het landelijke patroon en de overeenkomsten tussen de patronen van de vier soorten wijzen op sturing door veranderingen in de samenstelling van de visbevolking van de meren en/of in de vangbaarheid van die vis. Uit bemonsteringen van de Directie Visserijen blijkt dat de hoge aantallen viseters rond 1970 samen gingen met relatief hoge biomassa's van Blankvoorn, Pos en Baars, terwijl daarna de Brasem sterk ging overheersen. De toename van vogelaantallen in de jaren tachtig komt vervolgens overeen met een afname van Brasem en een toename van Blankvoorn en Spiering.

.....
Figuur 4.7.1
 Verloop van het aantal vogeldagen van vier viseters.



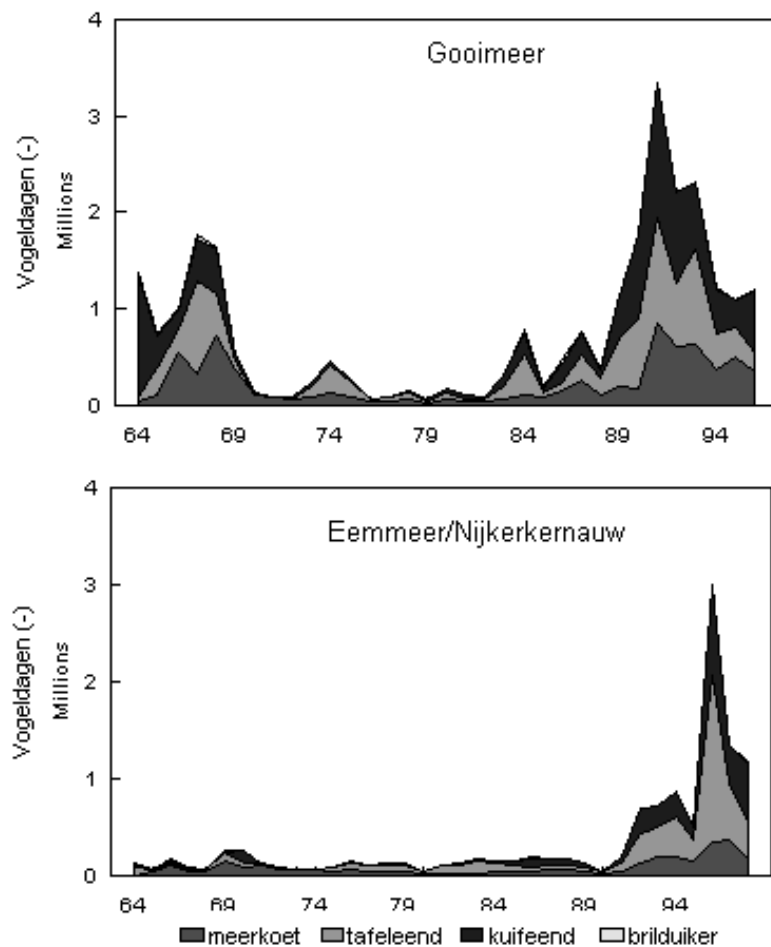
MosseleTERS

De meest talrijke benthoseters zijn Kuifeend, Tafeleend, Brilduiker en Meerkoet. Tafeleend en Meerkoet hebben een relatief breed voedselspectrum en foerageren ook op waterplanten, maar gezien het beperkte aanbod zullen ze zich in de Zuidelijke Randmeren op bodemfauna concentreren. Daarbij gaat het voornamelijk om Driehoeksmosselen. Kuif- en Tafeleenden foerageren met name 's nachts, Brilduikers en Meerkoeten met name overdag. Het aantalsverloop van Kuifeend, Tafeleend en Meerkoet vertoont veel overeenkomst (figuur 4.7.2). In het Eemmeer was er behalve een zeer beperkte opleving rond 1970 sprake van lage aantallen totdat deze in 1991 sterk begonnen toe te nemen. In de winter van 1996/97 werd een maximum bereikt, waarna de aantallen weer iets terugliepen. In het Gooimeer was er eind jaren zestig veel duidelijker sprake van een gunstige



periode. Na een periode met lage aantallen in de jaren zeventig was hier al vanaf 1985 sprake van voorzichtige toename, die echter ook hier vanaf 1991 werd versneld. Het maximum trad eerder op dan in het Eemmeer; vanaf 1994 namen de aantallen benthoseters weer af. De overeenkomst in aantalsverloop tussen de soorten wijst sterk in de richting van een gemeenschappelijke oorzaak; wellicht de beschikbaarheid van Driehoeksmosselen. Er zijn niet voldoende gegevens over mosselen om deze hypothese te kunnen toetsen, maar in andere gebieden (IJssel/Ketelmeer, Veluwerandmeren) is het verband tussen dichtheden van mosselen en aantallen van met name Kuifeenden overtuigend aangetoond. De vierde benthoseter, de Brilduiker, vertoont een geheel ander aantalsverloop. Deze soort is wat minder gespecialiseerd op mosselen en neemt ook andersoortige bodemfauna. Hij foerageert overdag en maakt daarbij gebruik van zijn gezichtsvermogen. Uit gegevens van de Veluwerandmeren leek naar voren te komen dat hij pas reageert op een toename van de dichtheid van Driehoeksmosselen als ook het doorzicht verbetert. De aantallen waren relatief hoog in de tweede helft van de jaren tachtig. In beide meren lijkt de Brilduiker sterk te hebben gereageerd op een ontwikkeling die bij de andere benthoseters slechts een beperkte reactie teweeg bracht, terwijl deze situatie in de jaren negentig min of meer omgekeerd was. Het gemiddeld doorzicht was in de tweede helft van de jaren tachtig inderdaad relatief goed. Mogelijk speelde ook de verminderde hoeveelheid Brasem een rol, die behalve op resuspensie (doorzicht) positief effect kan hebben gehad op de dichtheden van bodemorganismen als muggenlarven. Ook kleine vis kan een rol spelen als voedselbron voor de Brilduiker; het aantalsverloop vertoont opvallende overeenkomsten met dat van de kleinste viseter, het Nonnetje (verg. figuur 4.7.1 en 4.7.2).

.....
Figuur 4.7.2
 Verloop van het aantal vogeldagen van vier mosseleeters.

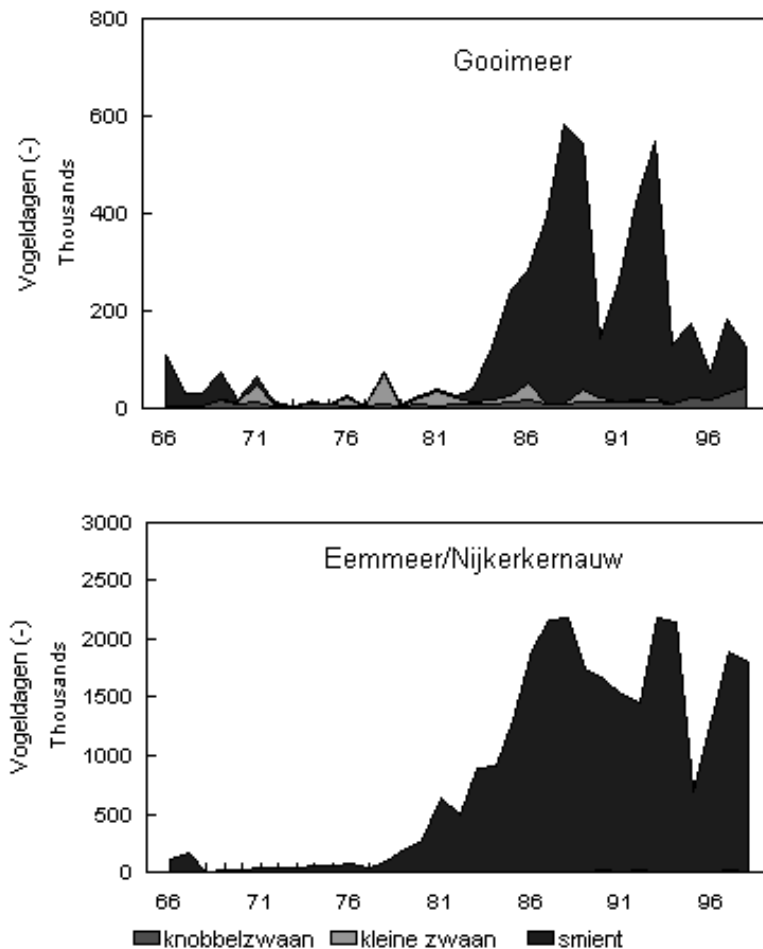


Plantenetters

In het Veluwemeer zijn de belangrijkste waterplantenetters de Knobbelzwaan en Kleine Zwaan, de Meerkoet, de Tafeleend en de Pijlstaart, die daar vooral op kranswier foerageren. In de Zuidelijke Randmeren is echter geen kranswier te vinden en ook een eventuele toename van fonteinkruiden is nog weinig overtuigend. De meest talrijke plantenetters in de Veluwerandmeren, de Meerkoet en de Tafeleend, foerageren ook op Driehoeksmosselen en gezien enerzijds de afwezigheid van kranswier en anderzijds de overeenkomst van hun aantalsontwikkelingen met die van Kuifeend en Brilduiker moeten ze in de Zuidelijke Randmeren vooralsnog worden beschouwd als mosseleters. Pijlstaarten komen in de Zuidelijke Randmeren niet in aantallen van betekenis voor, terwijl Kleine Zwanen, die soms met enkele honderden exemplaren op de Zuidelijke Randmeren gezien worden, de laatste jaren zijn afgenomen, wellicht door "wegzuiging" naar de Veluwerandmeren. Knobbelzwanen zijn recent toegenomen, maar deze toename is min of meer beperkt tot voorjaar en zomer en is daarom eerder toe te schrijven aan "overloop" van de Veluwerandmeren dan aan ontwikkelingen in de Zuidelijke Randmeren zelf (figuur 4.7.3).

De Zuidelijke Randmeren zijn ook van belang voor enkele soorten grondeleenden die niet kunnen profiteren van de drie eerdergenoemde voedselbronnen in het meer, maar waarschijnlijk grotendeels in de oeverzone en op de aanliggende landbouwgronden foerageren. Dit gold waarschijnlijk ook voor de Kleine Zwanen van het Gooimeer in de jaren tachtig. Het meest opvallend is de Smient, die van verwaarloosbare aantallen in de jaren zeventig sterk is toegenomen totdat sinds eind jaren tachtig normoverschrijdende aantallen werden bereikt in het Eemmeer.

.....
 Figuur 4.7.3
 Verloop van het aantal vogeldagen van drie plantenetters.



Normoverschrijdingen

Internationaal gezien zijn tegenwoordig vooral de aantallen van de Tafeleend van belang, deze soort bereikte in de laatste vijf seizoenen een gemiddeld maximum van resp. 9221 en 6821 vogels in het Eemmeer/ Nijkerkernauw en het Gooimeer, respectievelijk van 2.6 en 1.9% van de Europese populatie. In het Eemmeer is het grote aantal Smienten verder opvallend, deze soort nam in de jaren tachtig sterk toe en overschrijdt sindsdien vrijwel jaarlijks de 1%-norm, het gemiddeld maximum over de laatste vijf seizoenen bedroeg 16194 vogels ofwel 1.3% van de Europese populatie. Midden jaren negentig overschreed de Kuifeend tenslotte in het Gooimeer enige malen de 1%-norm, maar het gemiddeld maximum van 9150 vogels blijft net onder deze norm (0.9%).





5 Discussie

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de huidige toestand van de Zuidelijke Randmeren wat betreft de belangrijkste waterkwaliteits- en ecologische variabelen, en de trends die hierin optreden. De waterkwaliteit van het Gooimeer is wat betreft de eutrofiëringsvariabelen totaal-P, chlorofyl-a en doorzicht sterk verbeterd gedurende de periode 1990-1999. In het Eemmeer dalen de concentraties totaal-P en chlorofyl-a, alsmede die van totaal-N, eveneens. Ze liggen hier echter nog altijd op een dermate hoog niveau dat ecologisch herstel nog niet mogelijk is. Alhoewel ook in het Eemmeer de stijgende trend in het doorzicht significant is, is deze stijging nog zeer gering. Ervaringen uit andere meren (de Veluwerandmeren, en ook het Gooimeer) hebben echter laten zien dat een toename van het doorzicht veelal sterk niet-lineair is. Als eenmaal een waarde van circa 0,4 m overschreden wordt, kan vervolgens een snelle stijging van het doorzicht richting bijna één meter optreden.

Aan de MTR-waarde voor chlorofyl-a werd (in het Eemmeer alleen in 1999) ruim voldaan. Deze MTR-waarde ligt echter nog steeds op de zeer hoge waarde van $100 \mu\text{g l}^{-1}$, een norm die destijds was vastgesteld als die concentratie waarbij het doorzicht in de Nederlandse meren *gemiddeld* 0,40 m bedraagt. Deze waarde is derhalve veel te hoog om ecologisch herstel mogelijk te maken. Er is geen gebiedsgerichte streefwaarde voor chlorofyl-a vastgesteld, maar er geldt als criterium dat er geen sprake is van overlast door algen. Een directe vertaling van dit streefbeeld naar toelaatbare chlorofyl-a concentraties is niet voorhanden, het is echter te verwachten dat deze aanzienlijk lager zullen uitvallen dan de huidige MTR-waarde.

Tabel 5.1

Globaal overzicht van de waarden van en trends in de belangrijkste waterkwaliteits- en ecologische variabelen in Gooimeer en Eemmeer. Waarden hebben zoveel mogelijk betrekking op het eind van de periode 1990-1999, trends over deze gehele periode: --, - = (sterk) dalend; 0= onveranderd; ++, + = (sterk) stijgend; ? = onbekend.

	Gooimeer		Eemmeer/Nijkerkernauw	
	waarde	trend	waarde	trend
Waterkwaliteit				
Totaal-P	hoog	--	zeer hoog	--
Totaal-N	hoog	0	hoog	-
Chlorofyl-a	laag	--	hoog	--
Doorzicht	hoog	++	laag	+
Ecologie				
Aandeel blauwalgen	hoog	-	hoog	-
Waterplanten	laag	-	laag	-
Zooplankton	?	?	?	?
Driehoeksmosselen	zeer hoog	?	laag	?
Watervogels	hoog	+	hoog	+

De zeer hoge totaal-P gehalten in beide meren in de jaren tachtig en begin jaren negentig, maakten dat stikstof in beide meren regelmatig limiterend was voor de algengroei. Dit uitte zich in het optreden van lage concentraties van opgeloste stikstofcomponenten (ammonium, nitraat en nitriet), en in zomergemiddelde chlorofyl-a:totaal-N ratio's die dicht aanlagen tegen de maximale waarde die gevonden was in een landelijk analyse van relaties tussen eutrofiëringsvariabelen (Portielje & Van der Molen, 1998). De chlorofyl-a : totaal-P ratio's zijn in beide meren echter (nog immer) zeer laag ten opzichte van de landelijke maximale waarde, hetgeen er op duidt dat P nog niet limiterend is voor de algengroei. De chlorofyl-a : totaal-P ratio is echter wel redelijk constant. De laatste jaren worden er met name in het vroege voorjaar steeds regelmatigere lage concentraties opgelost P



($\text{PO}_4\text{-P}$) gemeten, hetgeen indiceert dat de frequentie van het voorkomen van P-limitatie in de tijd is toegenomen. Het is echter duidelijk dat er niet gesproken kan worden van hetzij N-limitatie, hetzij P-limitatie, maar dat beide nutriënten alternerend als groeibeperkende factor kunnen optreden. Ook silicium kan een rol spelen als groeibeperkende factor voor diatomeeën.

De algemene systeemkenmerken (morfologie, bodemtype etc.) leggen randvoorwaarden op aan de mogelijkheden tot herstel van het ecosysteem. Zo geeft bijvoorbeeld de diepteverdeling een indicatie voor de mogelijkheden voor de vestiging van waterplanten. Gecombineerd met kennis over het voorkomen van soorten, kan hieruit afgeleid worden welke toename van het doorzicht nodig is om een bepaalde waterplantenbedekking te kunnen verwezenlijken. De haalbaarheid van doelstellingen kan dan in relatie tot deze randvoorwaarden worden bekeken. De diepte-verdeling bepaalt naast de hoeveelheid waterplanten die zich kan ontwikkelen, ook waar dit kan gebeuren. De aanzienlijk kleinere fractie van het oppervlak met een diepte kleiner dan één meter in het Eemmeer/Nijkerkernauw en het Gooimeer ten opzichte van die in het Veluwemeer, heeft tot gevolg dat een hoger doorzicht in de Zuidelijke Randmeren nodig is om kolonisatie met ondergedoken waterplanten mogelijk te maken dan enige jaren terug in het Veluwemeer het geval was. De geconstateerde verbetering van het doorzicht in het Gooimeer heeft echter betrekking op één meetpunt dat in het diepere deel van het meer is gelegen. Het is niet duidelijk in hoeverre deze verbetering ook in het ondiepe deel is opgetreden. Mogelijk is de toename in het doorzicht daar nog geringer door een grotere opwerveling door wind, en verklaart dit waarom de kolonisatie van de ondiepe delen met waterplanten nog niet is opgetreden.

Naast de andere diepte-verdeling speelt eveneens een rol dat het bodemtype afwijkt van dat in het Veluwemeer. Het areaal met een kleibodem is aanzienlijk groter in de Zuidelijke Randmeren. In het Eemmeer is er eveneens een deel met veenbodem, en de belangrijkste toevoer van het meer, de Eem, stroomt door een gebied met veenbodem. Analyse van data afkomstig van een groot aantal meren heeft laten zien dat bij een gegeven diepte en nutriëntenconcentratie, meren met een veenachtige bodem veelal een geringer doorzicht hebben door achtergrondtroebeling (Portielje & Van der Molen, 1998).

Er zijn meerdere mogelijke verklaringen voor de toename van het doorzicht in het Gooimeer. Het kan echter niet verklaard worden uit een toename van ondergedoken waterplanten. Deze lijken daarentegen juist te zijn afgenomen. De inlaat van relatief helder water kan hiervoor ook geen verklaring bieden. Het doorzicht in het aangrenzende IJmeer en Eemmeer is de laatste jaren aanzienlijk lager dan dat in het Gooimeer zelf. In het Gooimeer is in 1998 wel een aanzienlijke filtratiecapaciteit (ruim 16% van het meervolume per dag) van het zoëbenthos (driehoeksmosselen) geconstateerd, een snelheid die zeer aanzienlijk is vergeleken met de maximale groeisnelheid van algen. Deze Driehoeksmosselen kunnen, door de filtratie van zwevende deeltjes en de uitscheiding van faecale pellets met betere bezinkings-eigenschappen, hebben bijgedragen aan de afname van de achtergrondtroebeling. Het betreft echter een éénmalige opname van het mosselenbestand. Op basis van de aantallen mossetende vogels kan echter niet herleid worden dat de mosselen met name in de periode na 1995 sterk zouden zijn toegenomen.

Een invloed van het afvissen van pootvis is ook een mogelijke verklaring. Deze post is echter zeer moeilijk te kwantificeren. De laatste visstandbemonstering dateert uit november 1995, aan het begin van de periode waarin het doorzicht in het Gooimeer is gaan toenemen. Toen bleek echter



wel dat ten opzichte van november 1993 de hogere lengte klassen van brasem sterk waren afgenomen. Om hierover uitsluitsel te kunnen krijgen is het derhalve noodzakelijk dat er een nieuwe bemonstering van de visstand uitgevoerd wordt. Een vergelijking van de visstand met die in het Veluwemeer laat wel zien dat in het Eem- en Gooimeer een veel groter percentage van de baars en snoekbaars de lengte bereikt waarbij de vissen overgaan in het piscivore stadium. Om een evenwichtige visstand te kunnen bereiken dient er voldoende piscivore vis aanwezig te zijn om de benthivore vis in toom te kunnen houden.

Naast een afname van organismen die voor opwerveling zorgen, met name de grotere lengte klassen van brasem, kan ook een afname van de aanwezige pool van gemakkelijk opwervelbaar materiaal een rol spelen in de toename van de helderheid van het water. Modelberekeningen voor het Veluwemeer (Van der Molen *et al.*, 1998) lieten zien dat opwerveling op ondiepe delen en vervolgens sedimentatie in diepere delen in het Veluwemeer voor aanzienlijke fluxen van sediment verantwoordelijk kunnen zijn. In het Gooimeer, waar een aantal zeer diepe putten (> 30 m) aanwezig is, kan dit mechanisme in tijden van afnemende eutrofiëring ook zorgen voor een geleidelijke afname van de hoeveelheid gemakkelijk opwervelbaar materiaal, dat door herdverdeling op grotere diepte sedimenteert en niet meer onderhevig is aan resuspensie door wind. Doorspoeling kan ook zorgen voor een afname van de pool gemakkelijk opwervelbaar materiaal, waarbij export van dit materiaal richting IJmeer optreedt.

Nalevering van P vanuit het sediment kan optreden wanneer door anaërobe omstandigheden nabij of in de bodem reductie van voornamelijk ijzer-(hydr)oxide complexen optreedt. Dit kan spelen in de diepe putten in het Gooimeer, waar veel materiaal sedimenteert en door onvolledige menging stratificatie optreedt. Deze nalevering kan zorgen voor een vertraging in de afname van de totaal-P concentraties in de waterkolom van het meer ten opzichte van die in het inlaatwater. Echter, de trends geven aan dat dit een gestage daling van de totaal-P concentraties gedurende de periode 1990-1999 niet noemenswaardig in de weg heeft gestaan. Koppeling van externe stofbalansen aan het verloop van gemeten concentraties in de waterkolom gedurende een zomerhalfjaar zal een nadere kwantificering van de nalevering van nutriënten vanuit het sediment opleveren.

Naast de afname in de chlorofyl-a concentraties is er eveneens een verschuiving in de soortensamenstelling van het fytoplankton opgetreden. In het Eemmeer is het zomergemiddelde percentage blauwalgen geleidelijk afgenomen van ruim 70% in 1992 naar ruim 30% in 1998. In het Gooimeer is een lichtere afname geconstateerd. De beschikbare gegevens zijn echter onvoldoende gedetailleerd om na te gaan of het hier het verdwijnen van draadvormige blauwalgen betreft. De hoge doorzichten die thans in het Gooimeer worden gemeten zijn echter zeer ongunstig voor de concurrentiepositie van de draadvormige blauwalgen ten opzichte van groenalgen. De schaduwfactor EZ, met E de extinctiecoëfficiënt (deze is bij benadering gelijk aan 1.44/SD) en Z de gemiddelde diepte van het meer (2,3 m) bedroeg 3,5 in 1999. Dit is ruim onder de waarde van 10 waarbij in het Veluwemeer de dominantie van de draadvormige blauwalg *Planktothrix* abrupt was verdwenen (Meijer *et al.*, 1999). In het Eemmeer was deze schaduwfactor EZ in 1999 met 7,3 eveneens kleiner dan 10.

Ondanks dat de bedekking met ondergedoken waterplanten zeer gering is zijn de meren wel van belang voor plantenetende watervogels, getuige het grote aantal op het meer verblijvende vogels. Dit betreft echter voornamelijk de Smient, een soort die vrijwel jaarlijks de 1% norm overschrijdt, maar



mogelijk elders fourageert. Voorts zijn de meren van belang voor de Tafeleend, die zowel in het Gooimeer als het Eemmeer jaarlijks ruim de 1% norm overschrijdt.



6 Conclusies

- De eutrofiëringstoestand van de Zuidelijke Randmeren is gedurende de periode 1990-1999 sterk verbeterd.
- De totaal-P concentraties zijn sterk afgenomen; De zomergemiddelde waarden liggen in het Gooimeer inmiddels rond de landelijke MTR-waarde van 0,15 mg P l-1. In het Eemmeer bedroeg de totaal-P concentratie ondanks de sterke afname in 1999 nog bijna tweemaal de landelijke MTR-waarde. Ook de chlorofyl-a concentraties zijn sterk afgenomen.
- In het Eemmeer is een significante daling van de totaal-N gehalten opgetreden, in het Gooimeer niet.
- Het doorzicht in het Gooimeer is sterk toegenomen sinds 1995, tot bijna één meter in 1999. Deze toename kan niet verklaard worden uit een toename van de hoeveelheid ondergedoken waterplanten, deze zijn juist afgenomen. Voor deze toename kunnen diverse andere mechanismen verantwoordelijk zijn, echter er is geen uitsluitsel over de relatieve bijdragen van deze mechanismen. In het Eemmeer is de toename, alhoewel significant, nog zeer gering.
- Uit de concentraties van opgeloste fracties van N en P, en uit de chlorofyl-a : totaal-N en chlorofyl-a : totaal-P ratio's lijkt het dat N-limitatie in met name het begin van de jaren negentig veelvuldiger optrad dan P-limitatie. Onder invloed van de sterke afname van totaal-P in beide meren is het aandeel van P-limitatie in de tijd wel enigszins toegenomen.





Referenties

.....

Cazemier, W.G., J.A.M. Wiegerinck, H.B.H.J. de Jong & H.J. Westerink (1994). Biologische monitoring zoete rijkswateren. Samenstelling van de visstand in 1993/1994 op basis van kor- en kuilvangsten. RIVO rapport C032/94.

Lammens, E.H.R.R. (2000). Ontwikkeling van de brasempopulatie in het Veluwemeer en Wolderwijd van 1989-1999. RIZA Werkdocument 2000.132X.

Meijer, M-L, R. Portielje, R. Noordhuis, W. Joosse, M. van den Berg, B. Ibelings, E. Lammens, H. Coops & D. van der Molen (1999). Stabiliteit van de Veluwerandmeren. RIZA rapport 99.054, BOVAR rapport 99.06.

Meijer, M-L (2000). Biomanipulation in the Netherlands, 15 years of experience. PhD Dissertation, 208 pp.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1998). Vierde Nota Waterhuishouding, Regeringsbeslissing. 162 pp.

Noordhuis R. 1992. Oorzaken van het ontbreken van de Driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* in de Veluwerandmeren. RIZA Nota 92.020, Lelystad.

Portielje R. & D.T van der Molen (1997). Trendanalyse eutrofiëringstoestand van de Nederlandse meren en plassen, deelrapport I voor de Vierde Eutrofiëringssenquête. RIZA-rapport 97.060. ISBN 9036951062, 90 pp.

Portielje, R. & D.T. van der Molen (1998). Relaties tussen eutrofiëringvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen. RIZA rapport 98.007. ISBN 9036951585, 98 pp.

Schout, J.J., M. Stoffer & G. Lenselink (1997). Geologische en bodemkundige atlas van de Randmeren. RIZA. ISBN 90-369-5030-9.

Van der Molen, D.T., R. Portielje, P.C.M. Boers & L. Lijklema. (1998) Changes in sediment phosphorus as a result of eutrophication and oligotrophication in Lake Veluwe, The Netherlands. *Wat. Res* 32, 3281-3288.

Van Moorsel, G.W.N.M., A. Bak & R. Munts (1999). Status van de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in de randmeren in 1998. Bureau Waardenburg bv. Rapport nr 98.065.

Wiegerinck, J.A.M., W.G. Cazemier & H.J. Westerink (1996). Biologische monitoring zoete rijkswateren. Samenstelling van de visstand in 1995/1996 op basis van kor- en kuilvangsten. RIVO rapport C055/96.

Witte, B.J. de, L.C.H.A. Hector, M.L. Steekstra & G.D. Butijn (1995). Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied in het kader van het regionaal meetnet (1990-1994). Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied Intern rapport 1995-5 ANM/ANW, Lelystad.

Witte, B.J. de, M.L. Steekstra C.H.M. Koenjer & A.D. Grul (1997). Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied 1997. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied RDIJ rapport 97-5, Lelystad ISBN 9036912113.



