

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, RIZA

Toepassing van DBS op het  
Volkerak Zoommeer

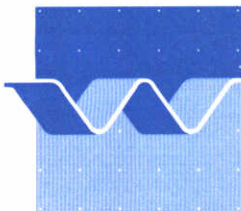
rapport

april 1996



# Toepassing van DBS op het Volkerak Zoommeer

B.F. Michielsen



**waterloopkundig laboratorium | WL**



# Inhoud

Samenvatting	ii
<b>1</b>	<b>Inleiding</b> . . . . . 1 – 1
<b>2</b>	<b>Modelinvoer</b> . . . . . 2 – 1
2.1	Schematisatie . . . . . 2 – 1
2.2	Meteorologie . . . . . 2 – 3
2.3	Waterbeweging . . . . . 2 – 3
2.4	Nutriëntenlast . . . . . 2 – 4
2.5	IJking van de waterbalans . . . . . 2 – 4
2.6	Zoöplankton . . . . . 2 – 5
<b>3</b>	<b>Calibratie van het model</b> . . . . . 3 – 1
3.1	Procedure . . . . . 3 – 1
3.1.1	Processen in de waterkolom en het complex . . . . . 3 – 1
3.1.2	Calibratie van SWITCH . . . . . 3 – 1
3.1.3	Instellingen van de module UITZICHT . . . . . 3 – 2
3.1.4	Instellingen van de bodemalgenmodule . . . . . 3 – 2
3.2	Verloop van de calibratie . . . . . 3 – 3
3.3	Resultaten van de calibratie . . . . . 3 – 4
3.3.1	Berekende stofbalansen . . . . . 3 – 5
3.3.2	Fytoplankton . . . . . 3 – 7
3.3.3	Nutriënten . . . . . 3 – 8
3.3.4	Bodemalgen . . . . . 3 – 10
3.3.5	Doorzicht en extinctie . . . . . 3 – 11
<b>4</b>	<b>Discussie van de calibratieresultaten</b> . . . . . 4 – 1

---

<b>5</b>	<b>Scenarioberekeningen</b> . . . . .	<b>5 – 1</b>
5.1	Peilbeheerscenario . . . . .	5 – 1
5.1.1	Resultaten . . . . .	5 – 1
5.2	Zoöplanktonscenario . . . . .	5 – 2
5.2.1	Resultaten . . . . .	5 – 2
5.3	Nutriëntreductiescenario . . . . .	5 – 3
5.3.1	Resultaten . . . . .	5 – 4
5.4	Samenvatting berekeningsresultaten . . . . .	5 – 4
<b>6</b>	<b>Algemene Conclusies</b> . . . . .	<b>6 – 1</b>
<b>7</b>	<b>Aanbevelingen</b> . . . . .	<b>7 – 1</b>
<b>8</b>	<b>Literatuur</b> . . . . .	<b>8 – 1</b>
<b>Appendix A</b>	<b>Voor het Volkerak-Zoommeer gecalibreerde coëfficiëntenset</b> . . . . .	<b>A – 1</b>

## Samenvatting

Als gevolg van de Deltawerken is een aantal jaren geleden een nieuw zoetwaterbekken ontstaan: het Volkerak-Zoommeer. De nutriëntlasten op het systeem waren in de periode 1988-1992 groot, maar dit heeft niet geleid tot overmatige eutrofiëringsverschijnselen. Graas en sedimentatie spelen waarschijnlijk de belangrijkste rol in het laag blijven van de fytoplanktonbiomassa.

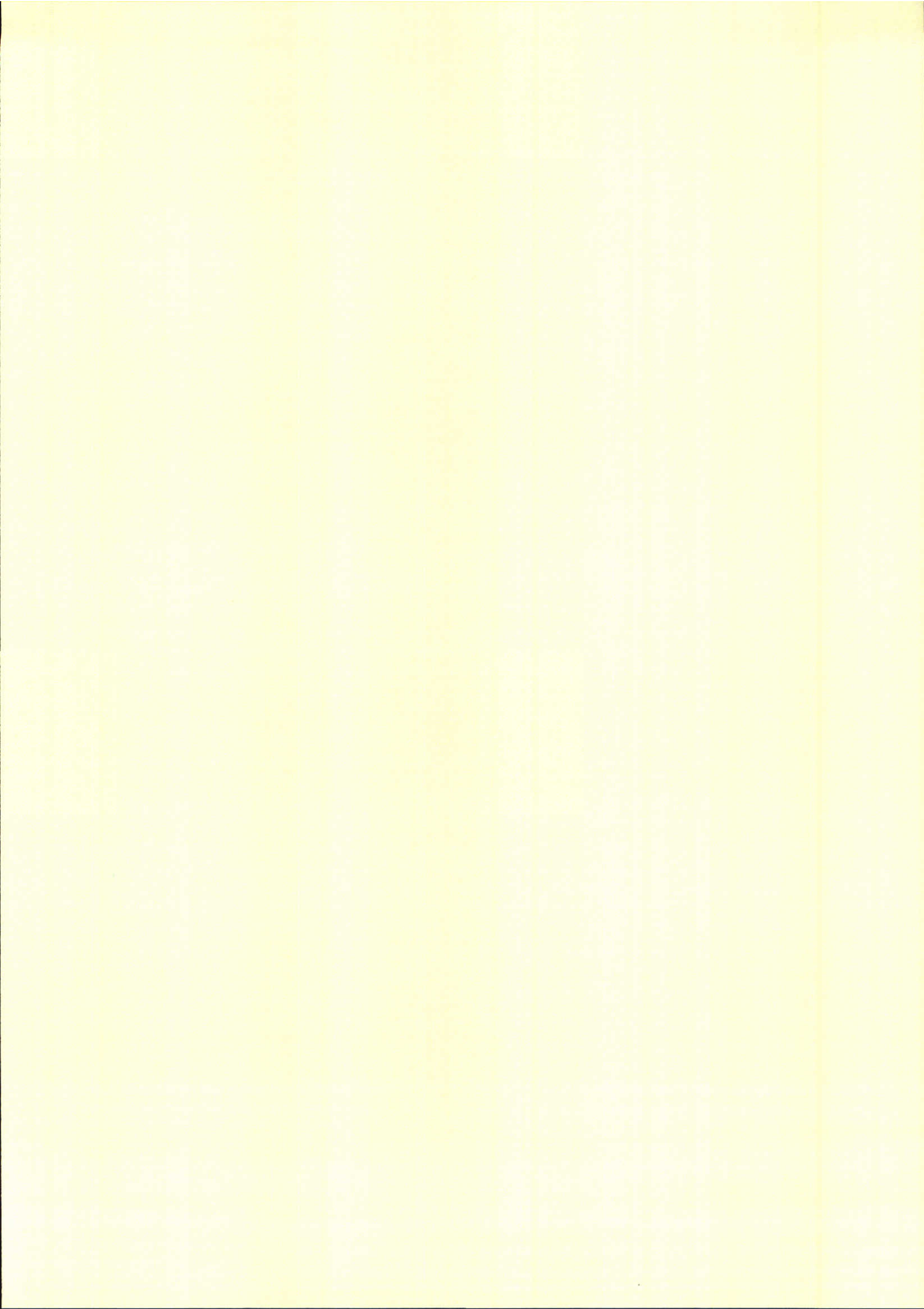
Specifieke vragen die aan de orde komen zijn:

- Wat is de rol van zoöplankton en nutriënten met betrekking tot de lage chlorofylconcentraties?
- Welke ontwikkeling maakt de bodemsamenstelling door en welke gevolgen zijn hierbij te verwachten op de waterkwaliteit op langere termijn bij autonome ontwikkeling?
- Welke rol spelen de bodemalgen in het systeem?
- Wat is het te verwachten effect van enkele beheers-scenario's in relatie tot de autonome ontwikkeling?

Om inzicht in de actuele situatie te vergroten en tevens de bovenstaande vragen te helpen beantwoorden is in de onderhavige studie het eutrofiëringsmodel DBS gecalibreerd voor het Volkerak-Zoommeer, en zijn er enkele conclusies getrokken over het systeemfunctioneren op basis van de resultaten van de calibratie.

De waargenomen chlorofylgehalten worden vrij goed door het model gereproduceerd. Afwijkingen tussen de waargenomen- en de berekende chlorofylgehalten zijn hoofdzakelijk het gevolg van hiaten in zoöplanktonmetingen die als invoer van het model zijn gebruikt. Uit de studie is naar voren gekomen dat de potentiële biomassa van fytoplankton in het systeem veel hoger is dan de waargenomen biomassa's. Graas door zoöplankton is de hoofdoorzaak hiervan. Afname van de graasdruk door afname van zoöplankton zal leiden tot sterke stijging van chlorofylgehalten (factor 5 à 10) ondanks sedimentatie van algen. De verwachting op basis van de modelberekeningen van bodemfosfaatgehalten is dat de nalevering niet verder zal toenemen mits de orthofosfaatgehalten in het water niet sterk afnemen.

De bodemalgen spelen in de ondiepe segmenten een belangrijke rol gedurende het late voorjaar wat betreft het opnemen van nutriënten. Deze invloed beperkt zich niet tot de ondiepe segmenten, maar beïnvloedt ten gevolge van menging ook de waterkwaliteit in de diepere delen van het systeem.





# 1 Inleiding

Als gevolg van de Deltawerken is een aantal jaren geleden een nieuw zoetwaterbekken ontstaan: het Volkerak-Zoommeer. In de Rooij (1982) en van Eck (1984) is op basis van de situaties in andere eutrofe nederlandse meren de verwachting uitgesproken dat het Volkerak-Zoommeer hoge chlorofylconcentraties tussen 60 en 100 ugChl/l zou krijgen in de jaren na de afsluiting. De nutriëntlasten op het systeem waren in de periode 1988-1992 groot, maar dit heeft niet geleid tot overmatige eutrofiëringsverschijnselen. De algenbiomassa is beperkt gebleven in de jaren na de afsluiting. Er is niet of nauwelijks nutriëntuitputting opgetreden (Frantzen en Van der Velden, 1992). De belangrijkste oorzaak hiervan lijkt te zijn de mate van zoöplanktongraas (Gulati et al., 1991). Mogelijk speelt sedimentatie ook een rol in het laaghouden van de chlorofylgehalten. Door de betrekkelijk lage visbiomassa's is vraat op zoöplankton laag gebleven. Als gevolg hiervan is de biomassa van fytoplankton door graas laag gehouden.

Er bestaat bij de beheerder de verwachting dat de witvisbiomassa's zullen toenemen in de nabije toekomst. Ten tijde van het schrijven van dit rapport was al een toename waargenomen. Dit zal als gevolg hebben dat zoöplanktongraas sterker wordt onderdrukt dan tot nu toe het geval is geweest. De verwachting is dat dan door het minder worden van de graasdruk, het fytoplankton sterk in biomassa zal toenemen.

In het verleden is het waterkwaliteitsmodel JSBACH in een enkelsegment schematisatie toegepast op het Volkerak (Van Veen, 1989). Daarna is de opvolger van JSBACH, DBS toegepast op het Volkerak-Zoommeer met een 2 segmentschematisatie door RIZA Dordrecht in 1993. Bij de toepassing van JSBACH was er nog géén graasmodule ontwikkeld en in de eerste toepassing van DBS is de bodem-water uitwisselingsmodule SWITCH niet gebruikt. Om een deel van het systeeminzicht te verifiëren en te vergroten wordt dit modelonderzoek uitgevoerd met DBS waarbij de schematisatie wordt uitgebreid naar 8 segmenten. Voor meer informatie over DBS en het in dit project gebruikte waterbalansprogramma CONVER wordt verwezen naar Los (1993), Van der Molen et al. (1994), Michielsen et al. (1995), van der Vat (1994) en Smits (1991, 1994). In deze toepassing van het eutrofiëringsmodel DBS zal gestreefd worden naar een calibratie op basis van de gemeten parameters over de jaren 1988-1992. Naast het vermelden van de algemene conclusies die worden getrokken op basis van de modeltoepassing, zullen de volgende 4 specifieke vragen in dit rapport worden beantwoord:

1. Wat is de rol van zoöplankton en nutriënten m.b.t. de lage chlorofyl concentraties?
2. Welke ontwikkeling maakt de bodemsamenstelling door en welke gevolgen zijn hierbij te verwachten op de waterkwaliteit op langere termijn bij autonome ontwikkeling?
3. Welke rol spelen de bodemalgen in het systeem?
4. Wat is het te verwachten effect van enkele beheers-scenario's in relatie tot de autonome ontwikkeling?

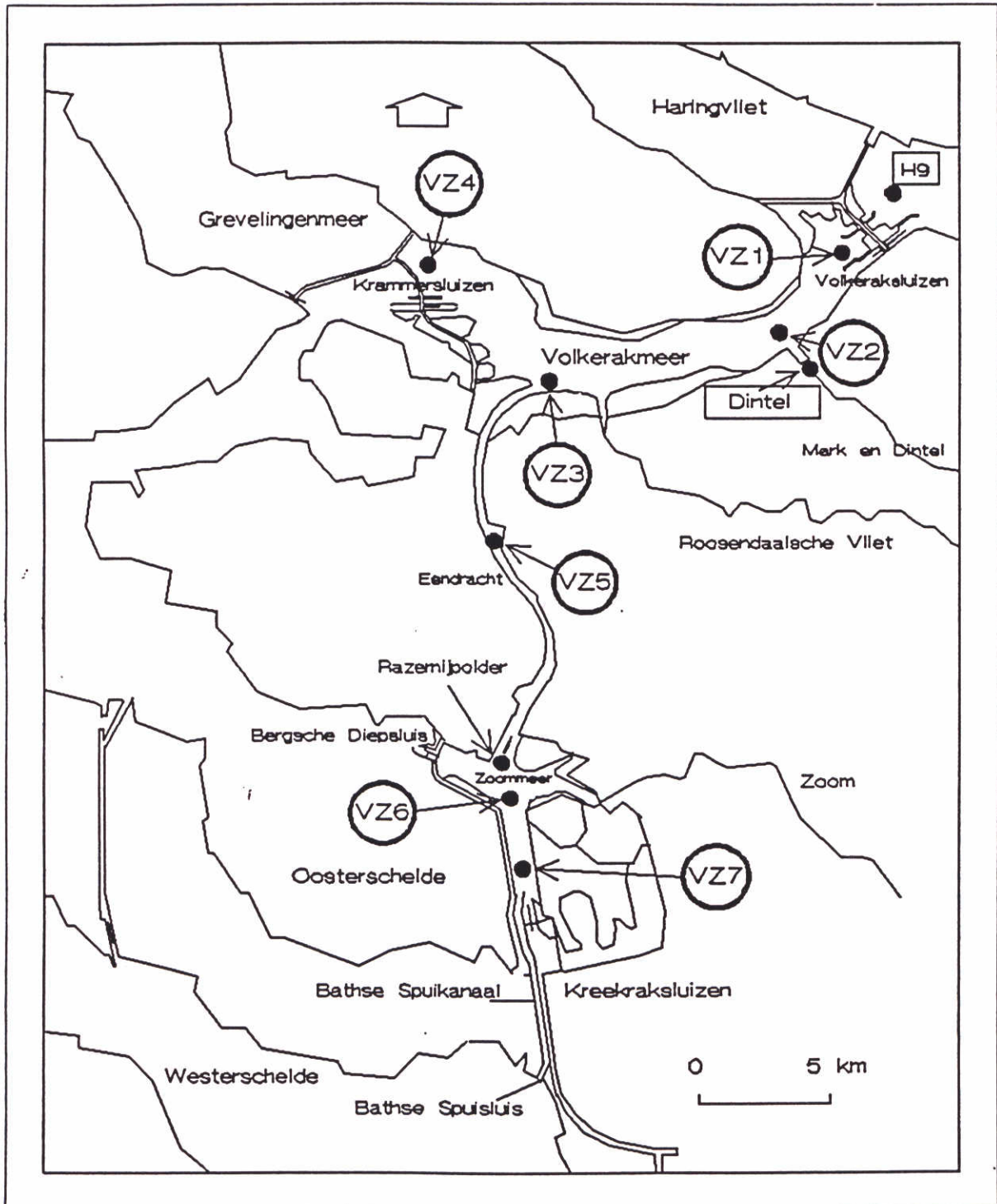
De bijdragen van RWS/RIZA aan dit project zijn geleverd door ing. Leo van Ballegooyen, ir. Carolien Breukers (Projectleider RIZA), dr. Eddy Lammens, ir. Diederik van der Molen en ing. Meine van Veen. De bijdragen van WL aan dit project zijn geleverd door Jan van Beek, drs. Hans Los (projectleider WL), drs. Bruce Michielsen en ir. Johannes Smits. De interne kwaliteitscontrole op het rapport is uitgevoerd door drs. Hans Los.



## 2 Modelinvoer

### 2.1 Schematisatie

Hieronder is in een kaart het studiegebied weergegeven. Het oppervlak van het Volkerak-Zoommeer bedraagt 6150 ha, de gemiddelde diepte 5,2 meter. De belangrijkste inlaatpunten zijn de Volkeraksluizen, waarheen water uit het Hollands Diep/Haringvliet wordt ingelaten, en de monding van de Dintel.

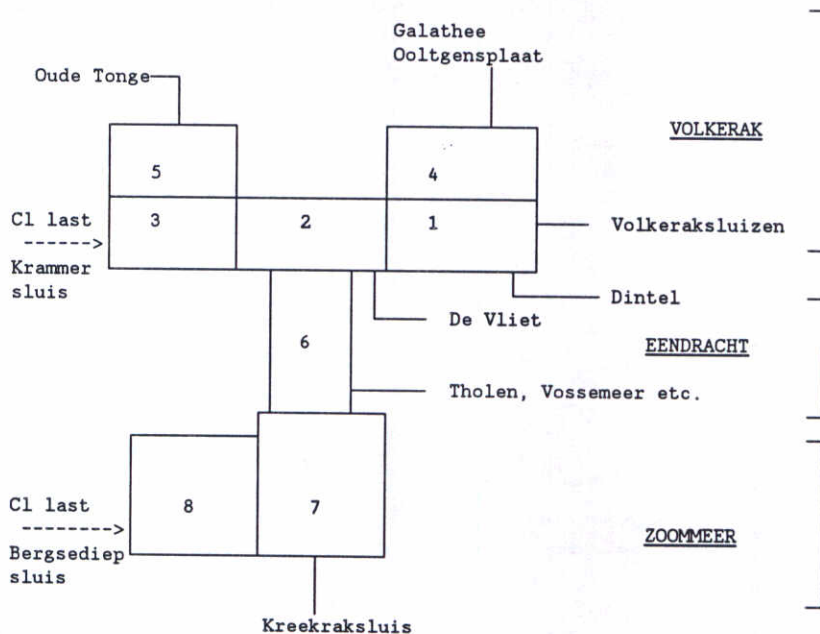


Figuur 1 Kaart van het Volkerak-Zoommeer met de monsterpunten VZ1 t/m VZ7, Haringvliet en Dintel

In het verleden is de voorloper van DBS, het eutrofiëringsmodel JSBACH, toegepast op het Volkerak-Zoommeer. Aangezien er in deze toepassing een 1 segment schematisatie werd gebruikt, en aangezien JSBACH géén graas- of bodemmodule bezat, konden bepaalde vragen over het functioneren van het systeem niet naar tevredenheid worden beantwoord.

Vervolgens is DBS in een versie met 2 segmenten zonder SWITCH toegepast op het systeem door RIZA Dordrecht. De resultaten hiervan waren wederom vooral door de grofheid van de schematisatie niet voldoende.

Het gebied is voor de onderhavige DBS toepassing opgedeeld in 8 segmenten. Dit is deels gebaseerd op de ervaringen met voornoemde grovere schematisaties en verder op basis van de beperkte heterogeniteit van het gebied. Bij de indeling van de schematisatie is rekening gehouden met diepteverschillen en stroomrichting en -snelheid. Het Volkerak is opgedeeld in 3 diepe segmenten (1,2 en 3) en 2 ondiepe segmenten (4 en 5). De Eendracht is in deze schematisatie één segment (6) en het Zoommeer is opgedeeld in 2 segmenten, één westelijk (8) en één oostelijk diepe deel (7). De schematische indeling komt overigens niet geheel overeen met de geografische ligging van diepe en ondiepe delen. Een illustratie van de schematisatie van het gebied is in Figuur 2 te zien.



Figuur 2 De schematisatie van het Volkerak-Zoommeer.

Tabel 1 Gegevens van de schematisatie

Segment nummer	Naam	Diepte (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
1	Volkerak oost diep	8.9	81.35E6
2	Volkerak midden diep	5.2	48.93E6
3	Volkerak west diep	8.9	81.35E6
4	Volkerak oost ondiep	1.5	13.71E6
5	Volkerak west ondiep	1.5	13.71E6
6	Eendracht	6.0	21.15E6
7	Zoommeer oost	5.0	50.0E6
8	Zoommeer west	5.54	32.13E6

## 2.2 Meteorologie

De meteorologische gegevens (wind, instraling en temperatuur) zijn ontleend aan de vorige toepassing van DBS op het Volkerak-Zoommeer (niet gerapporteerd), aangevuld met tijdreeksen die voor de toepassing op de randmeren zijn gebruikt. Allen zijn afkomstig van het KNMI.

## 2.3 Waterbeweging

De waterbalans van het Volkerak-Zoommeer is afkomstig van RIZA Dordrecht (Van Veen 1991 en 1992). Samenvattend kan over de waterbalans gezegd worden dat het eerste jaar van de te beschouwen periode, 1988, een nat hydrologisch jaar was, en dat de daaropvolgende jaren 1989 - 1990 relatief droog waren. 1991 was weer een nat jaar en 1992 was vergelijkbaar met 1989 en 1990. Dit had gevolgen voor de nutriëntbalansen van het systeem. De belangrijkste aanvoerbronnen van het gebied zijn het Hollands Diep (via de Volkeraksluizen) en de Dintel. De belangrijkste aanvoerpost is in de winter de Dintel en in de zomer het Hollands Diep via de Volkeraksluizen. In 1990-1991 treedt in de digitale gegevens (debieten) een opvallend verschijnsel op: de debieten van de twee hoofdbronnen van het systeem veranderen zodanig dat ze, in plaats van elkaar af te wisselen zoals in de voorgaande jaren, ieder ongeveer 50% van de aanvoer voor hun rekening te nemen (figuur 122).

De stroomrichting is van oost naar west in het Volkerak en van noord naar zuid van Volkerak via de Eendracht naar het Zoommeer en de Kreekraksluizen.

## 2.4 Nutriëntenlast

### *Fosfaat*

De belangrijkste fosfaatbronnen van het noordelijk deel van het systeem zijn de Dintel en het Hollands Diep via de Volkeraksluizen (Van Veen 1990, 1991). Het jaar 1988 liet een sterke fosfaatbelasting zien uit de brabantse rivieren de Dintel en de Vliet ten opzichte van de Volkeraksluizen. Dit is het gevolg van de grote hoeveelheid neerslag in het jaar 1988. De jaren 1989-1992 waren relatief droog ten opzichte van 1988. De fosfaatlast van deze jaren uit de Brabantse rivieren was onder andere daarom veel lager dan in 1988. Een andere factor die hieraan bijdraagt is het feit dat het effluent van de Nieuwveer RWZI (200,000 i.e.) vanaf mei 1988 is omgeleid van de Dintel naar het Hollandsch Diep. Ook de fosfaatlast uit het Hollandsch Diep die via de Volkeraksluizen binnenkwam, daalde de laatste jaren van de studieperiode licht. De absolute retentie van fosfaat in het systeem nam af van 256 ton/jaar in 1988 naar 71 ton/jaar in 1991, maar de relatieve retentie (= in-uit/in x 100%) steeg licht en bedroeg tussen de 50 en 60 %. Dit alles houdt in dat er fosfaat wordt opgeslagen in de bodem dat mogelijk in de toekomst een probleem kan veroorzaken als interne belastingsbron. Dit probleem beperkt zich in geografisch opzicht tot het sediment in de onmiddellijke omgeving van de Volkeraksluizen en de Dintel omdat een groot deel van het particuliere fosfaat hier sedimenteert (Van Veen, 1991).

### *Stikstof*

Voor stikstof in het jaar 1988 geldt hetzelfde als voor fosfaat Van Veen (1991). Door de hydrologie was er een groot verschil in stikstofbelasting tussen de jaren 1988 en 1989-1990. Verder valt op dat in 1991 de nitraatbelasting uit de Dintel bijna verdubbelde ten opzichte van het voorgaande jaar. De oorzaak hiervan is deels te vinden in de toename van de neerslag in 1991 ten opzichte van 1990. De stikstofbelasting van 1992 zat qua omvang ongeveer tussen 1990 en 1991 in. De retentie van stikstof in het Volkerak-Zoommeer bedroeg ongeveer 37 %. Een deel van de balanspost die retentie wordt genoemd bestond uit denitrificatie en de rest uit begraving (Van Veen, 1992).

## 2.5 Ijking van de waterbalans

Voor het construeren van de waterbeweging is voor grootste deel gebruik gemaakt van de digitale invoergegevens van RIZA Dordrecht. Chloride wordt gemodelleerd als ijking van het stoftransport (figuren 3-10). Om chloride te modelleren is ongeveer dezelfde aanpak gevolgd als in de voorgaande toepassing van DBS door RIZA Dordrecht (mond. med Van Veen, 1994) met als enig verschil dat de chloridelast op het systeem vanuit de Bergsediepsluis (door lek), niet als een constante tijdreeks is ingevoerd, maar als 12 maandgemiddelden die voor alle jaren zijn gebruikt. Deze post is belangrijk als chloridebron, maar moeilijk te kwantificeren. Voor de Krammersluis is de zoutlast als constante waarde opgelegd en wel van 4.5 kg.s<sup>-1</sup>, in de vorm van een droge depositie. Oorspronkelijk is de waarde 5.3 kg.s<sup>-1</sup> door RIZA voorgesteld, echter deze waarde leidde tot te hoge Cl<sup>-</sup> concentraties in het ontvangende segment.

De berekeningen van de chlorideconcentratie van de segmenten 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7 komen redelijk tot goed overeen met de metingen. De chloridegehalten van segment 8, waar er lek optreedt uit de Bergsediepsuis, zijn wat te laag. Dit komt mogelijk doordat er bij het meten in VZ6 (zie figuur 1) geen rekening wordt gehouden met zoutstratificatie waardoor de metingen lager uitvallen dan het gemiddelde over de diepte (het model gaat uit van volledige menging binnen de afzonderlijke segmenten). Een andere mogelijkheid is dat er infiltratie van zoute kwel is in het Bathse kanaal waardoor dit deel van het systeem zouter is dan de mond van de Eendracht. Desondanks wijzen de resultaten erop dat de waterbeweging voor het gebied redelijk goed in kaart is gebracht. De dispersie tussen de segmenten is ingesteld op basis van schattingen van menging door windwerking. Hieruit werden verblijftijden afgeleid van ongeveer 0.5 dagen. Vervolgens is met chloridemetingen de dispersie geïjkt tot  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  voor de uitwisselingen van de segmenten 2 naar 6 en 6 naar 7; en  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  voor de overige uitwisselingen tussen segmenten.

## 2.6 Zoöplankton

In Kerkhofs en Smit (1991) en Gulati et al. (1991) zijn gemeten zoöplanktonbiomassa's getoond uit het Volkerak-Zoommeer. De jaargemiddelde waarde van de zoöplanktonbiomassa in koolstof was in de jaren 1989 en 1990 ongeveer  $0.3 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-3}$ . De populatieomvang en -samenstelling veranderde door het jaar heen en was verder nogal grillig in ruimte en tijd. Dit maakt precieze kwantificering van de destijds heersende graasdruk onzeker.

Zoöplankton is geen toestandsvariabele van DBS. Zoöplankton wordt gewoonlijk als een invoer 'forcing function' aangeleverd aan DBS waarmee de graasdruk op basis van een formulering die op *Daphnia sp.* is geënt, wordt berekend (Mooij, 1990). De invoer voor deze studie is door RIZA aangeleverd in de vorm van biomassa-reeksen ( $\text{gC} \cdot \text{m}^{-3}$ ) per meetpunt. Deze waarden waren laag in verhouding tot de metingen in Gulati et al. (1991). Dit komt waarschijnlijk omdat de meetmethoden van elkaar afwijken. De consequent lagere biomassa's zijn het gevolg van het meten in de bovenste 2 meter van de waterkolom overdag, terwijl vooral grote zoöplanktonsoorten zich overdag vaak in diepere lagen bevindt (mond. med. E.H.R.R. Lammens). Gezien de compleetheid van de gegevensset van het RIZA en de hoge frequentie waarmee is gemeten, hebben we gekozen om deze meetset te gebruiken onder de aanname dat er een consistente onderschatting optreedt in deze metingen om bovenstaande reden. Om deze te compenseren hebben we de biomassa's met een factor 3 vermenigvuldigd. Hiermee kwamen de biomassa's op een waarde waarmee een realistische graasdruk kon worden gerealiseerd (Figuren 20,30,41,52,62,72,82).

Er waren zoöplanktonmetingen voorhanden voor de monsterpunten VZ2, VZ3, VZ6 en VZ7 in 1988; en van VZ2, VZ4 en VZ7 voor de overige jaren. De meetreeksen zijn op de volgende wijze aan segmentnummers gekoppeld (als invoer):

segment	1	2	3	4	5	6	7	8
1988	vz2	vz3	vz3	vz2	vz3	vz3	vz7	vz6
1989 e.v.	vz2	vz2	vz4	vz2	vz4	vz4	vz7	vz7

Uit gemeten (april tot november van 1989 en 1990) verbanden van de filtreersnelheid versus individuele lengte relatie is een schatting van de gemiddelde filtreersnelheid afgeleid van twee dominante zoöplanktongroepen (Gulati et al., 1991). Deze berekening vond plaats op basis van de soorten *Eurytemora affinis* en *Daphnia pulex*, waarvan de gemiddelde lengte respectievelijk 0.8 en 1.5 mm bedraagt. De hierbij behorende clearance rate in  $\text{ml.ind}^{-1}.\text{dag}^{-1}$  bedraagt respectievelijk 7.5 en 15. Omgerekend naar  $\text{l.gC}^{-1}.\text{dag}^{-1}$  volgt hieruit de waarde van  $3 \text{ l.mgC}^{-1}.\text{dag}^{-1}$  voor de gemiddelde filtreersnelheid van zowel copepoden als cladoceren. Hierbij wordt verondersteld dat *Eurytemora* 2.5  $\text{ugC.ind}^{-1}$  bevat en *Daphnia* 5  $\text{ugC.ind}^{-1}$ . Deze gemiddelde filtreersnelheid is gebruikt als aanvangswaarde voor de calibratie.



## 3 Calibratie van het model

### 3.1 Procedure

#### 3.1.1 Processen in de waterkolom en het complex

De standaardcalibratiemethode van DBS is beschreven in Los et al.(1994). Hierin staat een default (verstek) set van coëfficiënten voor de formuleringen voor de waterfase en het complex (= organisch materiaal in overgang water-bodem) die wordt gebruikt om de initiële berekening te maken. Indien nodig worden vooraf systeemspecifieke coëfficiënten aangepast binnen de ranges die daarvoor zijn bepaald uit de literatuur. De initiële generieke instellingen staan uitgebreid vermeld in Los et al. (1994). Na de eerste berekening wordt beoordeeld welke toestandsgrootheden goed en welke minder goed worden gereproduceerd door het model. Op basis hiervan worden zo nodig generieke coëfficiënten aangepast. De initiële concentraties zijn afgeleid uit metingen of, wanneer deze ontbraken, gekozen op basis van berekeningen.

#### 3.1.2 Calibratie van SWITCH

Voorafgaand aan de hieronder beschreven calibratie van DBS mét SWITCH is een calibratie van het model zonder SWITCH uitgevoerd. Deze wordt niet beschreven in dit rapport. Volstaat om te melden dat de dynamiek in de nutriëntgehalten minder goed gereproduceerd werd dan in de berekening mét SWITCH het geval was. Verder heeft een dergelijke berekening géén voorspellend vermogen met betrekking tot het gedrag van de water-bodem uitwisselingsfluxen op langere termijn.

Voor de calibratie van SWITCH zijn als uitgangspunt de coëfficiënten gebruikt van de toepassing van DBS op het Veluwemeer (Smits, 1994). Om systeemspecifieke parameters te verkrijgen per segment of groep segmenten, is genuanceerd conform de randmerentoeppassing van DBS. Hierbij zijn voor segmenten dieper dan 5 meter de coëfficiënten voor het diepe gedeelte van het Veluwemeer gebruikt, en voor de delen ondieper dan 5 meter de coëfficiënten van het ondiepe deel van het Veluwemeer. Deze onderverdeling is gekozen op basis van de conclusie dat er in het Volkerak-Zoommeer in de gebieden die minder diep zijn dan 5 meter netto erosie plaatsvindt en in de gebieden dieper dan 5 meter netto aangroei van de bodem van rond 5 mm per jaar (Termeer en Schmidt, 1992). Conform deze aanname zijn de resuspensiesnelheden per diepte aangepast. De volgende waarden zijn hiervoor gebruikt:

Resuspensie in de diepe segmenten (> 5m):	0.004 1/dag
Resuspensie in de ondiepe segmenten (< 5m):	0.04 1/dag
Resuspensie in het 5 meter diepe segment:	0.012 1/dag

Voor de ondiepe segmenten is een lagere porositeit, namelijk  $0.53 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , opgegeven en in de diepe segmenten de waarde  $0.7 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ .

Netto begraving in de diepe segmenten is gesteld op  $1.4 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{dag}^{-1}$ , in de ondiepe segmenten op  $0 \text{ m} \cdot \text{dag}^{-1}$  en in de tussenliggende segmenten op  $1.4 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{dag}^{-1}$ .

De initiële gehalten van nutriënten in de bodem zijn afgeleid uit RIZA publikaties (Termeer en Schmidt, 1992; Van den Hark, 1993) en gebaseerd op waarden van het jaar 1991.

Voor de volledige coëfficiëntenset wordt verwezen naar appendix A.

### 3.1.3 Instellingen van de module UITZICHT

De module UITZICHT berekent uit de concentraties van detritus, fytoplankton, gloeirest, humuszuren en de achtergrondextinctie van het water zelf, de totale extinctie en het doorzicht op ieder tijdstip. Hiertoe moeten enige systeemspecifieke parameters worden ingesteld. De waarden voor het Volkerak-Zoommeer zijn ontleend aan Buiteveld (1990). De veranderingen zijn:

	Volk.Zoom.	Default
Z1	2 m	1 m
Z2	2.2 m	1.2 m
CORa	1.7	2.5
C3	0.01	0.026
Tau	8.1	7.8

Hierbij moet worden opgemerkt dat deze parameters specifiek zijn voor het betreffende watersysteem en in feite voor de toestand waarin het systeem verkeert.

### 3.1.4 Instellingen van de bodemalgenmodule

In het verleden zijn in DBS waarden voor de groei- en sterfteparameters van bodemalgen gebruikt die vergelijkbaar waren met de waarden die voor fytoplankton gelden. Daar de bodemalgen geen belangrijke rol speelden in deze meestal nutriëntgelimiteerde systemen, zijn de waarden lang gehandhaafd en zijn tot op heden nog niet gevalideerd. Kort voordat deze studie plaatsvond is er een onderzoek uitgevoerd naar alternatieve formuleringen voor de bodemalgen, omdat de formuleringen in de toepassing voor het Veluwemeer niet tot bevredigende resultaten leidden. Op basis van het verloop van de siliciumconcentraties en het voorkomen van diatomeeën in het water, was het aannemelijk dat er meer bodemalgen moesten voorkomen dan voorspeld.

De biomassa's van bodemalgen bleven laag bij oriënterende berekeningen, ondanks onrealistische verhoging van verzadigingsinstraling en produktiesnelheid, als gevolg van een te lage beschikbaarheid van nutriënten. Er is toen besloten om in het model de bodemalgen toegang te geven tot de nutriëntenflux uit de bodem in plaats van de mineralisatieflux uit het complex. Dit is uitgevoerd door de door het model berekende flux aan te bieden. Deze flux, zo bleek echter, valt laag uit bij lage bodem-water gradiënten, ondanks grote hoeveelheden in de bodempool, zodat er soms effectief weinig meer beschikbaar kwam voor de bodemalgen. Toen is besloten om de bodempool beschikbaar te stellen aan de bodemalgen. Dit resulteerde in te snelle uitputting van de bodemnutriënten. Toen is de conclusie getrokken dat de snelheden waarmee de bodemalgen in het model groeien en sterven te groot zouden kunnen zijn, en dat er sowieso een betere demping moet worden gebruikt op de groei van de bodemalgen. Deze aanpassing is nog niet uitgevoerd. In deze toepassing is in eerste instantie wederom uitgegaan van de oorspronkelijke waarden (Los et al., 1994). Vervolgens zijn de parameterwaarden aangepast in het kader van de verderop beschreven calibratie.

### 3.2 Verloop van de calibratie

Hieronder worden de belangrijkste aanpassingen van coëfficiënten toegelicht en beargumenteerd.

#### *Verliesprocessen van fytoplankton : Graas en sedimentatie*

Bij de uitkomsten van de eerste berekeningen met het model bleek al snel dat de berekende chlorofylgehalten beduidend hoger dan de metingen waren. Hierdoor rees wederom de vraag: Hoe kan het zijn dat er in het Volkerak-Zoommeer in werkelijkheid zulke lage fytoplanktongehalten voorkomen ondanks de grote overmaat aan nutriënten en het hoge doorzicht? Zoöplanktongraas alléén lijkt dit niet te kunnen verklaren. Dit laatste kan uit de modelresultaten geconcludeerd worden maar ook uit veldwaarnemingen. Wanneer men de situatie in het Volkerak-Zoommeer namelijk vergelijkt met bijvoorbeeld die in de Breukeleveense Plas komt men tot het volgende beeld (Ebert en van Liere, 1992):

	Breukeleveen(1979-90)	V-Z meer(1988-1992)
Zoöplankton	0.45 gC.m <sup>-3</sup>	0.3 gC.m <sup>-3</sup>
Chlorofyl	150 ugChl.l <sup>-1</sup>	10 ugChl.l <sup>-1</sup>
Diepte	1.5 m	5.3 m gemiddeld

Hierbij zij opgemerkt dat de soortensamenstelling van zoöplankton en fytoplankton in beide systemen vergelijkbaar is. Uitzondering is dat in de Breukeleveense plas meer *Daphnia cucullata* voorkomt en in het Volkerak-Zoommeer *Daphnia pulex*.

Uit deze vergelijking, in combinatie met de resultaten uit de eerste DBS berekeningen, ontstond de hypothese dat er mogelijk nog een verliesproces is dat een rol speelt in het laag houden van de algenbiomassa. Als gevolg van het diepteverschil de Breukeleveense Plas en het Volkerak-Zoommeer, het grotere nettoverlies van algenbiomassa van het Volkerak-Zoommeer ten opzichte van de Breukeleveense plas kunnen worden verklaard uit sedimentatieverlies. Het is bekend dat er door windwerking veel resuspensie optreedt in de Breukeleveense Plas. Dit treedt in mindere mate op in het Volkerak-Zoommeer. Hierom is besloten om, in tegenstelling tot wat bij voorgaande toepassingen van DBS op (ondiepe) nederlandse systemen is gebeurd, wèl van substantiële netto-sedimentatie van fytoplankton uit te gaan. Om de consistentie in acht te houden zijn de sedimentatiesnelheden van detritus en particulier anorganisch fosfaat gelijkgesteld aan die van de overige algen. De coëfficiënten die in dit kader ten opzichte van de verstekset zijn aangepast zijn de volgende:

	Huidig	Default
Sedimentatie overige algen	0.07 1/dag	0.0 1/dag
Sedimentatie diatomeeën	0.16 1/dag	0.0 1/dag
Sedimentatie detritus en PAP	0.07 1/dag	0.15 1/dag

Deze waarden zijn in het model segment-onafhankelijk en gelden dus voor het gehele systeem. De waarde stelt een fractie van de totale hoeveelheid voor die per dag sedimenteert. Tijdens de calibratie bleek verder de waarde 3.5 l.mgC<sup>-1</sup>.dag<sup>-1</sup> voor de maximale filtersnelheid van zoöplankton aanzienlijk betere resultaten op te leveren dan de geschatte waarde van 3 l.mgC<sup>-1</sup>.dag<sup>-1</sup>

*SWITCH*

De initiële gehalten van detritus en fosfaat in de bodem zijn licht aangepast om een beter balans te krijgen met detritus aanvoer en afbraak. De gehalten in de bodem kregen hierdoor een geringer, geleidelijker verloop. Hetzelfde geldt voor vivianiet-P en overig mineraal-P.

Een wijziging van de SWITCH procesparameters bleek niet nodig.

*Complexlaag coëfficiënten*

Door de verhoogde totale aanvoer van organisch materiaal in het model werd de aangroei van de complexlaag te groot. Hierom is de mineralisatiesnelheid van deze pool omhooggebracht:

	Huidig	Default
Mineralisatie Complex C,N en P	0.07 1/dag	0.03 1/dag

*Bodemalgen*

In de eerste berekeningen met DBS werden zelfs iets te hoge biomassa's van bodemalgen berekend, maar het opvallendst was de extreem grote opname van opgeloste nutriënten door deze groep. De sterftesnelheid en de produktiesnelheid (dit laatste door zowel de maximale produktiesnelheid als de verzadigingsinstraling aan te passen) van de bodemalgen zijn dus verlaagd ten opzichte van de verstekset, om de opname van silicium en de andere nutriënten minder groot te laten zijn zonder de biomassa van de bodemalgen te laag te laten worden in relatie tot de metingen. Gezien de produktiesnelheden die in de literatuur zijn gevonden is deze ingreep in overeenstemming met de werkelijkheid (de Groodt, 1993).

	Huidig	Verstek
Max.prod. van bodemalgen (20°C)	0.4 1/dag	1.5-2.1 1/dag
Sterfte bodemalgen (20°C)	0.052 1/dag	0.17 1/dag
Verzadigingsinstraling bodemalgen	10 W.m <sup>2</sup>	2.5 W.m <sup>2</sup>

Verder is in de autolysefractie van Si van bodemalgen op nul gesteld met als argument dat vrijwel alle silicium zich in de skeletjes van de bodemdiatomeeën bevindt en dus bij sterfte niet onmiddellijk vrij zal komen als opgelost silicium .

### 3.3 Resultaten van de calibratie

De definitieve resultaten van de calibratieberekeningen met DBS worden hieronder toegelicht, waarbij de resultaten worden vergeleken met de veldmetingen en -schattingen. De koppeling tussen meetpunten en segmenten ziet er als volgt uit:

segment	meetpunt
1	VZ-1 en 2
2	VZ-3
3	VZ-4
4	metingen Hellegat
5	metingen Slikken van de Heen
6	VZ-5
7	VZ-7
8	VZ-6

De metingen zijn aangeleverd door RIZA.

In de volgende paragrafen wordt steeds per parameter eerst in het kort de situatie in het Volkerak-Zoommeer beschreven. Vervolgens wordt uitgelegd wat het berekeningsresultaat is en wordt een vergelijking met de metingen gemaakt. Er zijn figuren van zeven van de acht segmenten in dit rapport opgenomen. Op basis van het verloop van de calibratie kan geconcludeerd worden dat de gekozen schematisatie voldoet. In hoofdstuk 4 worden de resultaten besproken.

### 3.3.1 Berekende stofbalansen

De balansen die als invoer zijn gebruikt voor DBS wijken af van de balansen vermeld in van Veen (1991). Dit komt omdat er in de tussentijd enkele verfijningen in de gegevensset zijn gepleegd. Deze verfijningen betreffen met name de aannamen die zijn gedaan om hiaten in de gemeten concentratiereeksen op te heffen. Verder zijn er in de beide studies verschillende interpolatieroutines gebruikt om de vrachten te berekenen waarvan slecht te zeggen is welke "beter" is. Deze kunnen tot grote (> 15%) verschillen in uitkomsten leiden. De in deze studie gebruikte interpolatiemethode staat beschreven in Van der Vat (1993). Hieronder worden de uit DBS volgende totaalbalansen van het systeem in tabelvorm weergegeven en in figuren 88 en 89 zijn de belastingen van de belangrijkste rivieren grafisch en in tabellen weergegeven voor totaalstikstof en totaalfosfaat.

#### *Totaal P balans in ton/jaar*

	Belasting	Uit	Conc.ver.		Systeem Retentie %
			Water	naar bodem	
1988	456	257	-40.0	237	43.5
1989	140	78	-46.0	109	44.5
1990	161	58	+5.0	99	64
1991	170	66	-6.5	109	61
1992	138	47	+10.4	81	66

De lagere retentie in de eerste twee jaren ten opzichte van de daaropvolgende jaren zit hoofdzakelijk in het feit dat de concentratie in het oppervlaktewater netto sterk daalt in deze jaren.

*P-nalevering uit de bodem*

De fosfaat-nalevering uit de bodem via diffusie van het gehele systeem gegeven in  $\text{mg.P.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$ :

1988	0.17
1989	3.05
1990	2.6
1991	4.3
1992	1.5

Van der Eerden (1990) en Luttmer (1992 en 1994) vonden voor het Volkerak-Zoommeer een gemiddelde P-naleveringsflux van rond  $4.4 \text{ mgP.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$  in het jaar 1989 met een range van  $0.62 - 6.4 \text{ mgP.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$ . Deze waarde is gebaseerd op metingen van diepe lokaties ( $> 5$  meter). Opvallend in de berekeningen is de lage fosfaatnalevering in 1988. De lage gemiddelde waarde hangt samen met negatieve nalevering gedurende een deel van het jaar (zie ook figuur 85). Ook de waarde voor 1992 is laag.

*Totaal Stikstofbalans in ton/jaar*

	Belasting	Uit	Systeem Retentie %
1988	10293	7373	28
1989	5870	3207	45
1990	4772	2466	48
1991	6623	3504	47
1992	6183	2607	58

*Totaal Kjeldahlbalans in ton/jaar*

	Belasting	Uit	Systeem Retentie %
1988	4039	1707	58
1989	2005	836	58
1990	1736	733	58
1991	2219	1145	48
1992	1885	524	72

*Nitraatbalans in ton/jaar*

	Belasting	Uit	Systeem Retentie %
1988	6254	5666	9
1989	3864	2371	39
1990	3036	1733	43
1991	4404	2359	46
1992	4297	2082	52

### 3.3.2 Fytoplankton

#### Chlorofyl

##### *Hoe ziet het systeem eruit?*

In de Rooij (1982) en van Eck (1984) is op basis van de situaties in andere eutrofe nederlandse meren de verwachting uitgesproken dat het Volkerak-Zoommeer hoge chlorofylconcentraties tussen 60 en 100 ugChl/l zou krijgen circa 10 jaar na de afsluiting. De chlorofylgehalten die echter werden en worden waargenomen zijn veel lager. Van 17 ugChl/l in 1988 is de jaargemiddelde waarde gedaald naar ongeveer 11 ugChl/l in de periode daarna. Het gemiddelde voor de gehele periode bedroeg 14 ugChl/l.

##### *Wat volgt uit de berekening?*

De gemeten chlorofylgehalten worden redelijk goed gereproduceerd door het model (figuren 11,21,32,43,53,63,73). Wel zijn er enkele korte perioden waarin chlorofyl door DBS sterk wordt overschat ten opzichte van de metingen. In 1992 wordt chlorofyl soms juist door het model onderschat. Dit hangt samen met de zoöplankton invoerreeds. Al met al leidt dit ertoe dat de berekende gemiddelde chlorofylconcentratie hoger ligt dan de gemeten gemiddelde ondanks de lange perioden waarin de metingen wel goed worden gereproduceerd door het model. Het gemeten gemiddelde over de gehele periode bedroeg 14 ug/l, en het berekende gemiddelde bedraagt 18 ug/l.

#### Primaire produktie

##### *Hoe ziet het systeem eruit?*

De waargenomen primaire produktiesnelheid van fytoplankton was vergelijkbaar hoog met andere nederlandse eutrofe meren (zomergemiddelden van 1 - 2 gC/m<sup>2</sup>/dag).

##### *Wat volgt uit de berekening?*

DBS berekent jaargemiddelde primaire produktiewaarden van 0.8 tot 1.8 gC/m<sup>2</sup>/dag in het systeem. Het berekende gemiddelde over 5 jaren is 0.7 gC/m<sup>2</sup>/dag voor een ondiep segment (1.5 meter) en 1.34 gC/m<sup>2</sup>/dag voor een diep segment (8.9 meter). De zomergemiddelden bedragen 0.7 gC/m<sup>2</sup>/dag tot 2.3 gC/m<sup>2</sup>/dag. Al met al komen deze getallen dus goed overeen met de gemeten waarden.

#### Soortensamenstelling (Figuur 84a-h)

##### *Hoe ziet het systeem eruit?*

De soortensamenstelling van het fytoplankton in het Volkerak-Zoommeer bestond uit een afwisseling van diatomeeën, cryptophyceen, groenwieren en cyanobacteriën (o.a. microcystis). De cyanobacteriën kwamen in 1988, 1991 en 1992 sterk op en in mindere mate in 1990. In het algemeen werd het beeld echter gedomineerd door cryptophyceen, diatomeeën en groenwieren (Kerkhof en Smits, 1991). In andere eutrofe nederlandse meren wordt vaak overlast ondervonden van cyanobacteriën bij vergelijkbare en zelfs lagere nutriëntgehalten.

### *Wat volgt uit de berekening?*

Vergelijking van koolstof met biovolumemetingen (die op hun beurt uit tellingen zijn verkregen) is niet goed mogelijk. Wel kunnen deze gegevens gebruikt worden om de timing van het opkomen afzonderlijke groepen fytoplankton te toetsen door de metingen met de berekeningen te vergelijken. Uit de figuren 84a-84h kan worden afgeleid dat de diatomeeën in het veld onregelmatiger en schijnbaar in grotere hoeveelheden voorkwamen dan in de berekeningen. Dit hangt samen met de opkomst van benthische diatomeeën in de modelresultaten. De groenwieren opkomst wordt goed gereproduceerd door het model, zij het dat er door het model voor 1988 een onderschatting van de groenwieren optreedt. De opkomst van blauwwieren wordt ook goed gereproduceerd, namelijk het sterkst in 1988 en 1991. Voor 1992 berekent het model zoals hierboven vermeld minder fytoplankton dan is gemeten, waarschijnlijk door de hoge ingevoerde graasdruk.

Er kan worden gesteld dat DBS het beeld van de soortensamenstelling dat uit de volumemetingen volgt in grote lijnen reproduceert. In deze versie van BLOOM II wordt géén onderscheid gemaakt tussen de cryptophyceaeën en de groenwieren, deze behoren bij vergelijking met tellingen te worden samengevoegd.

### **3.3.3 Nutriënten**

#### *Hoe ziet het systeem eruit?*

Uit de metingen is af te leiden dat het Volkerak-Zoommeer niet of nauwelijks nutriëntgelimiteerd was. Soms werden er waarden van orthofosfaat gemeten die zéér laag waren, maar doorgaans betrof dit perioden van enkele dagen. Er werd geen uitputting van stikstof waargenomen. Het is uit de metingen af te leiden dat de frequentie van het opraken van nutriënten toenam in de laatste jaren. Verder blijkt uit de metingen dat de opgeloste concentraties van nutriënten in het zuidelijk deel van het gebied (Zoommeer) lager zijn dan in het noordelijk deel (Volkerak).

#### *Wat volgt uit de berekening?*

Grofweg hetzelfde beeld komt naar voren in de berekening. Er zijn enkele perioden van onderschatting van de hoeveelheid orthofosfaat, soms leidend tot limitatie. Dit is te wijten aan de iets te hoge chlorofylpieken die zijn berekend op bepaalde tijdstippen (zie discussie). De genoemde concentratieverschillen tussen noord en zuid komen terug in de berekeningen. Verder is het zo dat de opgeloste nutriëntgehalten en de chlorofylgehalten in de diepe segmenten sterk worden bepaald/beïnvloed door wat er in de ondiepe segmenten gebeurt. Een belangrijk deel van de zwevende algen in de diepe segmenten is afkomstig (door menging) van de ondiepe segmenten door het betere lichtklimaat. De invloed van de hogere productie in de ondiepe segmenten (door zowel fytoplankton en -benthos) op bijvoorbeeld de ammonium-opname is ook te zien in figuur 123. Door de hogere totale productie in de ondiepe segmenten en de sterke menging tussen diep en ondiep is er een netto transport van opgeloste nutriënten van diep naar ondiep in de waterfase, en een netto transport van fytoplankton van ondiep naar diep.



## Fosfaat

### *Hoe ziet het systeem eruit?*

(Figuren 15,16,25,26,36,37,46,47,56,57,66,67,76,77)

De hoeveelheid totaalfosfaat in het water van het systeem nam met de jaren af. De gemiddelde concentratie van totaalfosfaat nam af van  $0.17 \text{ gP.m}^{-3}$  in 1988 tot ongeveer  $0.1 \text{ g.m}^{-3}$  in 1992. De hoeveelheid opgelost fosfaat nam af van  $0.1 \text{ gP.m}^{-3}$  tot  $0.04 \text{ gP.m}^{-3}$ . Het ligt voor de hand om aan te nemen dat dit komt door de sterk afgenomen belasting in dezelfde periode.

### *Wat volgt uit de berekening?*

De concentratie van totaalfosfaat die berekend wordt door DBS komt over het algemeen goed overeen met de gemeten waarden. De gemiddelde concentratie van totaalfosfaat berekend door DBS bedraagt  $0.11$  tot  $0.13 \text{ g.m}^{-3}$  in de verschillende segmenten. De berekeningen reproduceerden goed de daling van totaalfosfaat in de tijd, evenals de dynamiek. De orthofosfaat concentraties komen eveneens goed overeen met de metingen. De dalende trend wordt gereproduceerd. Het gemiddelde van orthofosfaat in de berekening over de hele periode bedraagt  $0.065$  tot  $0.090 \text{ gP.m}^{-3}$  in het systeem. Zoals eerder vermeld treedt in de berekeningen vaker uitputting op van orthofosfaat dan op basis van de metingen te verwachten is.

De concentratie van totaalfosfaat in de bodem neemt volgens de berekening in de tijd licht toe in de ondiepe segmenten en neemt juist af in de diepe segmenten (Figuur 83).

## Stikstof

### *Hoe ziet het systeem eruit?*

(Figuren 12-14,22-24,33-35,44-46,54-56,64-66,74-76)

De concentratie van totaalstikstof nam minder sterk af dan de concentraties van fosfaat. De concentratie nam af van  $5.8 \text{ gN.m}^{-3}$  in 1988 tot  $5.2 \text{ gN.m}^{-3}$  in 1991 en steeg licht in 1992 tot ongeveer  $5.6 \text{ gN.m}^{-3}$ . De gemiddelde nitraatconcentratie bleef vrijwel gelijk over de jaren op  $4.3 \text{ gN.m}^{-3}$ . De gemiddelde Kjeldahlstikstofconcentratie bedroeg  $1.3 \text{ gN.m}^{-3}$ , en ammonium bedroeg  $0.23 \text{ gN.m}^{-3}$ .

### *Wat volgt uit de berekening?*

Vergelijking van de gemeten en de berekende waarden van Kjeldahlstikstof leiden tot de conclusie dat de invloed van algen hier van belang is: in perioden waarin gemeten chlorofyl goed door DBS wordt gereproduceerd, wordt Kjeldahlstikstof ook goed gereproduceerd. De gemiddelde berekende waarde bedraagt  $1.3 \text{ gN.m}^{-3}$ . Overschatting van de hoeveelheid algen leidt tot een overschatting van Kjeldahlstikstof.

Berekende nitraatconcentraties laten in de eerste jaren een zeer goede overeenstemming zien met de gemeten waarden. Vervolgens wijken de berekende waarden iets af (te laag) in de wintermaanden van '90 - '91 en '91 - '92. De gemiddelden zijn hierdoor lager dan de gemiddelden van de metingen,  $3.5 \text{ gN.m}^{-3}$ , over de gehele periode.

De gemeten  $\text{NH}_4$  concentraties worden in de berekening overal vrij goed gereproduceerd. De gemiddelde berekende concentratie komt op  $0.28 \text{ g.m}^{-3}$ .

## Silicium

### *Hoe ziet het systeem eruit?*

(Figuren 17,27,38,49,59,69,79)

De meetgegevens van  $\text{SiO}_2$  laten duidelijk cyclisch gedrag zien zoals dat ook in vele andere watersystemen is waargenomen. In de winter komt het grootste deel van de gebonden silicium weer vrij door mineralisatie en aanvoer en in het zomerhalfjaar werd deze voor een groot deel door algen opgenomen. De winterwaarde is in het algemeen een goede maat voor de totale hoeveelheid beschikbare silicium, deze bedroeg ongeveer 3.5 tot 5  $\text{gSi.m}^{-3}$ . De gemiddelde concentratie gedurende de studiejaren veranderde niet sterk en bedroeg ongeveer 1.5  $\text{gSi.m}^{-3}$ . In het Zoommeer valt op dat er een minder regelmatig verloop van de opgeloste Si concentratie te zien was in vergelijking met de noordelijke segmenten.

Uit de metingen kan worden afgeleid dat het verbruik van opgelost silicium voor het grootste deel tussen dag 100 en dag 250 (april tot september) van het jaar optreedt. Verder blijkt uit metingen dat in deze periode zowel de planktonische diatomeeënpiek als de benthische diatomeeënpiek vielen (Van den Hark, 1993).

### *Wat volgt uit de berekening?*

In het Volkerak (noordelijk deel van het gebied) wordt silicium goed gereproduceerd. Het berekende gemiddelde bedraagt 1.5  $\text{gSi.m}^{-3}$  en komt goed overeen met de gemeten gemiddelde. Voor de zuidelijke segmenten geldt eveneens dat de berekende gemiddelde goed overeenkomt met de gemeten waarde en dat het verloop evenals de metingen grilliger is dan in de noordelijke segmenten. Verder geldt dat de siliciumconcentraties volgens de berekeningen sterk worden bepaald door wat er in de ondiepe segmenten aan bodemalgen groeit.

### 3.3.4 Bodemalgen

#### *Hoe ziet het systeem eruit?*

Uit onderzoek van Bijkerk (1992, in Van den Hark (1993)) in het Volkerak-Zoommeer in 1990, bleek dat in het voorjaar de bodemalgen sterk in biomassa toenamen ten opzichte van de periode daarvoor. Dit valt samen met het toenemen van het doorzicht door het afnemen van de fytoplanktonbiomassa. Maxima van 150 tot zelfs 500  $\mu\text{gChl/l}$  werden gevonden. Over het algemeen waren er meer bodemalgen in het systeem dan planktonische algen. De biomassa van de bodemalgen varieerde doorgaans tussen 10 en 30  $\mu\text{gChl/l}$ . Daar nutriënten in het water nauwelijks of niet limiterend waren, is het waarschijnlijk dat het lichtklimaat de belangrijkste rol speelde in de groei van de bodemalgen.

De primaire produktie van bodemalgen is door Bijkerk (1992) geschat op waarden die vergelijkbaar zijn met die van planktonische algen (dus 1 tot 2  $\text{gC.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$ , hoogste piek van rond 3  $\text{gC.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$ ), echter de hoogste waarde viel zoals gezegd in de maand mei, na de eerste voorjaarspiek van fytoplankton. Colijn en de Jonge (1984) vonden in de literatuur, gemeten waarden van 0.13 tot 0.55  $\text{gC.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$ . De laatste waarden zijn door verscheidene auteurs **gemeten** en derhalve betrouwbaarder dan de schattingen van Bijkerk.

### *Wat volgt uit de berekening?*

(Figuren 31,42)

In de berekening met DBS krijgen bodemalgen in het begin van het voorjaar door de helderheid van het water de kans om te groeien zonder nutriëntlimitatie. Deze helderheid wordt veroorzaakt doordat planktonische algen worden weggegraasd en doordat ze sedimenteren (figuur 86). DBS laat in de berekening in overeenstemming met de metingen een grotere gemiddelde biomassa aan bodemalgen zien dan aan planktonische algen wanneer de diepe en de ondiepe segmenten worden gemiddeld. De gemiddelde waarden bedragen  $0.9 \text{ gC.m}^{-3}$  aan bodemalgen en  $0.7 \text{ gC.m}^{-3}$  aan planktonische algen. In de ondiepe segmenten is de biomassa van bodemalgen veel groter dan de biomassa van de planktonische algen. De biomassa van bodemalgen bereikt in ondiepe segmenten bereikt jaargemiddelde waarden van  $1.8 \text{ gC.m}^{-3}$  bij diepten van 1.5 meter maar is verwaarloosbaar in diepe segmenten. Deze waarden komen goed overeen met de metingen ( $50\text{-}100 \text{ ug chl.l}^{-1}$  (= ongeveer  $2 \text{ gC.m}^{-3}$ ) bij 1.5 meter diepte; figuur 4.7 in van den Hark (1993)).

De berekende jaargemiddelde produktie van bodemalgen is tussen  $0.06 \text{ gC.m}^{-2}\text{.dag}^{-1}$  en  $0.2 \text{ gC.m}^{-2}\text{.dag}^{-1}$  in de ondiepe segmenten. Dit is fors lager dan de schattingen van Bijkerk (1992, in Van den Hark (1993)). De berekende produktiesnelheden komen redelijk overeen met de metingen opgesomd in Colijn en De Jonge (1984).

### **3.3.5 Doorzicht en extinctie**

#### *Hoe ziet het systeem eruit?*

(Figuren 18,19,28,29,39,40,50,51,60,61,70,71,80,81)

Het Volkerak-Zoommeer vertoont een opvallend hoog doorzicht. De winterwaarden bedroegen 4 tot 5 meter (1990 en 1991) en de zomerwaarden bij voor het systeem betrekkelijk hoge biomassa's van fytoplankton, minder dan 1 meter. De gemeten extinctie varieerde tussen 0.75 en 2.3 1/m.

#### *Wat volgt uit de berekening?*

Uit de berekeningen is af te leiden dat zolang de chlorofylconcentraties goed gereproduceerd worden, er een redelijk goede overeenkomst is tussen het berekende en het gemeten doorzicht. Dit is goed te zien in segment 1 (Volkerak oost diep). In de periode van bijvoorbeeld dag 900 tot dag 1100 is het berekende doorzicht te laag en de berekende chlorofylconcentratie te hoog. De berekende range van doorzicht van 0.5 tot 4 meter, komt ongeveer overeen met de gemeten range. De extinctie in het Volkerak-Zoommeer bedraagt 0.55 1/m wanneer er bijna geen algen zijn, en 2.7 1/m bij hoge algendichtheden. De range komt dus ook vrij goed overeen met de gemeten range. Het doorzicht wordt overigens ook beïnvloed door het slibgehalte. Dit wordt statisch gemodelleerd: er wordt een constante concentratie in de belastingen aangenomen. Dynamiek in slibgehalten op basis van wind, evenals de invloed hiervan op het lichtklimaat worden aldus niet gemodelleerd.



## 4 Discussie van de calibratieresultaten

### Fytoplankton en Zoöplankton

Over de gehele periode genomen wordt chlorofyl goed gereproduceerd. In 1992 is de ingevoerde zoöplanktonbiomassa mogelijk wat te hoog. Dit uit zich in te lage berekende fytoplanktonbiomassa's ten opzichte van de metingen in deze periode. In 1991 is de biomassa van zoöplankton relatief laag met aldus omgekeerde effecten. Er is verder soms sprake van te hoge berekende chlorofylgehalten in perioden met betrekkelijk weinig zoöplankton. Deze pieken halen het totale gemiddelde omhoog. Ze ontstaan zoals gezegd als gevolg van te lage invoerzoöplanktonbiomassa's gedurende korte perioden. Zoöplanktonbiomassa's onder  $0.3 \text{ gC.m}^{-3}$  hebben weinig invloed op biomassa van fytoplankton.

In figuur 86 zijn de verschillende balansposten te zien die aangrijpen op de fytoplankton biomassa. Hierbij moet worden opgemerkt dat de post 'transport' in deze figuur slechts bestaat uit advectief transport (netto uitwisseling) en geen dispersief transport (door menging). De werkelijke menging tussen de segmenten is groter dan in het figuur is aangegeven. De dominantie van de fytoplanktonfluxen door graas versterkt de verwachting dat er bij het wegvallen van de graasdruk (zoöplanktonbiomassa's lager dan 0.25 - 0.3) het systeem snel gedomineerd zal worden door fytoplankton met alle gevolgen voor het doorzicht en de fytoplanktonsoortensamenstelling. De graas bedraagt over het hele systeem gedurende de hele periode ongeveer 50% van de primaire produktie. Gulati et al. (1991) vonden 47% in 1989 en 27% in 1990. DBS berekende respectievelijk 49% en 48% voor deze jaren. In de berekening is de absolute hoeveelheid graas in 1992 lager dan alle overige jaren, maar aangezien de algenproduktie juist veel lager is dan de produktie in de overige jaren, is er relatief veel graas. Vergelijking met meetgegevens van sedimentatie van fytoplankton is niet mogelijk.

De door DBS berekende opkomst van blauwwieren in 1988 is een gevolg van de lage zoöplanktongraas in het begin van het jaar wanneer het lichtklimaat ongunstig is voor de groenalgen en diatomeeën. De lage lichtintensiteit geeft in het model de blauwwieren een beslissende voorsprong die gedurende de hele periode met een lage graasdruk voortduurt. Dit komt doordat blauwwieren een grotere groeiefficiëntie hebben bij lagere lichtintensiteiten. Door de lichtomstandigheden en gedurende langere perioden hoge graas, krijgen snelgroeiende soorten meer kans dan langzaam groeiende soorten in het Volkerak-Zoommeer. De diatomeeën en groenwieren zijn snelle groeiers bij hogere gemiddelde lichtintensiteiten. Door graas, blijft het water relatief helder en krijgen de cyanobacteriën in tegenstelling tot de situatie in de meeste eutrofe nederlandse zoetwatersystemen, geen kans om te domineren ten koste van de groenwieren en diatomeeën. Dit is in de berekeningen te zien in figuur 84a en 84b.

### Fosfaat

Er treedt soms fosfaatlimitatie op in de berekening die niet correspondeert met zeer lage fosfaatconcentraties in het veld (figuur 87). Dit komt door overschatting van de fytoplanktonproduktie, die op zijn beurt wordt veroorzaakt door afwijkingen tussen de werkelijke zoöplanktongraas en de ingevoerde biomassa reeks voor het model.

De opname van opgeloste nutriënten wordt gedomineerd door bodemalgen in het (late) voorjaar en in de zomer door planktonische algen. De afwijkingen in (waterkolom) chlorofyl rond bijvoorbeeld dag 600 en dag 1000 (allebei in de door fytoplankton gedomineerde zomer) leiden tot orthofosfaatlimitatie in de modeluitkomsten die niet overeenkomen met zeer lage gemeten orthofosfaatconcentraties. Gezien de gevoeligheid van algen in DBS voor de grazerbiomassa rond waarden van  $0.3 \text{ gC.m}^{-3}$ , is het noodzakelijk om een zo goed (= met de werkelijkheid overeenkomend) mogelijke biomassareeks in te voeren zodat de graasdruk, en daarmee de productie van fytoplankton, goed wordt gesimuleerd.

De fosfaatafgifte van de bodem van het Volkerak bedroeg in 1989 gemiddeld rond  $4.4 \text{ mgP.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$  (Van der Eerden, 1990; Luttmer, 1992; Luttmer, 1994). De range was 0.2 tot  $6.4 \text{ mgP.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$ . De berekende nalevering komt hiermee redelijk overeen, gemiddeld  $3.05 \text{ mgP.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$  in 1989. Uit figuur 85 is af te leiden dat de nalevering in de modelresultaten evenredig is met de diepte. Dit vond van Eerden ook (1990). Verder is in de figuur te zien dat de fosfaatflux uit de bodem omgekeerd evenredig is met de orthofosfaatconcentratie in de waterkolom. Dit is logisch, aangezien de gradiënt tussen bodem en waterkolom de drijvende kracht is achter deze flux. De oorzaken van de lage P-nalevering in 1988 in modeltermen, is de hoge opgeloste fosfaatconcentratie in het water en de lage P concentratie in de bodem in dit jaar. Het eerste hangt met de belasting samen, het tweede met het inspeleffect. Het is onwaarschijnlijk dat de waarde overeenkomt met de werkelijke nalevering in dat jaar (zie ook figuur 85). In 1992 wordt de orthofosfaatconcentratie in de berekening ten opzichte van de metingen overschat. Dit leidt tot een minder steile gradiënt tussen bodem en water. Het gevolg is dat de nalevering in dat jaar te laag uitvalt in de berekening.

Aan het verloop van het totaalfosfaatgehalte in de bodem is te zien dat er volgens de berekeningen zéér langzame oplading optreedt in de ondiepe segmenten en langzame verdunning van de diepe segmenten als gevolg van begraving door verplaatst slib (Figuur 83). Het is moeilijk na te gaan of dit beeld van het fosfaatgehalte klopt met de werkelijkheid omdat metingen schaars zijn. De metingen die voorhanden zijn lijken de berekende trend te ondersteunen (Van den Hark, 1993).

De verdunning die optreedt van het fosfaatgehalte in de bodem door begraving zal in werkelijkheid minder zijn omdat het slib waarmee verdund wordt in werkelijkheid ook fosfaat bevat (oeverafslag en andere bronnen van slib). Hiermee houdt het model geen rekening omdat slib afkomstig van buiten het gemodelleerde systeem niet wordt gemodelleerd. De begravingssnelheid in het model is echter afgeleid op basis van metingen en betreft hierom wél slib afkomstig van buiten het systeem. Het is onbekend welke fractie van de 5 mm per jaar die sedimenteren bestaat uit slib afkomstig van buiten het systeem enerzijds, en welke fractie bestaat uit in het gebied zelf geproduceerd organisch materiaal anderzijds. Hooguit kan gesteld worden dat indien er slib sedimenteert in het veld met een lagere concentratie dan de bodem in de berekening bevat (ongeveer  $2150 \text{ mgP.m}^{-3}$ ), er géén verdunning zal optreden, en bij lagere concentraties van het slib zal de concentratie in de bodem sneller dalen dan in de berekening. Hoeveel deze afname precies zou bedragen is niet te zeggen zonder hier berekeningen aan te wijden.

De verdere ontwikkeling van de waterbodempkwaliteit met betrekking tot fosfaat is in belangrijke mate afhankelijk van zowel de belasting, fytoplanktonproductie en sedimentatie van organisch materiaal. De verwachting wat betreft bodemfosfaat bij autonome ontwikkeling, is dat er nauwelijks of geen verdere oplading optreedt in de ondiepe delen, en stabilisatie in de diepe delen. Teruglevering zal niet essentieel toenemen, en mogelijk zelfs afnemen. Dit houdt in dat er een grotere vastlegging zal plaatsvinden in de minerale vorm, uitgaande van de aanname dat er inderdaad fosfaat op deze wijze wordt vastgelegd. Om beter onderbouwde uitspraken te doen hierover moet er een berekening worden gedaan voor een langere periode (15 - 20 jaar). De berekende relatieve systeemretentie van fosfaat neemt toe ondanks de afname van de absolute hoeveelheid fosfaat die het systeem binnenkomt. De retentie van fosfaat is deels het gevolg van begraving, deels oplading van de actieve bodemlaag deels vastlegging van fosfaat in minerale vorm en deels concentratieverhoging in de waterfase.

### Stikstof

Ook voor stikstof geldt dat er invloed van graas is via de fytoplanktonbiomassa. Natuurlijk heeft dit invloed op Kjeldahl, dat voor een deel uit levend fytoplankton bestaat. Maar ook  $\text{NH}_4$  en in mindere mate  $\text{NO}_3$  (door de grotere absolute hoeveelheid) concentraties ondervinden effecten van graas.

Naar het zuiden toe trad er in de metingen verlaging van de concentraties van stikstofverbindingen op. Dit treedt ook in de modelberekeningen op. Verder worden de gemeten winterniveaus van nitraat in '90-'91 en '91-'92 door het model niet gehaald. Daar belasting van buiten het systeem verreweg de belangrijkste balanspost is van nitraat in de winter kan geconcludeerd worden dat er in deze perioden te weinig nitraat het systeem (in segment 1, Volkerak oost diep) inkomt. Dit laatste hangt samen met de simulatie van de waterbeweging van de laatste 2 jaren van de studieperiode, en is het gevolg van de verhouding tussen de debieten van de Dintel en de Volkeraksluizen in deze jaren.

Ook voor stikstof geldt dat in 1988 de belasting van het systeem het hoogste was en dat de relatieve retentie toenam in de tijd tegelijk met de afname van de absolute belasting.

### Silicium

De goede reproductie van de siliciumconcentraties in vooral de Volkeraksegmenten wijst op een goede timing van het model van het produktieseizoen (voorjaar en in mindere mate najaar) van siliciumverbruikende algen. Het is waarschijnlijk dat er in werkelijkheid een groter deel van het opgeloste silicium wordt opgenomen door benthische diatomeeën, en een kleiner deel door planktonische diatomeeën, dan de berekeningen nu laten zien. Dit blijkt uit de tellingen van fytoplanktonsoorten weergegeven in Kerkhofs & Smits (1991), Frantzen en van der Velden (1992) en van den Hark (1993).

## Bodemalgen

De bodemalgen beïnvloeden in de berekening sterk het verloop van silicium. In werkelijkheid kwamen er meer planktonische diatomeeën voor in het systeem. Zodra echter de berekende biomassa's van deze algen stijgen tot 0.5 tot 1 gC.m<sup>-3</sup> dan wordt het verloop van silicium sterk afwijkend van de metingen (niet getoond).

Om zowel planktonische- als bentische diatomeeën in realistische hoeveelheden te laten voorkomen, zonder het verloop van berekende silicium nadelig te beïnvloeden, zullen deze groepen in dezelfde periode moeten voorkomen als waarin nu de bodemalgen groeien in het model. Andere patronen zullen in de berekening leiden tot slechte reproductie van de metingen van silicium en daarom niet overeenkomstig de werkelijke situatie zijn.

De tijdens deze studie aangepaste productie- en sterfte snelheden van bodemalgen zullen in het vervolg als verstekwaarden voor DBS worden gebruikt. Hetzelfde geldt voor de verzadigingsdaglengte. Het is de vraag of deze aanpassing de groei problemen van bodemalgen in het model, ondervonden bij toepassing op nutriëntgelimiteerde systemen, oplost.



## 5 Scenarioberekeningen

Met het gecalibreerde instrument zijn er enkele scenarioberekeningen uitgevoerd om specifieke vragen te beantwoorden. Hierbij zijn dezelfde initiële waarden en parameters gebruikt als in de hiervoor beschreven calibratie. Er is dus niet doorgestart en de doorgerekende jaren zijn dezelfde als in de nominale som. Er zijn een peilbeheerscenario, enkele zoöplanktonscenario's en een nutriëntreductiescenario uitgevoerd. Hieronder worden aanpak en resultaten van de berekeningen besproken. Aan het einde van dit hoofdstuk worden de resultaten in tabelvorm samengevat.

### 5.1 Peilbeheerscenario

De bedoeling van deze scenarioberekening is om inzicht te krijgen in de gevolgen van een andere inlaatregime van de Volkeraksluizen op de fosfaatbelasting, de fosfaatconcentratie, algenbiomassa en het doorzicht van het systeem. Voor dit scenario wordt uitgegaan van een 'regenmodel' met een peilbeheer van -0.3m NAP in de zomer en +0.15 NAP in de winter. Bij dit beheer wordt pas water ingelaten via de Volkeraksluizen wanneer het minimumpeil onderschreden wordt. Water wordt pas uitgelaten via het Bathse spuikanaal indien het maximumpeil overschreden wordt. In de nota "Eutrofiëringsonderzoek Volkerak-Zoommeer" (Van den Hark, 1993) wordt verondersteld dat een beperking van de waterinlaat via de Volkeraksluizen nauwelijks effect zal hebben op de fosfaatconcentratie in het meer, maar dat wel de fosfaatbelasting zal afnemen.

Om een dergelijk beheer te simuleren met DBS zijn de genoemde peilen opgelegd aan de waterbeweging in het model. De resultaten worden hieronder besproken.

#### 5.1.1 Resultaten

##### *Fosfaatbelasting en -concentratie*

In figuur 90 is duidelijk te zien dat de belasting van het systeem met totaalfosfaat vermindert als gevolg van de beheersmaatregelen. Deze vermindering bedraagt 20 tot 25 % van de belasting in de nominale berekening, over de gehele periode gezien.

De orthofosfaatconcentratie in de twee getoonde segmenten daalt iets minder namelijk met ongeveer 10% (figuren 91-92). Dit heeft te maken met hogere nalevering en lagere adsorptie aan particulier anorganisch fosfaat van orthofosfaat. De duur van de perioden met orthofosfaatlimitatie blijft gelijk aan die in de nominale berekening.

##### *Chlorofyl en doorzicht*

Door de lichte verlaging van orthofosfaat, treedt er vooral in perioden die in de nominale som orthofosfaatlimitatie vertoonden, een daling van het chlorofylgehalte op (figuren 93-94). Voor de overige perioden geldt evenals in het geval van orthofosfaat dat er een lichte daling optreedt. Dit patroon is omgekeerd te zien in de figuren waarin doorzicht is weergegeven (figuren 95-96). De verbetering van het doorzicht is beperkt tot hooguit 10 a 20 cm en dan slechts in perioden van orthofosfaatlimitatie.

## 5.2 Zoöplanktonscenario

Om een indruk te krijgen van de invloed van zoöplanktonbiomassa's op het doorzicht in het Volkerak-Zoommeer is een analyse uitgevoerd van de nominale berekeningsresultaten en zijn er twee scenario's doorgerekend. Het eerste scenario is een 'worst case' scenario en gaat uit van een zoöplanktonbiomassa van 0 om het effect hiervan op algenbiomassa en doorzicht te onderzoeken. In het tweede scenario worden de zoöplanktonbiomassa's van twee laatste berekeningsjaren, 1991 en 1992, vervangen door waarden gemeten in het Tjeukemeer in 1979 en 1980, om een indruk te krijgen van het effect van een afname van de zoöplanktonbiomassa tot het niveau van een vergelijkbaar nederlands systeem. Tenslotte is een korte analyse uitgevoerd van het verband tussen chlorofylgehalten en zoöplanktonbiomassa's op basis van de nominale berekeningsresultaten (figuren 97-114).

### 5.2.1 Resultaten

#### Scenario zonder graas

##### *Chlorofyl en doorzicht*

In de figuren 99-102 zijn de berekende effecten van het ontbreken van zoöplankton op de chlorofylgehalten en het doorzicht te zien. Door het wegvallen van de belangrijkste verliespost van fytoplankton, bereiken de chlorofylgehalten gedurende het hele jaar hoge waarden. Jaargemiddelde waarden variëren tussen 63 mgchl.m<sup>-3</sup> in het diepe segment Volkerak west diep, tot 92 mgchl/m<sup>-3</sup> in het ondiepe segment Volkerak oost ondiep. Deze waarden komen overeen met de door de Rooij (1982) en van Eck (1984) voorspelde waarden van 60 tot 100 mgchl.m<sup>-3</sup>. Hierdoor neemt het doorzicht sterk af tot ongeveer 75 cm in de zomer en wordt maximaal 2 meter in de winter. In de soortensamenstelling blijken cyanobacteriën (microcystis) te overheersen. Dit komt door hun snellere groei bij gemiddeld lagere gemiddelde lichtintensiteiten.

##### *Nutriënten*

Door de grotere productie van fytoplankton neemt de orthofosfaatconcentratie sterk af ten opzichte van de nominale som. Orthofosfaat wordt de limiterende nutriënt gedurende langere perioden. Het effect op de nitraatconcentratie is minder sterk, daar deze nutriënt in grotere overmaat aanwezig is en er hogere nitrificatie optreedt.

#### Scenario Tjeukemeer zoöplanktongehalten

In figuren 108 en 109 zijn de grazerbiomassa's getoond waarmee DBS de graasdruk berekende in de nominale- en de 'Tjeukemeer' berekening. De biomassa's die in 1979 en 1980 in het Tjeukemeer aanwezig waren zijn gebruikt voor de scenarioberekeningen in de jaren 1991 en 1992.

### *Chlorofyl en doorzicht*

Hier is evenals in de nominale som te zien dat er bij lage zoöplanktongehalten chlorofylpieken ontstaan en bij hoge zoöplanktonbiomassa's juist lage chlorofylgehalten. Bijvoorbeeld de eerste chlorofylpiek van 1991, die in de nominale som te zien was, wordt in de 'Tjeukemeer' berekening weggegraasd door de hogere zoöplanktongehalten. In 1992 leiden lagere zoöplanktonbiomassa's in het scenario juist tot verhoogde chlorofyl pieken ten opzichte van de nominale som. Hetzelfde geldt hier in het algemeen weer omgekeerd voor doorzicht. Deze berekening leert ons in dit opzicht niet veel meer dan de calibratiesom.

### **Analyse kritische zoöplanktonbiomassa**

Om meer over de gevoeligheid van de door het model berekende chlorofylgehalten voor zoöplanktonbiomassa's te kunnen zeggen is er een scatterplot gemaakt waarin de voor Volkerak oost diep berekende de chlorofylgehalten zijn uitgezet tegen de zoöplanktonbiomassa voor ieder tijdstip in de nominale berekening (figuur 97). Hieruit wordt een drempel zichtbaar van zoöplanktonbiomassa waarboven het chlorofylgehalte sterk wordt verlaagd. Bij zoöplanktonbiomassa's onder ongeveer  $0.3 \text{ gC.m}^{-3}$  zijn er beduidend meer hoge chlorofylwaarden berekend. In figuur 98 is ter verduidelijking de zoöplanktonbiomassa samen met de chlorofylgehalte uitgezet tegen de tijd. De uit figuur 97 geschatte drempelwaarde is ook in dit figuur aangegeven. De werking van deze drempelwaarde is vooral in de zomer duidelijk, wanneer temperatuur en licht een snelle respons van algen produktie mogelijk maken. In de winter, bijvoorbeeld die van 1990-1991, is duidelijk dat de respons van fytoplankton op een lage ( $< 0.3 \text{ gC.m}^{-3}$ ) zoöplanktonbiomassa minder sterk is dan bijvoorbeeld in de zomer van 1990. Wanneer deze waarnemingen geëxtrapoleerd worden naar de werkelijke situatie, betekent dit dat afname van zoöplankton tot onder  $0.3 \text{ gC.m}^{-3}$  plotselinge nadelige gevolgen kan hebben voor het doorzicht. In dit geval is een waarde van rond de  $0.3 \text{ gC.m}^{-3}$  uit de berekeningen af te leiden.

## **5.3 Nutriëntreductiescenario**

(Figuren 114-121)

Tenslotte is er een nutriëntreductiescenario doorgerekend wat de situatie simuleert waarbij de maximum belastingsconcentratie van fosfaat aan de rand van het systeem (de belangrijkste fosfaat- en stikstofbronnen Dintel en Hollands Diep)  $0.15 \text{ gP.m}^{-3}$  bedraagt en de maximum totaalstikstofconcentratie  $2.2 \text{ gN.m}^{-3}$  bedraagt. Deze verlaagde belastingen komen overeen met de effecten van een succesvolle uitvoering van het RAP/NAP beleid. Om uit totaalfosfaat de orthofosfaatconcentratie af te leiden voor de scenarioberekening is de gemiddelde verhouding tussen totaalfosfaat en orthofosfaat in de huidige situatie gebruikt (TOT-P : OPO4 = 3.48). Hetzelfde geldt voor de gemiddelde verhouding tussen Kjeldahl stikstof en nitraat (Kj-N : NO3 = 0.44). Ammonium is in deze berekening op 0 gesteld in de genoemde belastingsposten.

### 5.3.1 Resultaten

#### *Algenbiomassa en doorzicht*

De maatregel heeft in de berekening als gevolg dat de chlorofylpieken in perioden van lage graasdruk ongeveer 30% lager zijn dan die in de nominale berekening. De chlorofylconcentraties in de overige perioden, van hoge graasdruk, zijn onveranderd. Dit laatste is niet verwonderlijk omdat juist in deze perioden nutriënten verre van limiterend waren in de nominale berekening. Het effect op het doorzicht is minder sterk en niet echt significant te noemen.

#### *Fosfaat- en stikstofgehalten*

Uit vergelijking van de orthofosfaatconcentraties in de nutriëntreductieberekening met die van de nominale berekening, blijkt dat de orthofosfaatconcentraties tot bijna de helft omlaag zijn gebracht door de maatregel (figuren 114-115). De duur van de perioden van uitputting van orthofosfaat is niet significant langer geworden. Ook de nitraatgehalten zijn sterk verlaagd door de reductiemaatregel, tot minder dan één derde van de concentraties in de nominale berekeningen (figuren 116-117). Stikstof is desondanks niet limiterend.

Bij verminderde graasdruk zal een dergelijke reductie meer effect hebben op de (in dat geval hogere) chlorofylgehalten.

## 5.4 Samenvatting berekeningsresultaten

Tabel 2 Berekende systeemgemiddelde waarden van calibratie som en scenarioberekeningen.

Variabele	Chl		TotN		TotP		Doorzicht	
	mg/m <sup>3</sup>		mg/m <sup>3</sup>		mg/m <sup>3</sup>		m	
Periode	jaar	zomer	jaar	zomer	jaar	zomer	jaar	zomer
Nominaal	15.13	27.51	4.82	4.61	0.12	0.10	1.80	1.45
Peilbeheer	13.28	24.14	4.75	4.57	0.11	0.09	1.87	1.50
Graas = 0	45.40	74.79	4.67	4.45	0.10	0.10	.92	0.75
Tjeukemeer	17.44	31.41	4.84	4.63	0.12	0.11	1.62	1.32
Nut.red.	10.92	18.47	2.32	2.08	0.08	0.07	2.02	1.77

Bij deze resultaten moet worden opgemerkt dat voor het doorzicht de middeling plaatsvindt door de reciproke waarde te berekenen, deze te middelen en vervolgens van het gemiddelde weer de reciproke te nemen.

## 6 Algemene Conclusies

- A. De gemiddelde fytoplanktonbiomassa's in het Volkerak-Zoommeer ( $10-15 \text{ ugChl.l}^{-1}$ ) blijven ver beneden de potentiële mogelijkheden van het systeem ( $50-150 \text{ ugChl.l}^{-1}$ ). De potentiële verhoging van de primaire produktie in de waterfase bedraagt 170 % bij sterke afname van graas. Van de totale primaire produktie zou in dit geval het aandeel van de bodemalgen van 10% afnemen naar 0.5% door verhoging van de extinctie. Dit is af te leiden uit de modelresultaten en metingen van chlorofyl in perioden met weinig zoöplankton.
- B. De belangrijkste verklaring voor de lage chlorofylconcentraties is graas door zoöplankton. De sterke berekende schommelingen in chlorofylgehalte kunnen grotendeels worden verklaard uit variaties in ingevoerde zoöplanktonbiomassa's.
- C. De gemeten chlorofylgehalten worden over het algemeen door het model redelijk goed gereproduceerd. Hetzelfde geldt voor de nutriëntgehalten en het doorzicht. Afwijkingen tussen model en metingen zijn meestal terug te voeren naar hiaten, onder- of overschattingen in de zoöplanktoninvoerreeks.
- D. De belangrijkste externe nutriëntbronnen zijn in de winter de Dintel, en in het zomerhalfjaar de Volkeraksluizen. Het feit dat er ten zuiden (stroomrichting) van deze bronnen geen bronnen van belang zijn, leidt tot een daling van de concentraties naar het zuiden toe zowel in de metingen als in de modelresultaten.

Conclusies toegespitst op de vraagstelling zoals beschreven in de inleiding:

1. De uitkomsten van de berekeningen leiden tot de conclusie dat een afname van zoöplankton, grote gevolgen kan hebben voor het doorzicht in het water middels de algenconcentraties, alsook voor de algensoortensamenstelling. De modeluitkomsten verlenen verder steun aan de hypothese dat sedimentatie van belang is als verliesproces van fytoplanktonbiomassa in het Volkerak-Zoommeer.  
Bij een hogere algenproduktie zal fosfaat als eerste nutriënt limiterend worden, zo valt af te leiden uit de berekeningsresultaten.
2. De uitkomsten van het model laten over de 5 studie jaren een zéér licht toenemende totaalfosfaatconcentratie in de bodem van de ondiepe delen van het gebied zien (P-oplading) en een zéér langzaam afnemende concentratie in de diepere delen (P-verdunning). Door onzekerheid betreffende de rol van mineraalfosfaat en de 'gebufferde verdunning' van fosfaat door begraving (wat voor fosfaatgehalte heeft het sedimenterende slib van buiten het systeem dat niet door het model wordt gemodelleerd?), in de bodem van de diepere segmenten, is het niet mogelijk harde uitspraken te doen omtrent de autonome ontwikkeling van de bodem. Het berekende fosfaatgehalte in de diepe delen is mogelijk lager dan de werkelijke gehalten door in het model overschatten sedimentverdunding. In de ondiepe delen is de lichte toename deels gecompenseerd door vastlegging in minerale vorm. Op basis van de concentratieontwikkelingen in de bodem (deze lijken zich te stabiliseren) wordt verwacht dat de nalevering niet hierdoor zal toenemen. De nalevering is echter ook afhankelijk van de concentratie van orthofosfaat in het water. Het is de vraag hoe dit zich verder ontwikkelt.

3. De berekende biomassa's van de bodemalgen komen overeen met de waargenomen biomassa's. Deze groep komt in de ondiepe segmenten in dichtheden voor vergelijkbaar met die van de planktonische algen. De invloed van de bodemalgen op de waterkwaliteit strekt zich uit tot de diepe gedeelten van het systeem. In het late voorjaar zijn deze algen meer bepalend voor de nutriënten huishouding dan de planktonische algen. De lagere produktiesnelheid van deze groep die nodig was om de resultaten te verbeteren tijdens de calibratie blijkt redelijk overeen te komen met metingen uit de literatuur (Colijn en De Jonge, 1984). Verder blijkt dat er volgens het model verhoogde fosfaatnalevering optreedt bij verlaging van de bodemalgenbiomassa als gevolg van doorzichtafname.
4. De volgende conclusies kunnen worden getrokken uit de simulatieresultaten van de beschreven scenario's:

*Het peilbeheerscenario (hfst 5.1):*

De totaalfosfaatbelasting in het oostelijk deel van het Volkerak wordt verlaagd, en wel met 20-25%. Er is een klein effect op de orthofosfaatconcentraties in de vorm van een lichte daling van enkele procenten. Dit leidt op zijn beurt tot een even lichte verlaging van de chlorofylgehalten en verhoging van het doorzicht.

*De graasscenario's (hfst 5.2):*

Graas is van groot belang in het laag houden van de fytoplanktongehalten. Verlaging van de zoöplanktonbiomassa's bijvoorbeeld door predatie, kan wanneer hierdoor de biomassa onder  $0.3 \text{ gC.m}^{-3}$  komt, tot een sterke stijging van de chlorofylgehalten leiden, en daarmee tot sterke verlaging van het doorzicht. Bij het wegvallen van graas kunnen chlorofylgehalten van ongeveer 60 tot  $120 \text{ mgChl.m}^{-3}$  worden verwacht.

*De nutriëntreductiescenario (hfst 5.3):*

De nutriëntconcentraties worden door de reductiemaatregelen sterk verlaagd. Dit leidt echter niet tot sterke daling van de chlorofylgehalten en verhoging van het doorzicht, omdat het fytoplankton in het Volkerak-Zoommeer niet of nauwelijks door nutriëntgehalten wordt gelimiteerd, maar juist door zoöplanktongraas. Alleen in die perioden waar lage zoöplanktonbiomassa's aanwezig zijn (en het fytoplankton nutriëntgelimiteerd wordt), is er effect van de nutriëntreductiescenario's op de chlorofylgehalten en het doorzicht te zien. Extrapolerend kan gezegd worden dat dergelijke maatregelen juist bij het (gedeeltelijk) wegvallen van graas van nut kunnen zijn voor het behoud van het doorzicht in het systeem. Bij gelijkblijvende graasdruk moeten lagere fosfaatbelastingen (randconcentraties lager dan  $0.15 \text{ gP.m}^{-3}$ ) worden gerealiseerd om gewenste effecten op chlorofylgehalten en het doorzicht te bewerkstelligen.

## 7 Aanbevelingen

- a. Gezien het belang van slib en de invloed ervan op het lichtklimaat en het doorzicht, verdient het de aanbeveling om berekeningen te doen met gemeten gloeirestgehalten als invoer. In de uitgevoerde berekeningen is gerekend met gemiddelde waarden voor de hele periode. De invloed van wind en externe belastingsbronnen (b.v. oever afslag) op het doorzicht worden hierom niet meegenomen in de berekeningen.
- b. Nauwkeuriger zoöplanktonmetingen en grondiger bepaling van werkelijk heersende graasdruk zouden een nog betere simulatie van de fytoplanktongroei mogelijk maken, gezien de gevoeligheid van het systeem (fytoplankton) hiervoor.
- c. Een goed onderbouwde schatting van de te verwachten zoöplanktonbiomassa's in de toekomst uitgaande van de verwachtingen wat betreft visbiomassaontwikkelingen is nodig om voorspellingen te doen over het doorzicht in de toekomst, gezien het niet graduele respons van fytoplankton op zoöplanktongraas. Analyse van metingen van fytoplankton- en zoöplanktonbiomassa's kan over deze relatie meer inzicht geven, en dus over de gevoeligheid van het systeem.
- d. Mocht er een situatie ontstaan waarbij de graasdruk lager wordt, of zich graas ongevoeliger soorten in het systeem manifesteren, dan kan de fytoplanktonbiomassa door sterke reductie van nutriëntbelastingen beperkt worden. Het verdient hierom de aanbeveling te onderzoeken welke reducties in realiteit haalbaar zijn.
- e. Meer metingen van bodemgehalten, sedimentatiesnelheden en kwaliteit van het sedimenterende materiaal ter invoer aan DBS kunnen via langjarige berekeningen duidelijkheid verschaffen over de gevolgen van autonome bodemontwikkelingen. Vooralsnog lijkt dit geen probleem te zullen vormen, zeker gezien de nu al hoge concentraties in het water.
- f. Onderzoek naar trends in bodemalgenbiomassa in de ondiepe delen zijn van belang omdat deze, zoals uit de calibratie blijkt, belangrijk zijn voor de nutriënthuishouding en de primaire productie.
- g. Door de opzet van DBS is het moeilijk om het verloop van de totale fosfaatconcentratie in de bodem te analyseren.





## 8 Literatuur

- Behrens, H.W.A., 1988. Indicatieve Waterbalansen Volkerak-Zoommeer. DBW/RIZA nota 88.041. Werkgroep Waterkwantiteit.
- Buiteveld, H., 1990. Uitzicht; model voor berekening van doorzicht en extinctie. Nota nr. 90.058.
- Bijkerk, R., 1992. Onderzoek naar bodemalgen en muggelarven in het Volkerakmeer in 1990. Conceptrapport.
- Colijn, F., V.N. de Jonge, 1984. Primary Production of microfytobenthos in the Eems Dollard Estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser., 14, 185-196.
- Ebert, J. en van Liere, L., 1992. Waterkwaliteitsonderzoek Loosdrechtse Plassen. WOL-rapport 1992-1.
- Eerden, D. van der, 1990. Fosfaatnalevering en bodemuurstofverbruik van het Volkerak-Zoommeer in 1989; RIZA Werkdocument nr. 90.005X.
- Frantzen N., Velden, J.A. van der, 1992. Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer in 1991. RIZA Nota nr. 92.062.
- Grootd, E. de, 1993. Ecological profile of marine benthic algae. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM T1154.
- Hark, M.H.C. van den, 1993. Eutrofiëringsonderzoek Volkerak-Zoommeer; ontwikkelingen van 1988-1990 en prognoses. RIZA Nota nr. 92.027.
- Hooghart, J.C., Posthumus, C.W.S., 1992. How an estuary changed into a freshwater lake; The water management of Lake Volkerak-Zoom: Technical meeting 50, Roosendaal, The Netherlands, 4 June 1992.
- Kerkhofs, M.J.J. en Smit, H., 1991 Natuurontwikkelingen Volkerakmeer Zoommeer in 1990. RIZA Nota nr. 91.088.
- Los, F.J., 1993. Procesformuleringen DBS. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM T542.
- Los, F.J., Villars, M.T. en M.R.L. Ouboter, 1994. Model Validation Study DBS in Networks. Application to the Rijnland Network. Research Report, Waterloopkundig Laboratorium T1210
- Luttmer, W.J. 1994. Nutriëntennaleveringsexperimenten 1993. Werkdocument 94.087X RIZA.
- Luttmer, W.J. 1992. Nutriëntennaleveringsexperimenten 1989-1990. Werkdocument 92.131X RIZA.
- Michielsen, B.F. 1993. Modelstudie naar het effect van graas in het Markermeer en IJsselmeer. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM, T1013.
- Michielsen, B.F., Los, F.J. en D.T. van der Molen, 1995. Modelling van eutrofiëring: toepassing van DELWAQ-BLOOM-SWITCH ten bate van het beheer van het Veluwemeer. H<sub>2</sub>O, in druk.
- Molen, D.T. van der, F.J. Los, L. van Ballegooijen en M.P. van der Vat, 1994. Mathematical modelling as a tool for management in eutrophication control of shallow lakes. Hydrobiologia, 275/276:479-492.
- Mooij, W.M., 1991. Integrale gegevensanalyse Volkerak-Zoommeer. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM T851
- Mooij, W.M., 1990. Een graasmodule voor het eutrofiëringmodel JSBACH. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM T642.
- Smits, J.G.C., 1991. SWITCH, a model for sediment-water exchange of nutrients, Part 1 Formulation and Part 2 Calibration/Application for Lake Veluwe. Research Report, DELFT HYDRAULICS, T542/T584.
- Smits, J.G.C., 1994. SWITCH, a model for sediment-water exchange of nutrients, Part 3 Reformulation and Recalibration for Lake Veluwe. Research Report, DELFT HYDRAULICS, T584.

Termeer, K., Schmidt, C.A., 1992. Ontwikkeling van de waterbodempkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer in de periode 1986-1991. Nota nr. 92.024.

Vat, M.P. van der, 1993. Conver, balansprogramma voor oppervlaktewatersystemen. Gebruikershandleiding, WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM, T1092.

Vat, M.P. van der, 1994. Systeemdokument DBS. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM.

Veen, M.P. van, 1992. Fosfaat- en stikstofbalans voor het Volkerak-Zoommeer 1990. Werkdocument 91.192X.

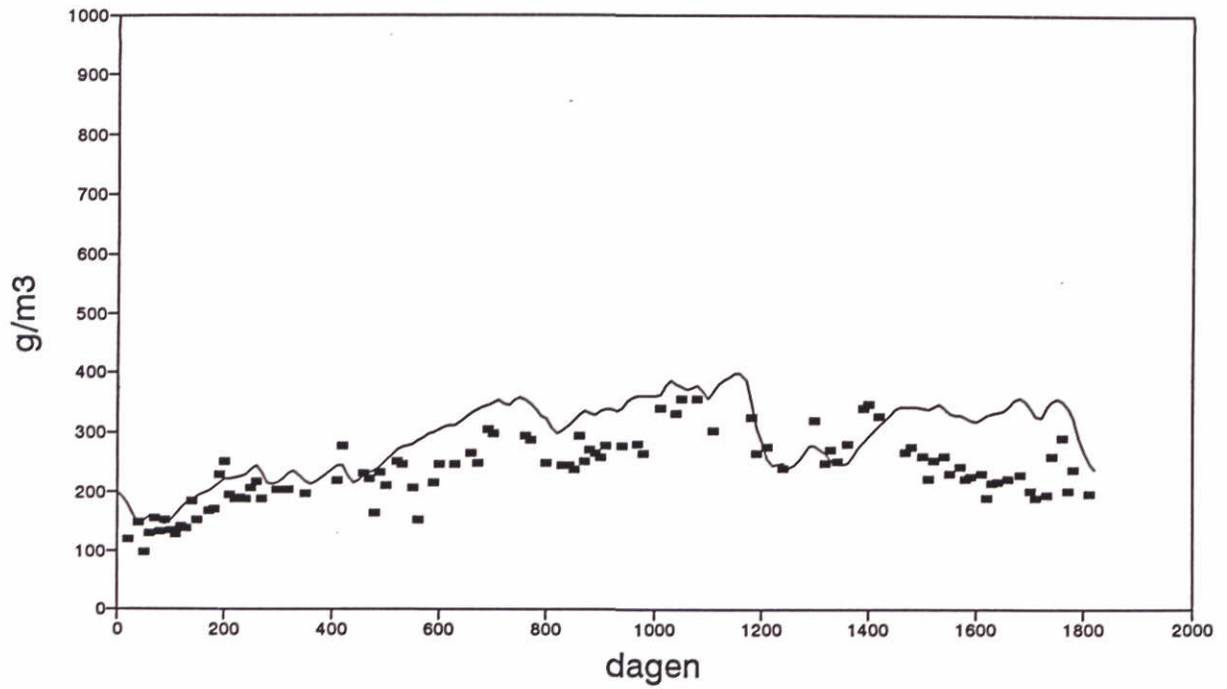
Veen, M.P. van, 1992. Fosfaat- en stikstofbalans voor het Volkerak-Zoommeer 1991. Werkdocument 92.144X.

Veen, M.P. van, 1989. IJking van het eutrofiëringsmodel JSBACH op het Volkerakmeer voor 1988. Werkdocument 89.123X.

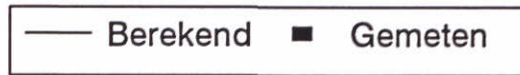
**FIGUREN**



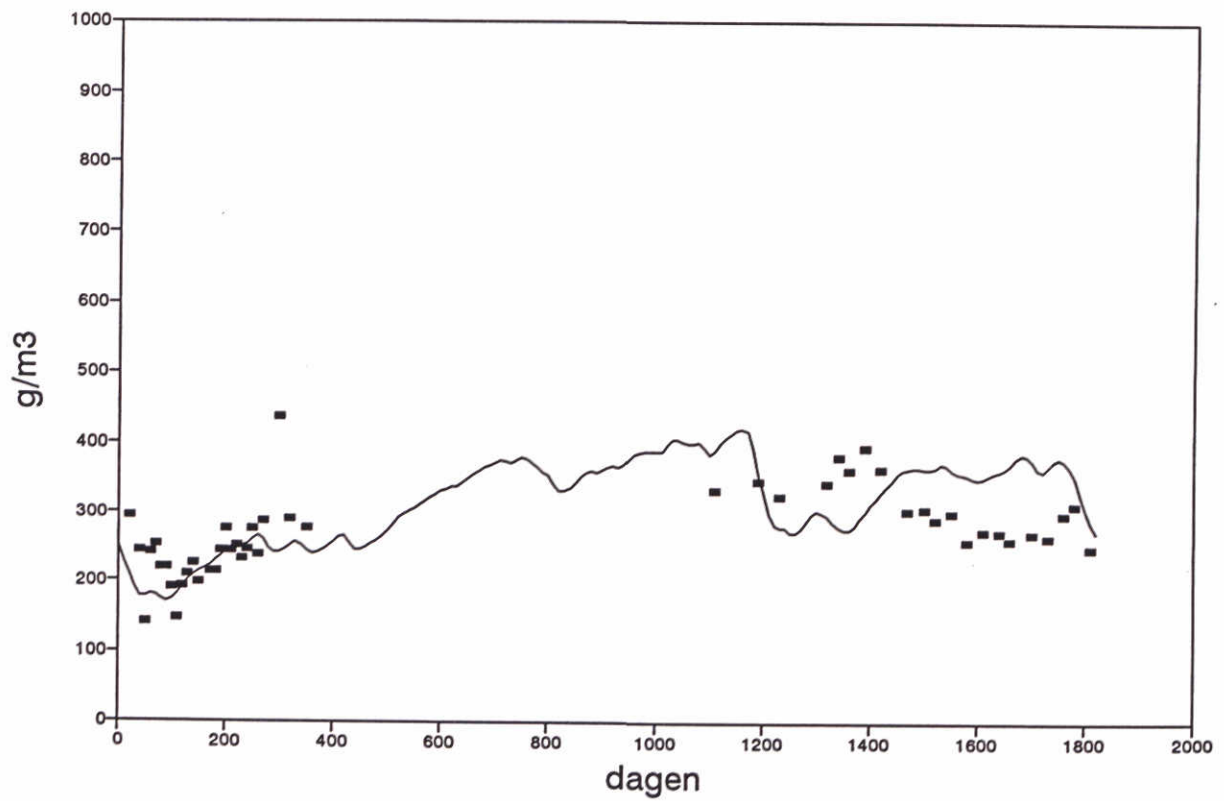
### Volkerak oost diep Cl-



Figuur 3

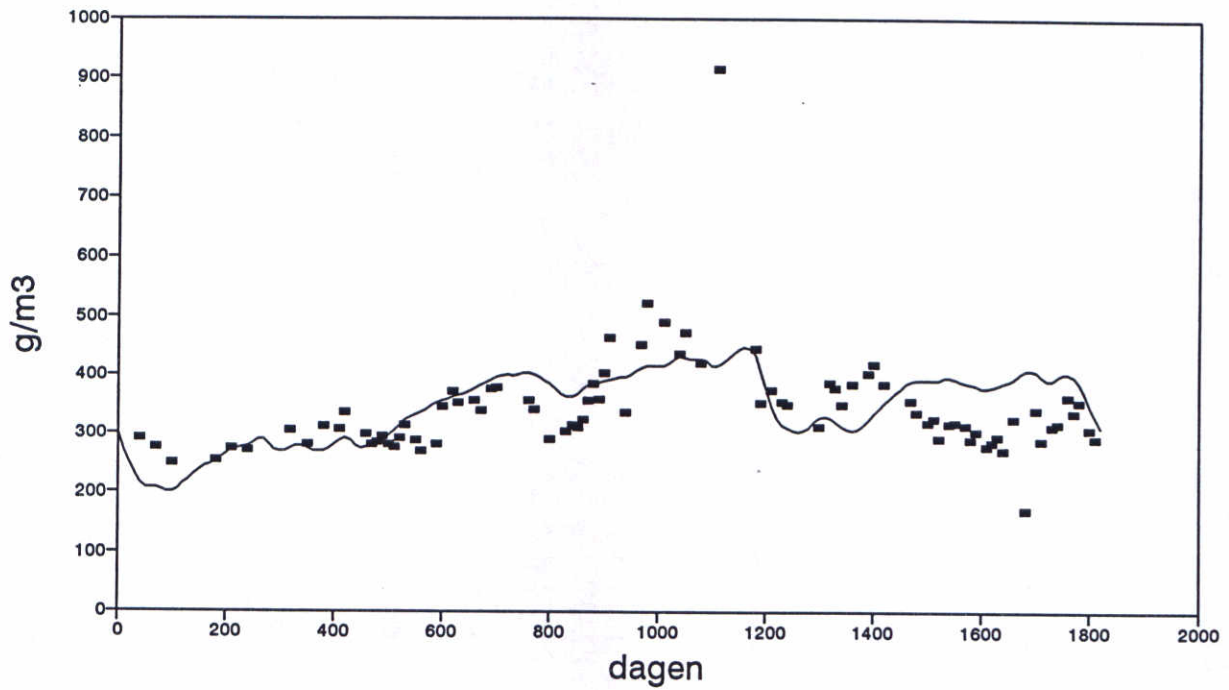


### Volkerak midden diep Cl-



Figuur 4

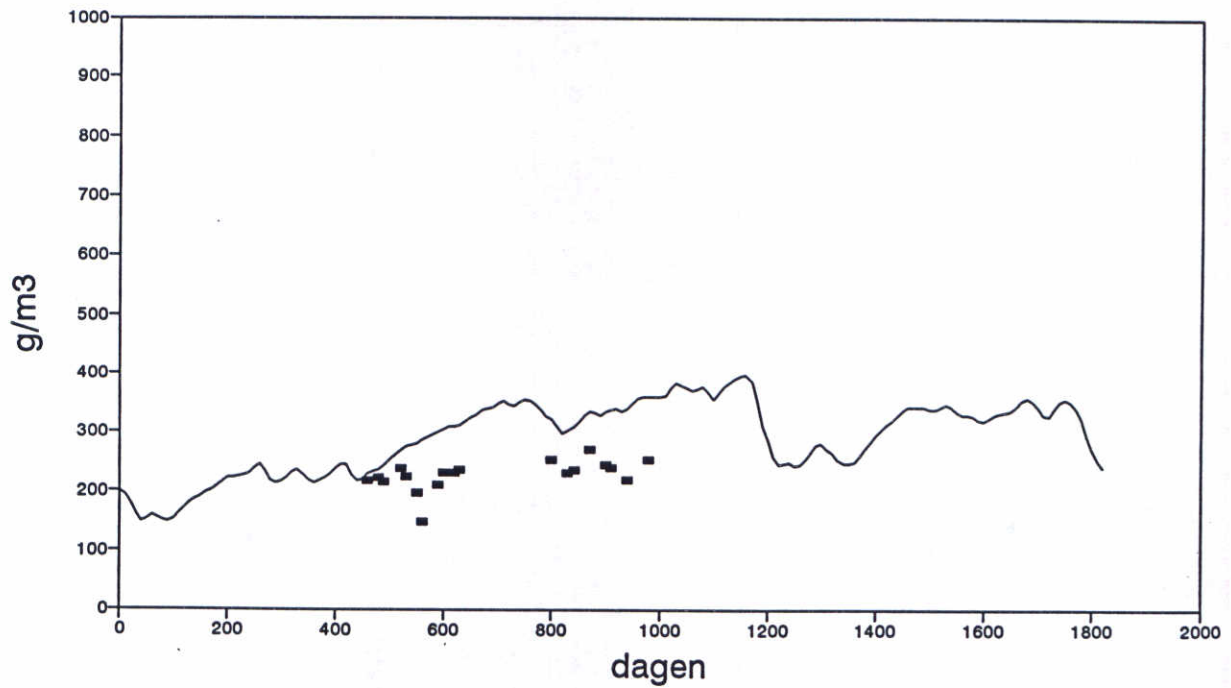
### Volkerak west diep Cl-



Figuur 5

— Berekend    ■ Gemeten

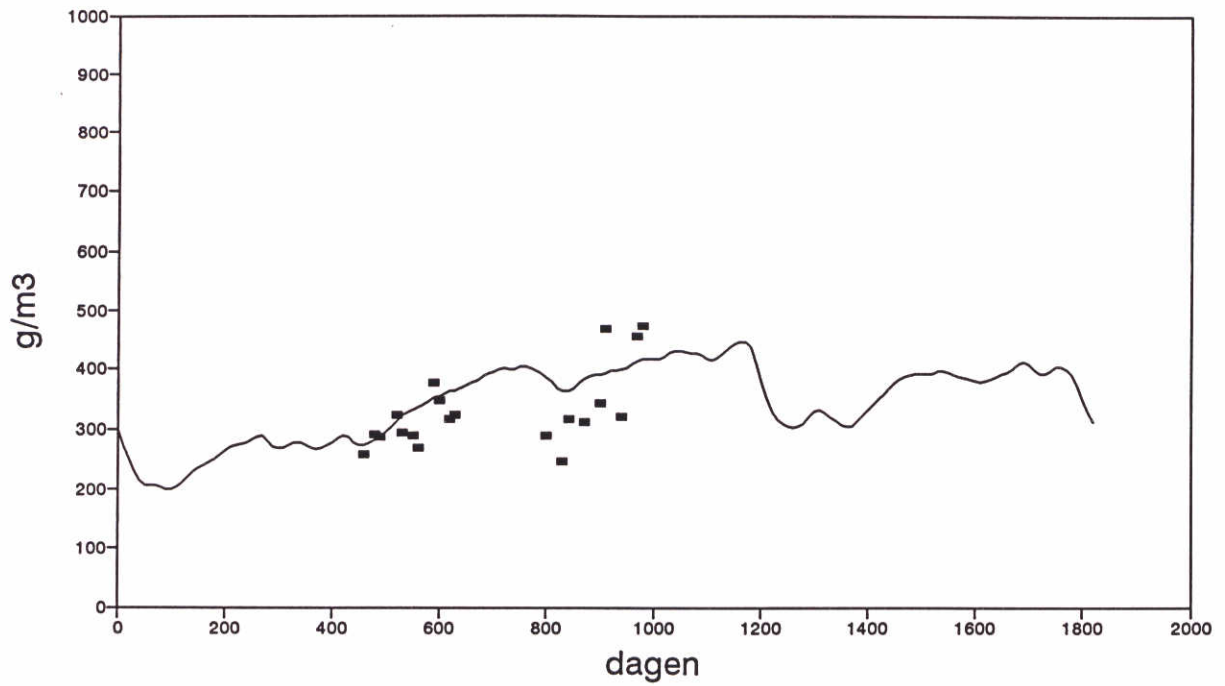
### Volkerak oost ondiep Cl-



Figuur 6

— Berekend    ■ Gemeten

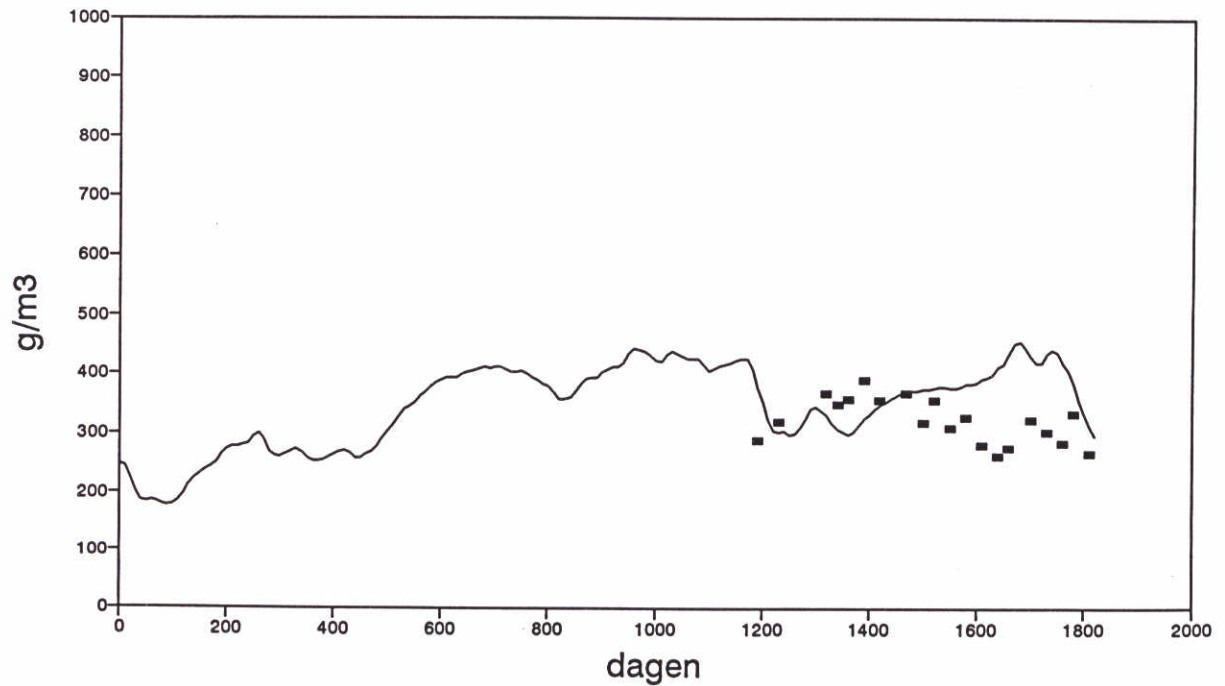
# Volkerak west ondiep Cl-



Figuur 7



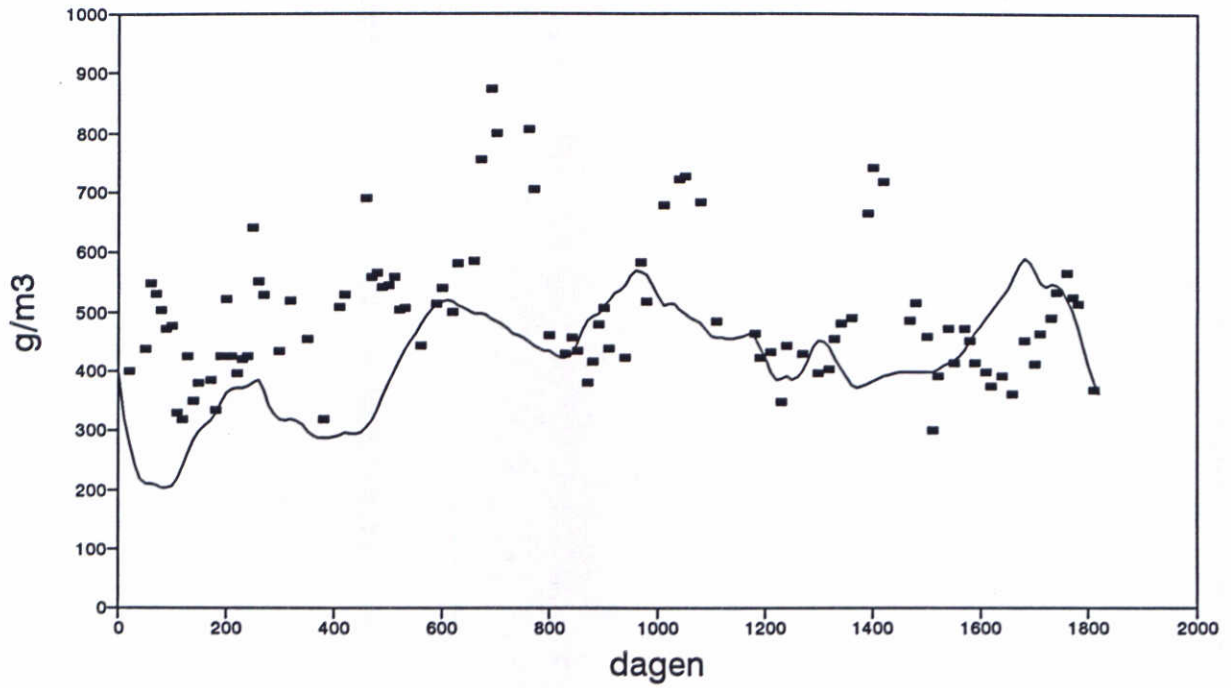
# Eendracht Cl-



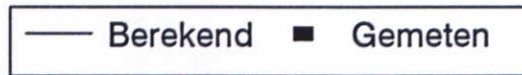
Figuur 8



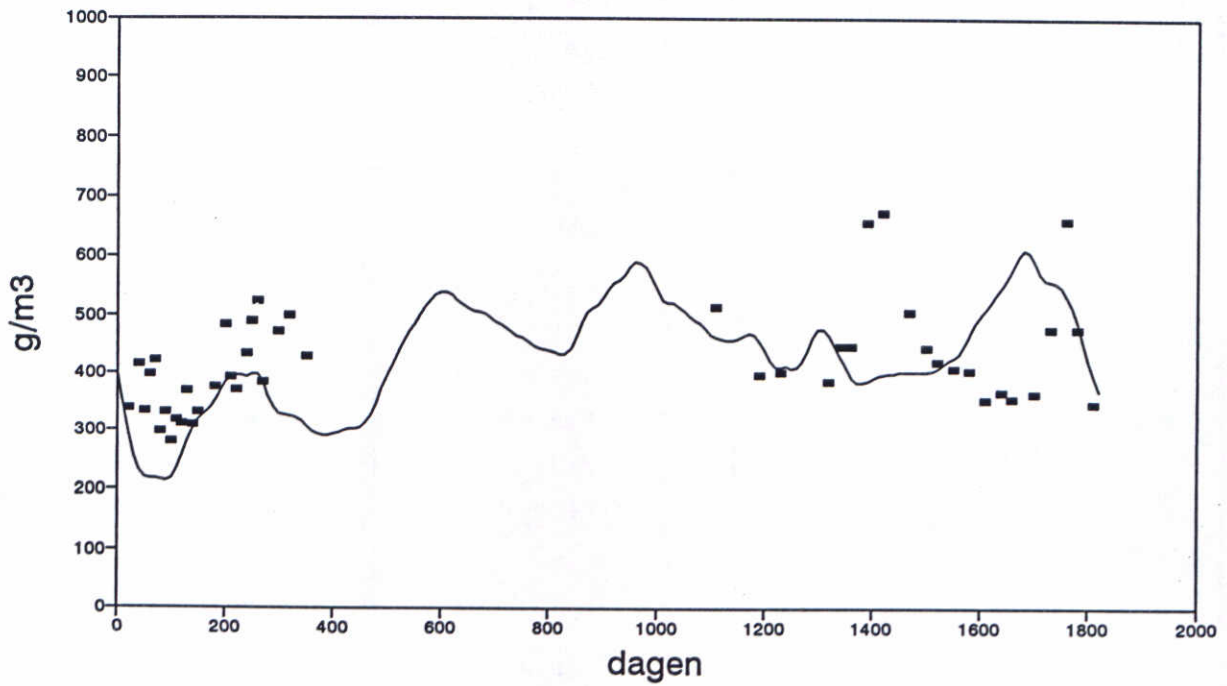
### Zoommeer oost Cl-



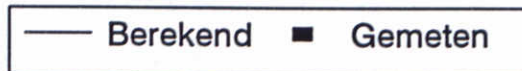
Figuur 9



### Zoommeer west Cl-

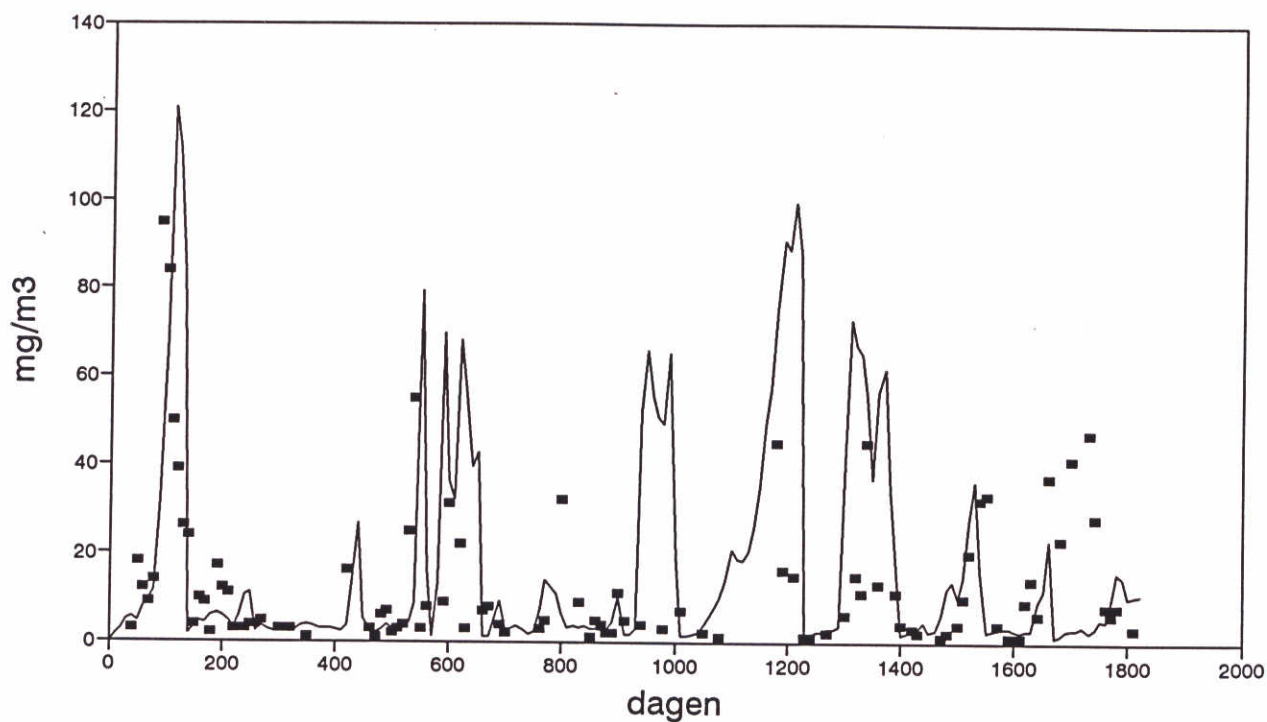


Figuur 10





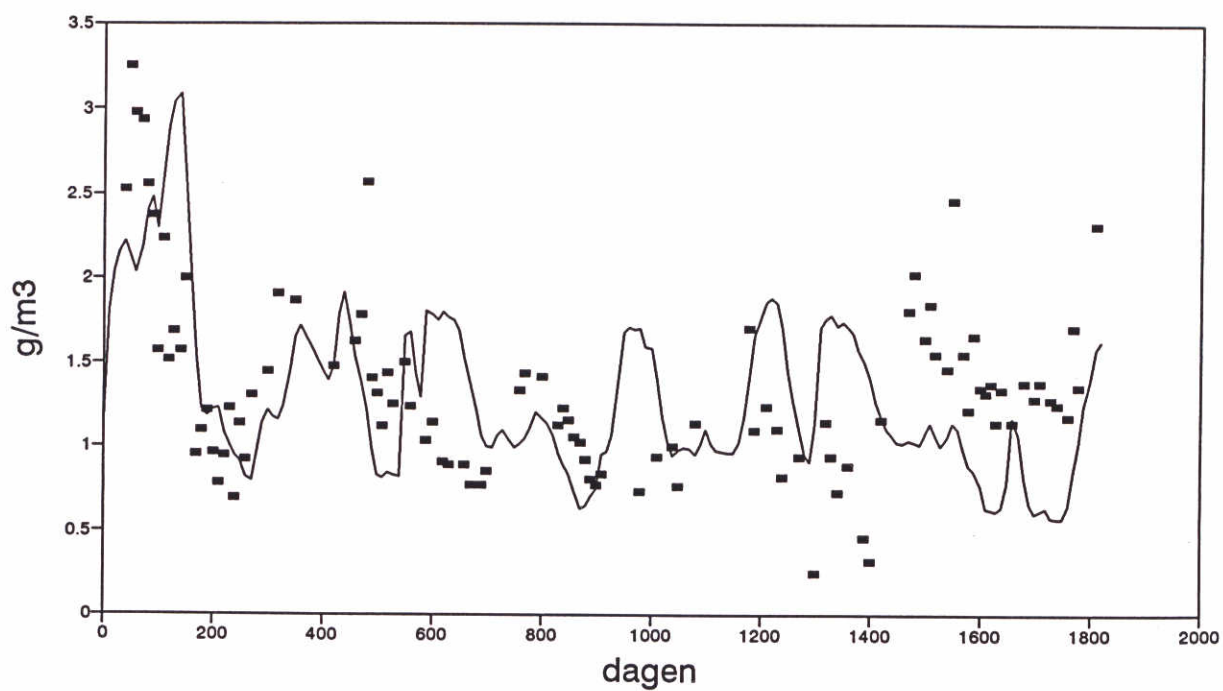
# Volkerak oost diep Chlorofyl



Figuur 11

— Berekend ■ Gemeten

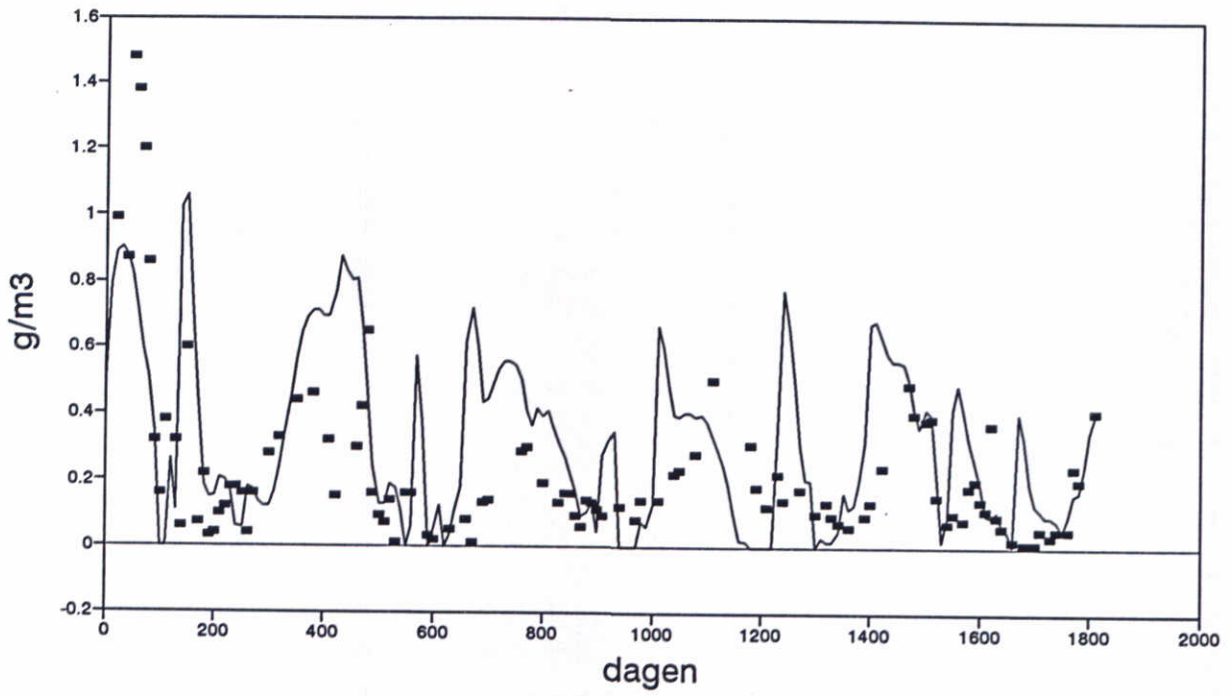
# Volkerak oost diep Kjeldahl



Figuur 12

— Berekend ■ Gemeten

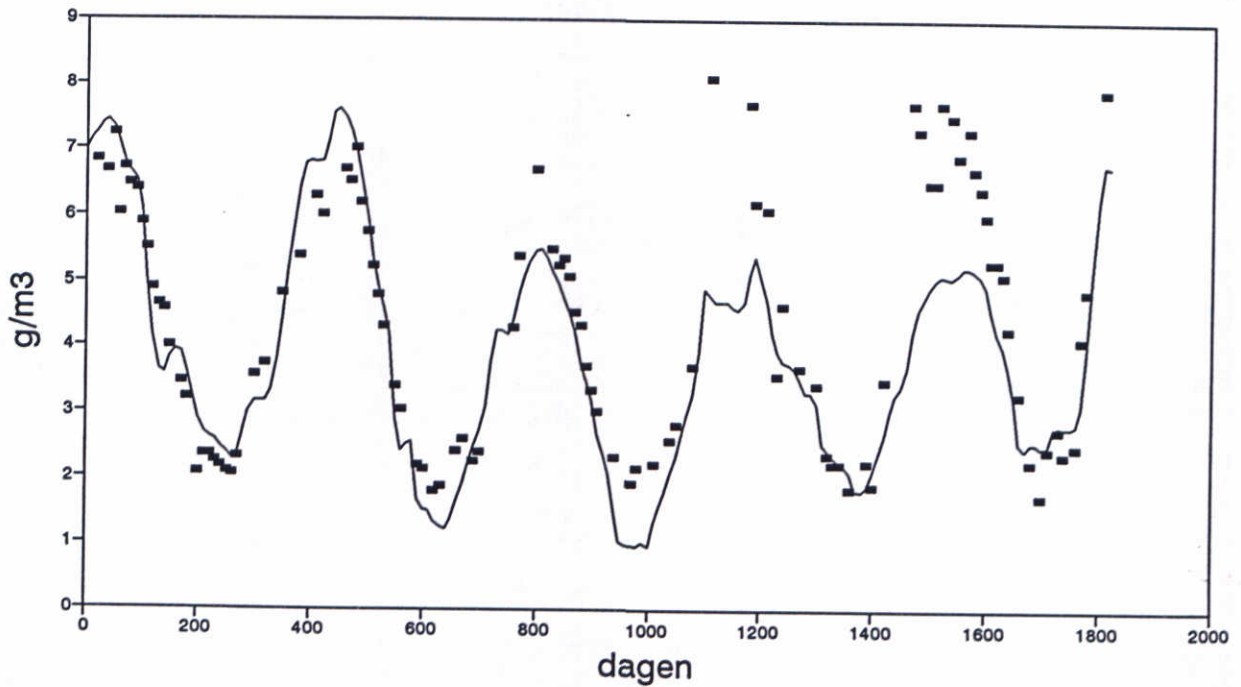
### Volkerak oost diep NH4



Figuur 13

— Berekend ■ Gemeten

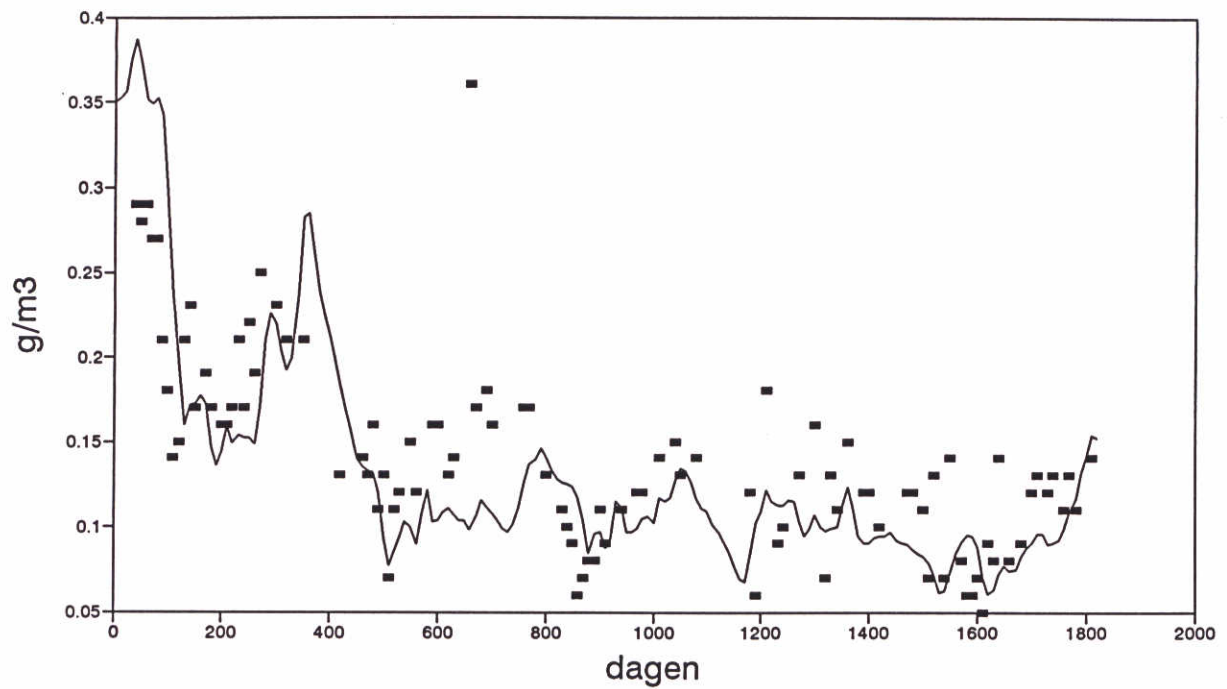
### Volkerak oost diep NO3



Figuur 14

— Berekend ■ Gemeten

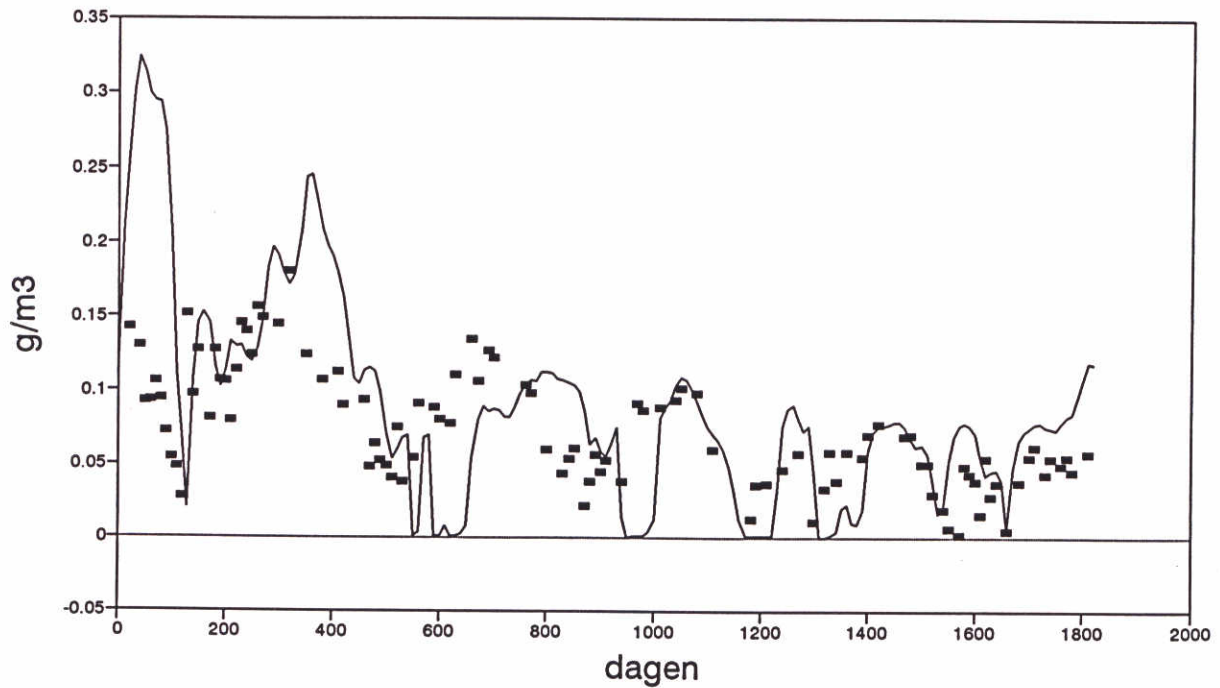
## Volkerak oost diep Tot-P



Figuur 15



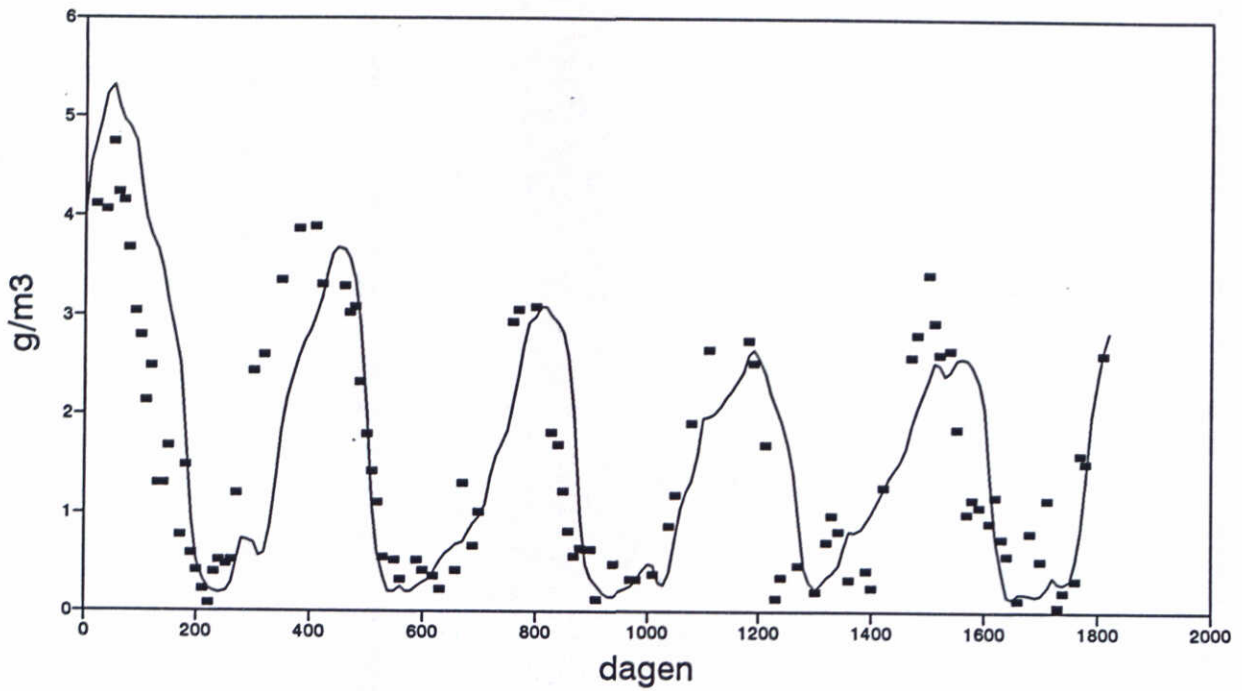
## Volkerak oost diep OPO4



Figuur 16



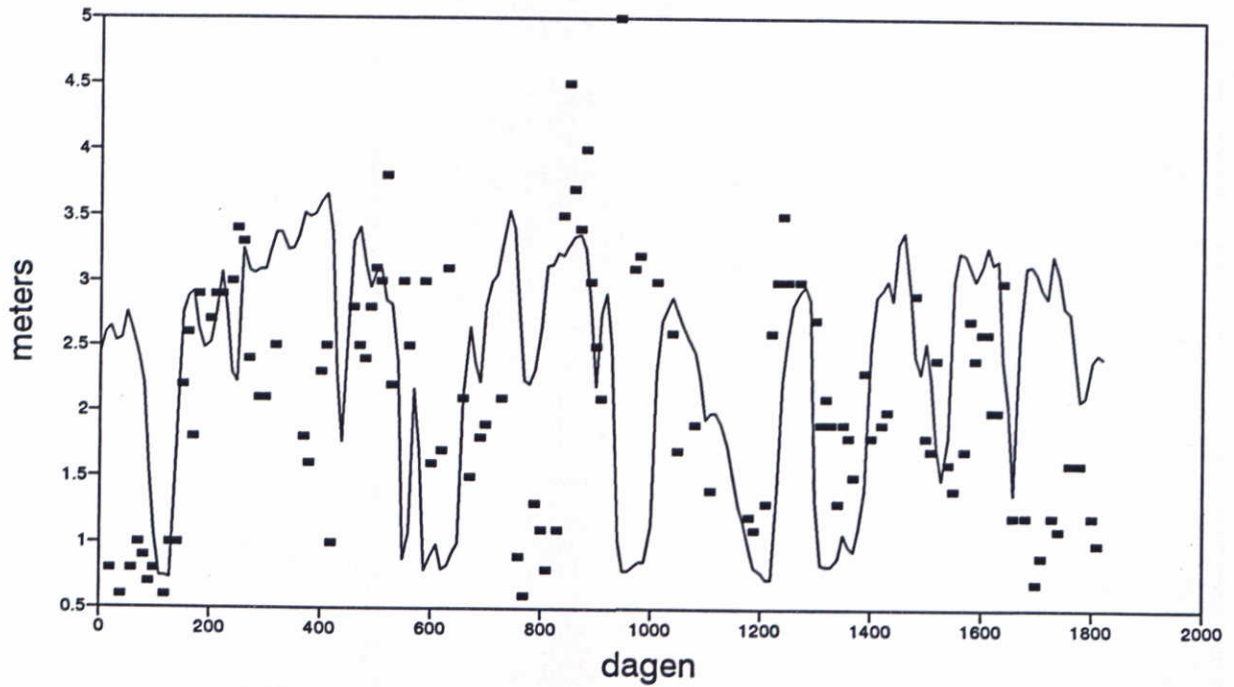
### Volkerak oost diep SiO<sub>4</sub>



Figuur 17

— Berekend ■ Gemeten

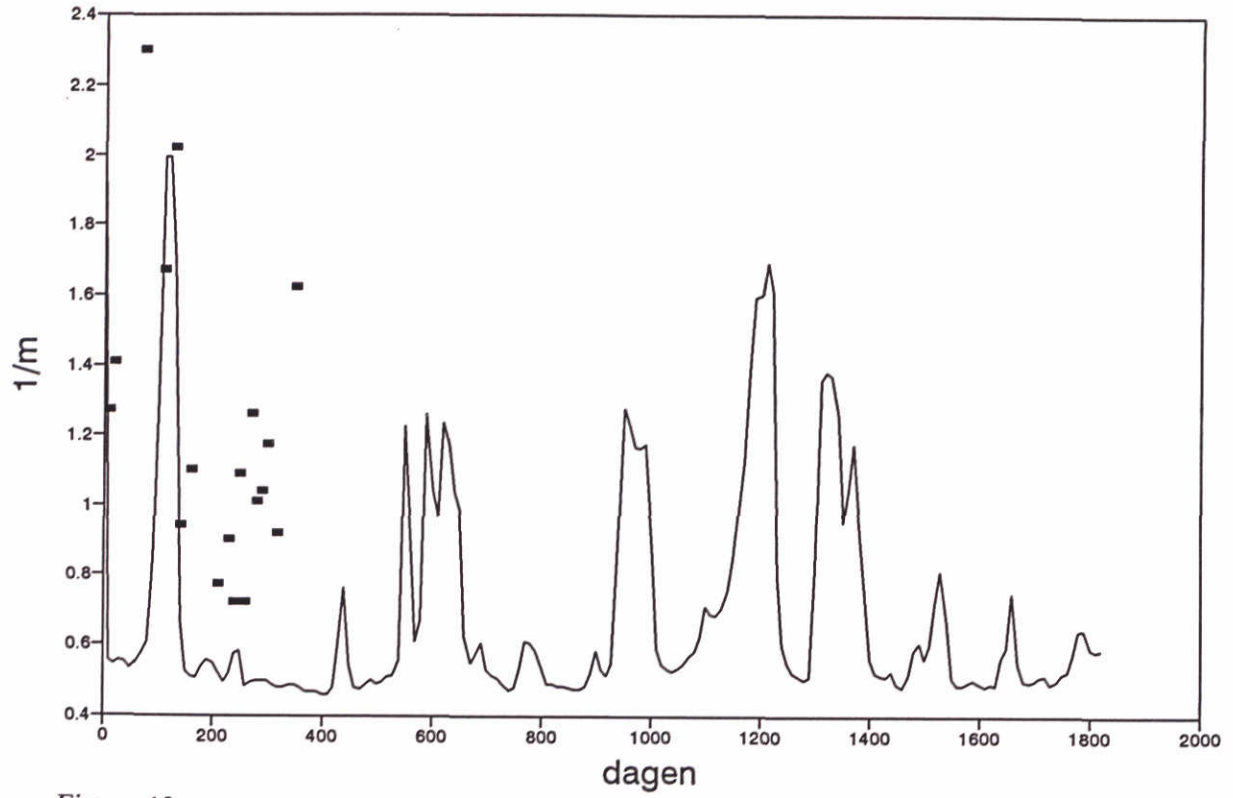
### Volkerak oost diep Doorzicht



Figuur 18

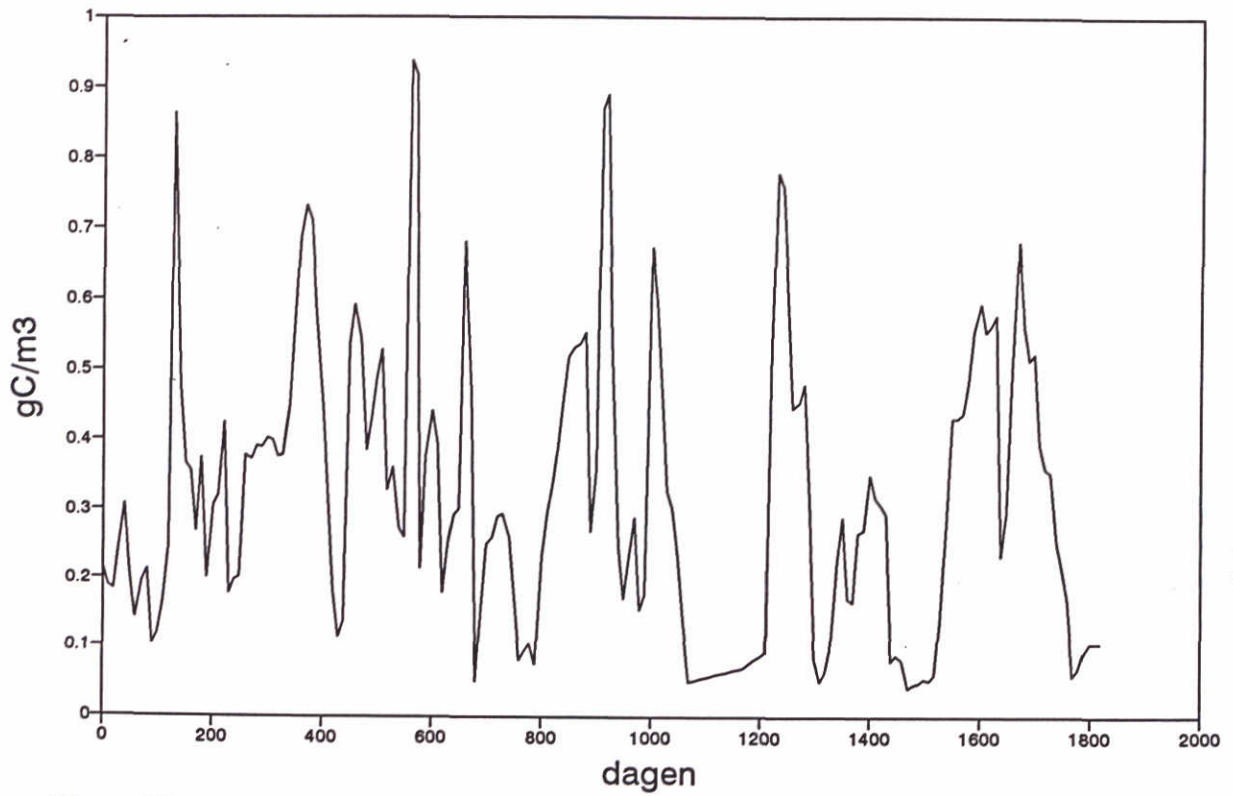
— Berekend ■ Gemeten

## Volkerak oost diep Extinctie



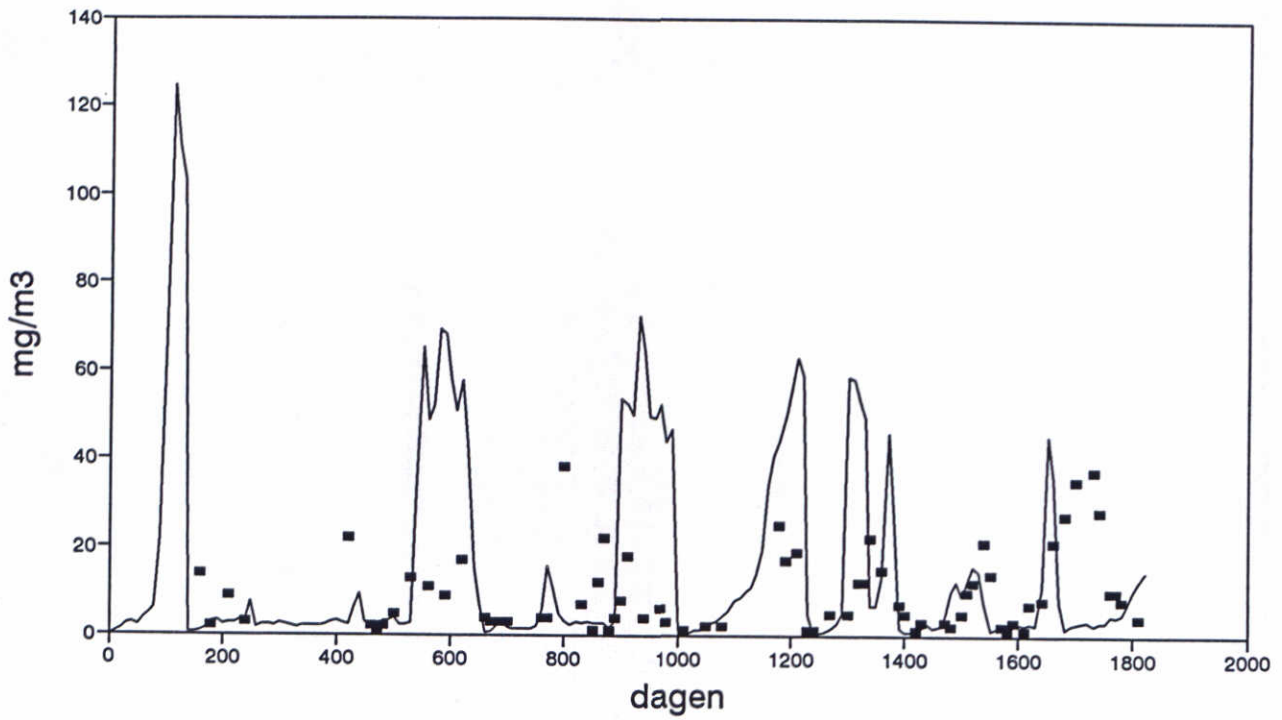
Figuur 19

## Volkerak oost diep Zooplanktonbiomassa

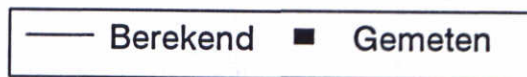


Figuur 20

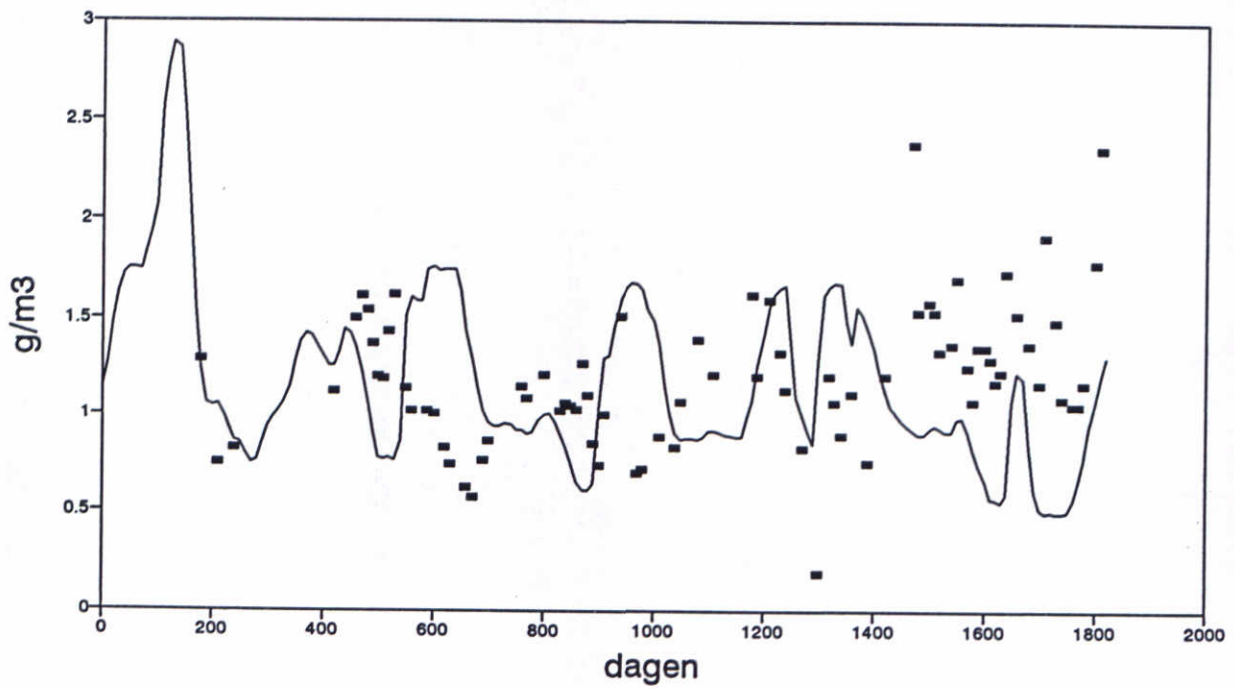
### Volkerak west diep Chlorofyl



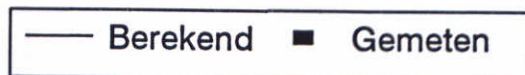
Figuur 21



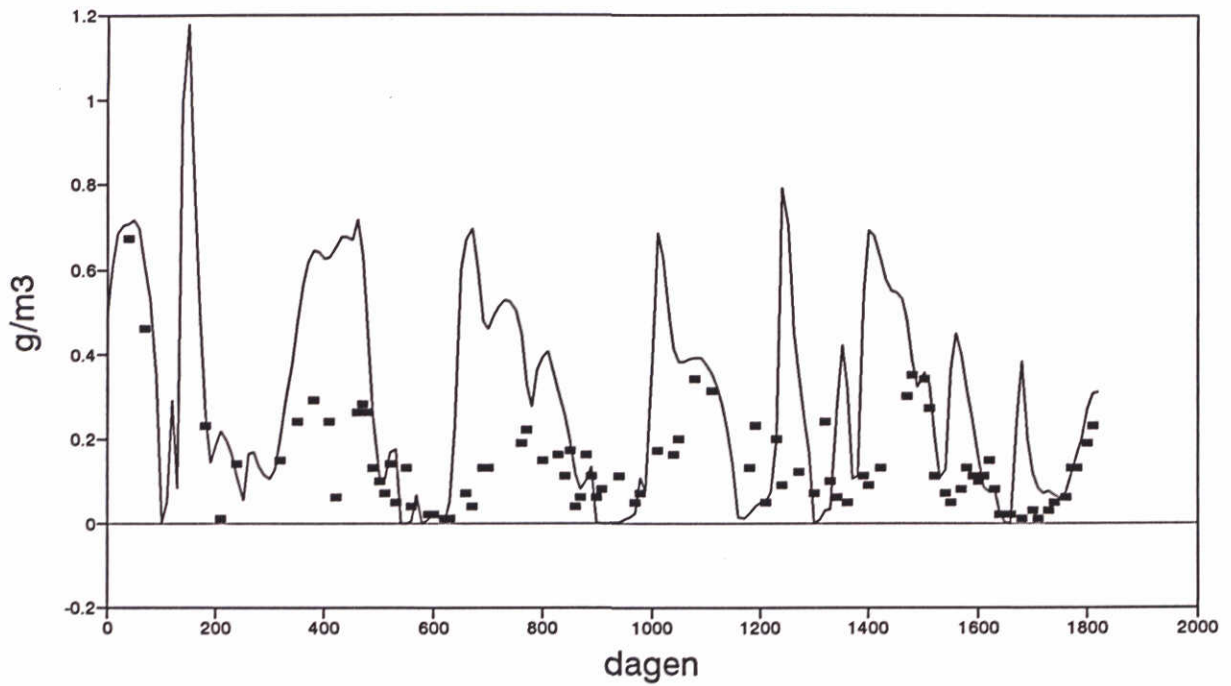
### Volkerak west diep Kjeldahl



Figuur 22



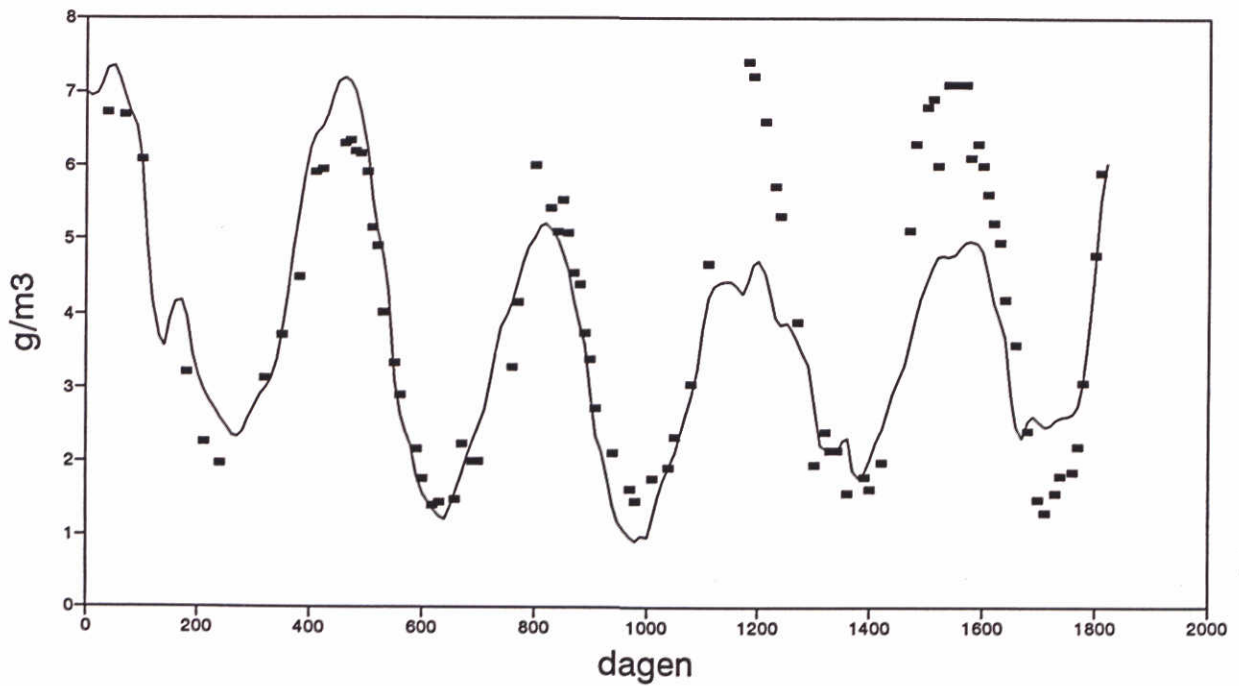
### Volkerak west diep NH4



Figuur 23

— Berekend ■ Gemeten

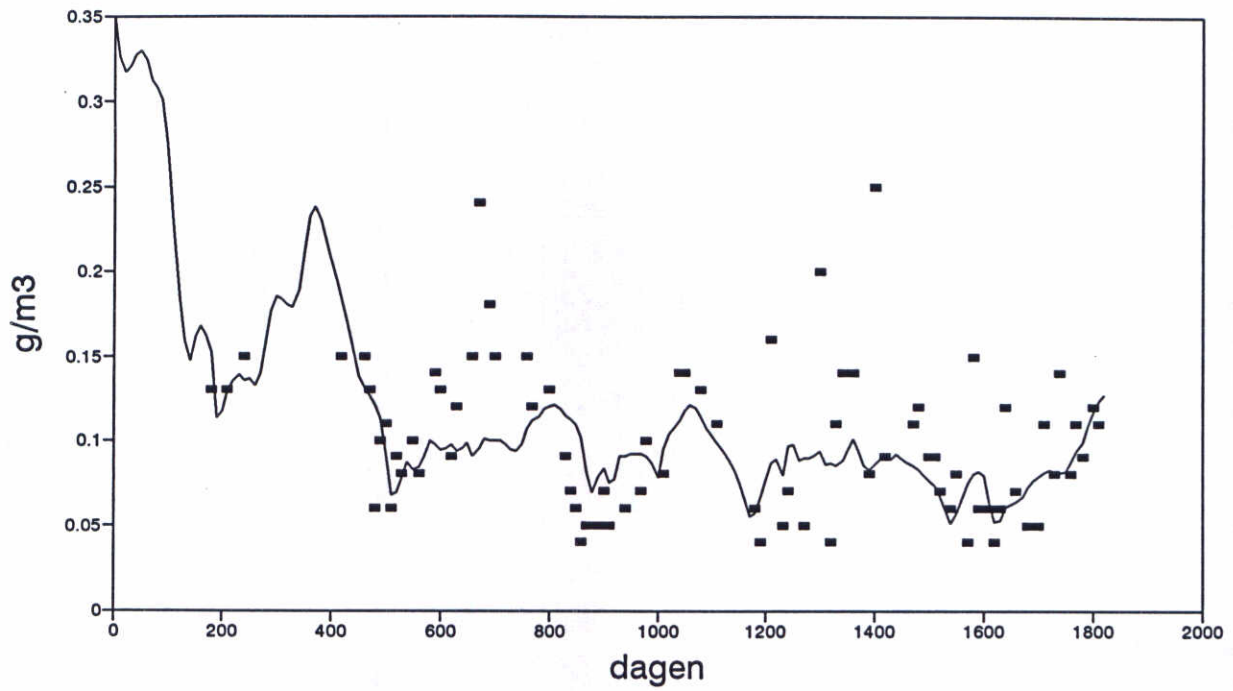
### Volkerak west diep NO3



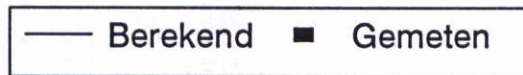
Figuur 24

— Berekend ■ Gemeten

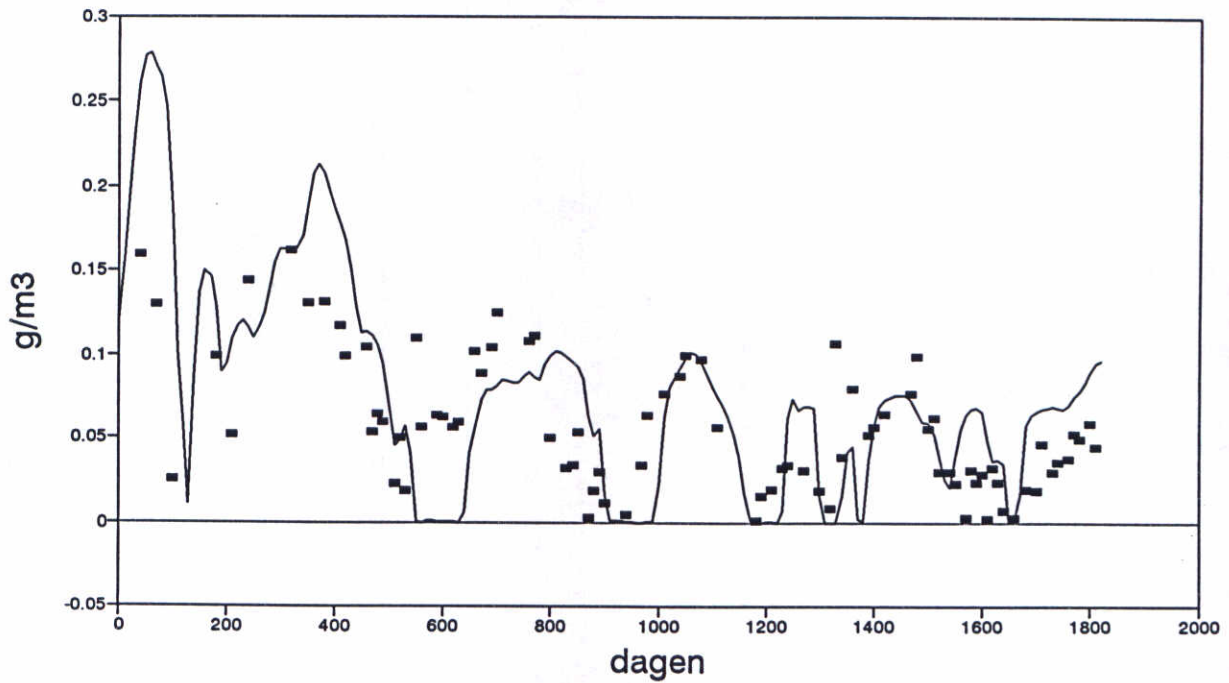
### Volkerak west diep Tot-P



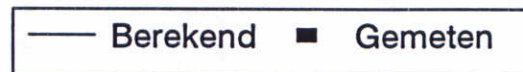
Figuur 25



### Volkerak west diep OPO4

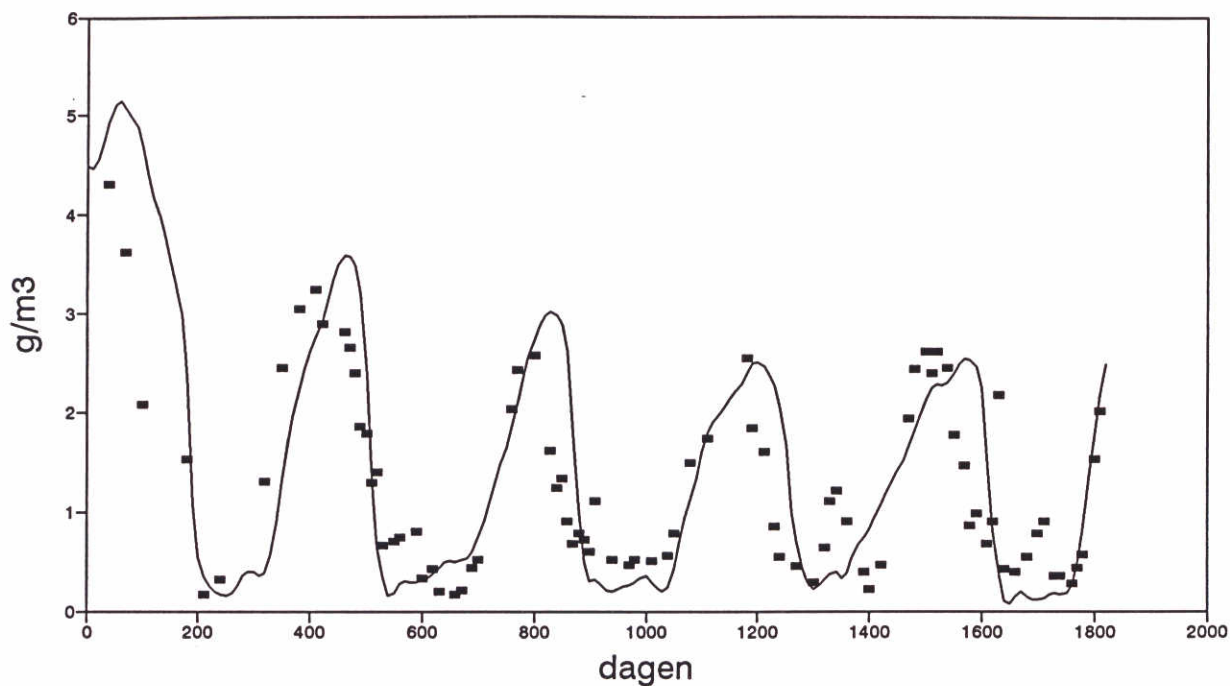


Figuur 26





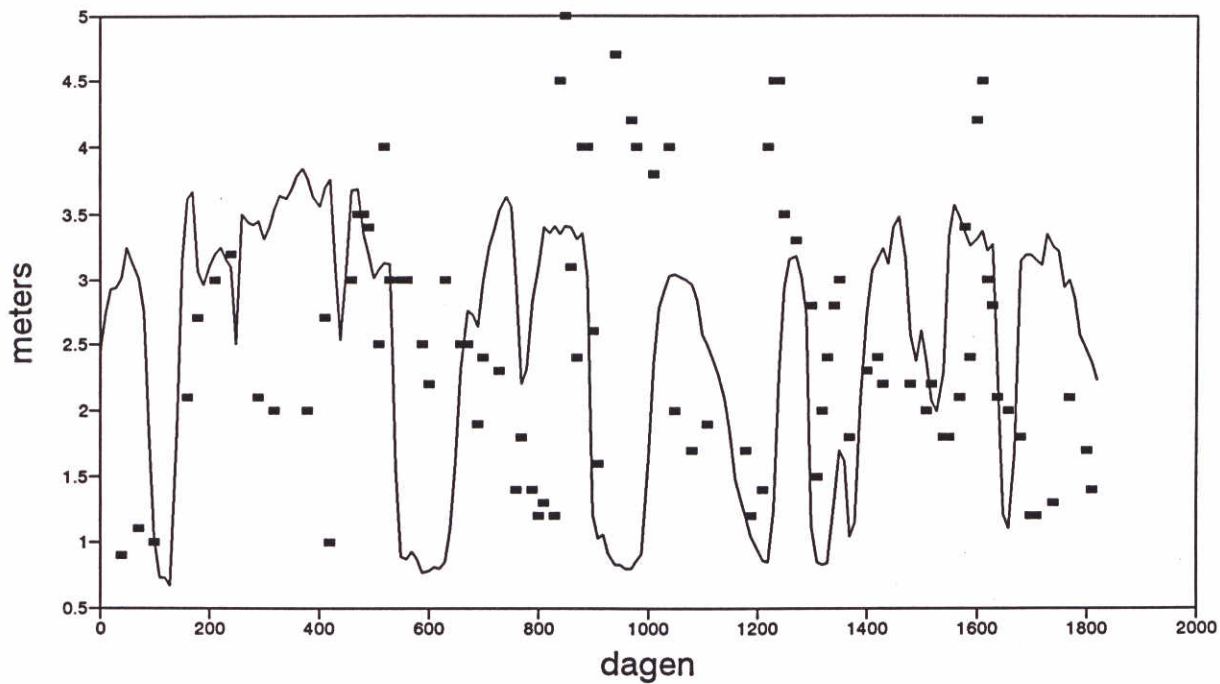
### Volkerak west diep SiO<sub>4</sub>



Figuur 27



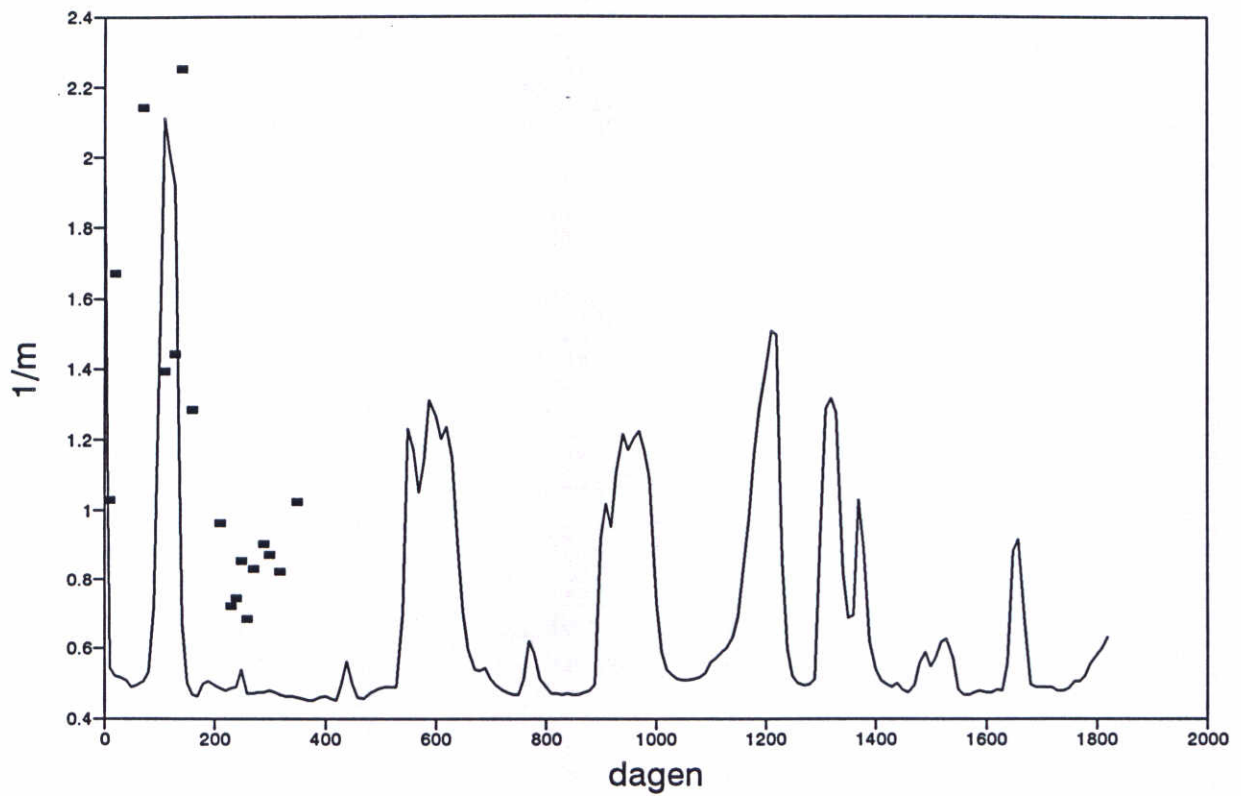
### Volkerak west diep Doorzicht



Figuur 28

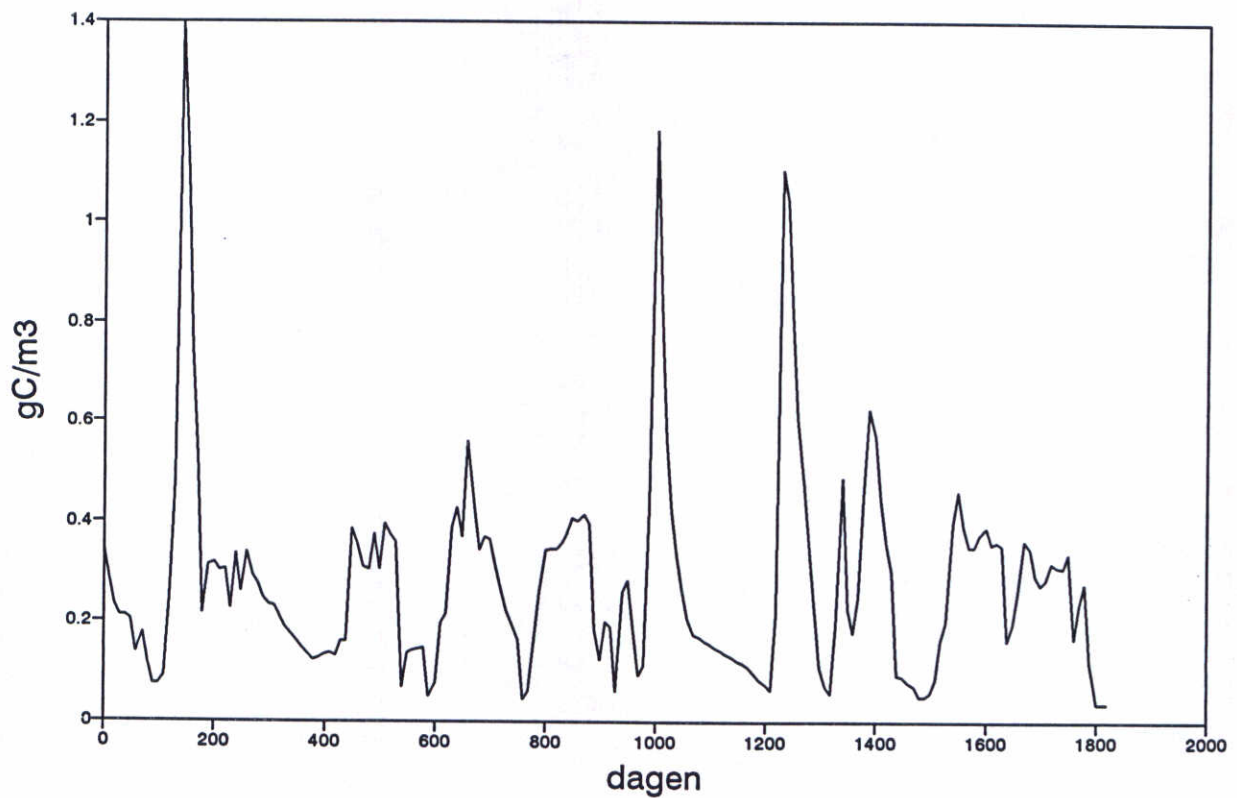


## Volkerak west diep Extinctie



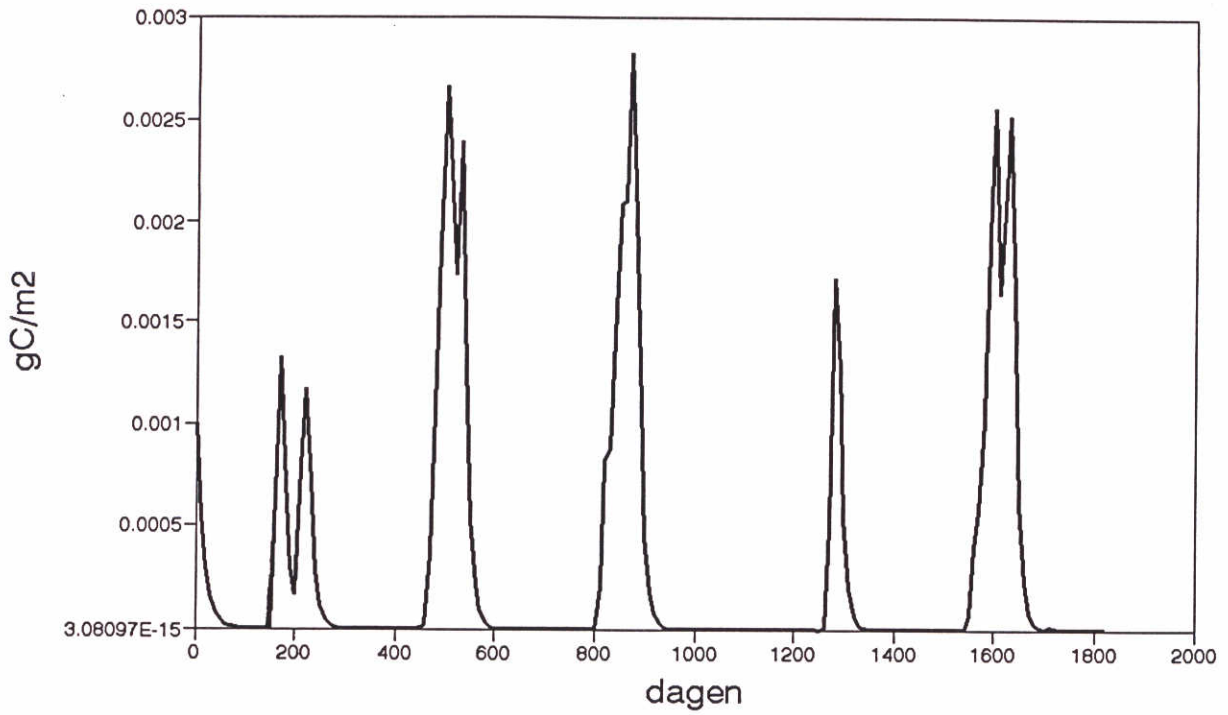
Figuur 29

## Volkerak west diep Zooplanktonbiomassa



Figuur 30

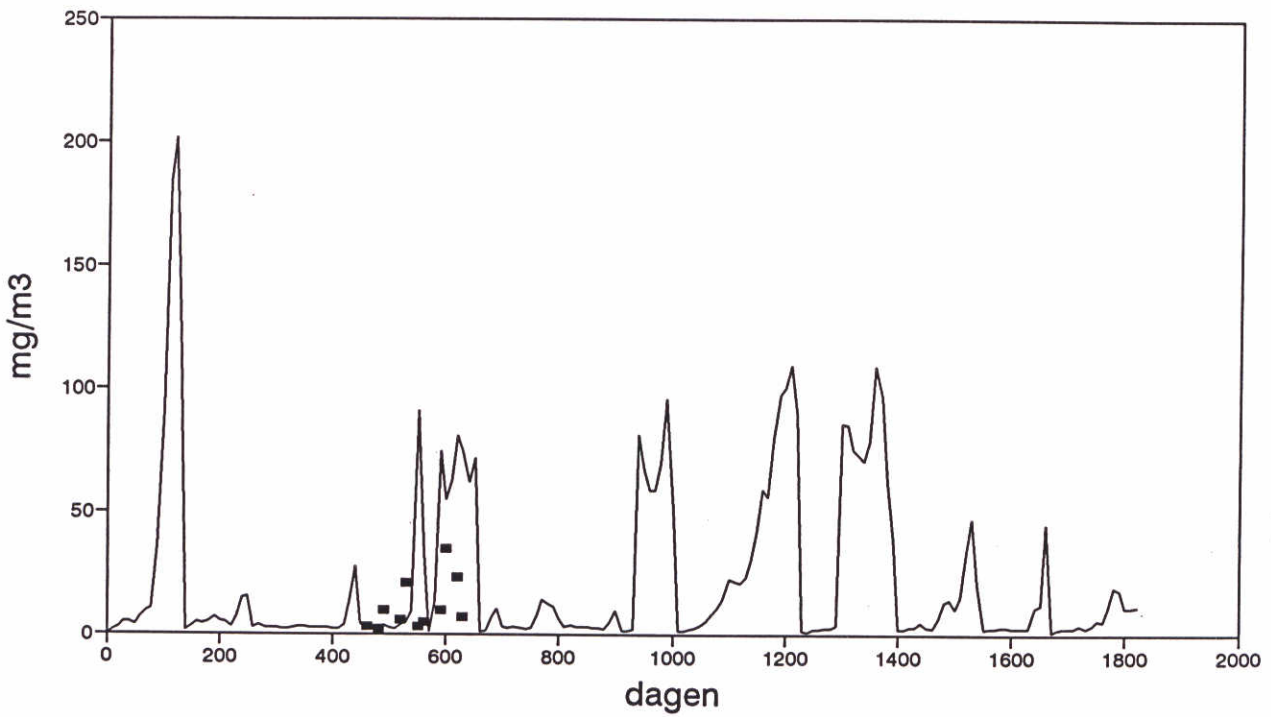
### Volkerak west diep Biomassa bodemalgen



Figuur 31

— Berekend

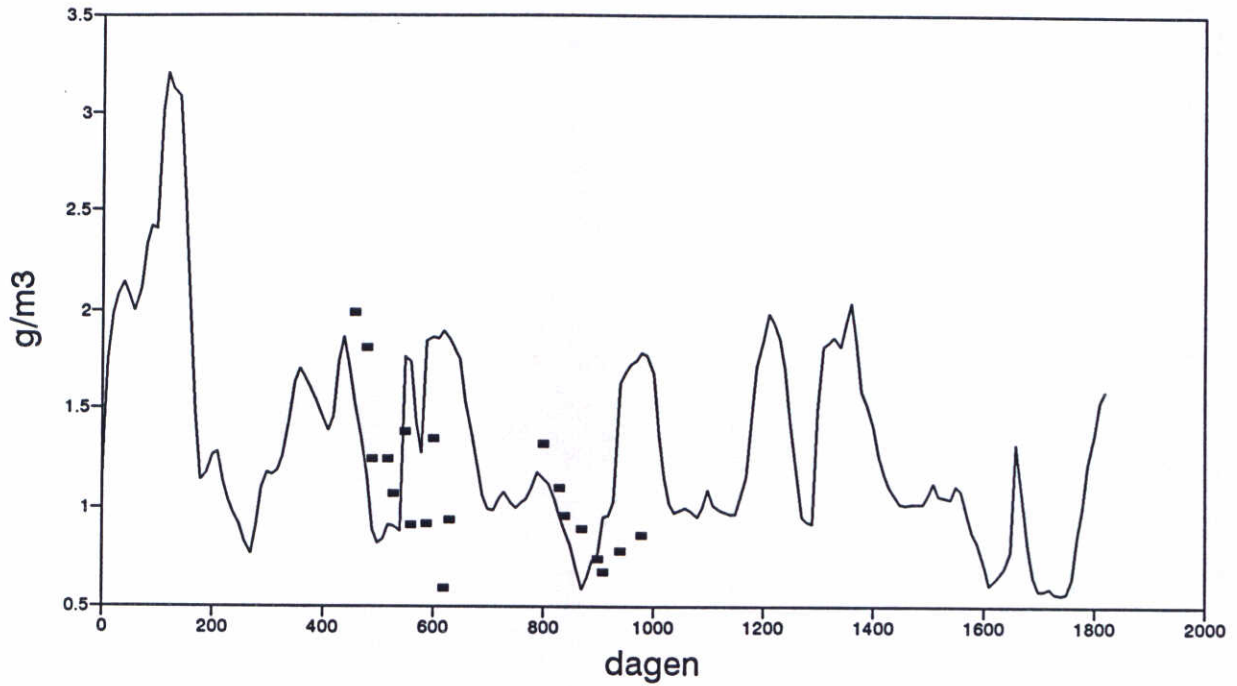
### Volkerak oost ondiep Chlorofyl



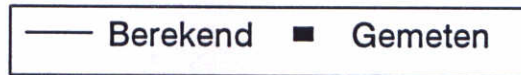
Figuur 32

— Berekend ■ Gemeten

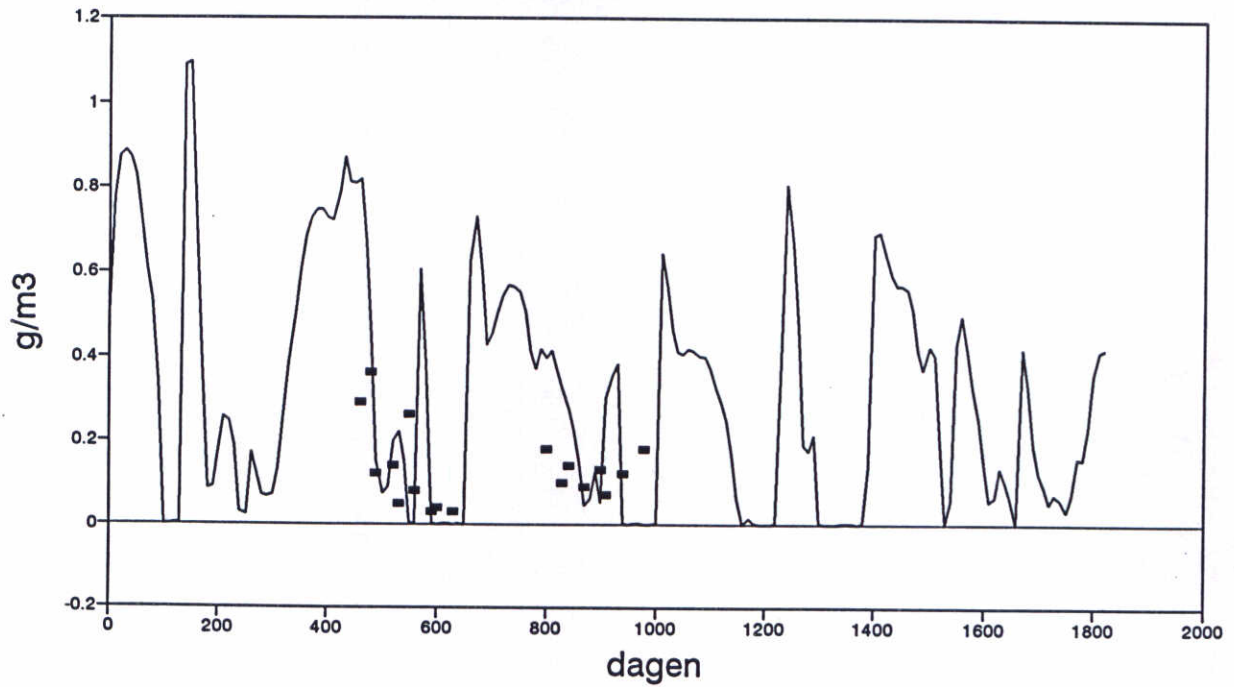
### Volkerak oost ondiep Kjeldahl



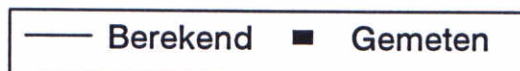
Figuur 33



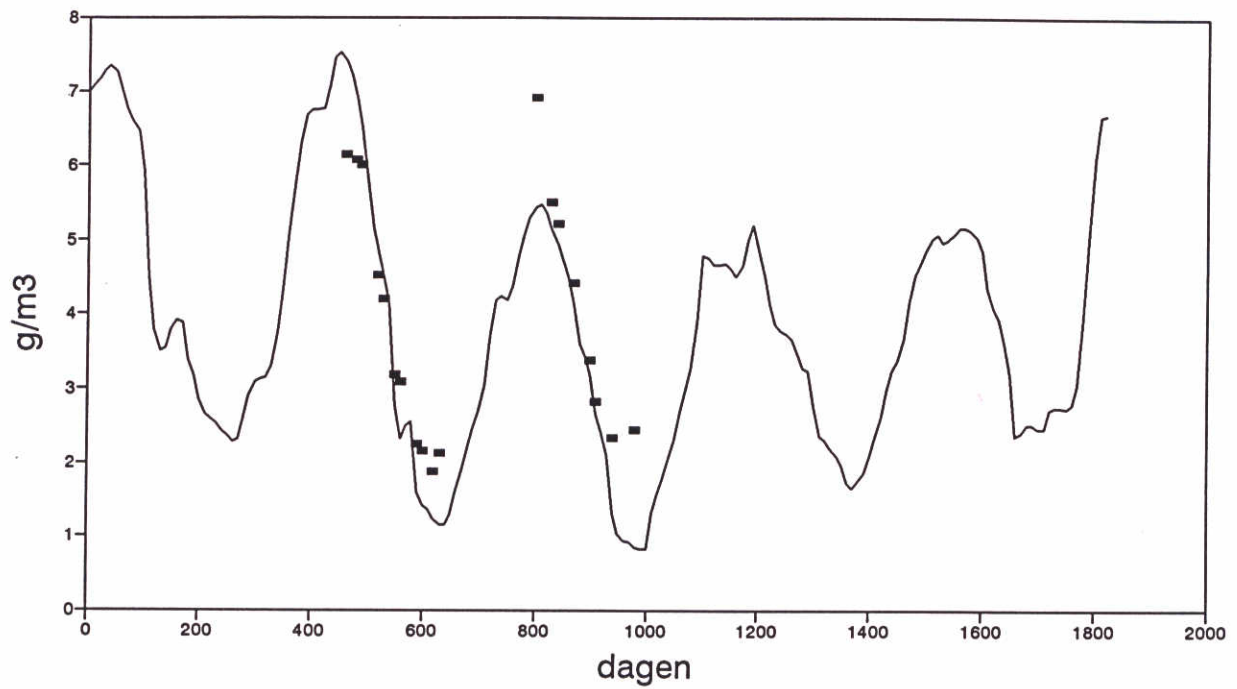
### Volkerak oost ondiep NH4



Figuur 34



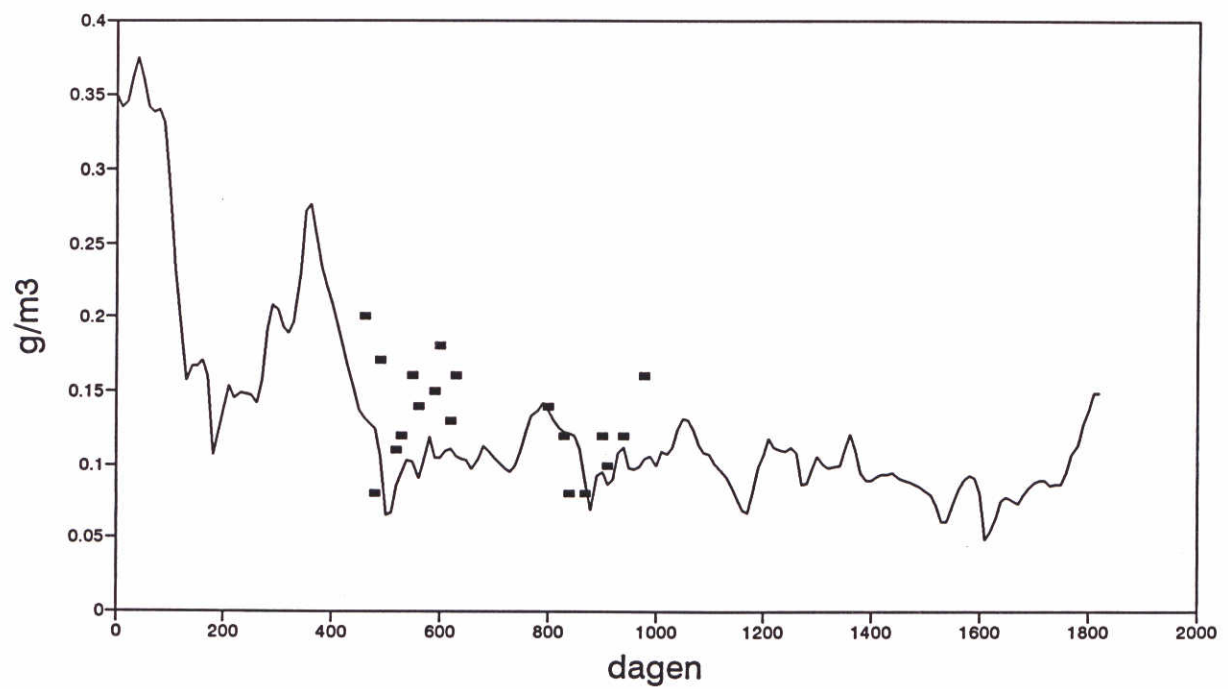
### Volkerak oost ondiep NO3



Figuur 35



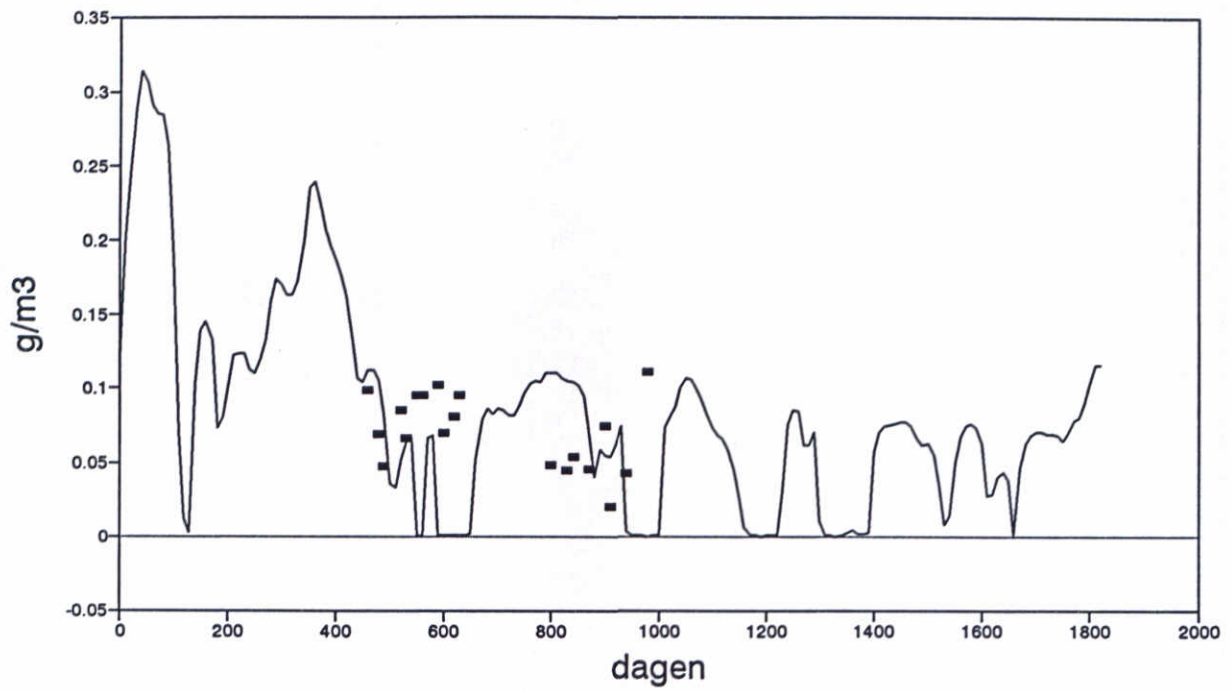
### Volkerak oost ondiep Tot-P



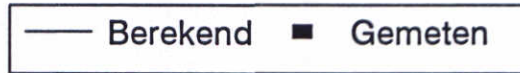
Figuur 36



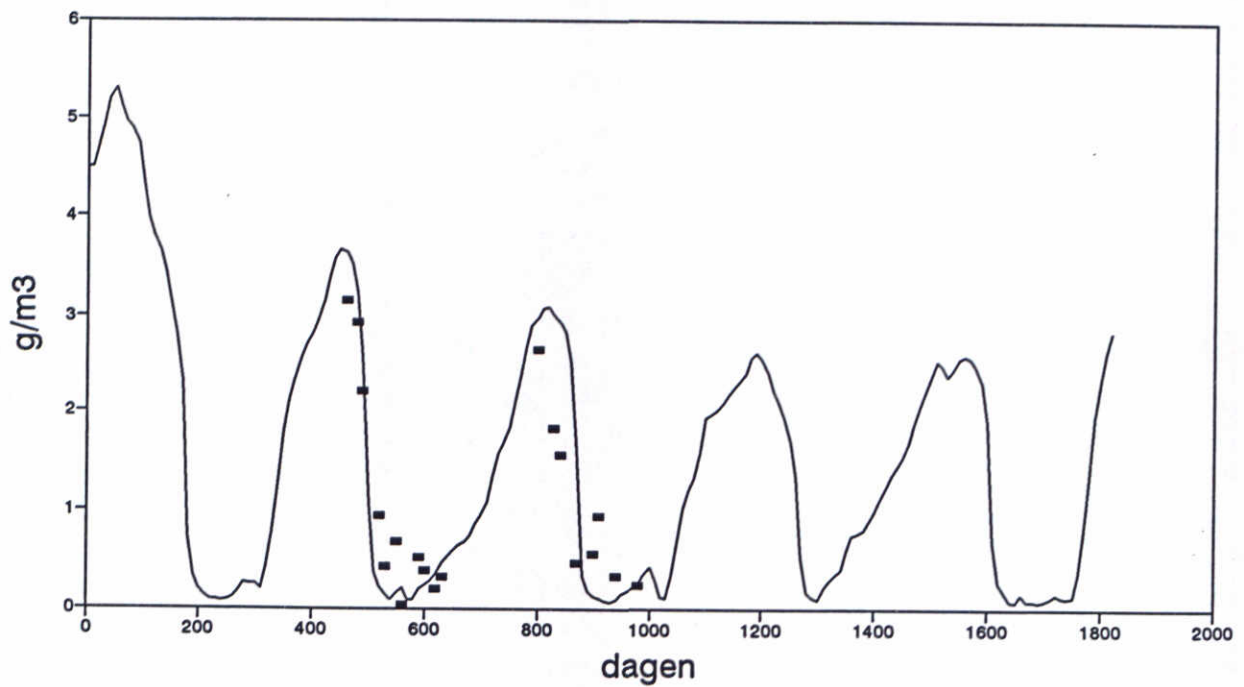
### Volkerak oost ondiep OPO4



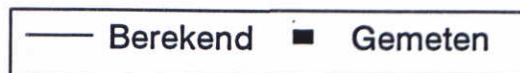
Figuur 37



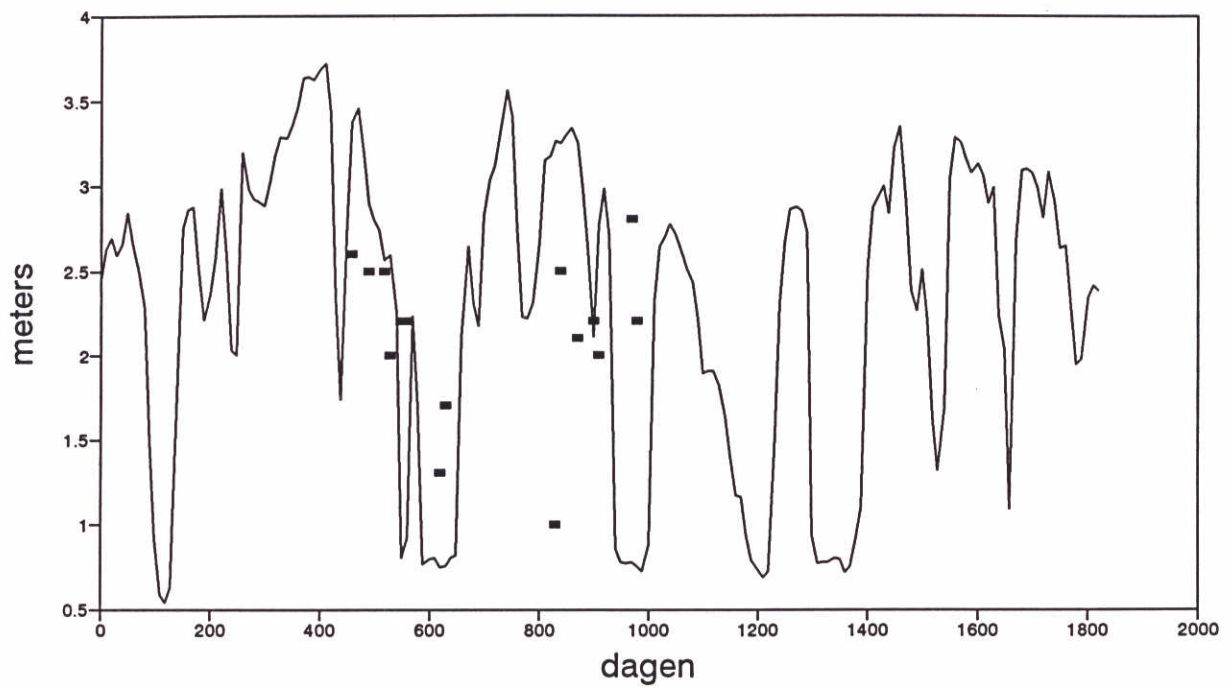
### Volkerak oost ondiep SiO4



Figuur 38



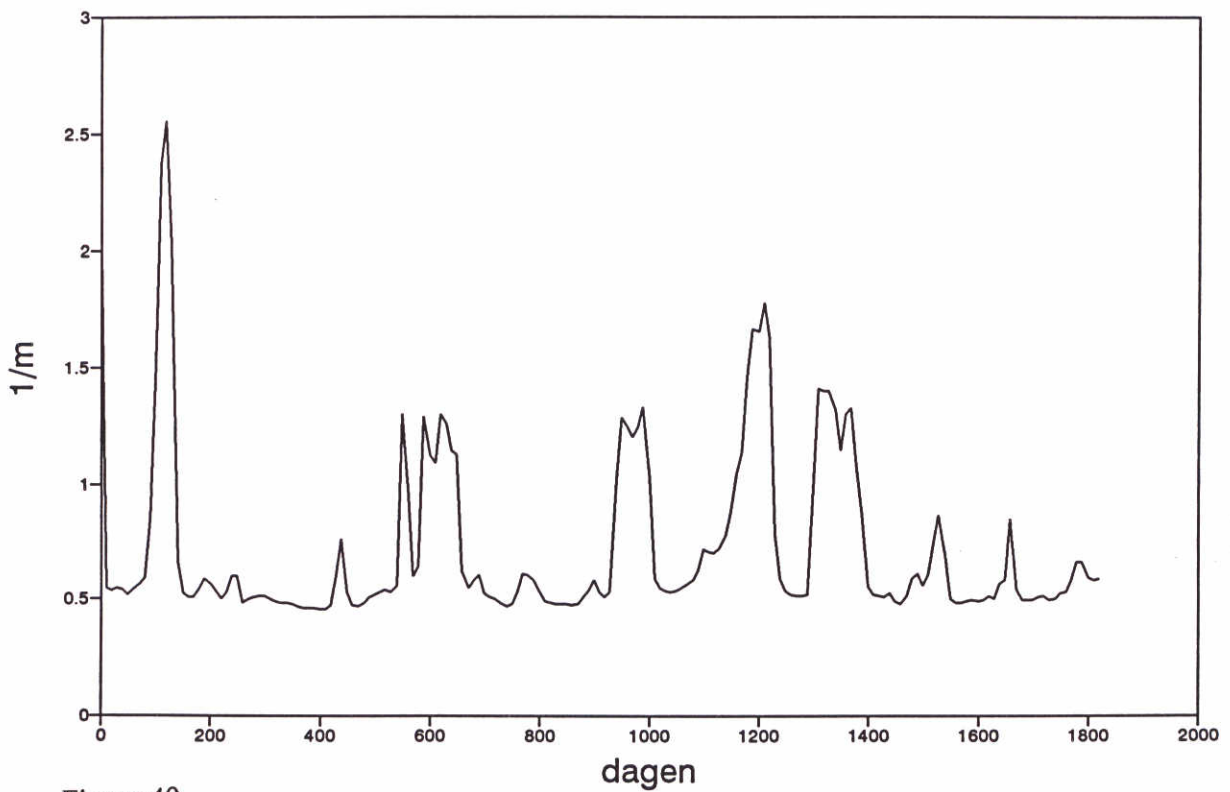
### Volkerak oost ondiep Doorzicht



Figuur 39

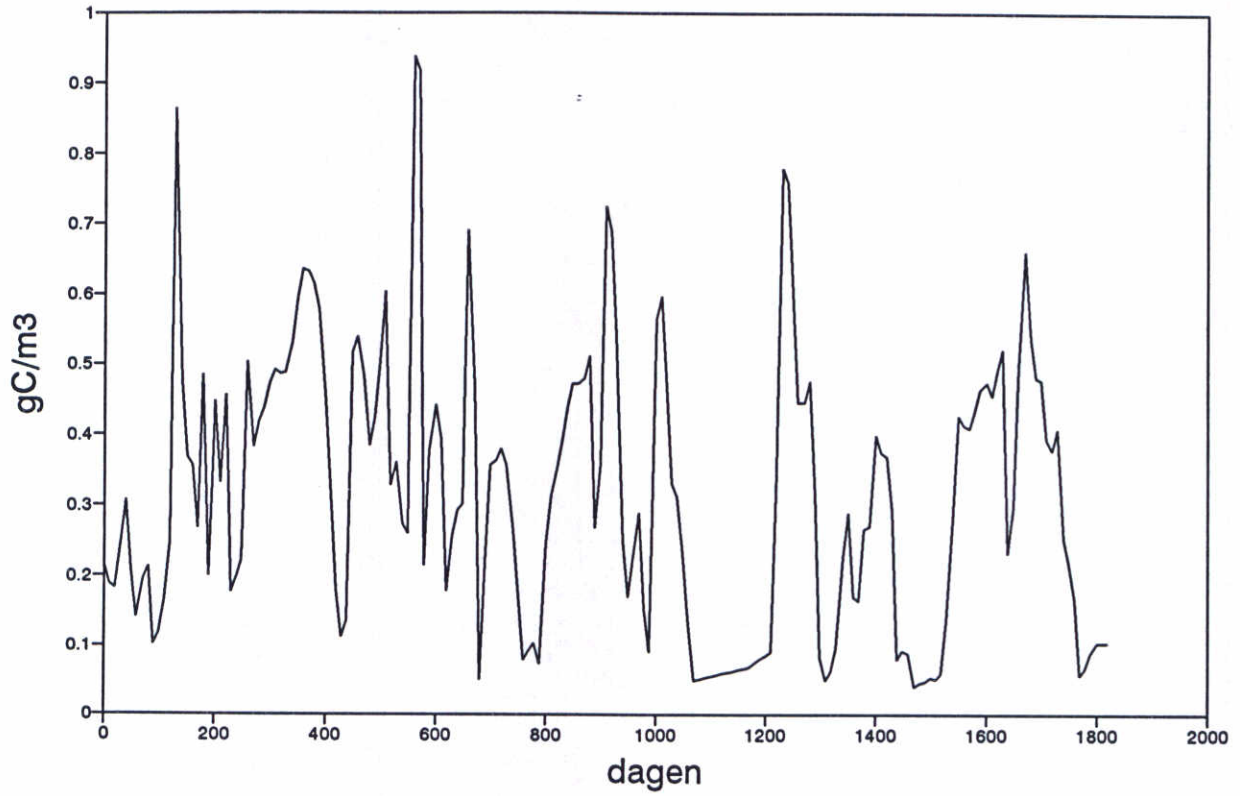


### Volkerak oost ondiep Extinctie



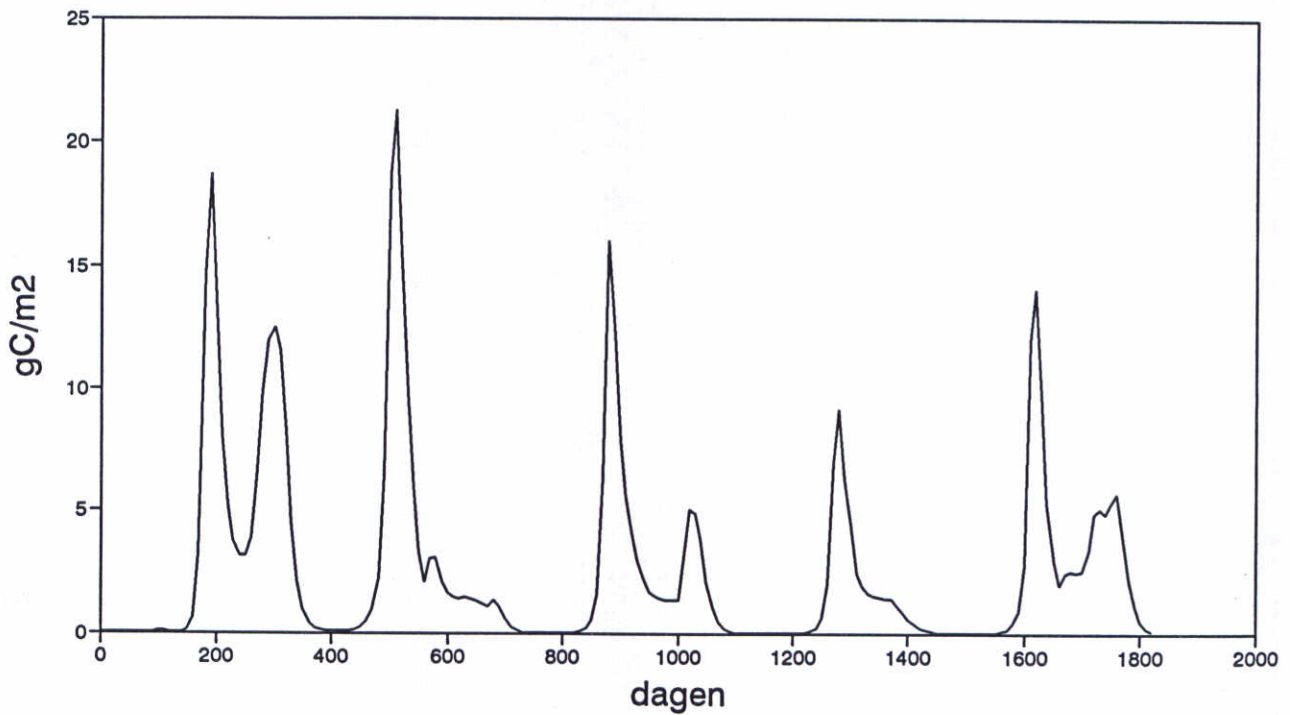
Figuur 40

## Volkerak oost ondiep Zooplanktonbiomassa



Figuur 41

## Volkerak oost ondiep Biomassa bodemalgen

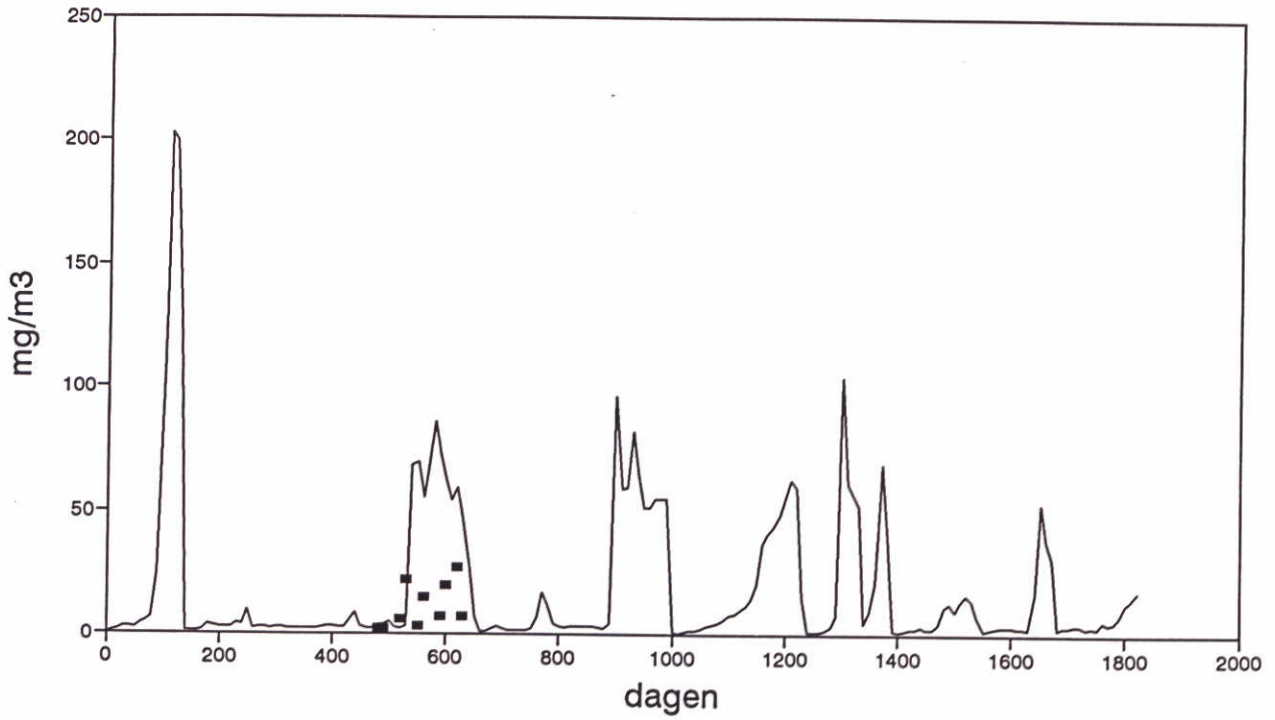


Figuur 42

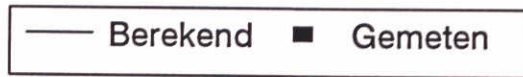
— Berekend



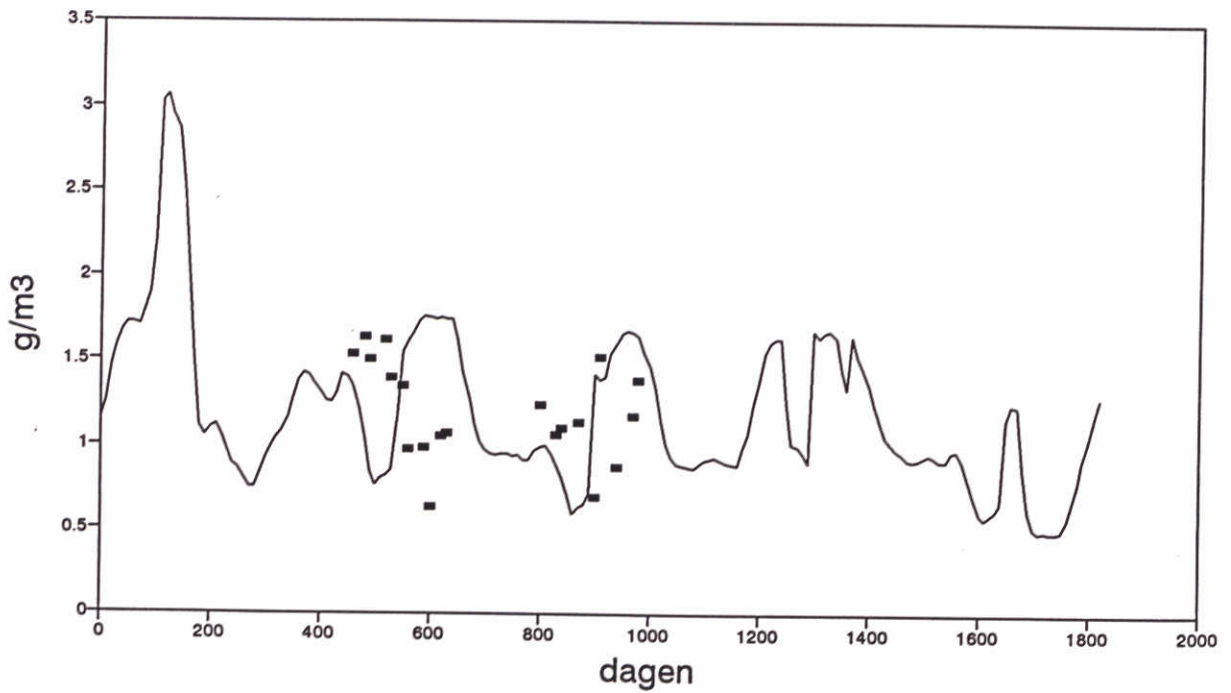
# Volkerak west ondiep Chlorofyl



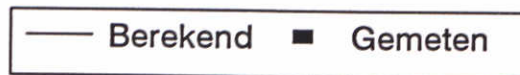
Figuur 43



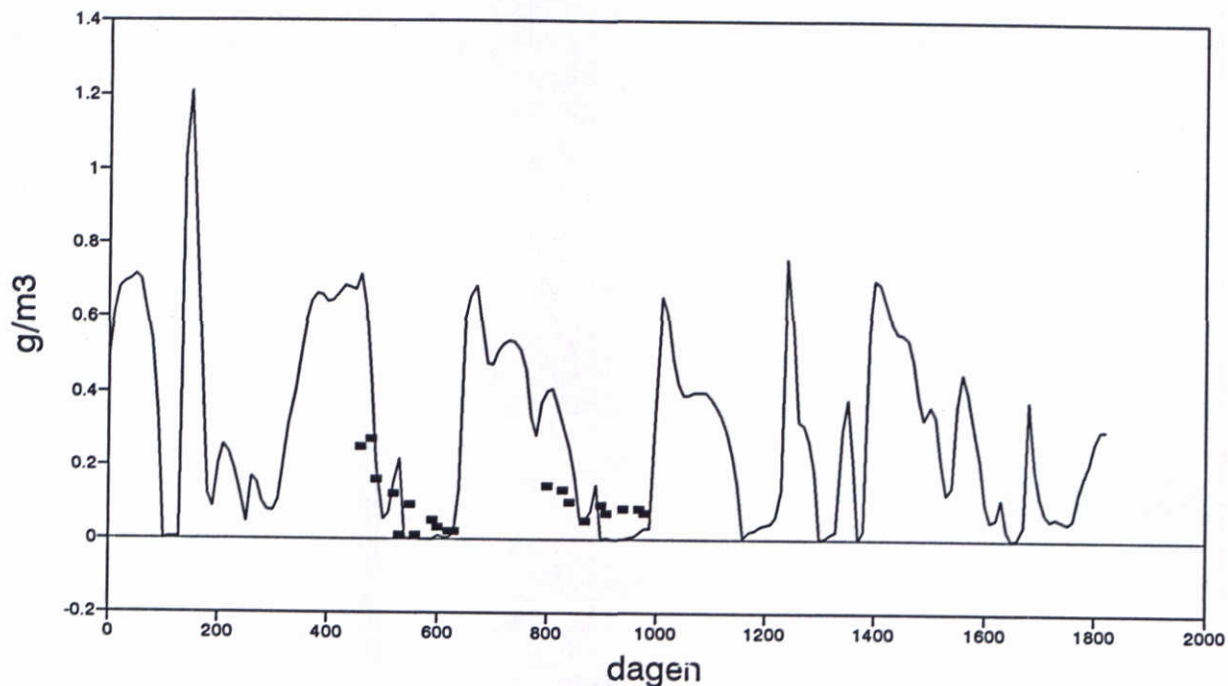
# Volkerak west ondiep Kjeldahl



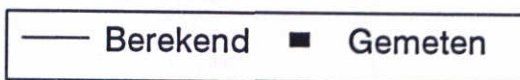
Figuur 44



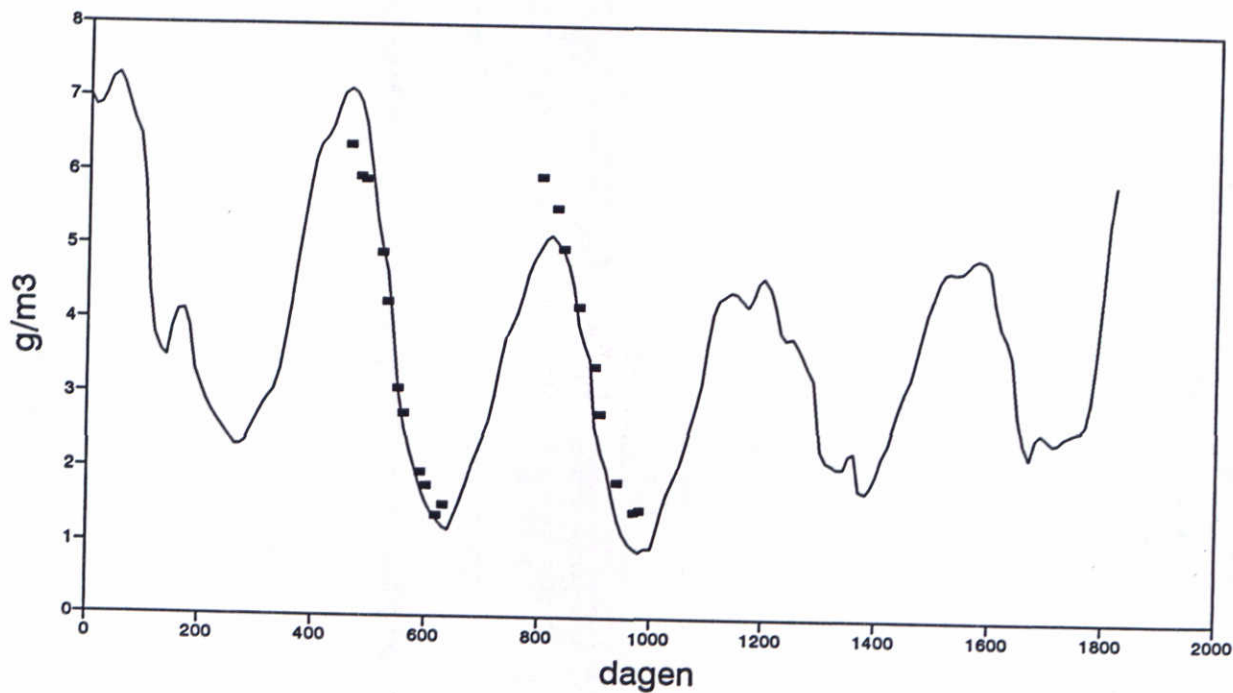
### Volkerak west ondiep NH4



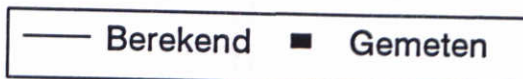
Figuur 45



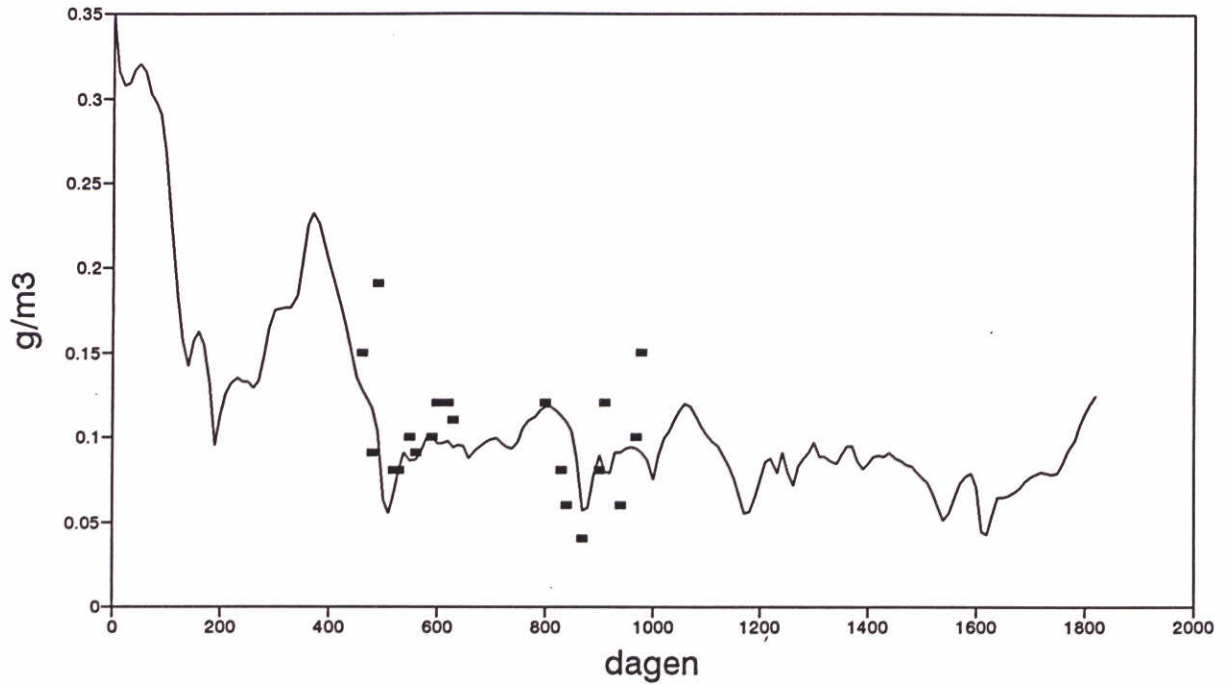
### Volkerak west ondiep NO3



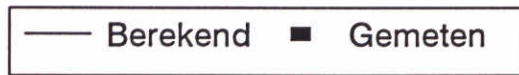
Figuur 46



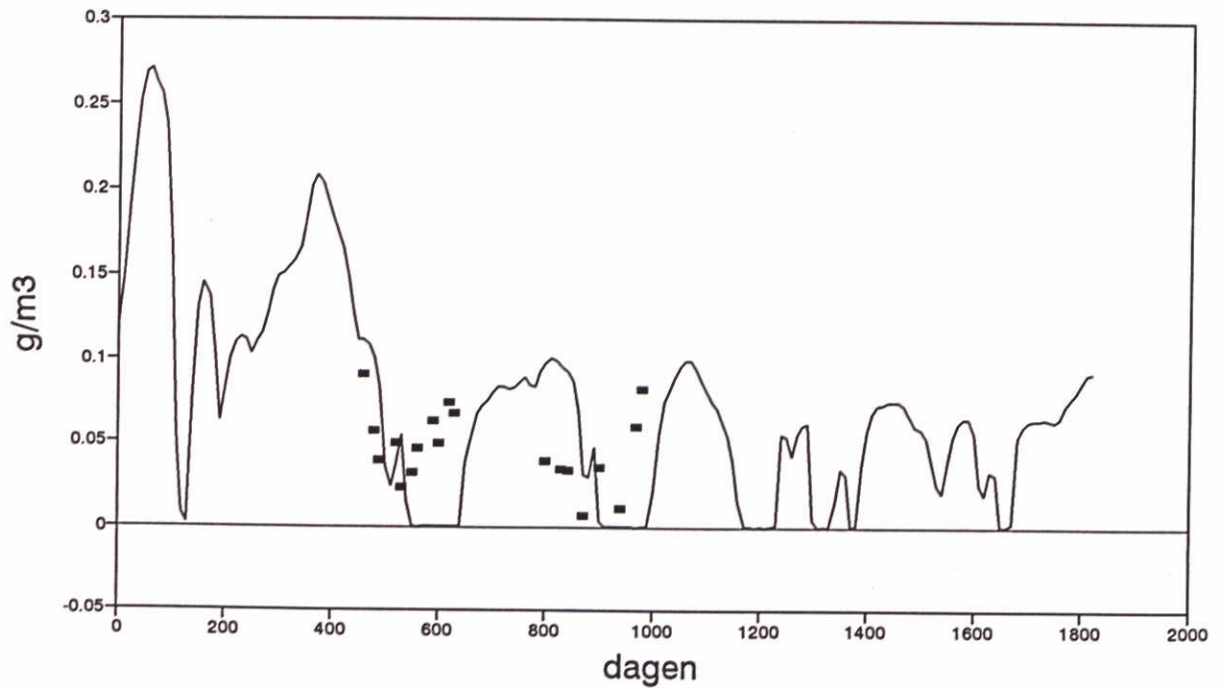
### Volkerak west ondiep Tot-P



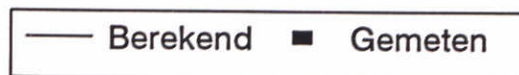
Figuur 47



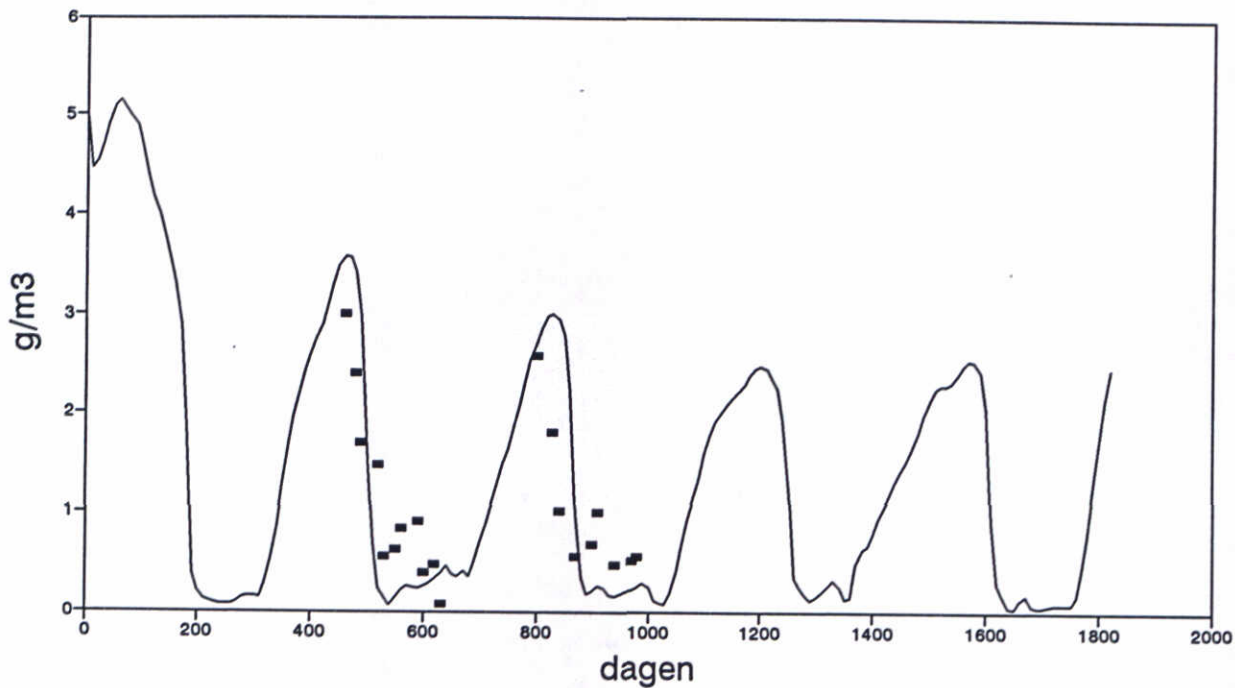
### Volkerak west ondiep OPO4



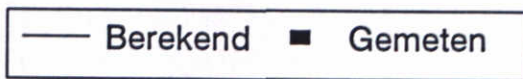
Figuur 48



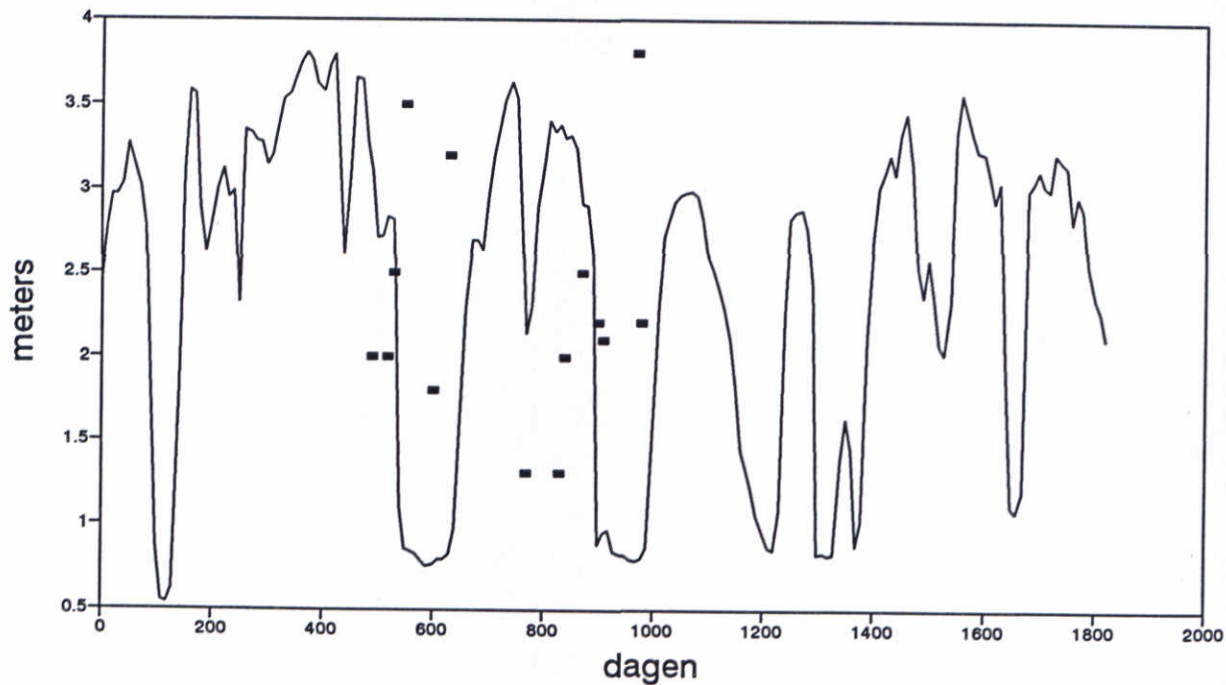
### Volkerak west ondiep SiO<sub>4</sub>



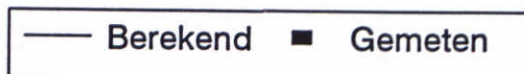
Figuur 49



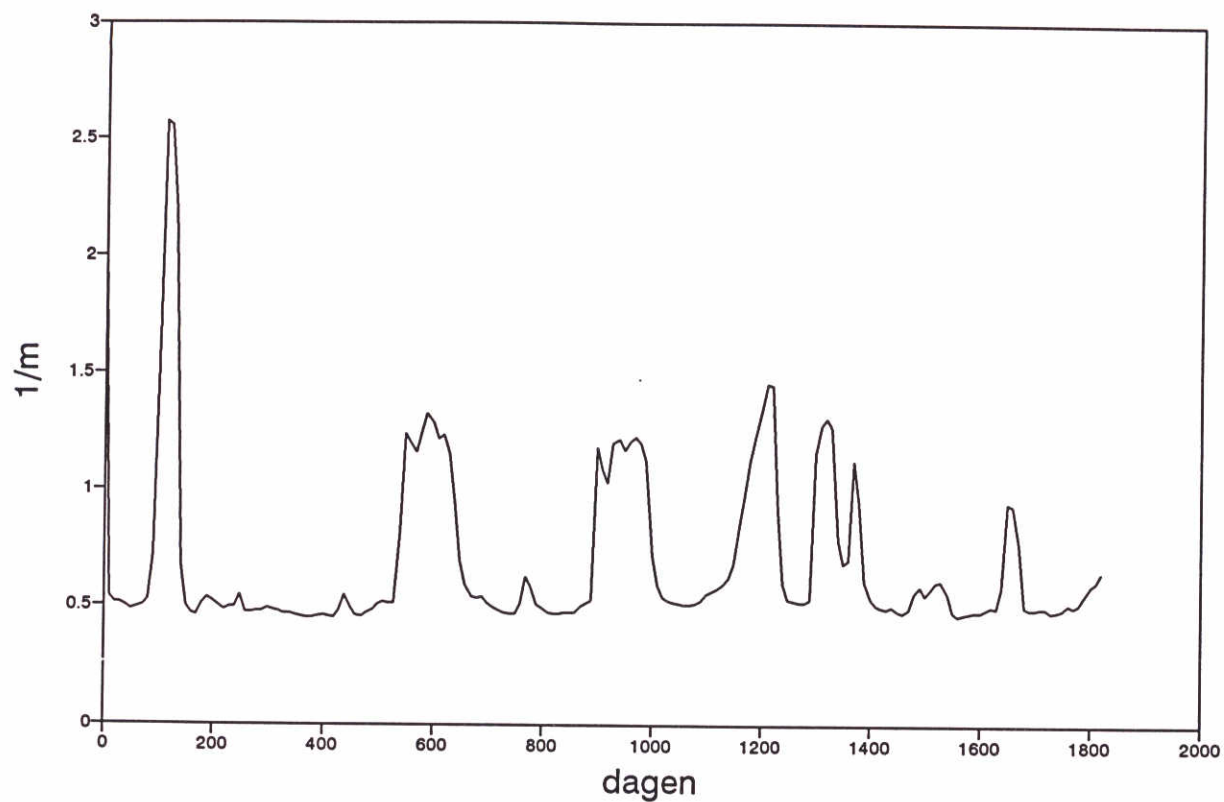
### Volkerak west ondiep Doorzicht



Figuur 50

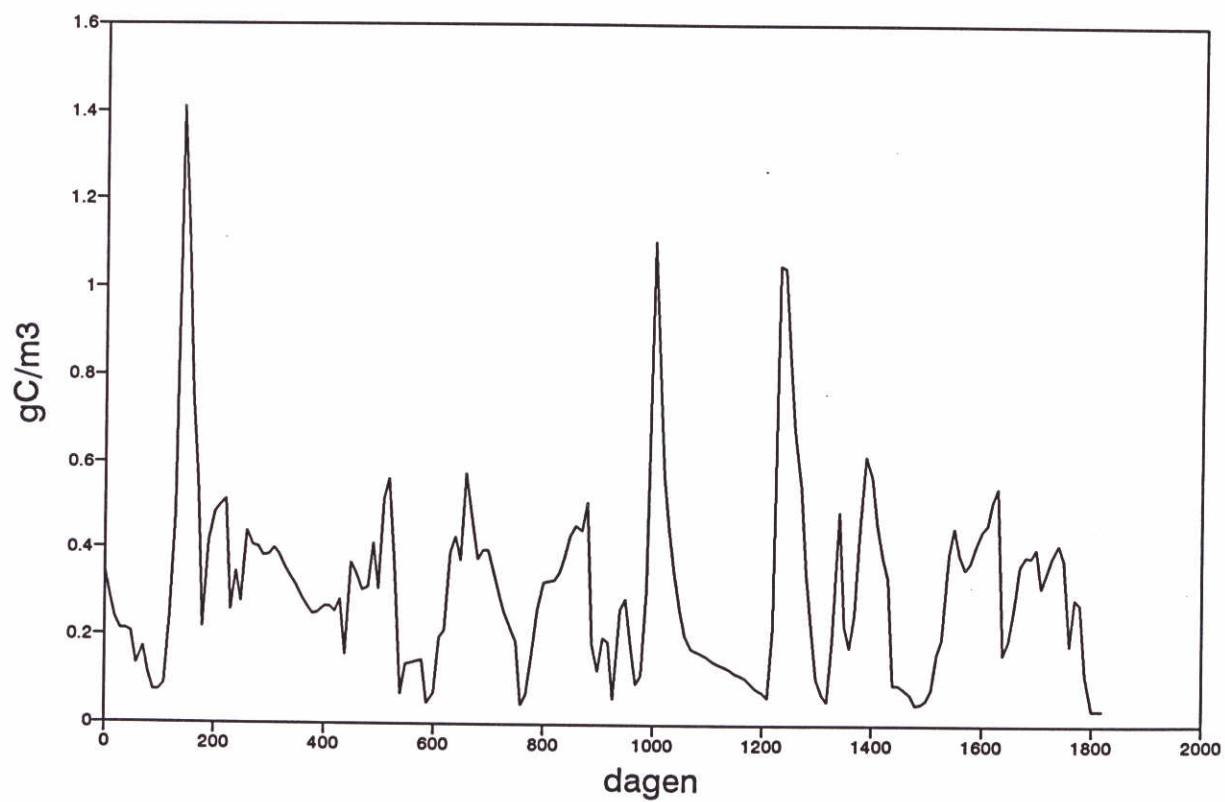


## Volkerak west ondiep Extinctie



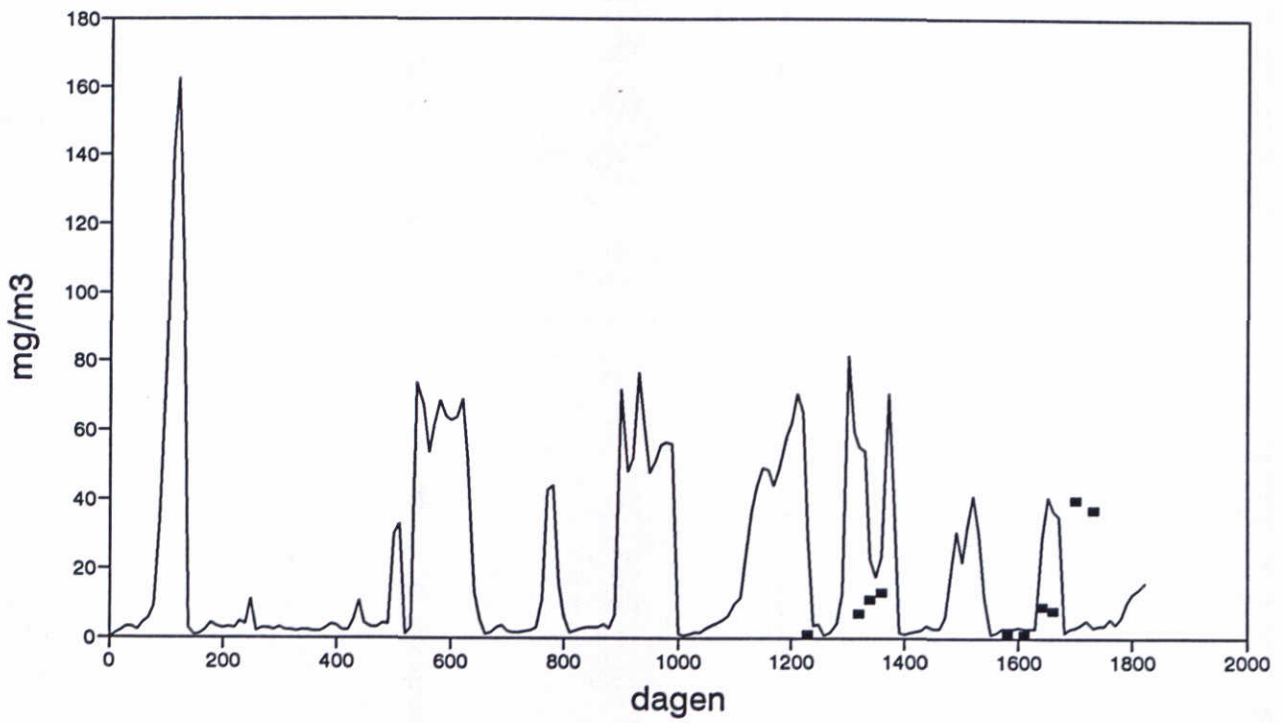
Figuur 51

## Volkerak west ondiep Zooplanktonbiomassa

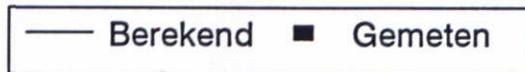


Figuur 52

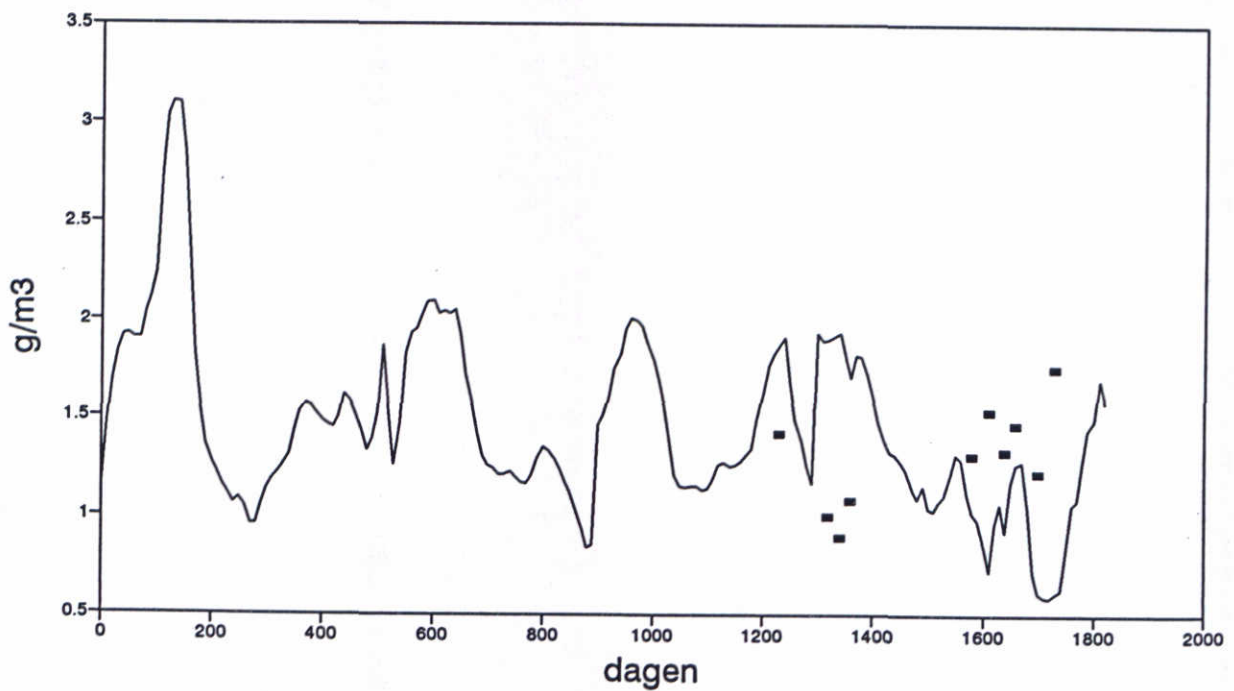
## Eendracht Chlorofyl



Figuur 53



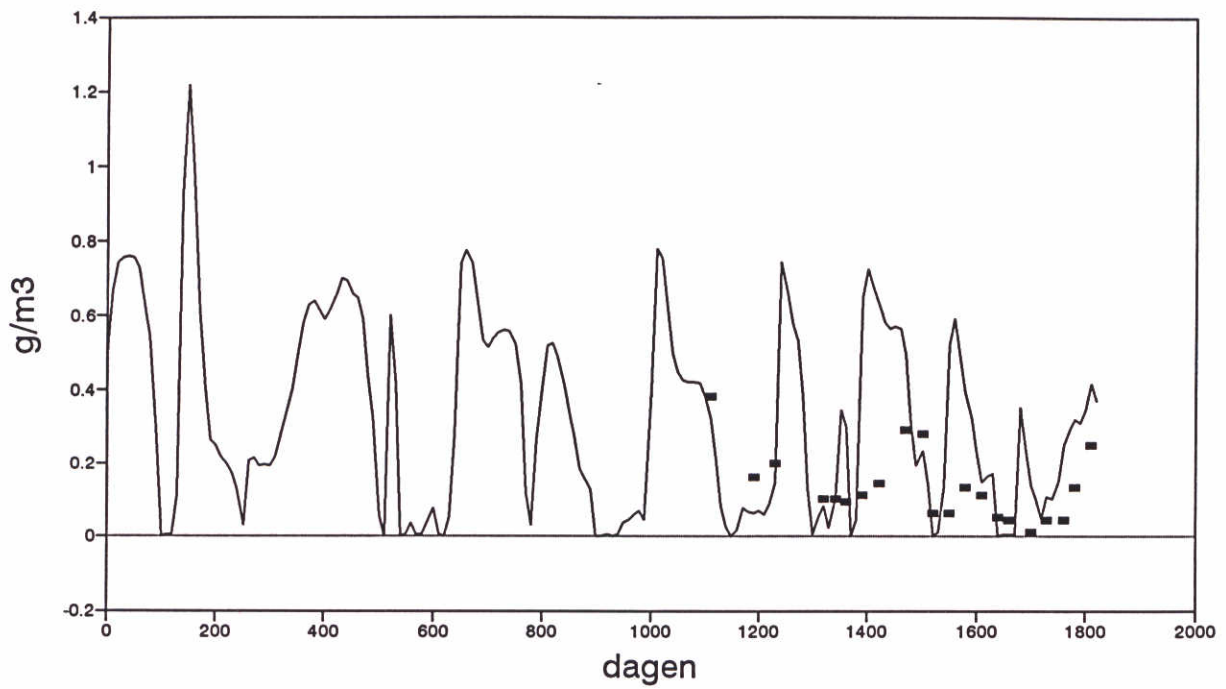
## Eendracht Kjeldahl



Figuur 54



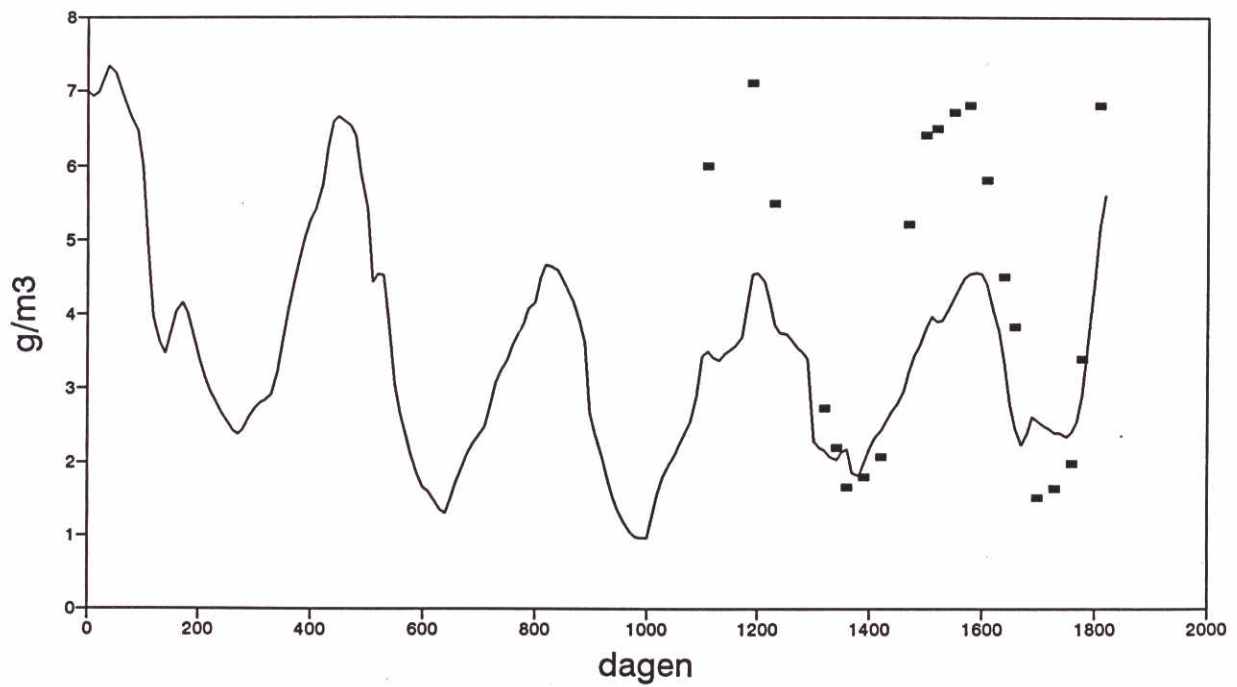
## Eendracht NH4



Figuur 55



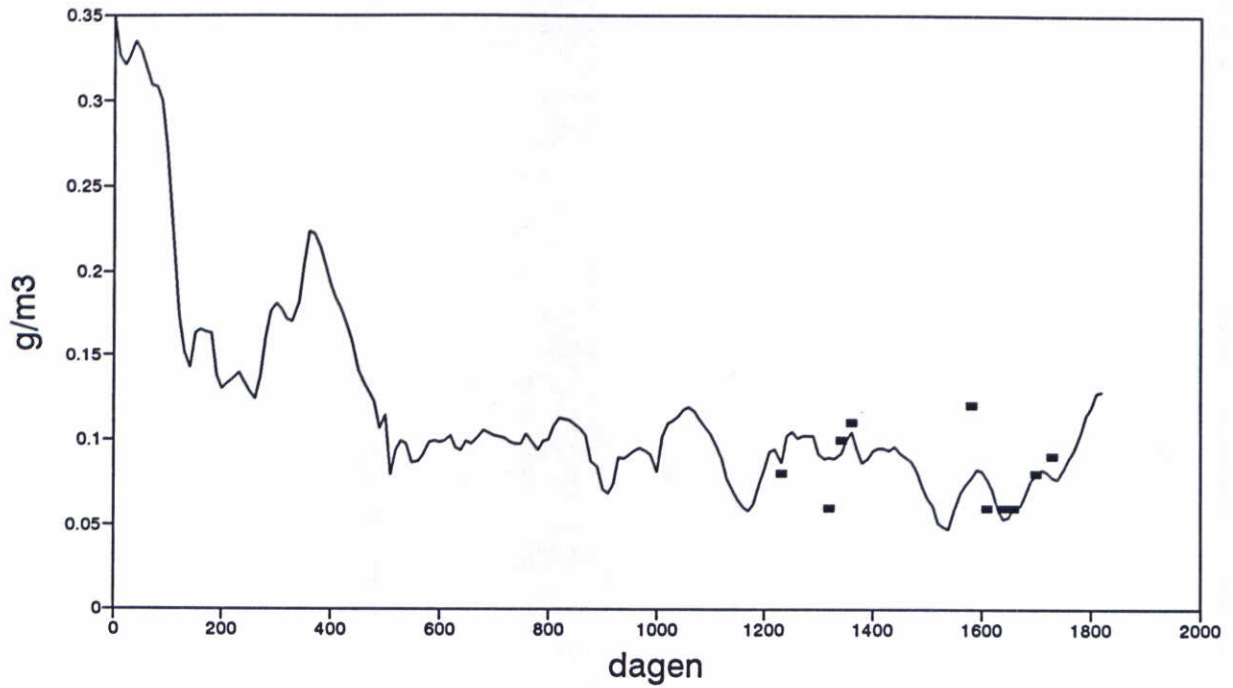
## Eendracht NO3



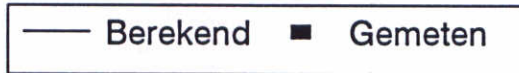
Figuur 56



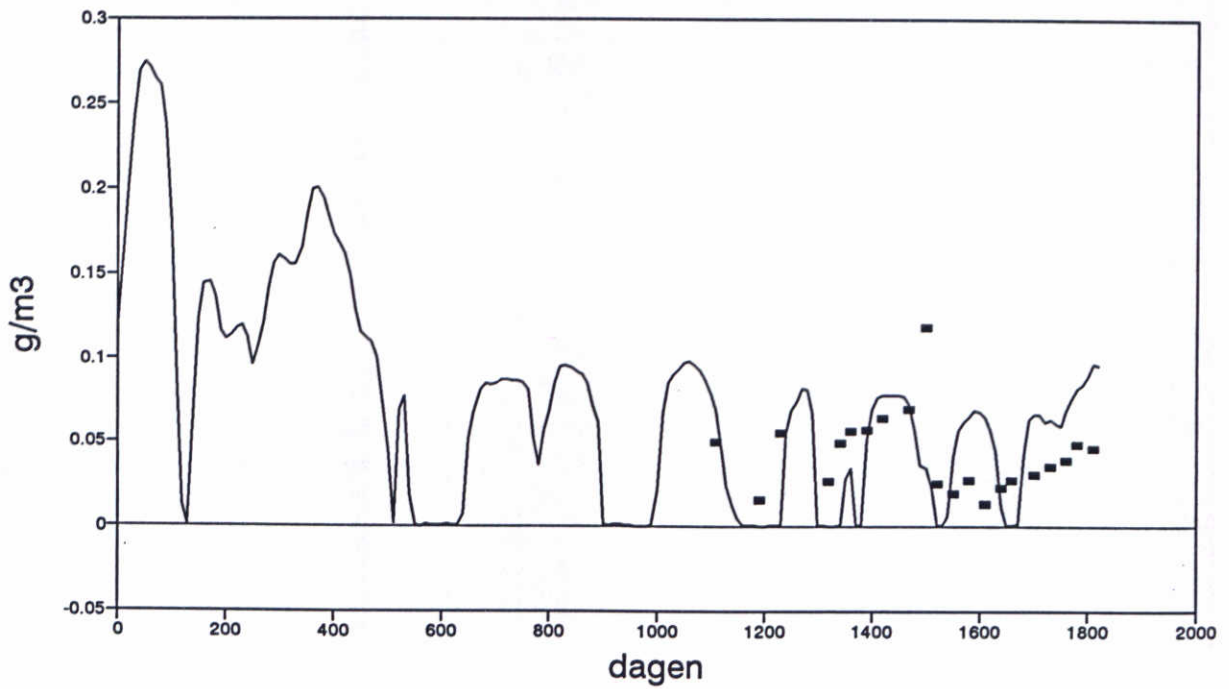
### Eendracht Tot-P



Figuur 57



### Eendracht OPO4

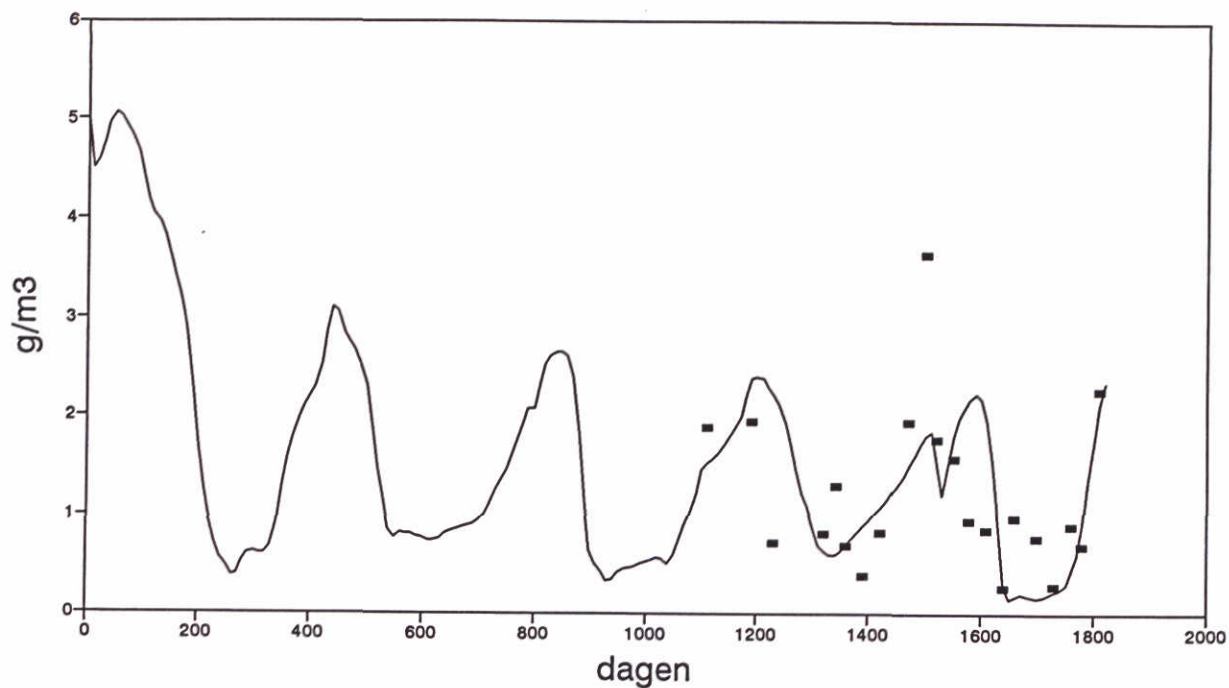


Figuur 58





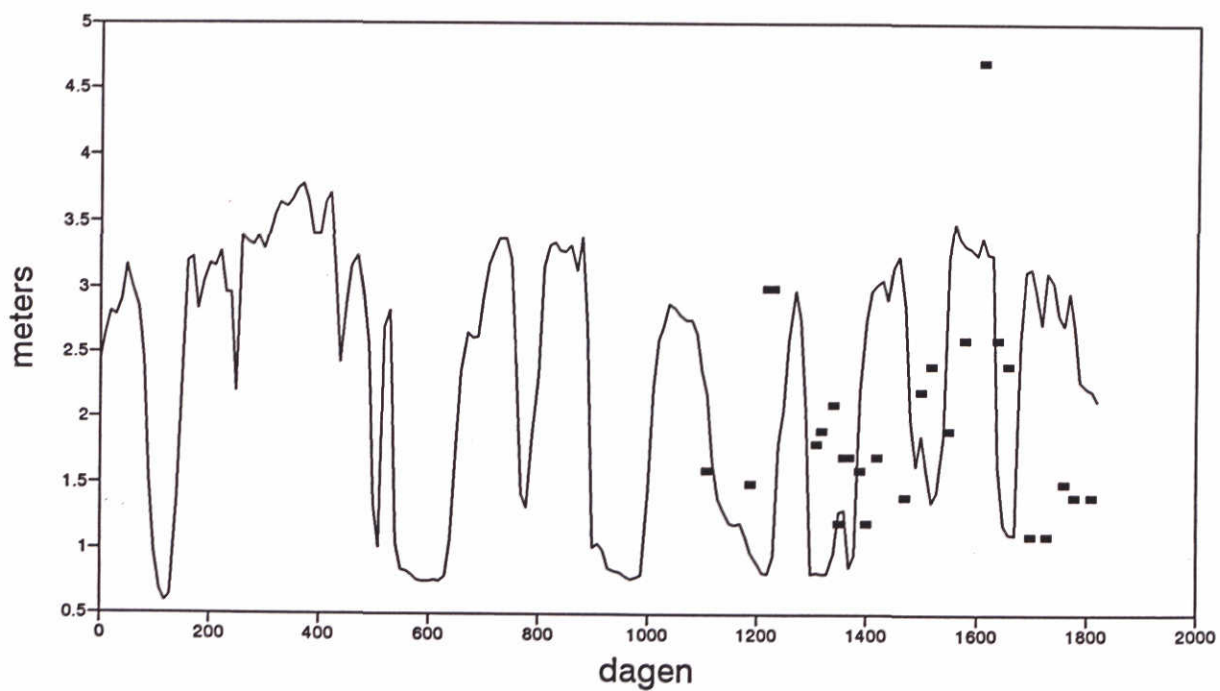
## Eendracht SiO<sub>4</sub>



Figuur 59



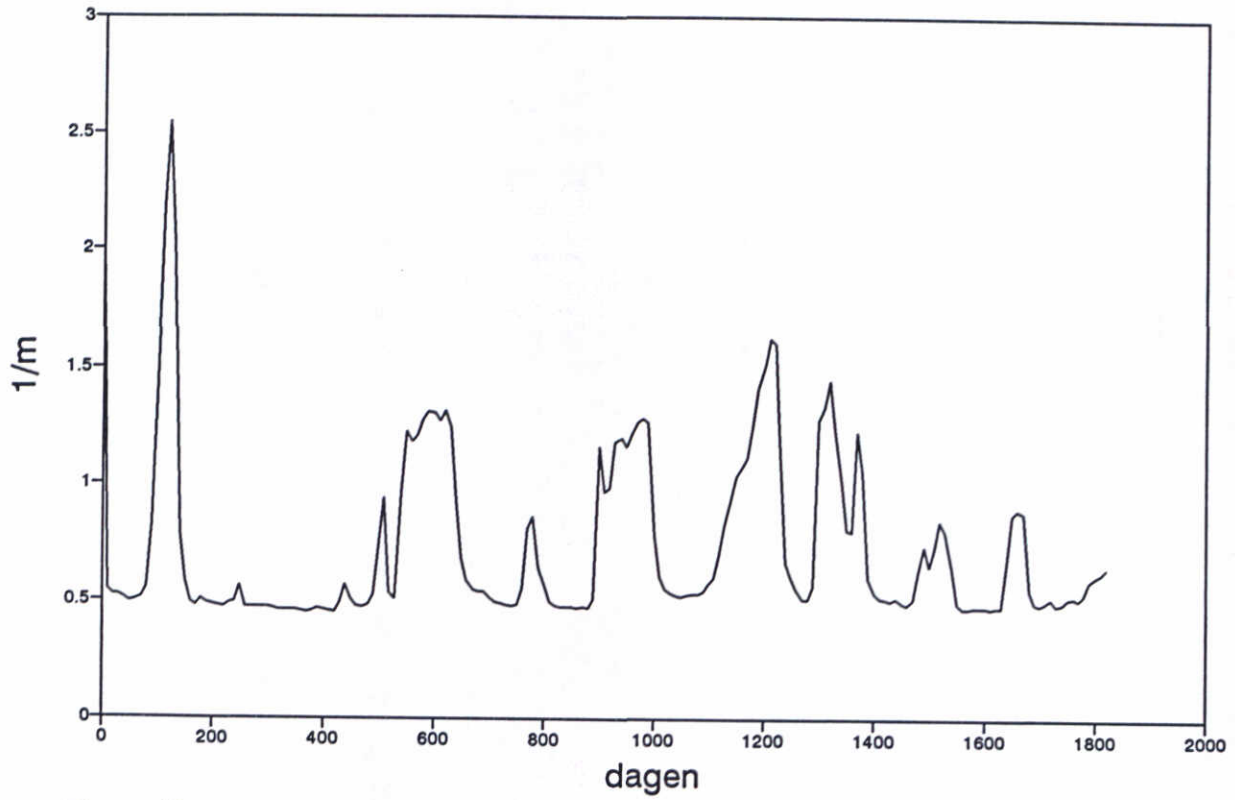
## Eendracht Doorzicht



Figuur 60

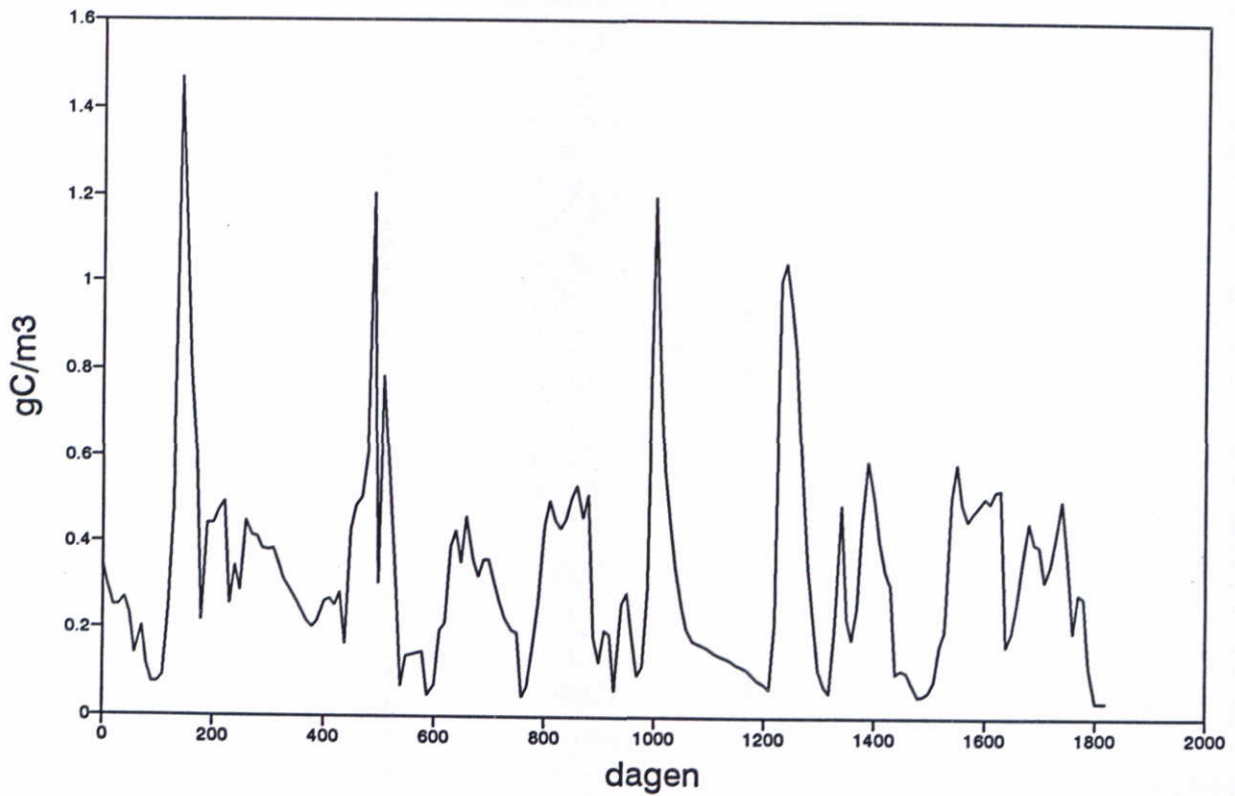


## Eendracht Extinctie



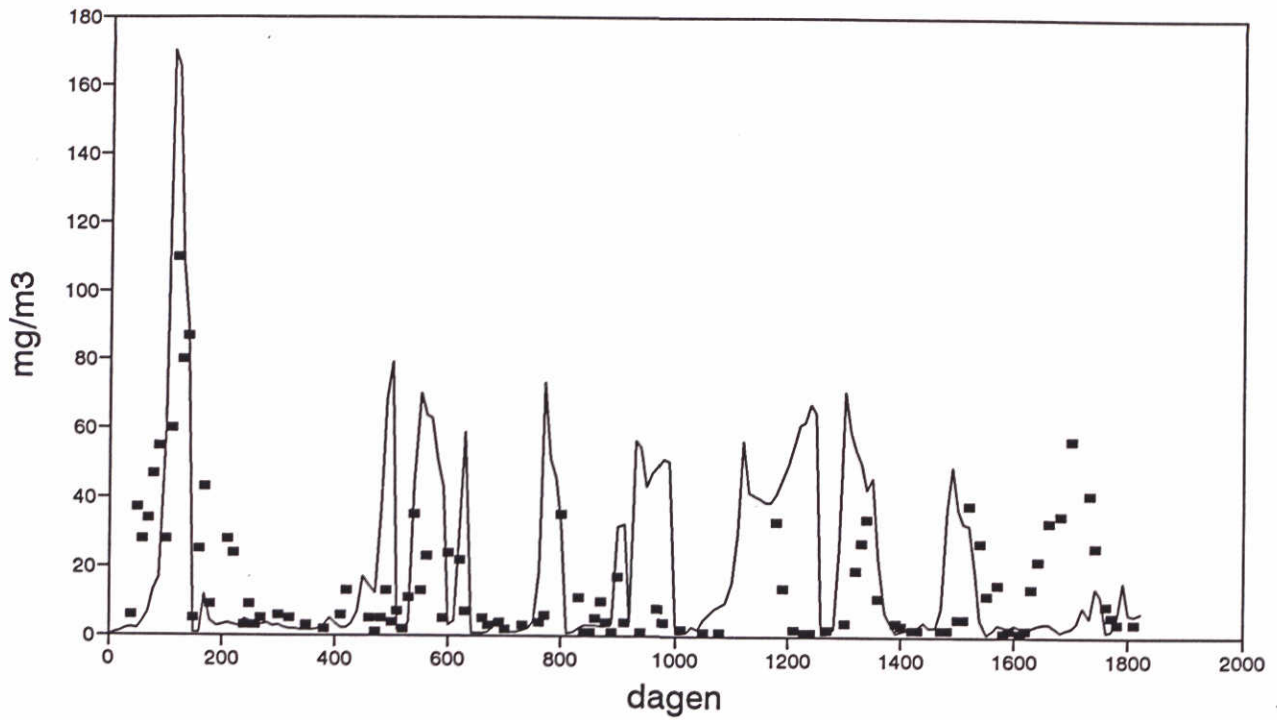
Figuur 61

## Eendracht Zooplanktonbiomassa

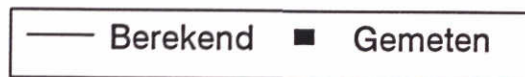


Figuur 62

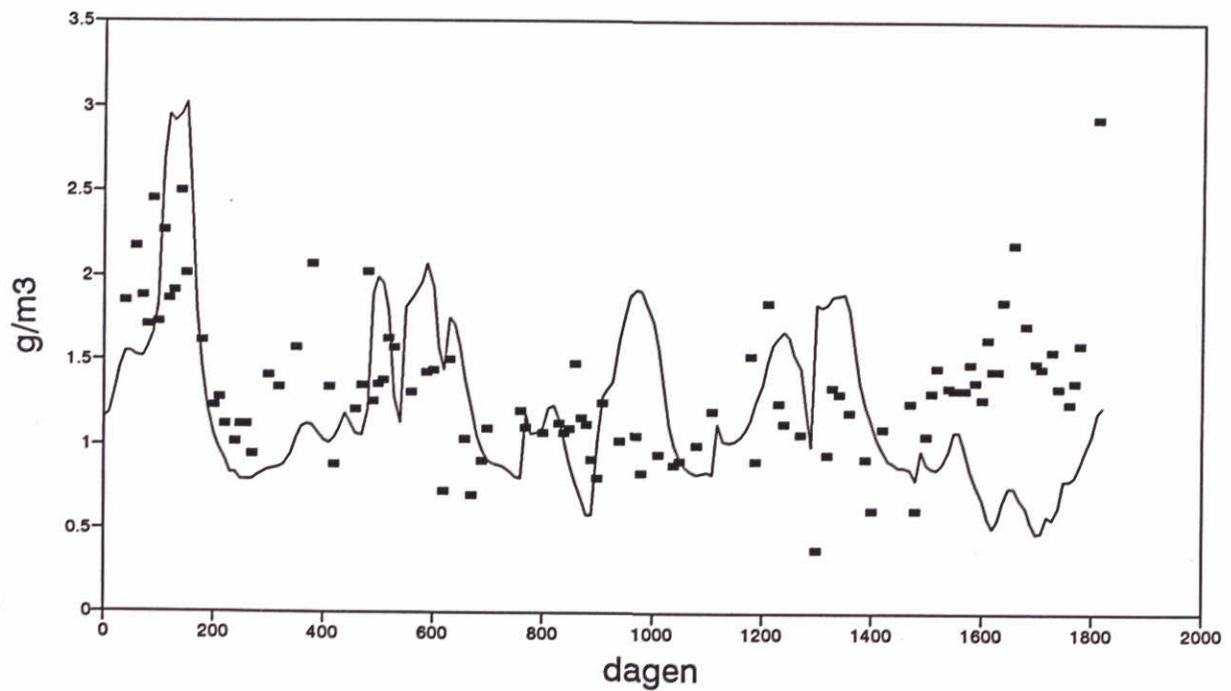
## Zoommeer oost Chlorofyl



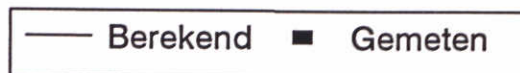
Figuur 63



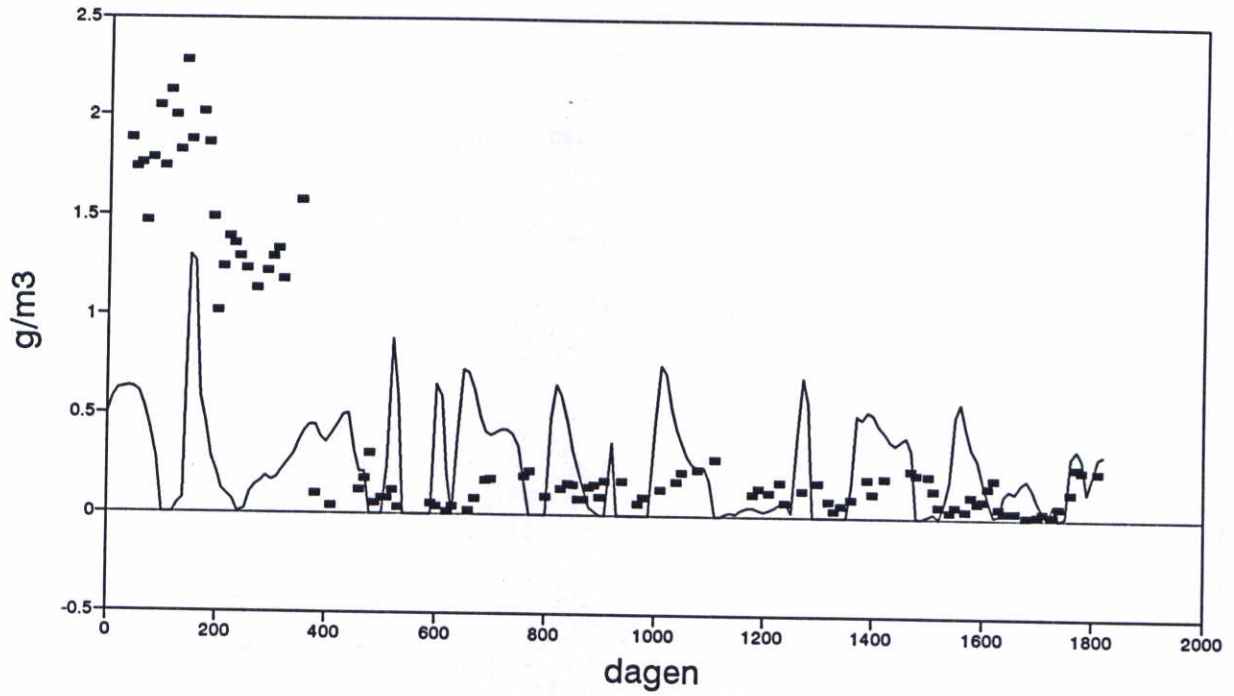
## Zoommeer oost Kjeldahl



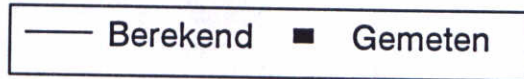
Figuur 64



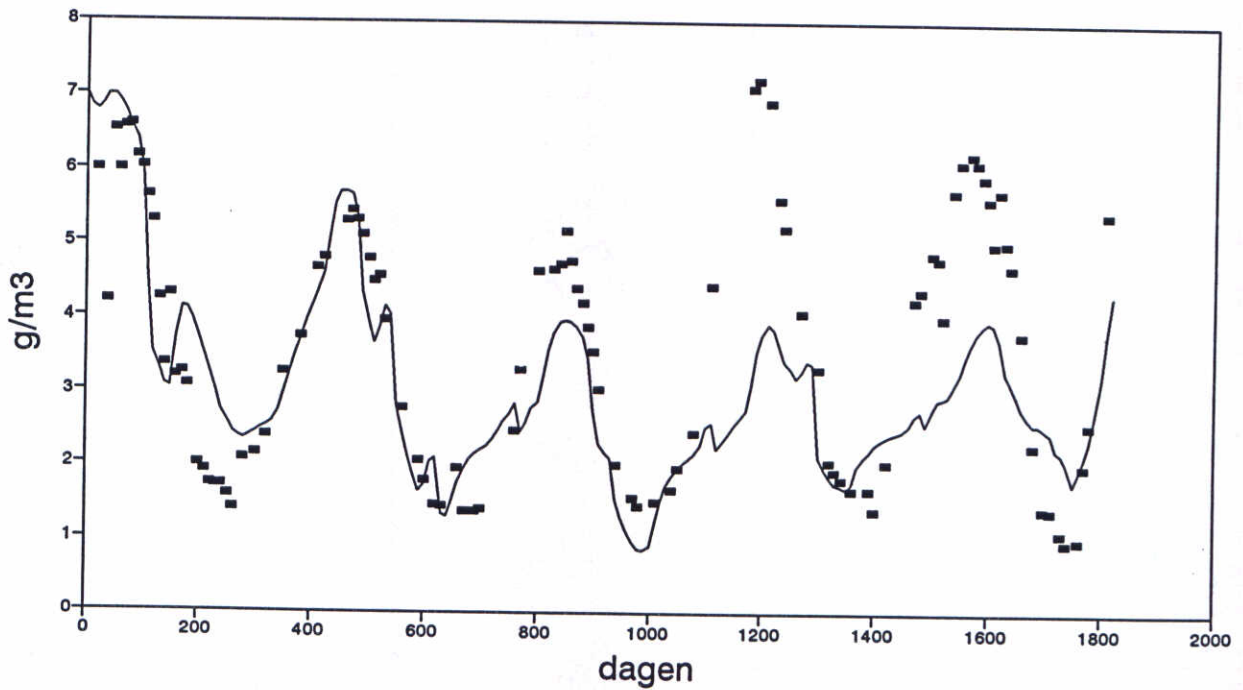
### Zoommeer oost NH4



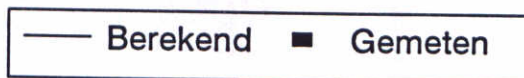
Figuur 65



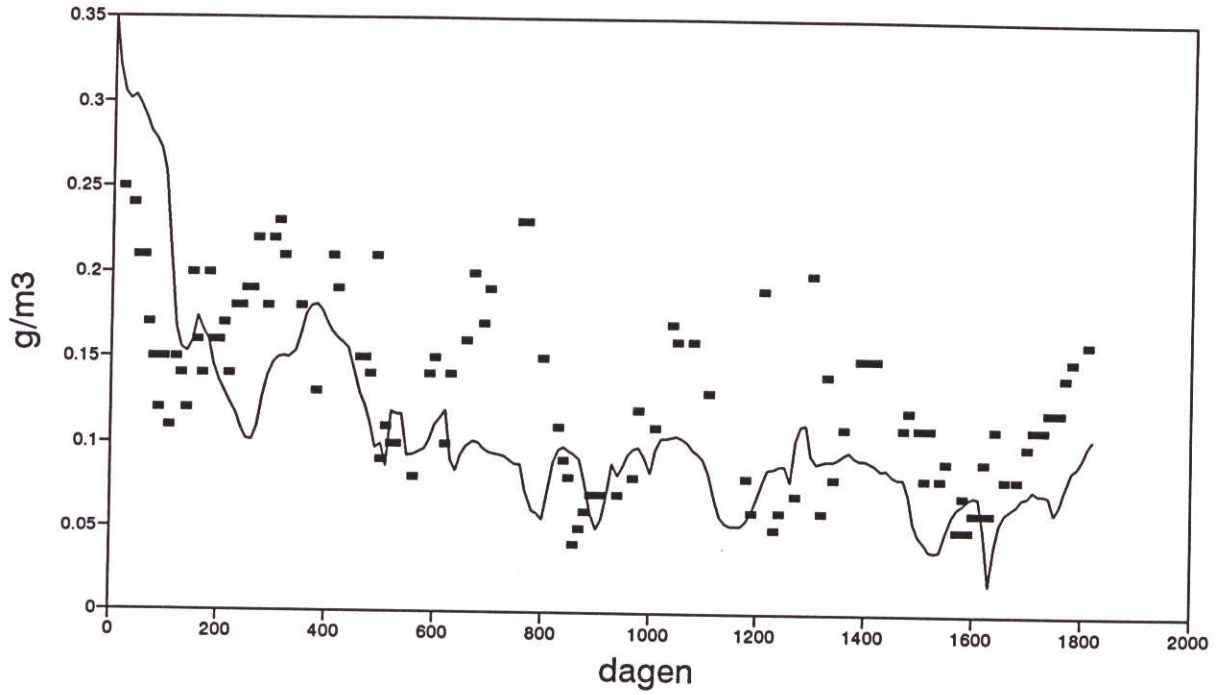
### Zoommeer oost NO3



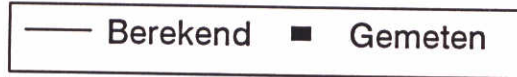
Figuur 66



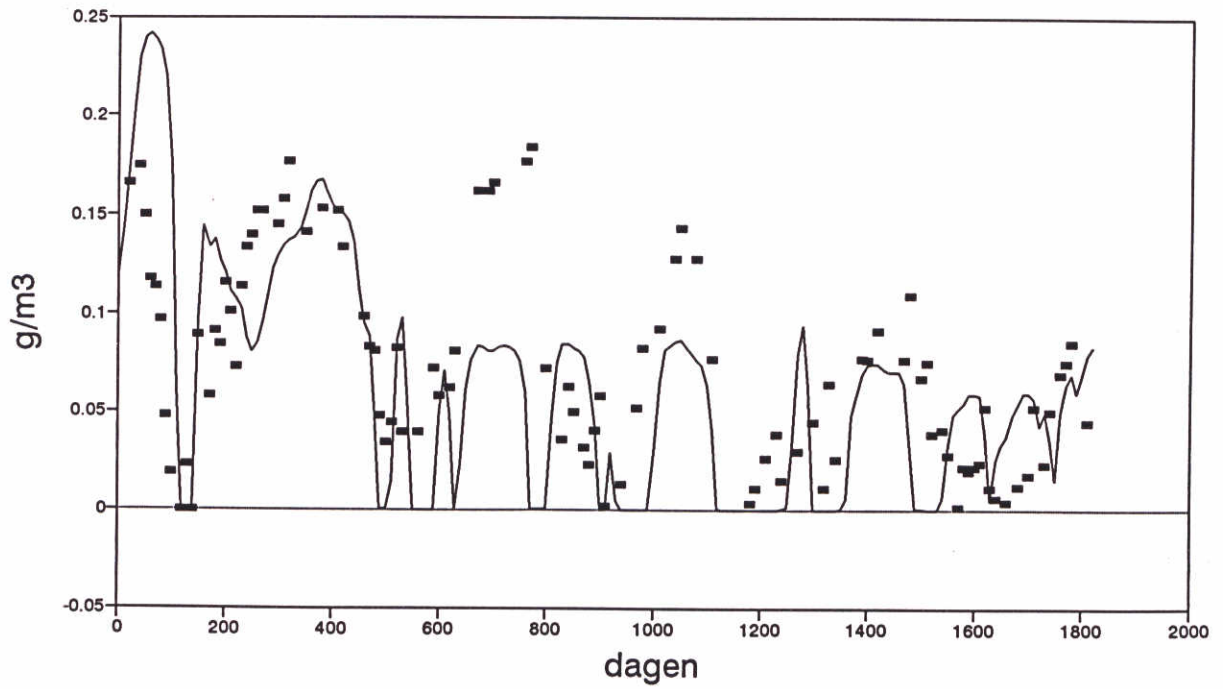
### Zoommeer oost Tot-P



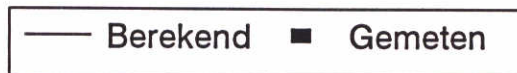
Figuur 67



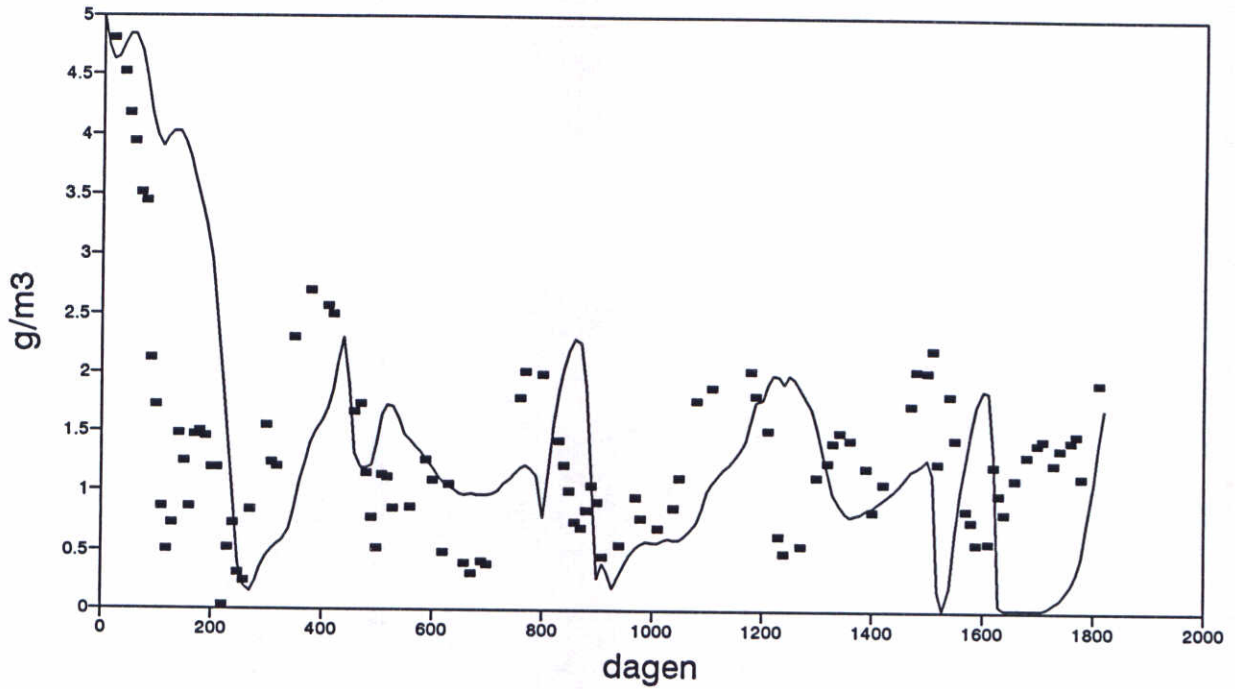
### Zoommeer oost OPO4



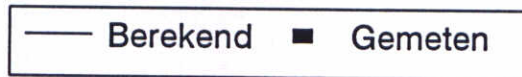
Figuur 68



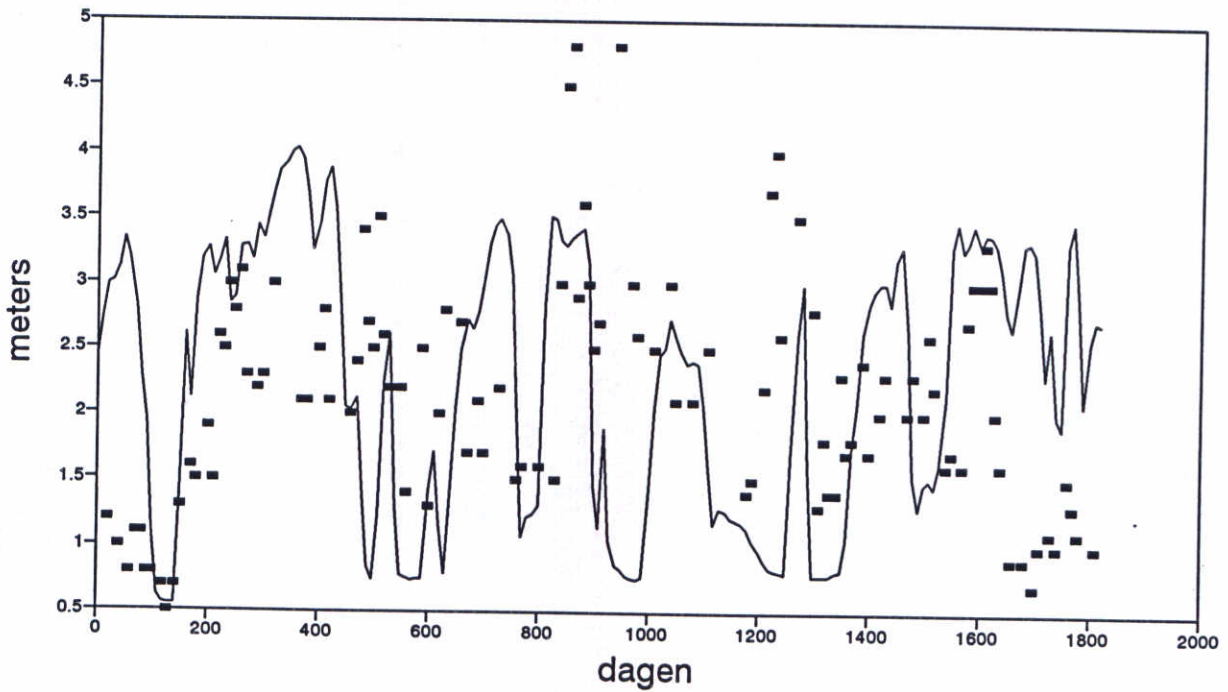
## Zoommeer oost SiO<sub>4</sub>



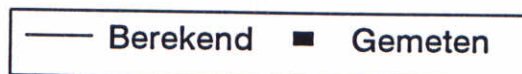
Figuur 69



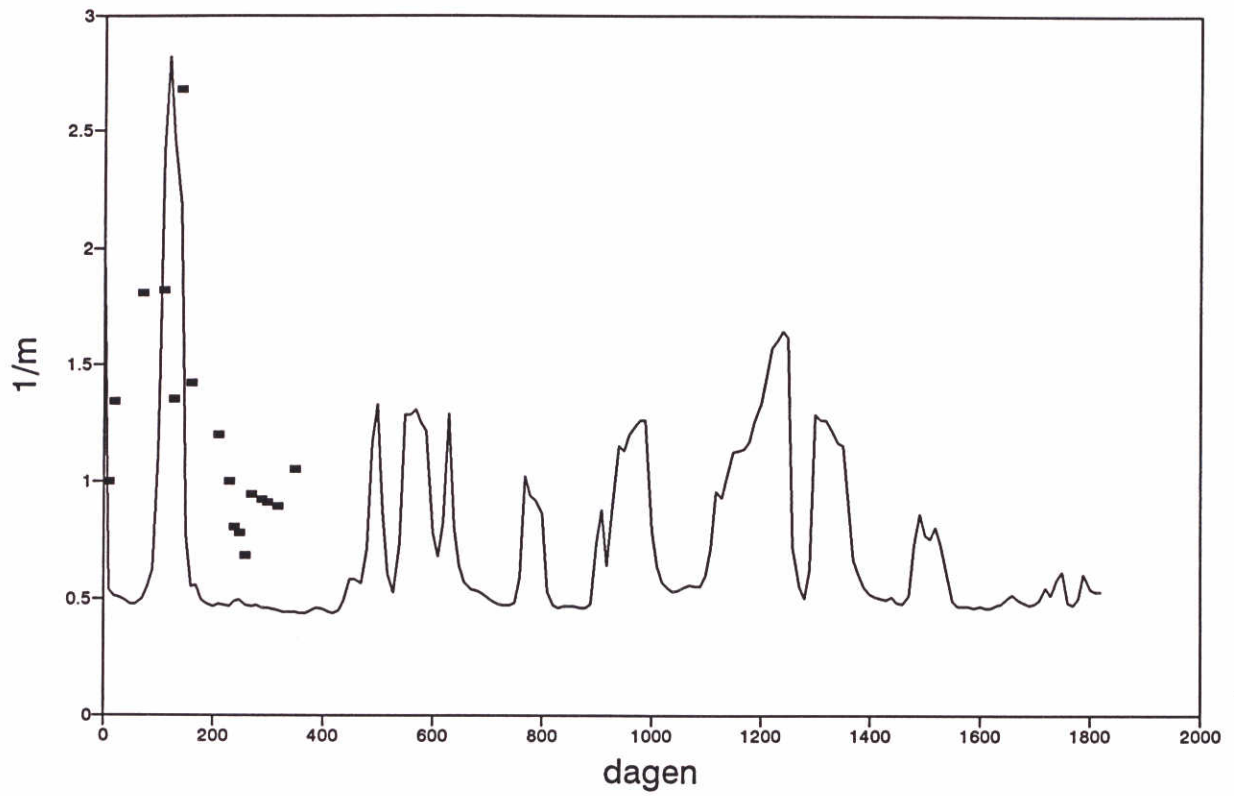
## Zoommeer oost Doorzicht



Figuur 70

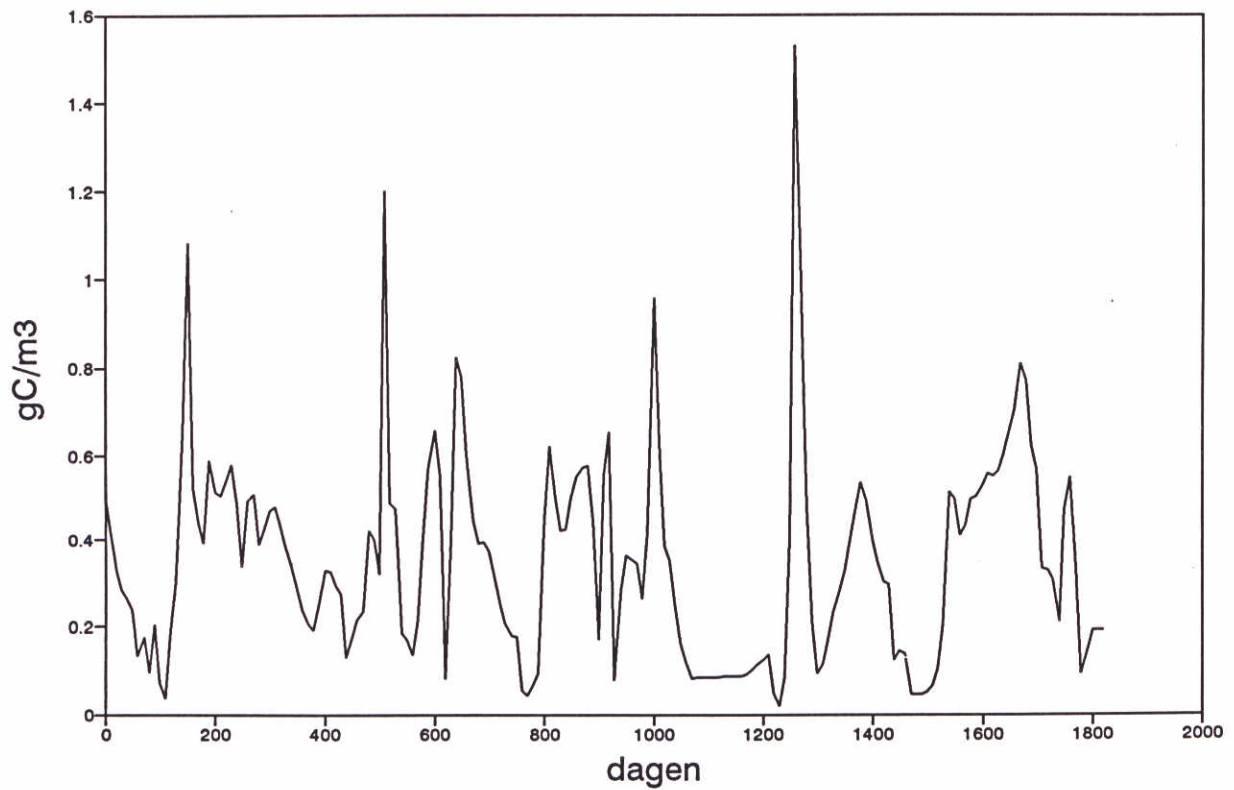


## Zoommeer oost Extinctie



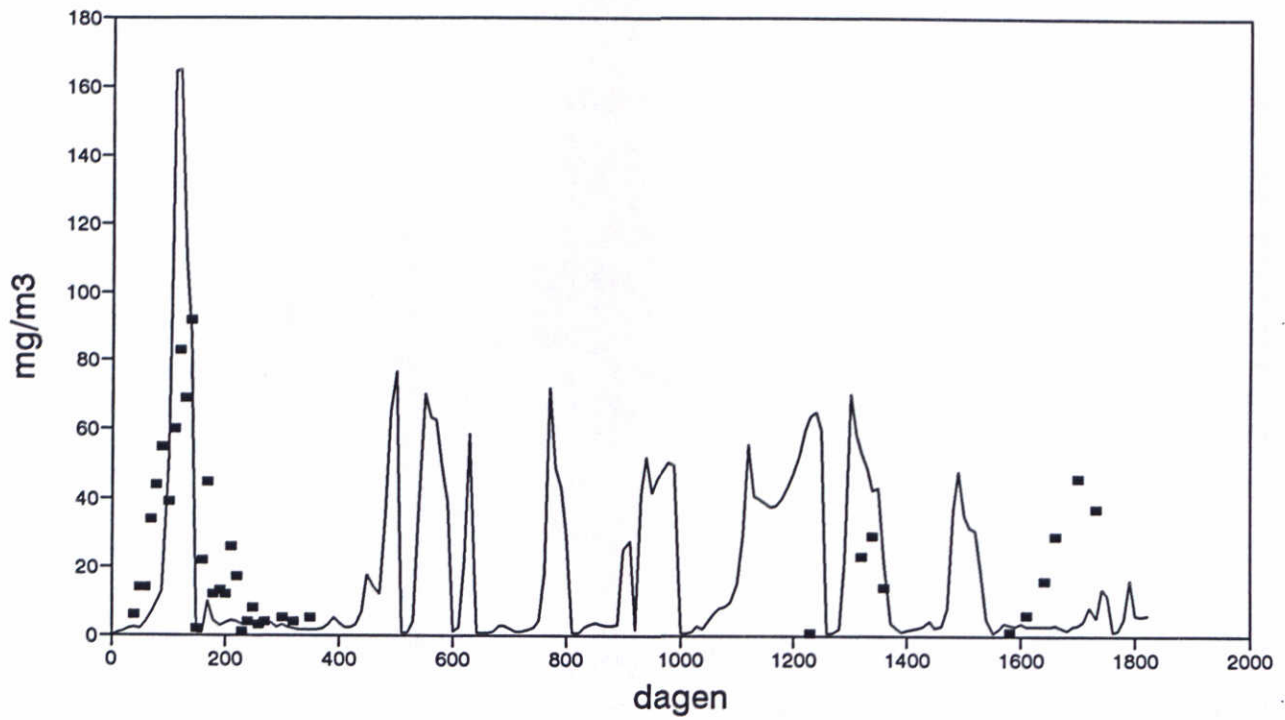
Figuur 71

## Zoommeer oost Zooplanktonbiomassa



Figuur 72

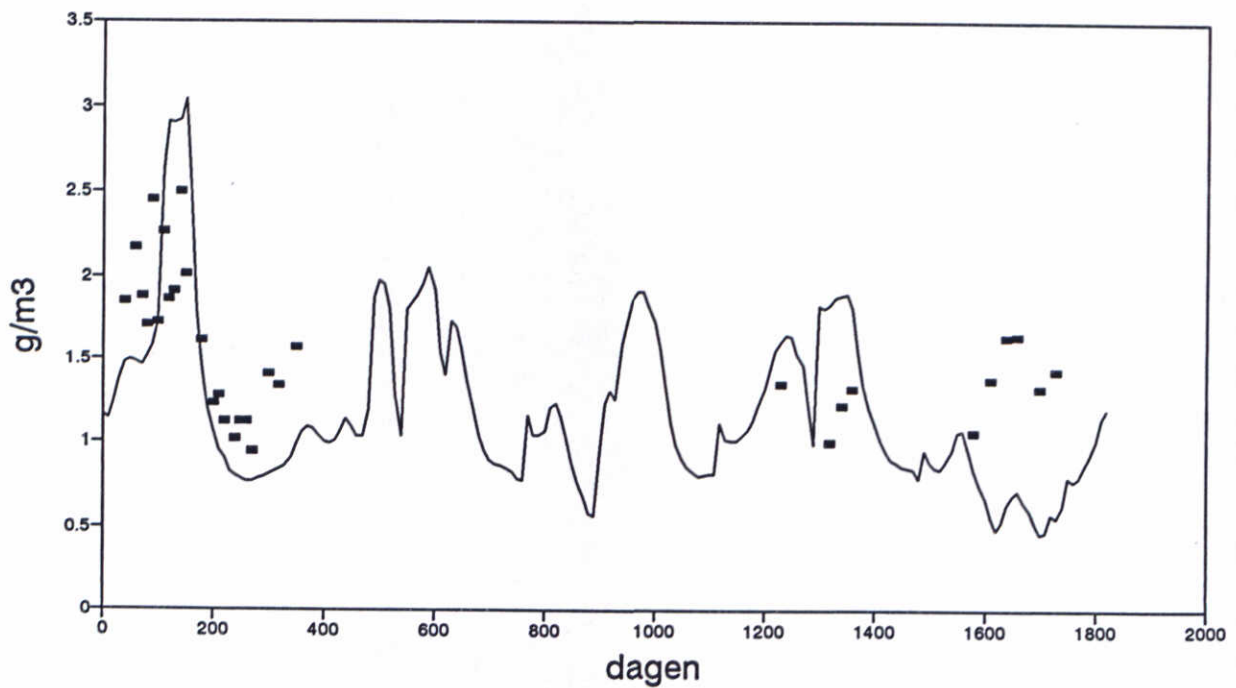
## Zoommeer west Chlorofyl



Figuur 73

— Berekend ■ Gemeten

## Zoommeer west Kjeldahl

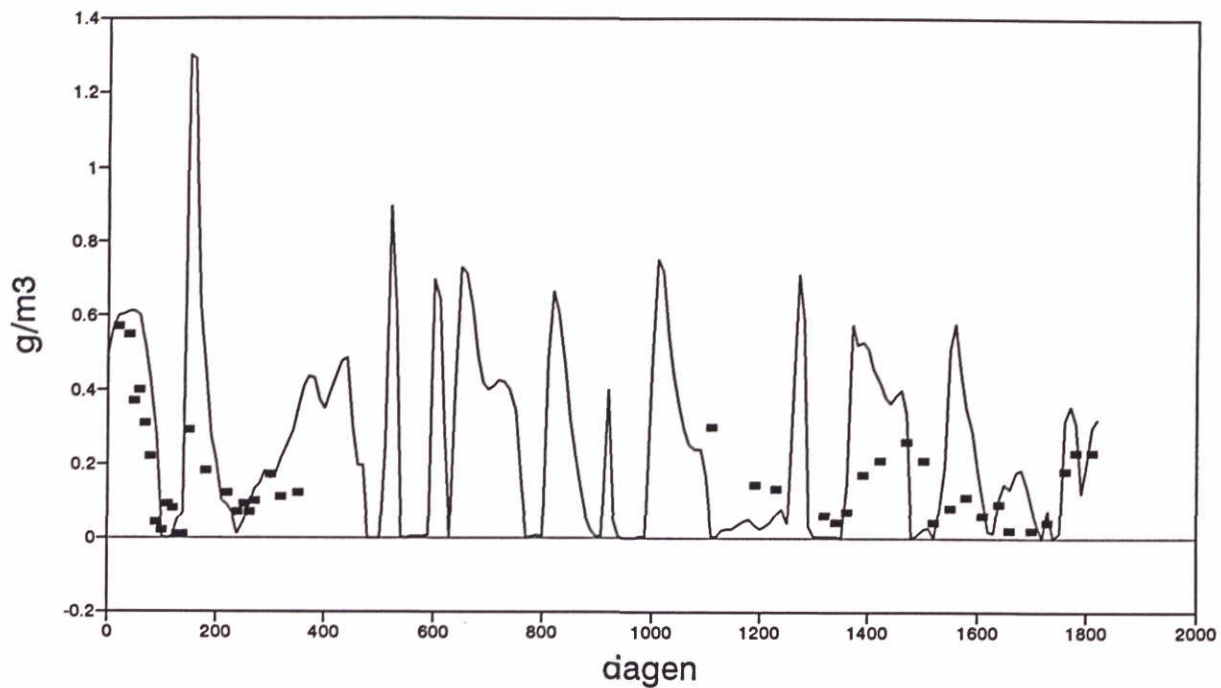


Figuur 74

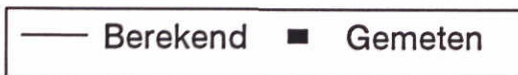
— Berekend ■ Gemeten



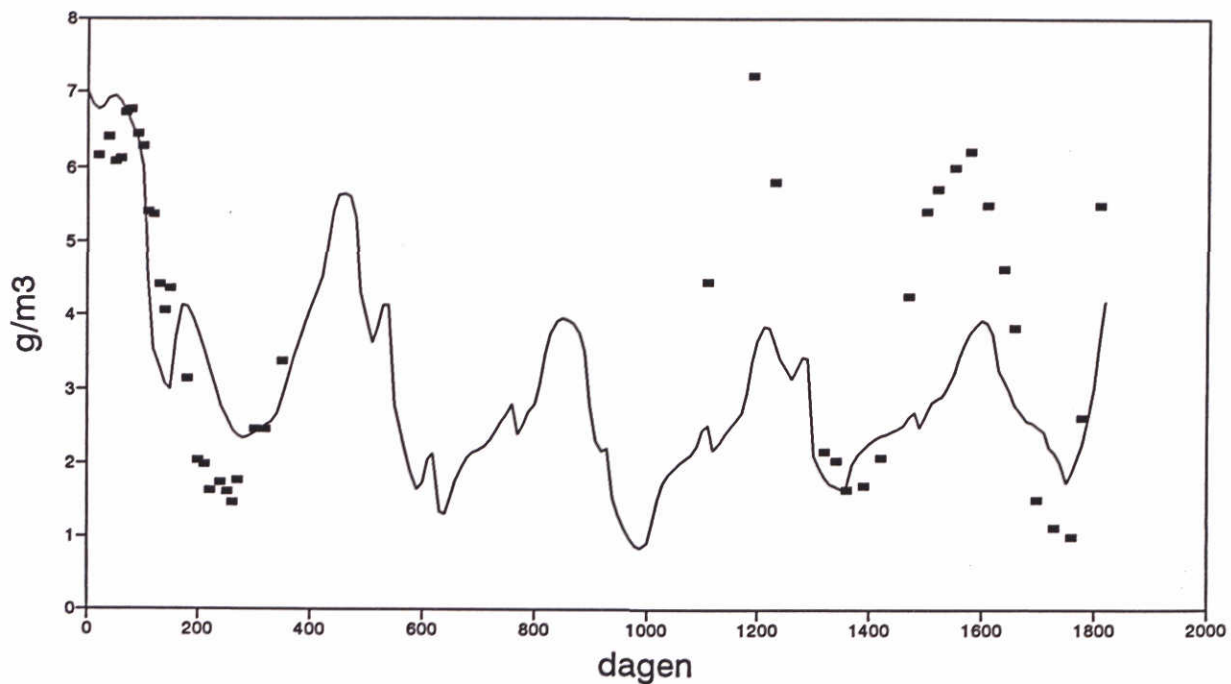
### Zoommeer west NH4



Figuur 75



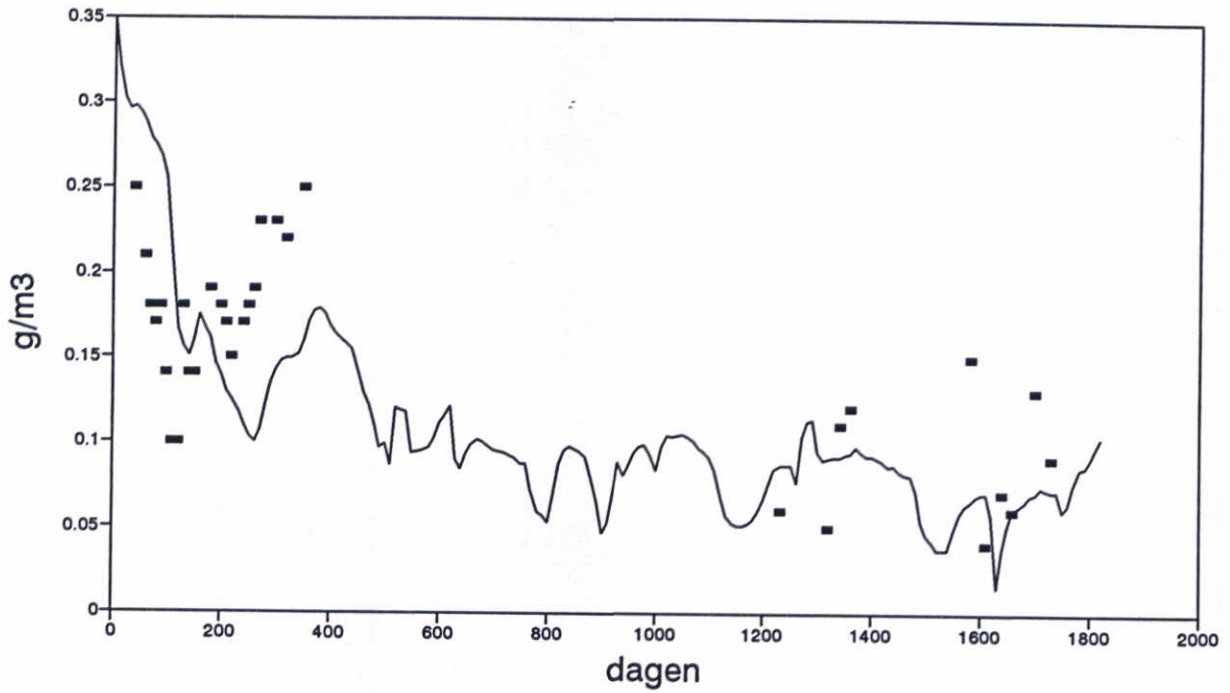
### Zoommeer west NO3



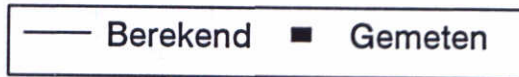
Figuur 76



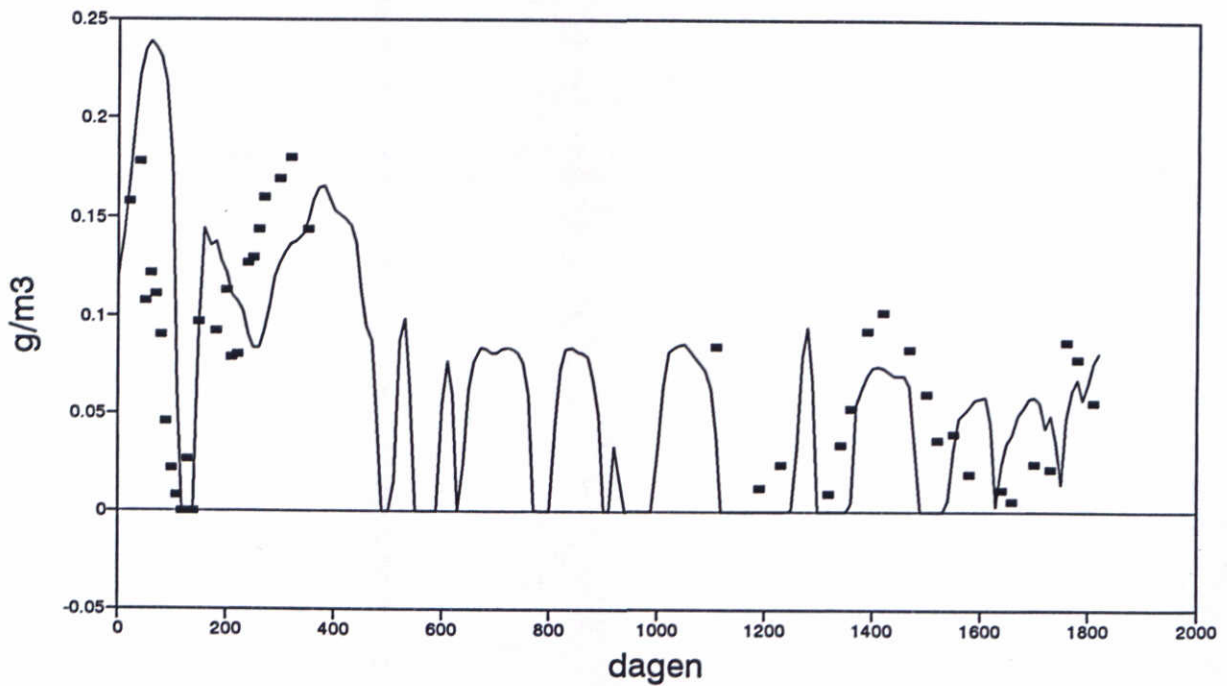
### Zoommeer west Tot-P



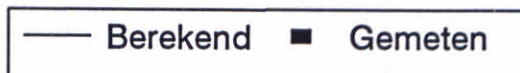
Figuur 77



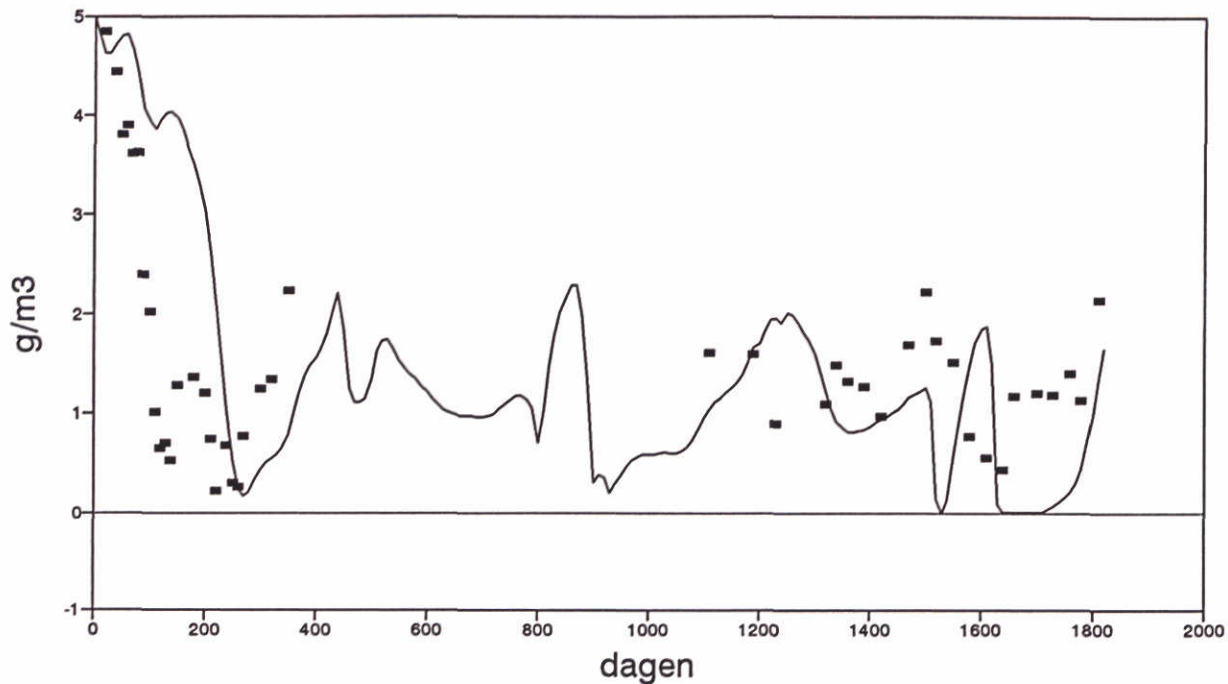
### Zoommeer west OPO4



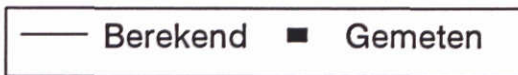
Figuur 78



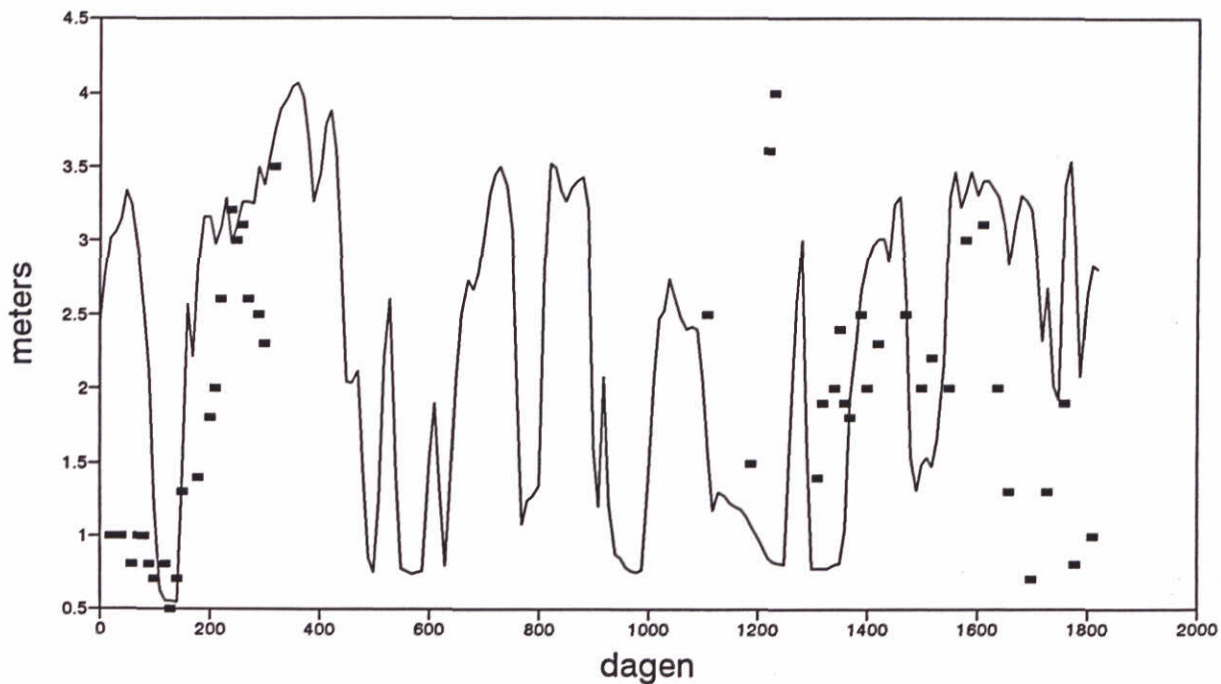
## Zoommeer west SiO<sub>4</sub>



Figuur 79



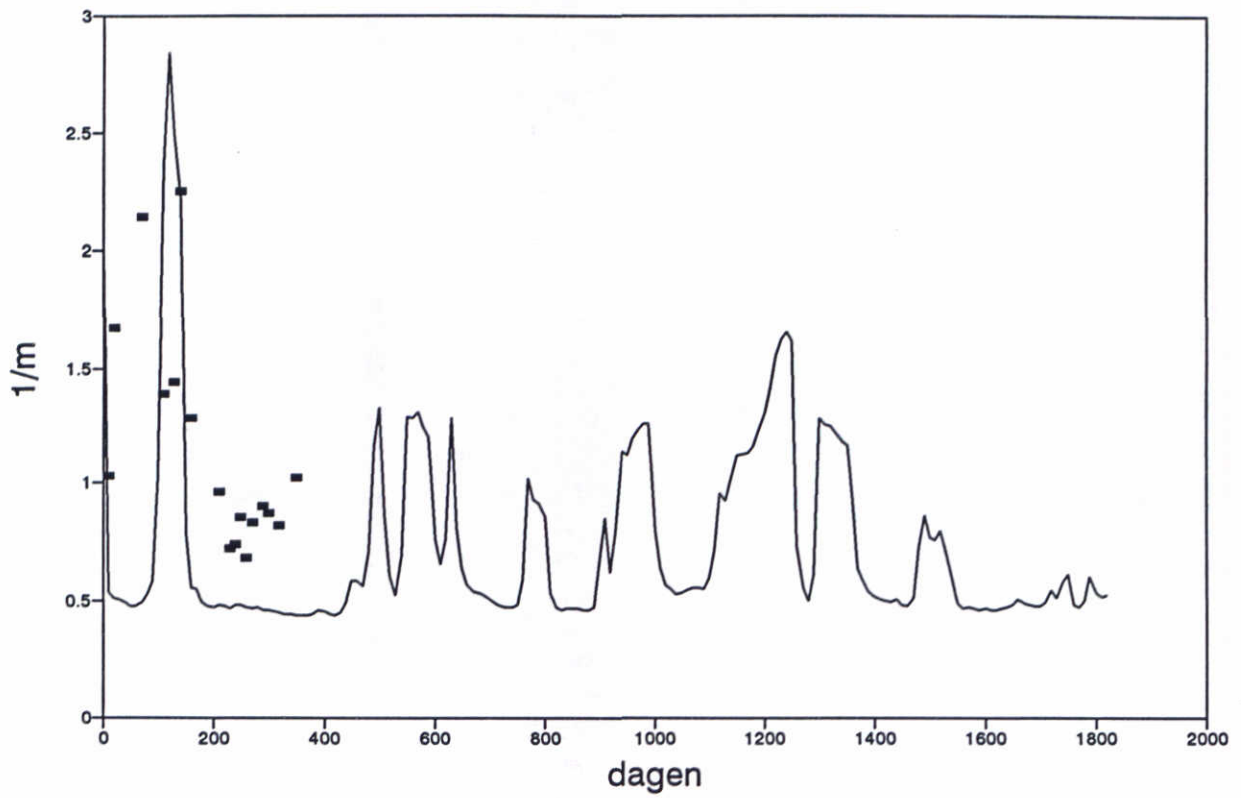
## Zoommeer west Doorzicht



Figuur 80

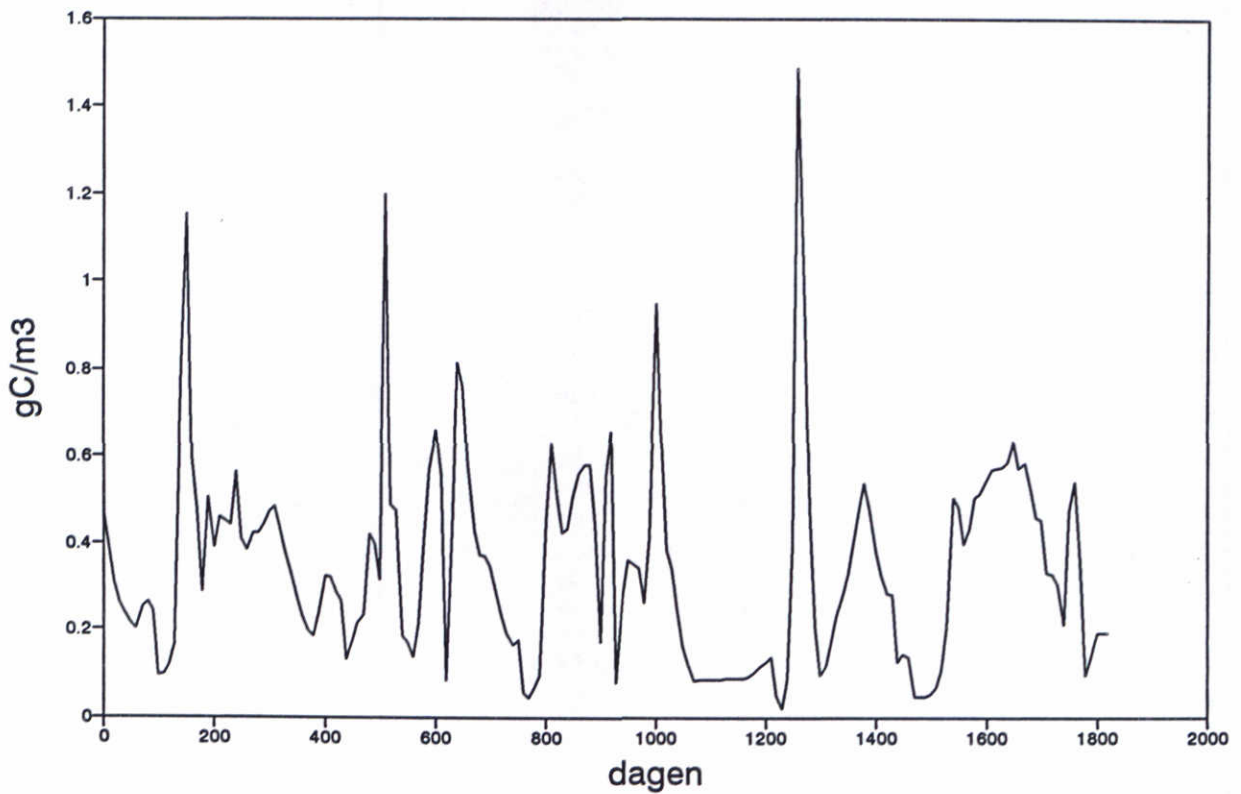


### Zoommeer west Extinctie



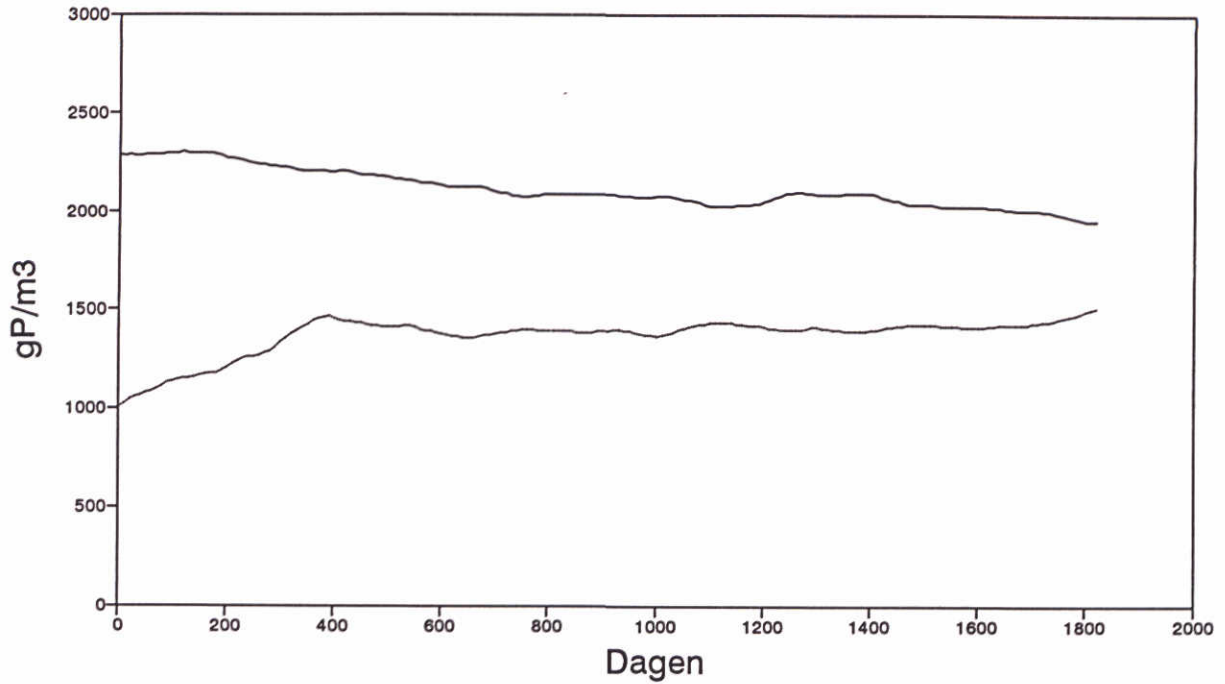
Figuur 81

### Zoommeer west Zooplanktonbiomassa



Figuur 82

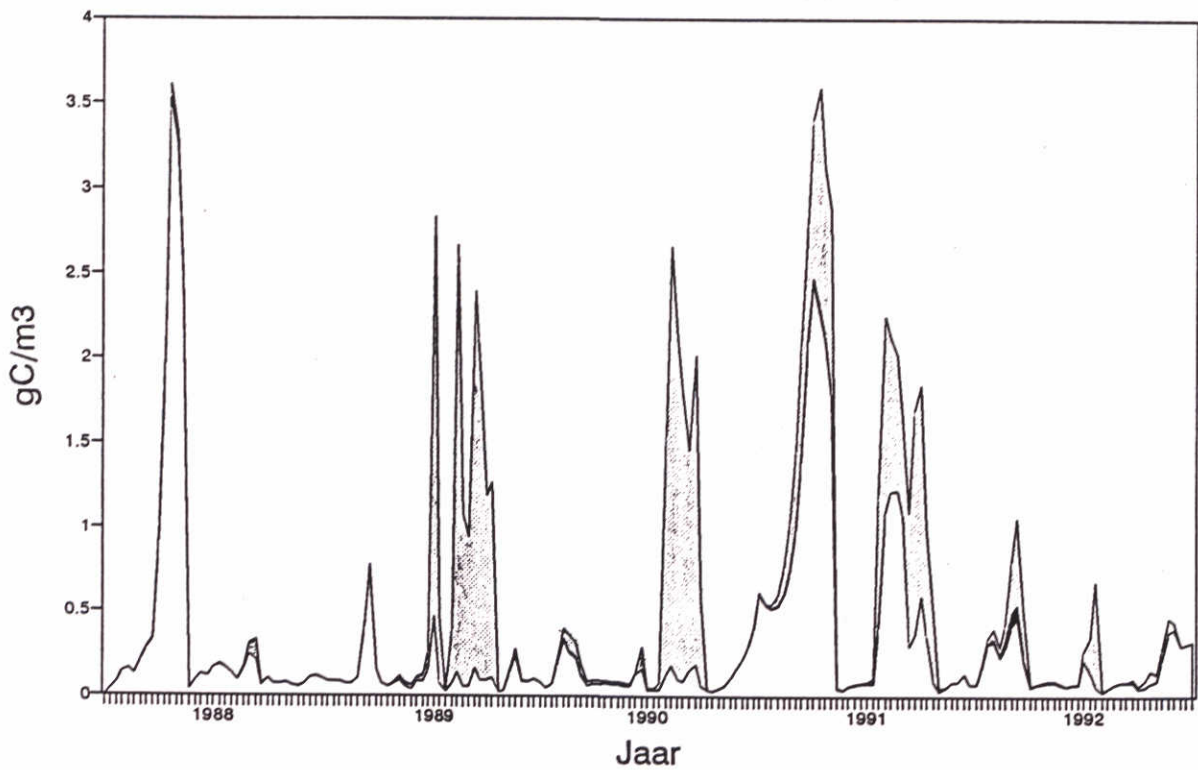
## Volkerak Zoommeer Totaalfosfaat in de bodem



Figuur 83

ondiep segment
  diep segment

## Volkerak Oost diep Fytoplankton soortensamenstelling (DBS)

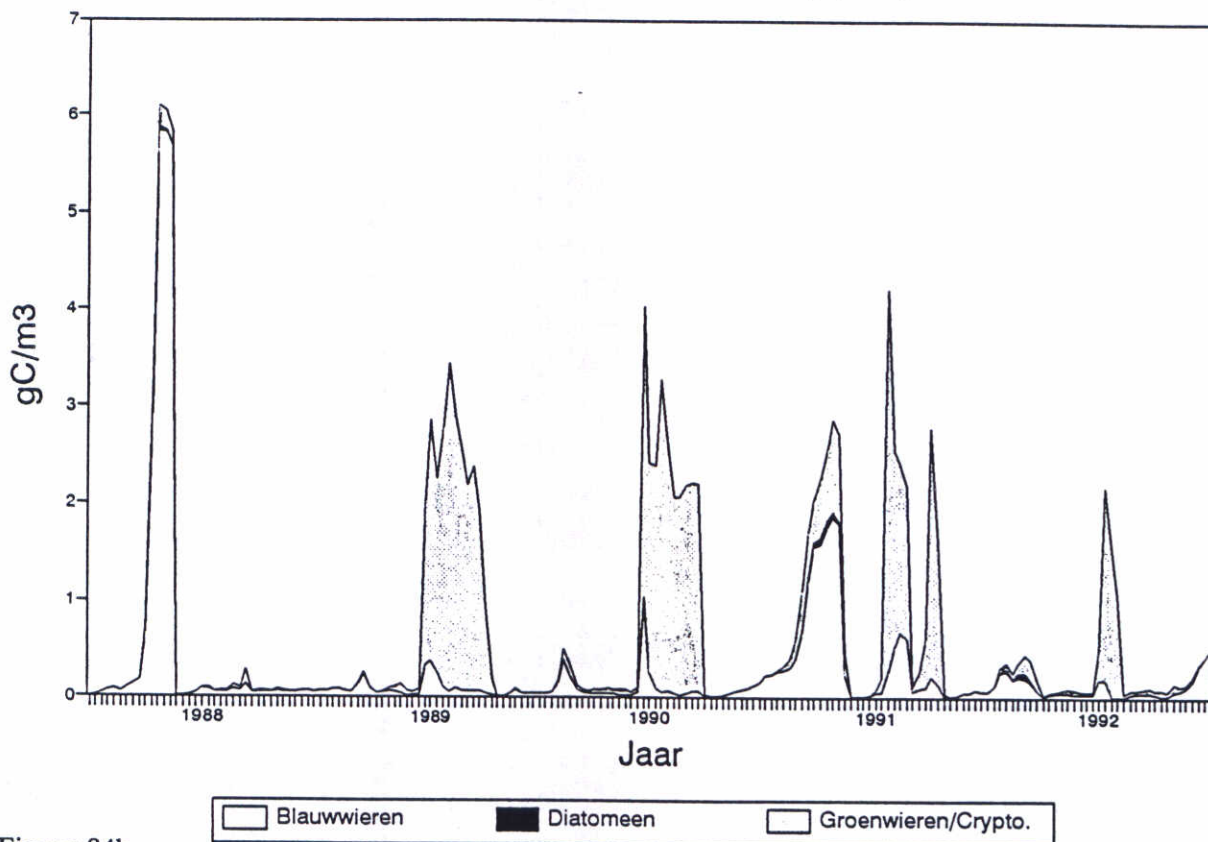


Figuur 84a

Blauwwieren
  Diatomeen
  Groenwieren/Crypto.

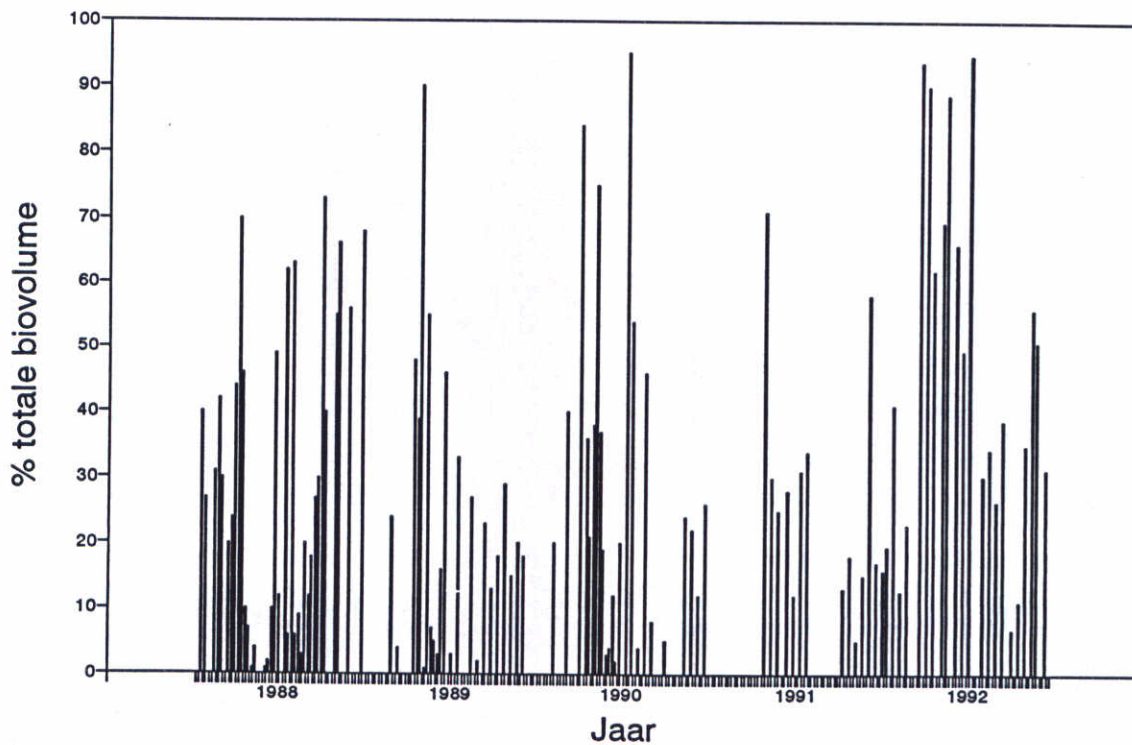
# Volkerak west ondiep

## Fytoplankton soortensamenstelling (DBS)



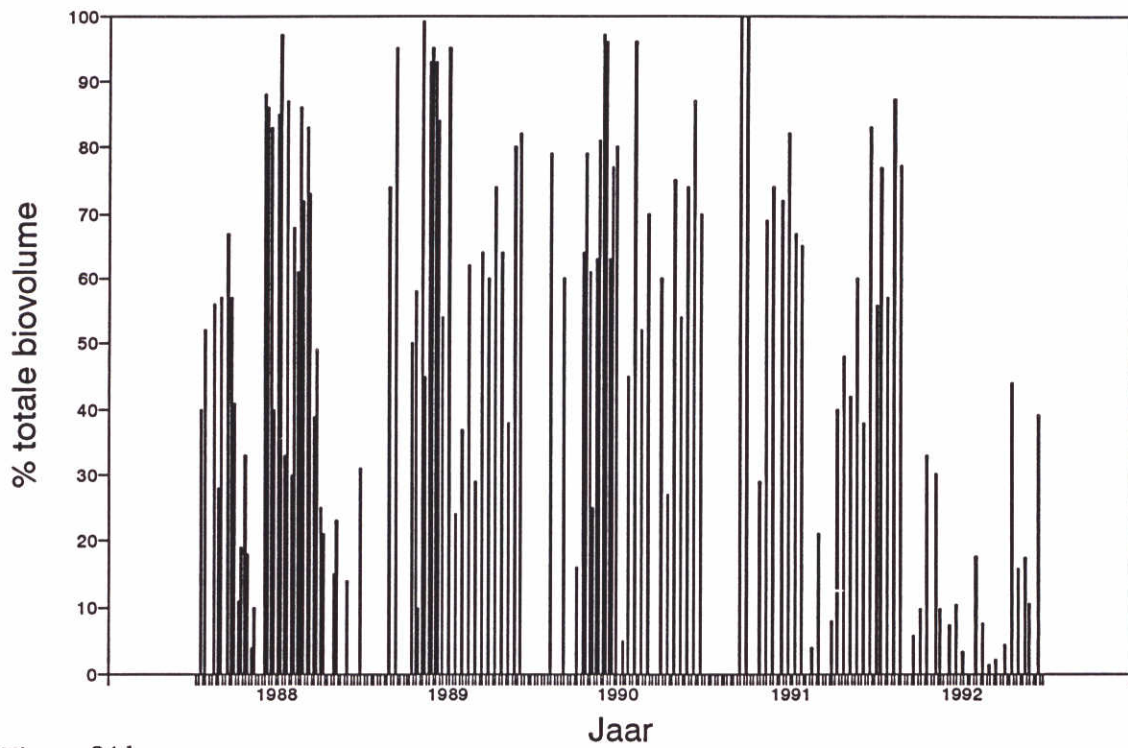
Figuur 84b

## Gemeten Diatomeeën VZ2



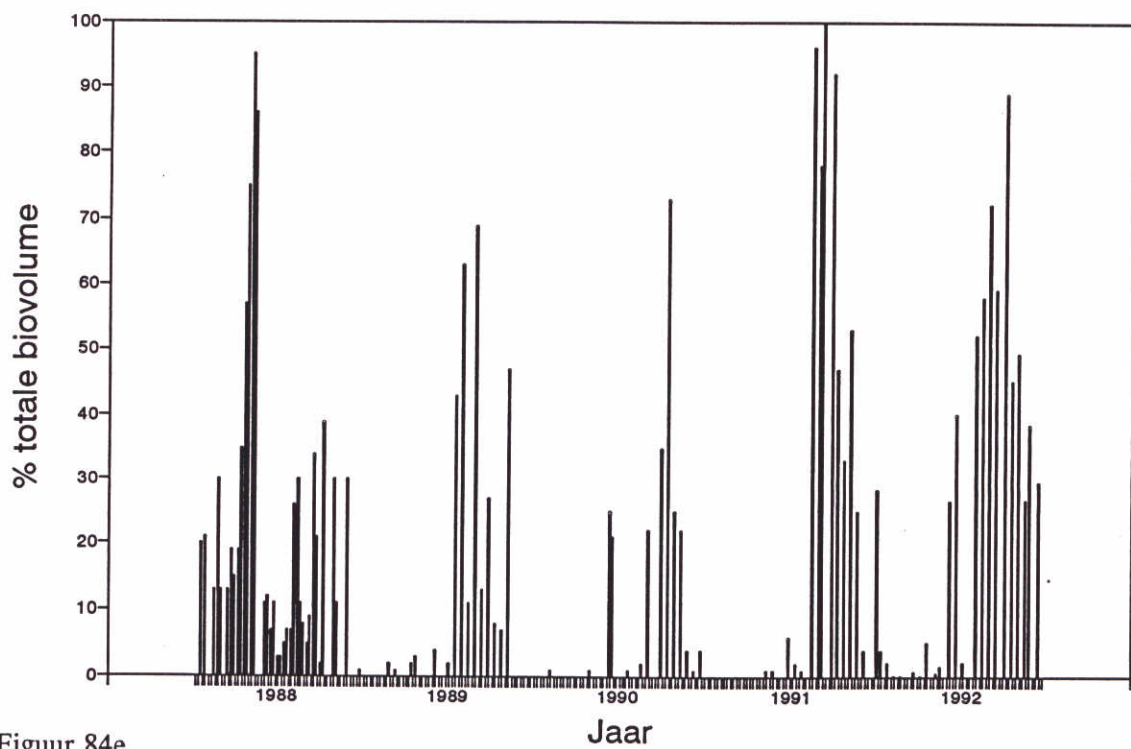
Figuur 84c

## Gemeten Groenwieren + overig VZ2



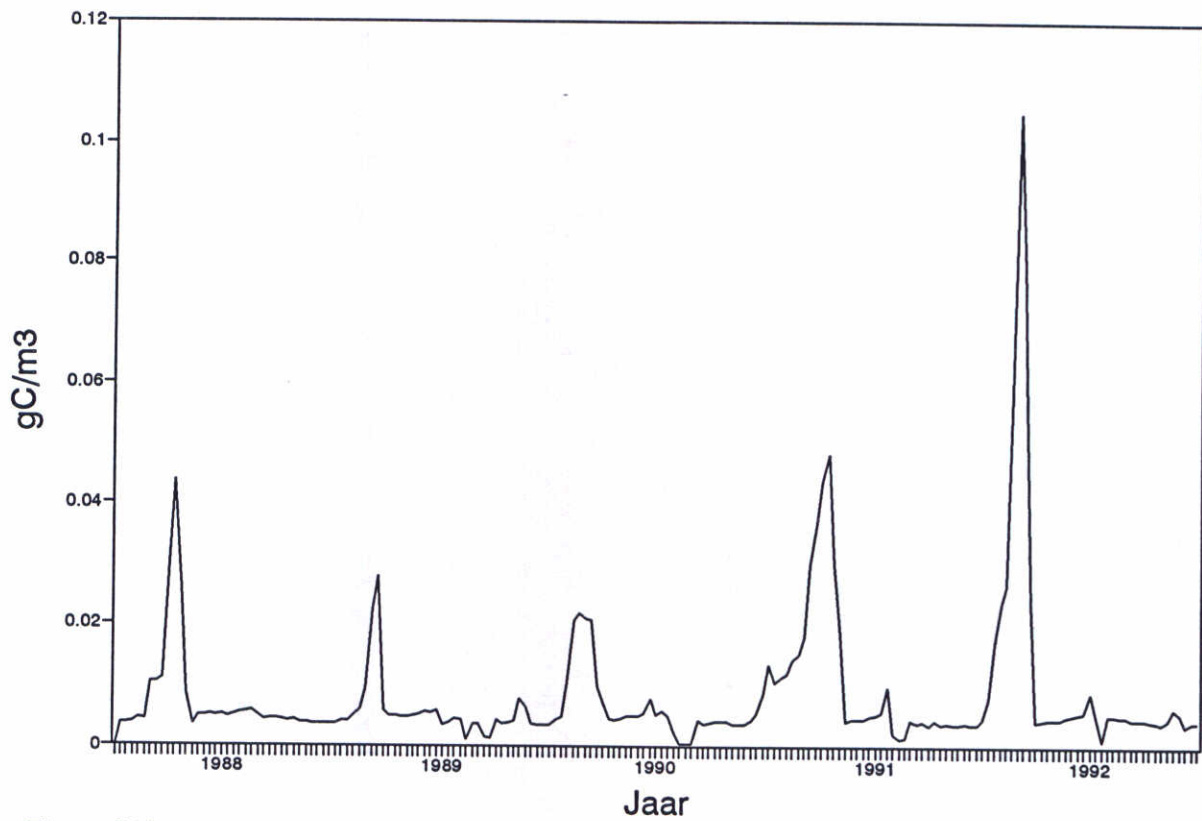
Figuur 84d

## Gemeten Blauwwieren VZ2



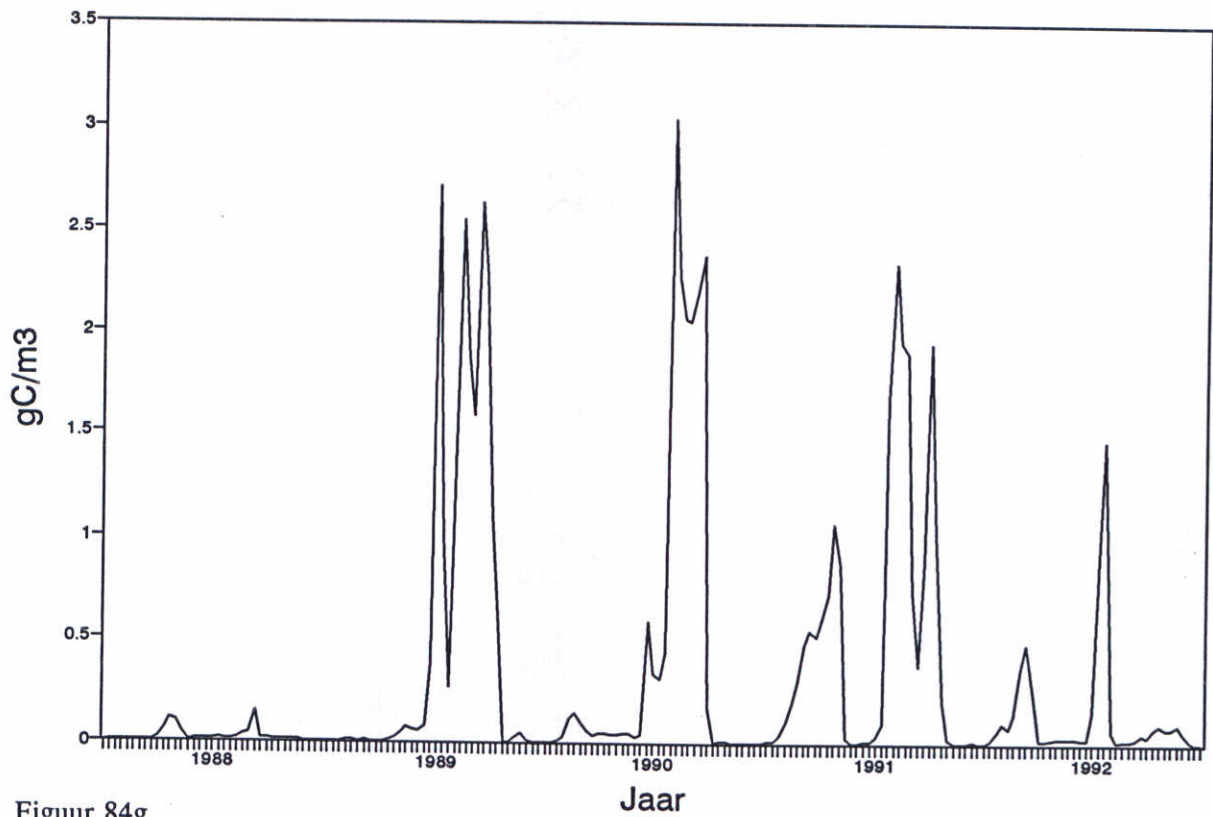
Figuur 84e

### Berekende Diatomeeen Volkerak midden diep



Figuur 84f

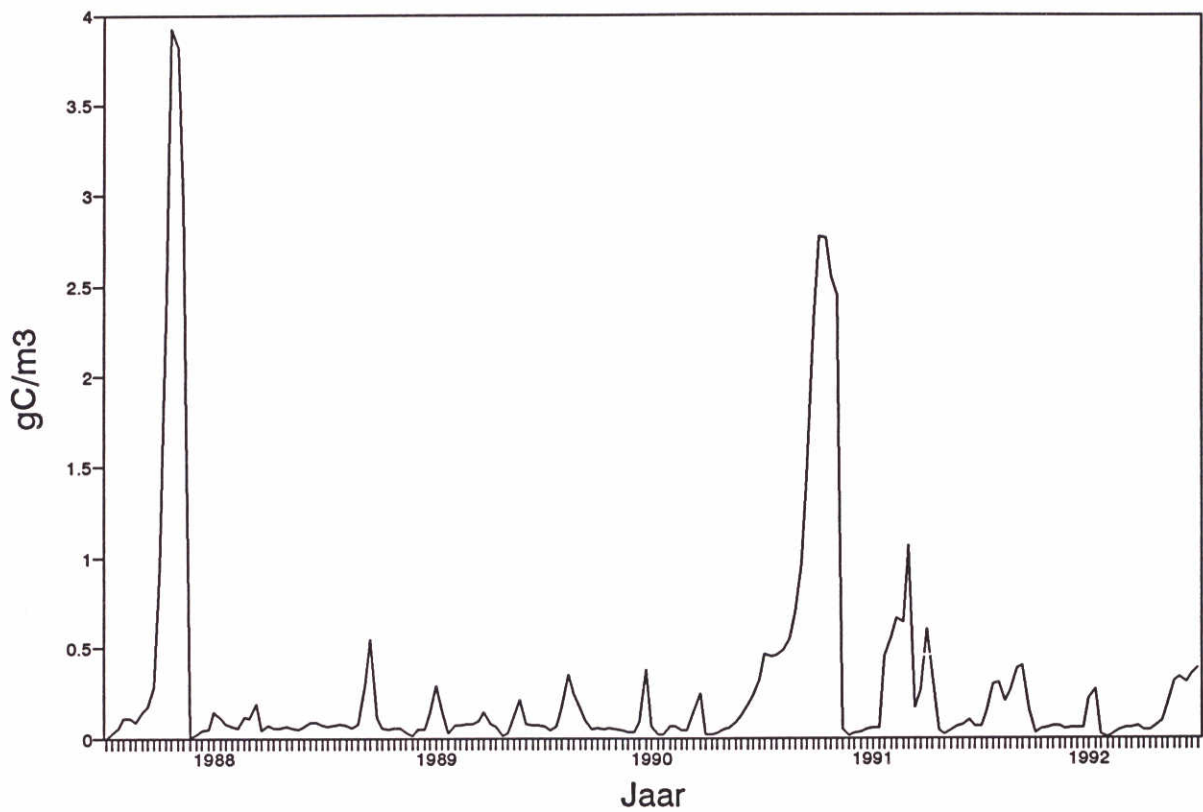
### Berekende Groenwieren + overig Volkerak midden diep



Figuur 84g

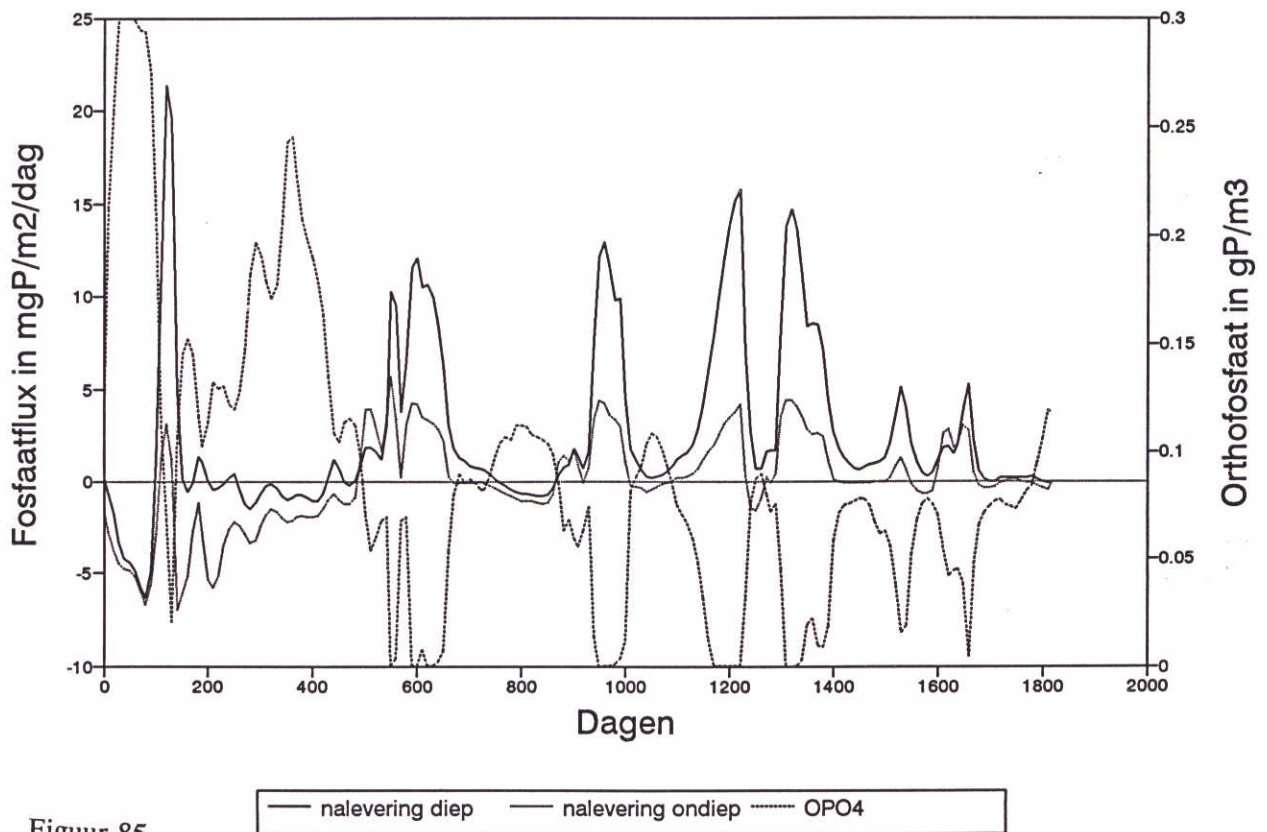


## Berekende Blauwwieren Volkerak midden diep



Figuur 84h

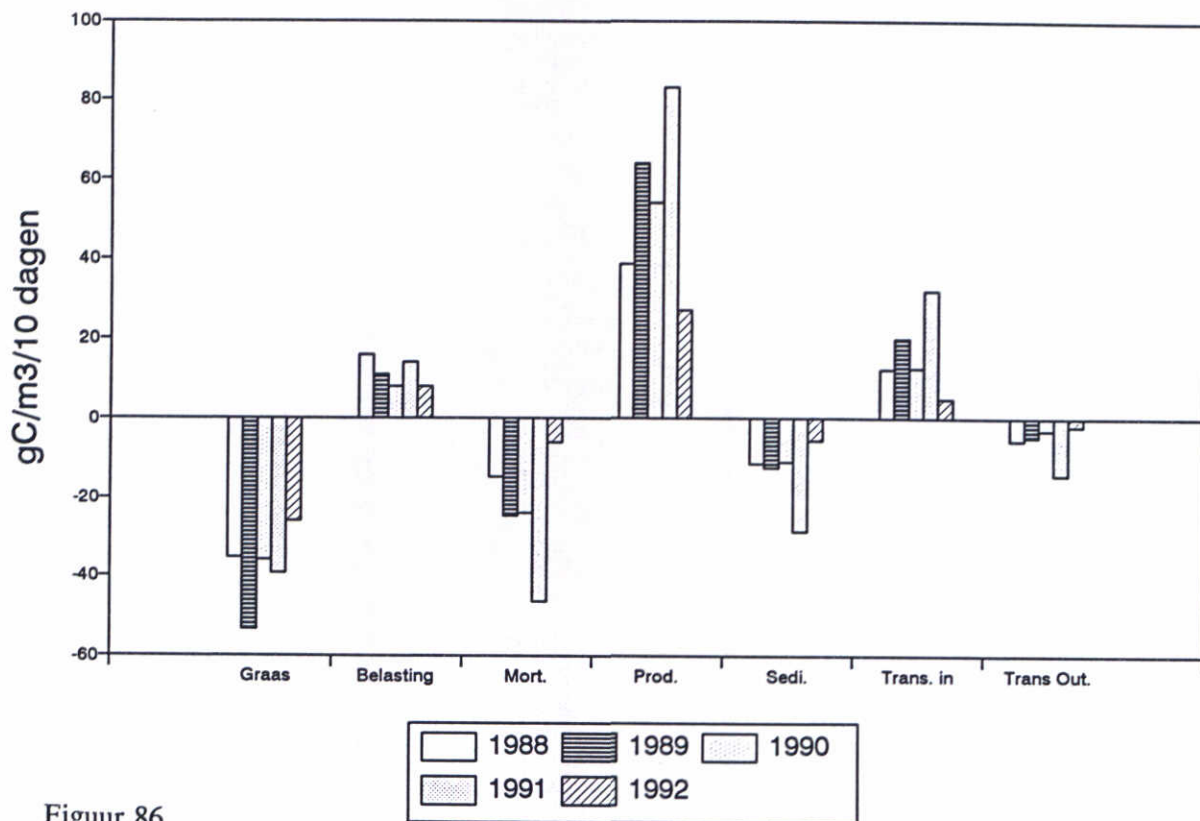
## Volkerak Zoommeer Water-bodem uitwisseling en OPO4 conc.



Figuur 85

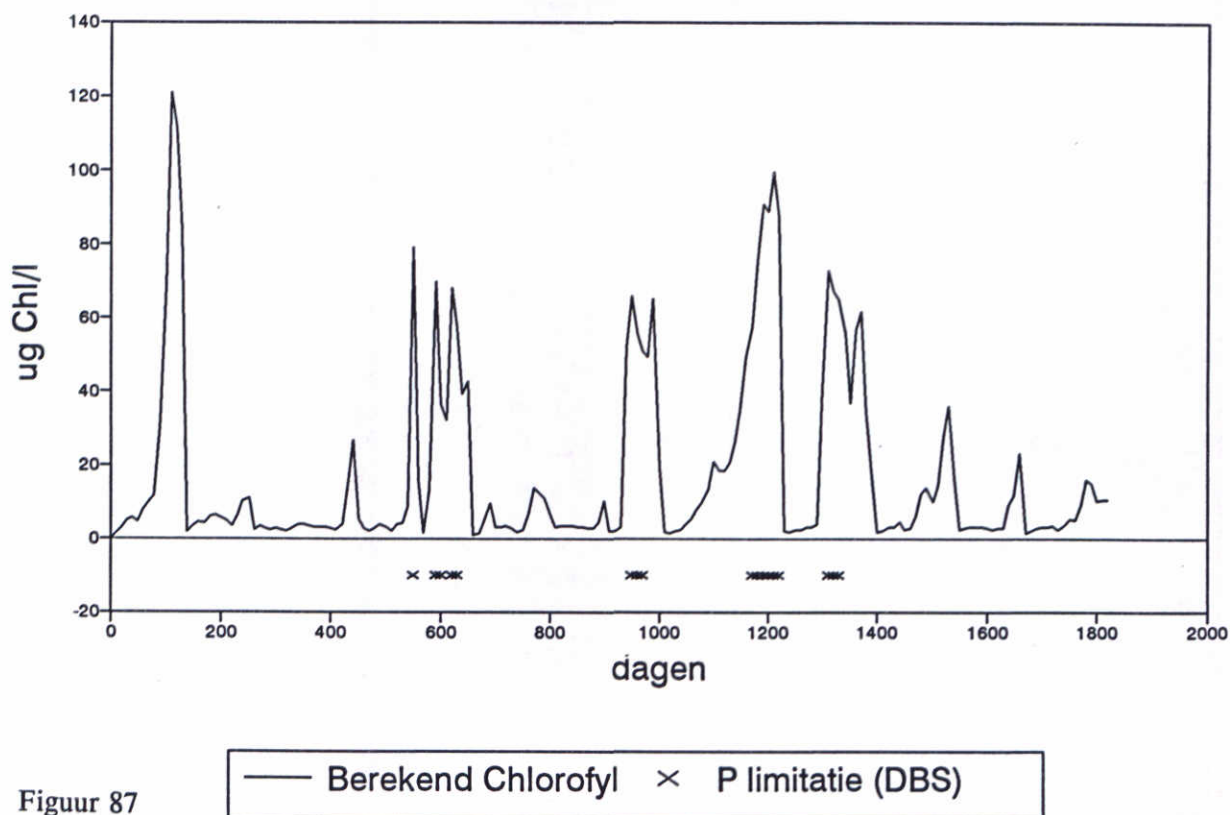
nalevering diep   
  nalevering ondiep   
  OPO4

## Volkerak oost diep Alg-C balans



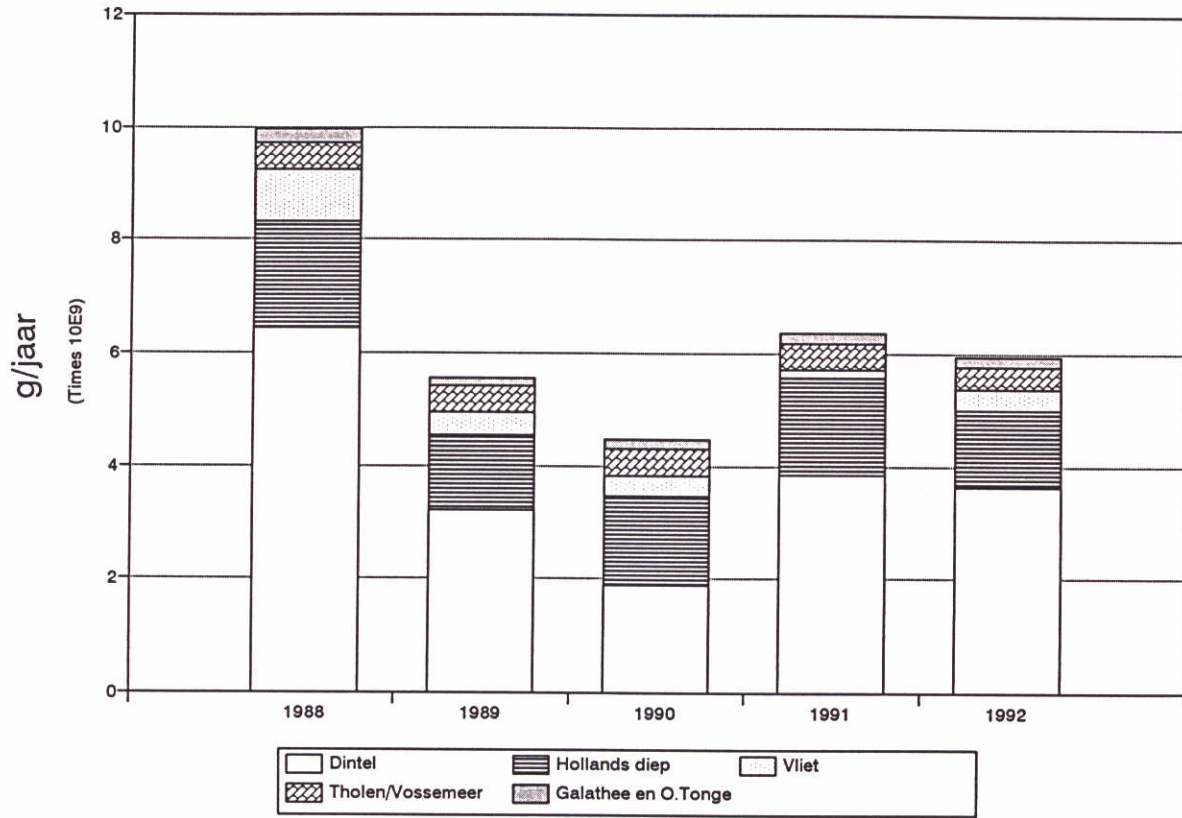
Figuur 86

## Limiterende factoren Volkerak oost diep



Figuur 87

## Volkerak Zoommeer Totaalstikstofbelasting

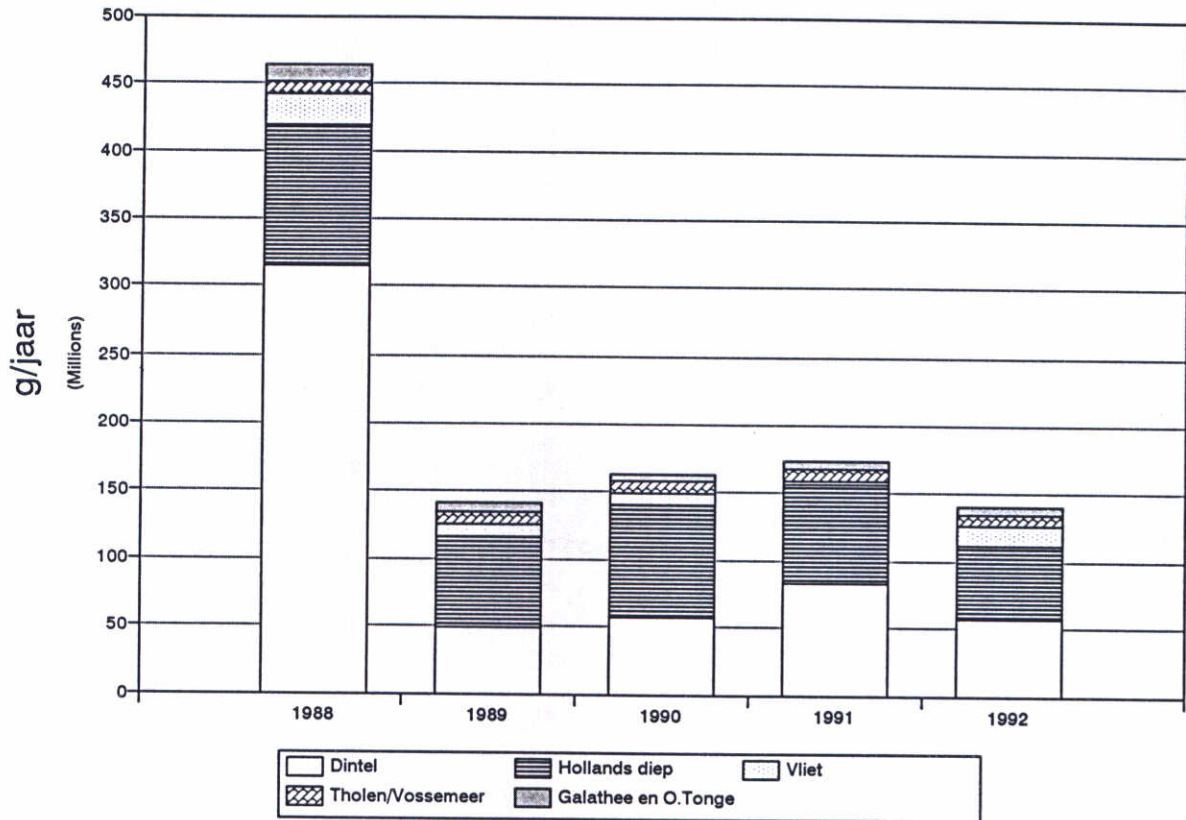


Totaal-N belasting aanvoerposten  
in ton N/jaar.

	Dintel	Tholen	Vliet	Volkerak	Galathee en Oude Tongen
1988	6437	485	955	1877	264
1989	3218	485	413	1332	150
1990	1889	485	374	1601	184
1991	3855	485	151	1725	202
1992	3635	412	375	1344	203

Figuur 88

## Volkerak Zoommeer Totaalfosfaatbelasting

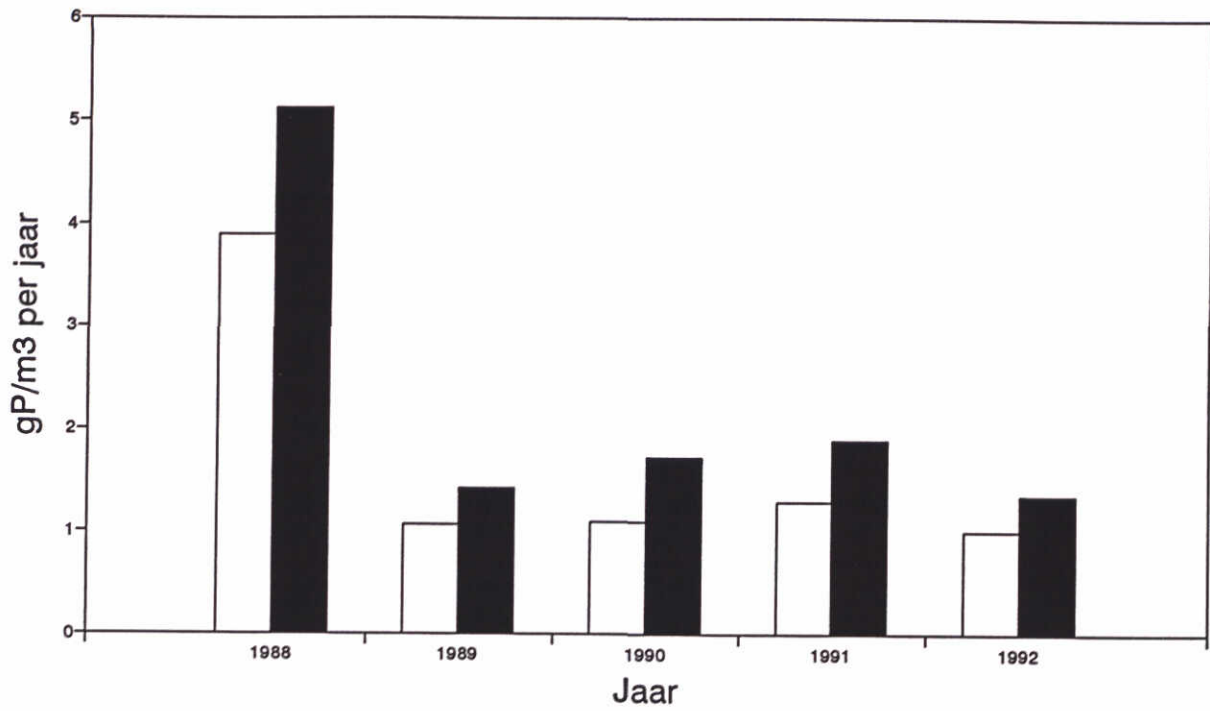


Totaal-P belasting aanvoerposten  
in ton-P/jaar.

	Dintel	Tholen	Vliet	Volkerak	Galathee en Oude Tongen
1988	314	9	23	104	13
1989	49	9	9	67	7
1990	57	9	8	83	5
1991	83	9	3	72	5
1992	57	7	15	54	5

Figuur 89

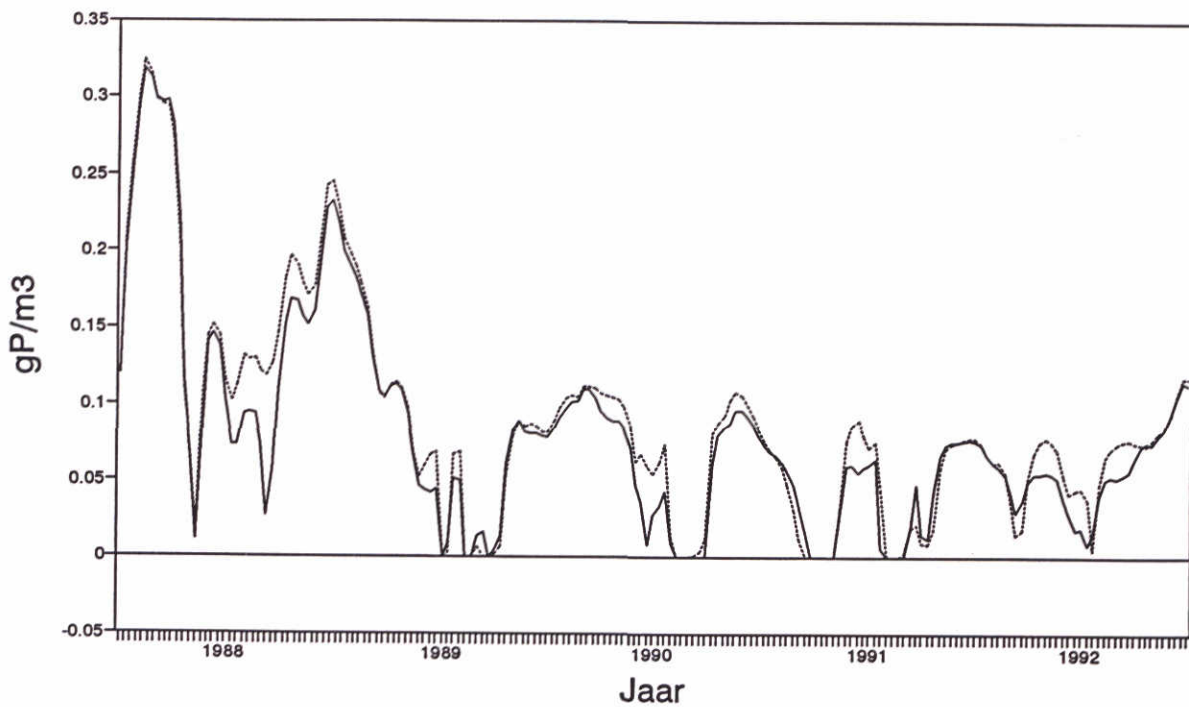
## Fosfaatbelasting Volkerak Oost diep



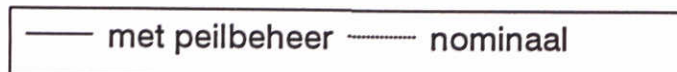
Figuur 90



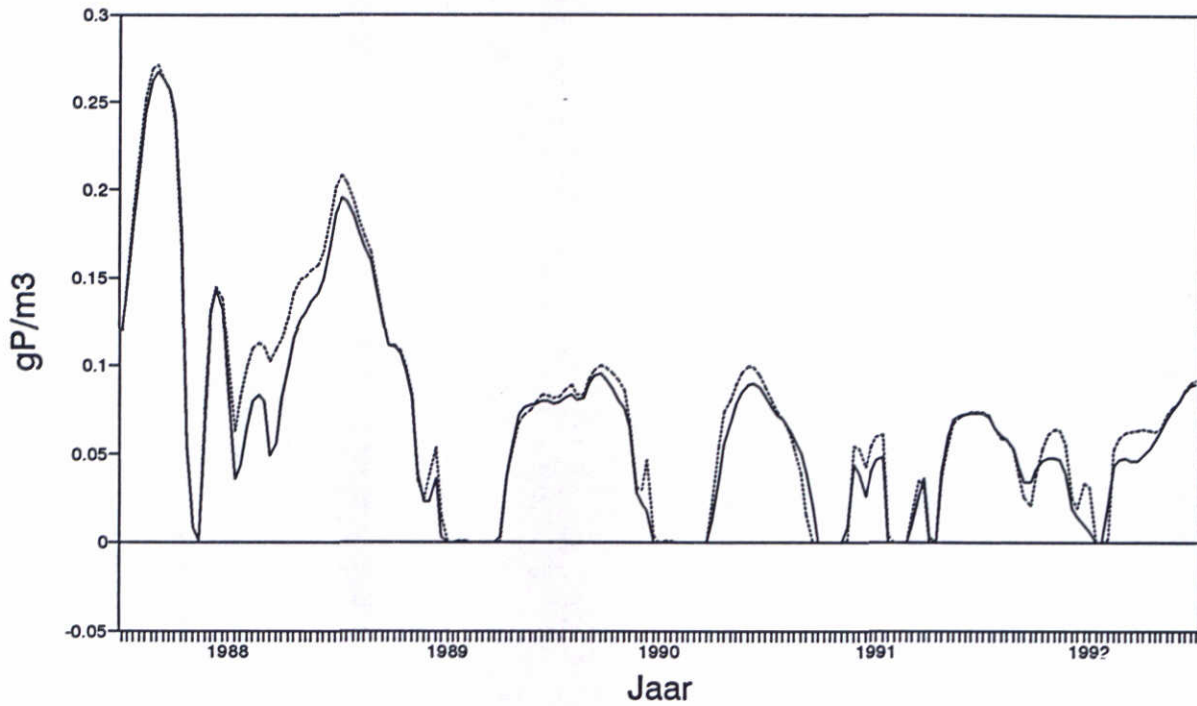
## Peilbeheerscenario Orthofosfaat Oost diep



Figuur 91



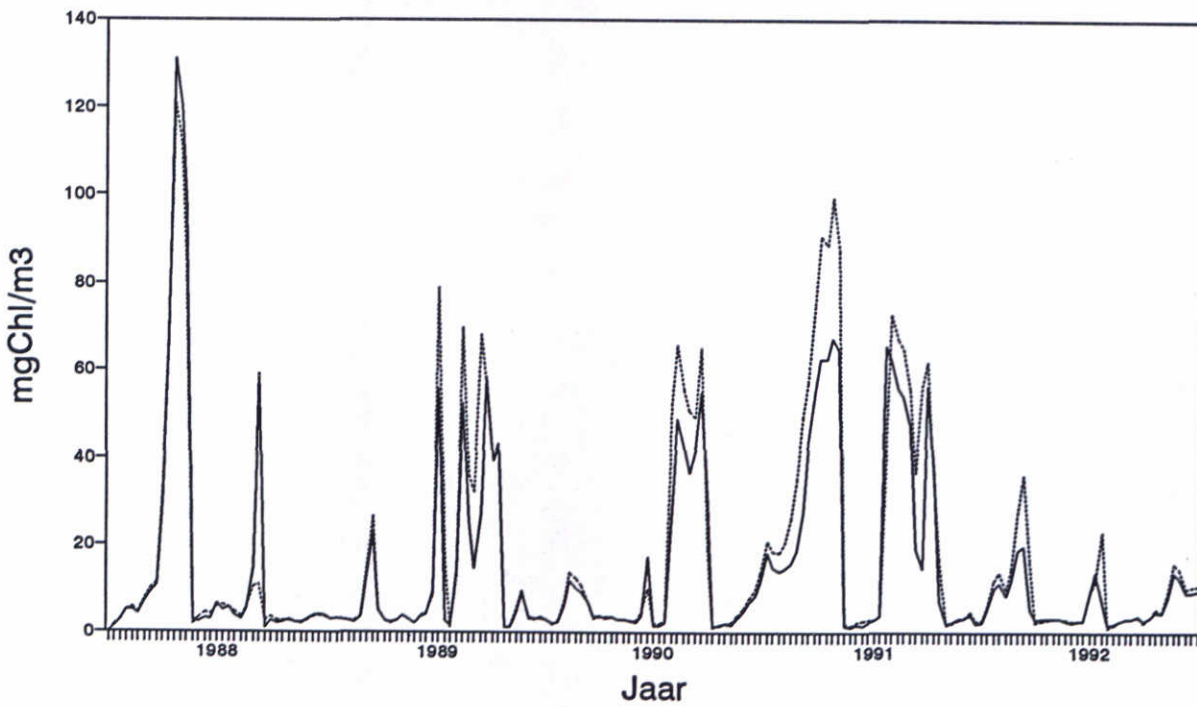
### Peilbeheerscenario Orthofosfaat West ondiep



Figuur 92

— met peilbeheer    ..... nominaal

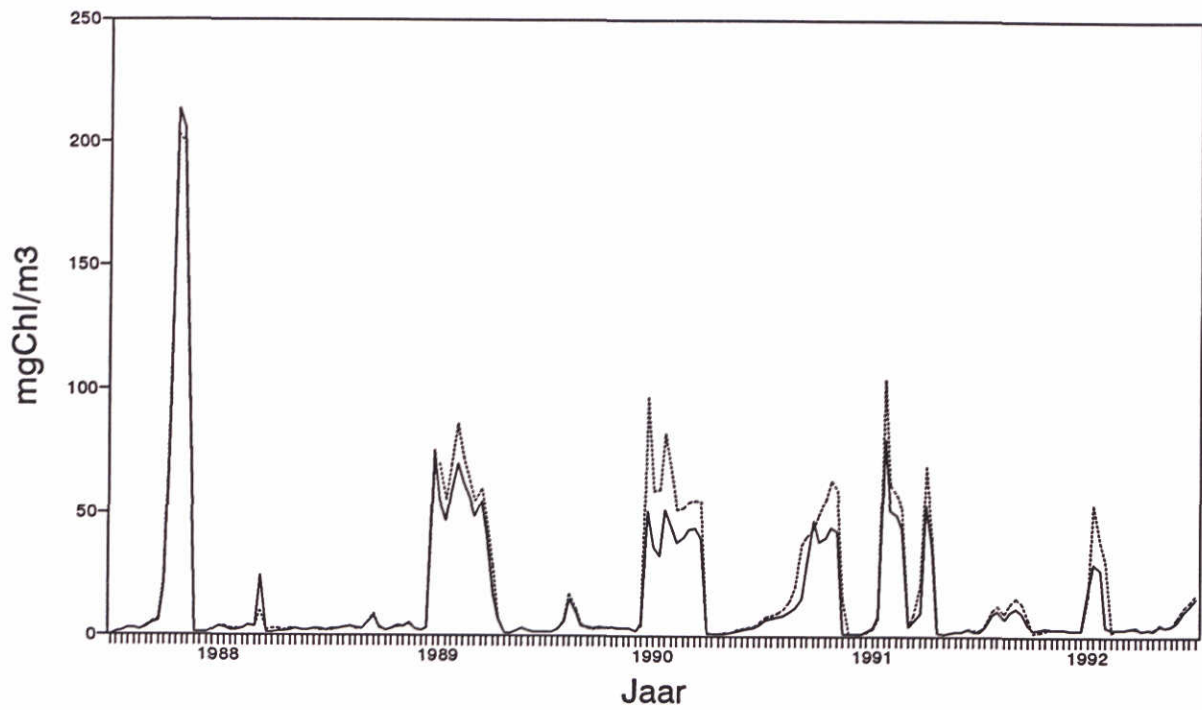
### Peilbeheerscenario Chlorofyl Oost diep



Figuur 93

— met peilbeheer    ..... nominaal

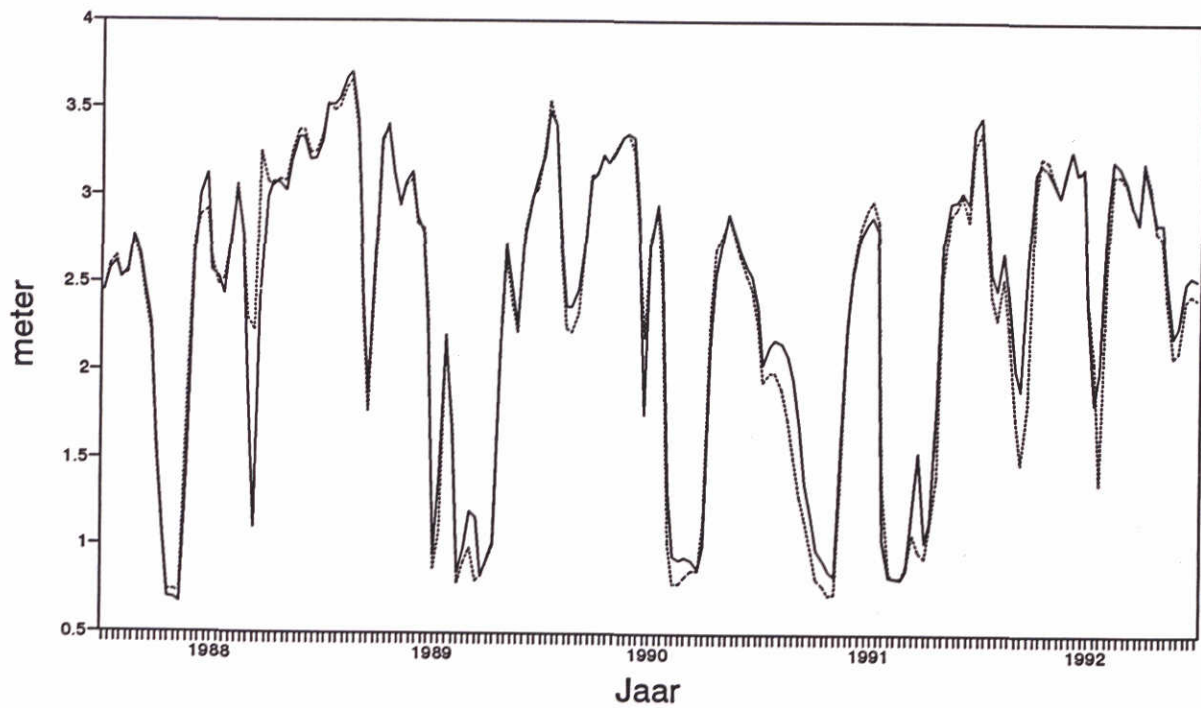
## Peilbeheerscenario Chlorofyl West ondiep



Figuur 94

— met peilbeheer    ..... nominaal

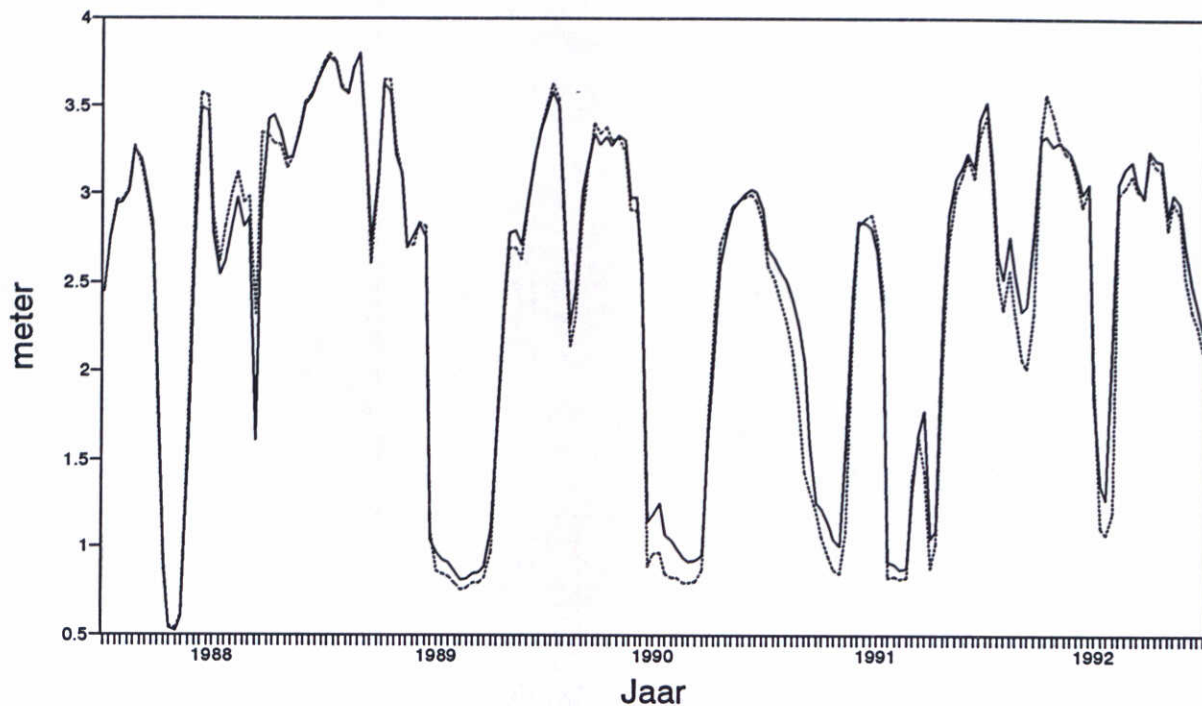
## Peilbeheerscenario Doorzicht Oost diep



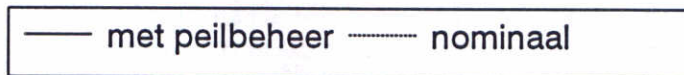
Figuur 95

— met peilbeheer    ..... nominaal

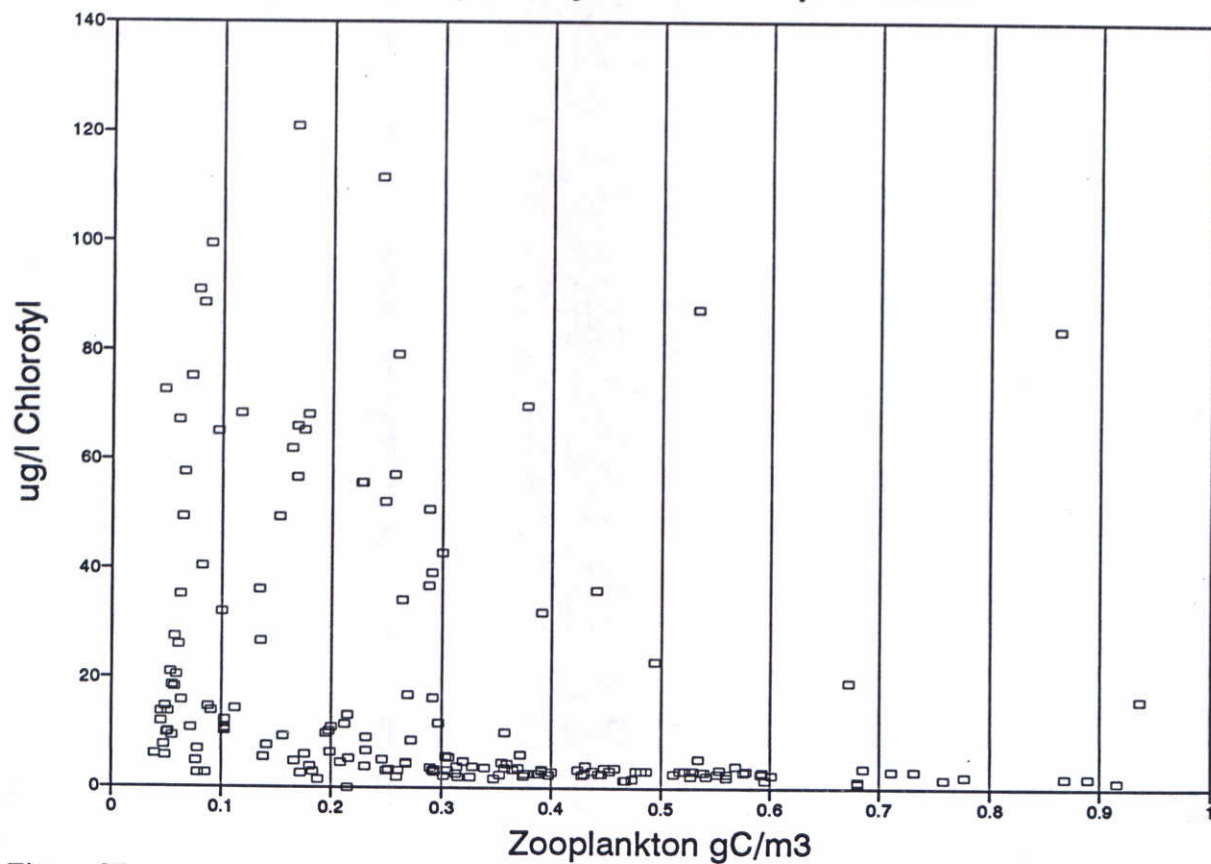
## Peilbeheerscenario Doorzicht West ondiep



Figuur 96



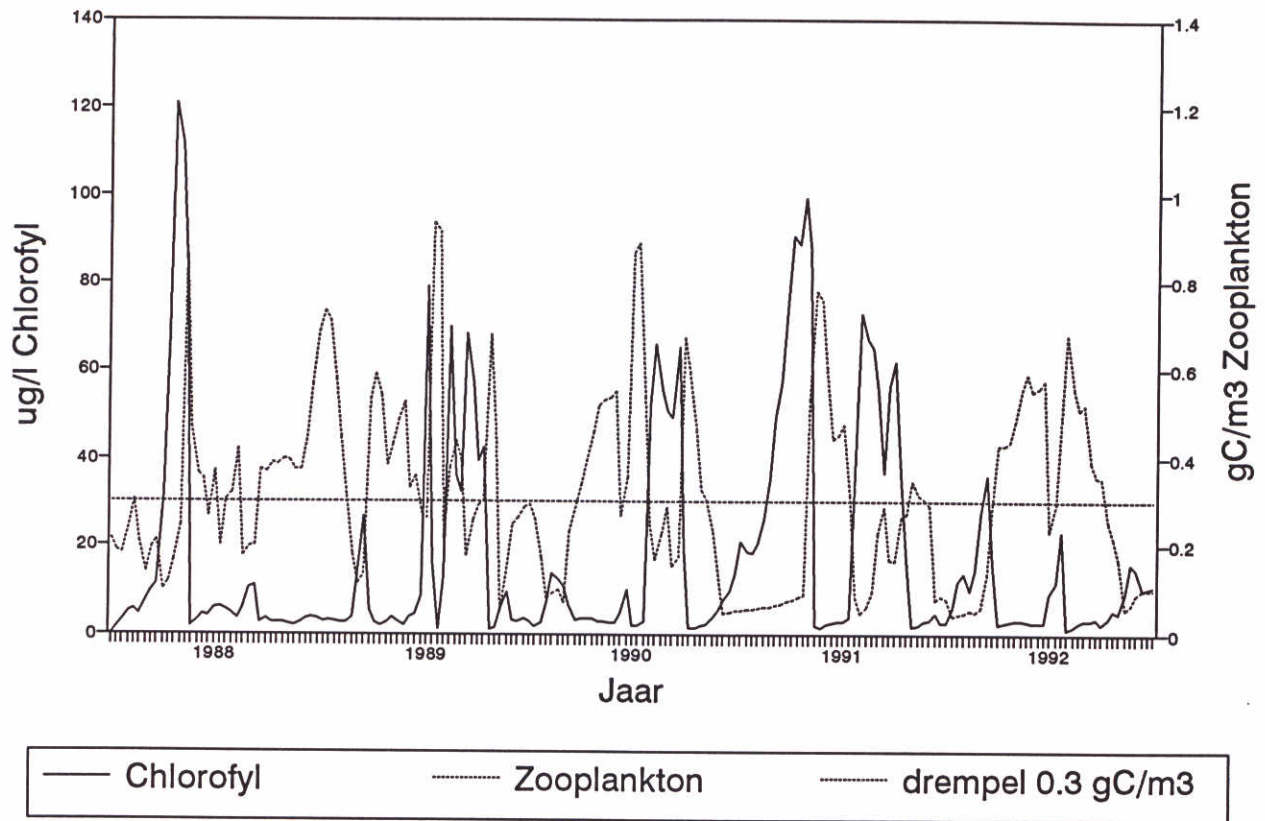
## Scatterplot Fyto- vs Zooplankton



Figuur 97

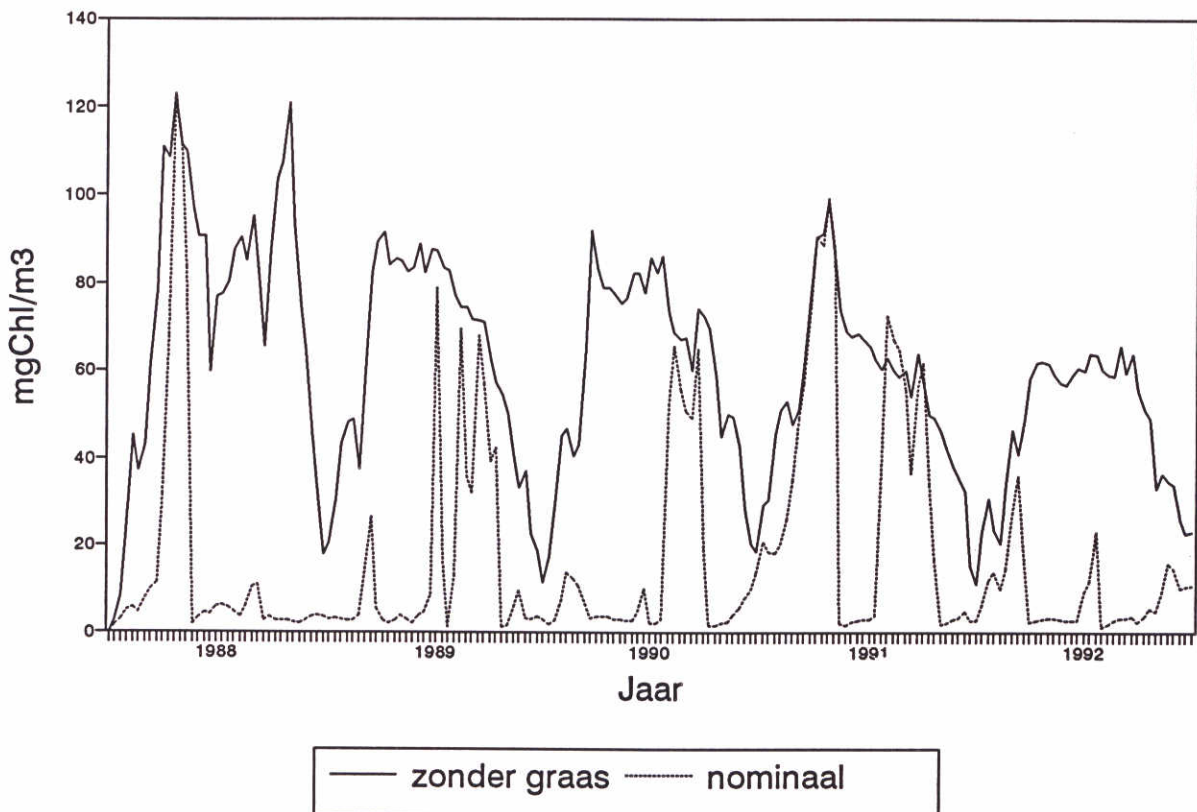


## Fyto- en Zooplankton Volkerak Oost diep



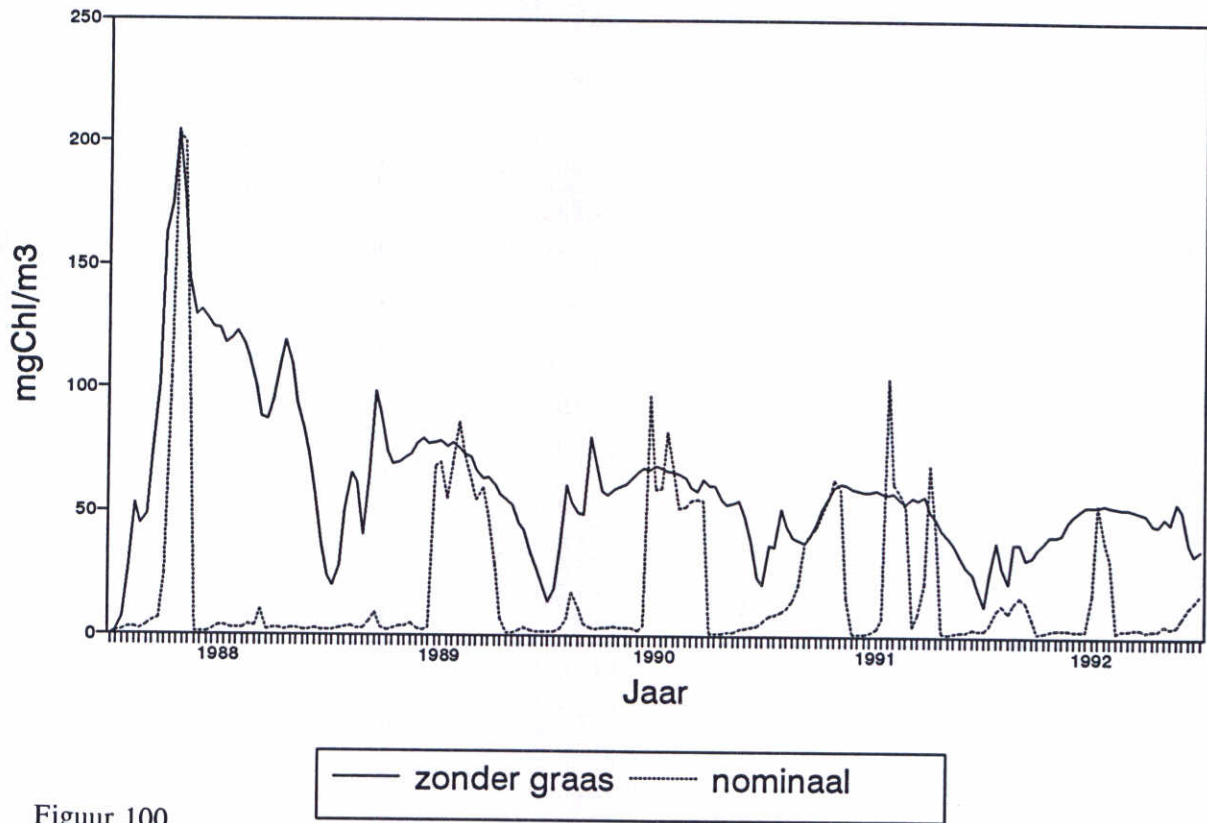
Figuur 98

## Scenario zonder graas Volkerak Oost diep



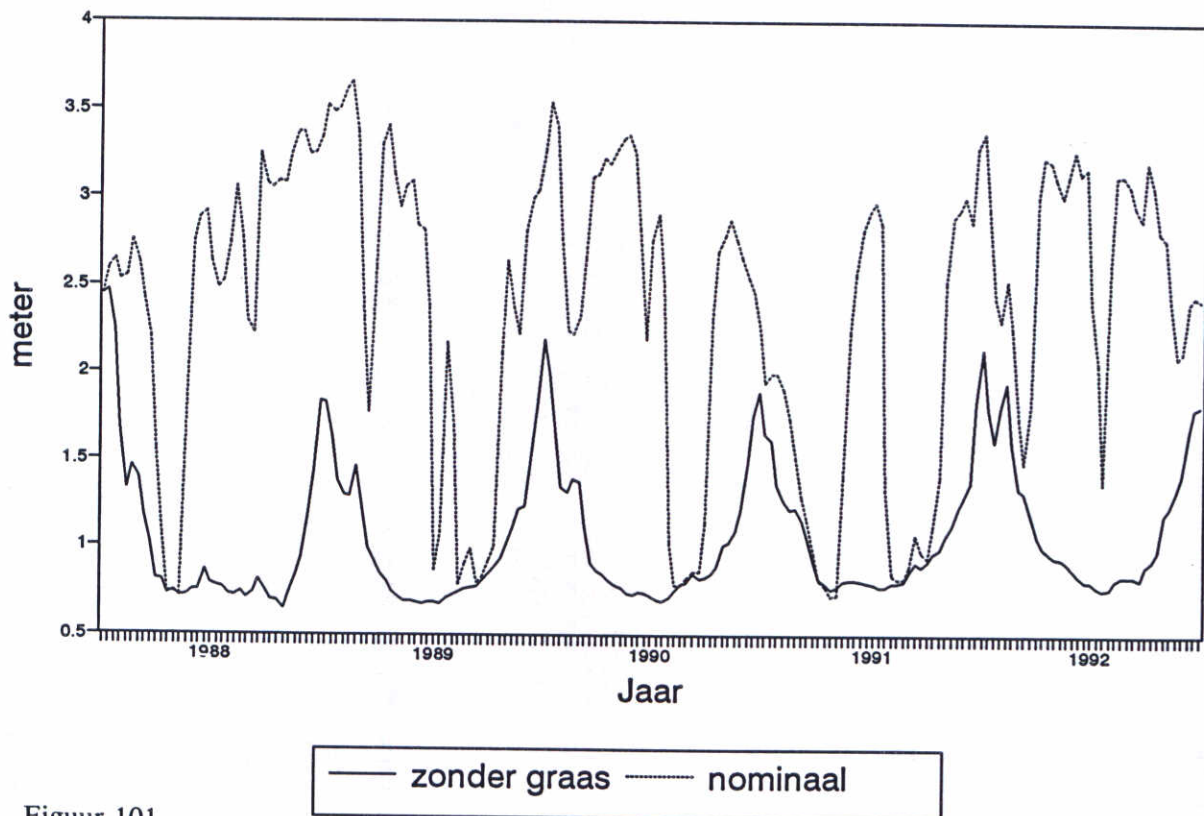
Figuur 99

## Scenario zonder graas Volkerak West ondiep



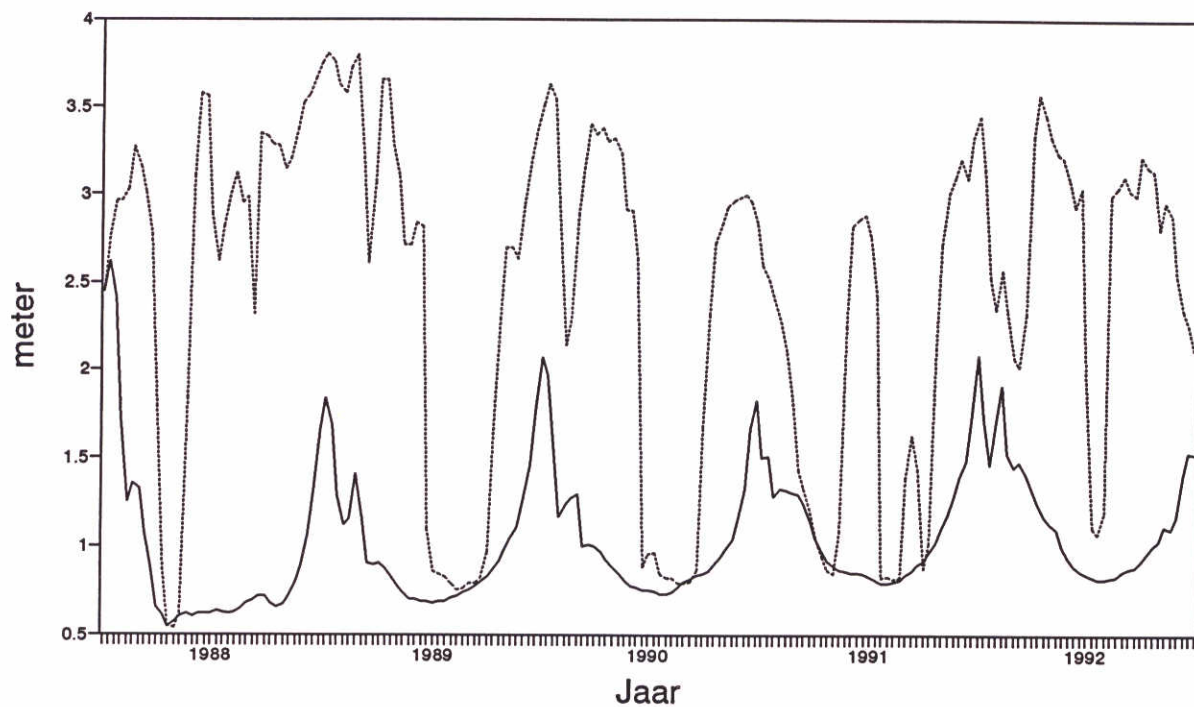
Figuur 100

## Doorzicht Volkerak Oost diep



Figuur 101

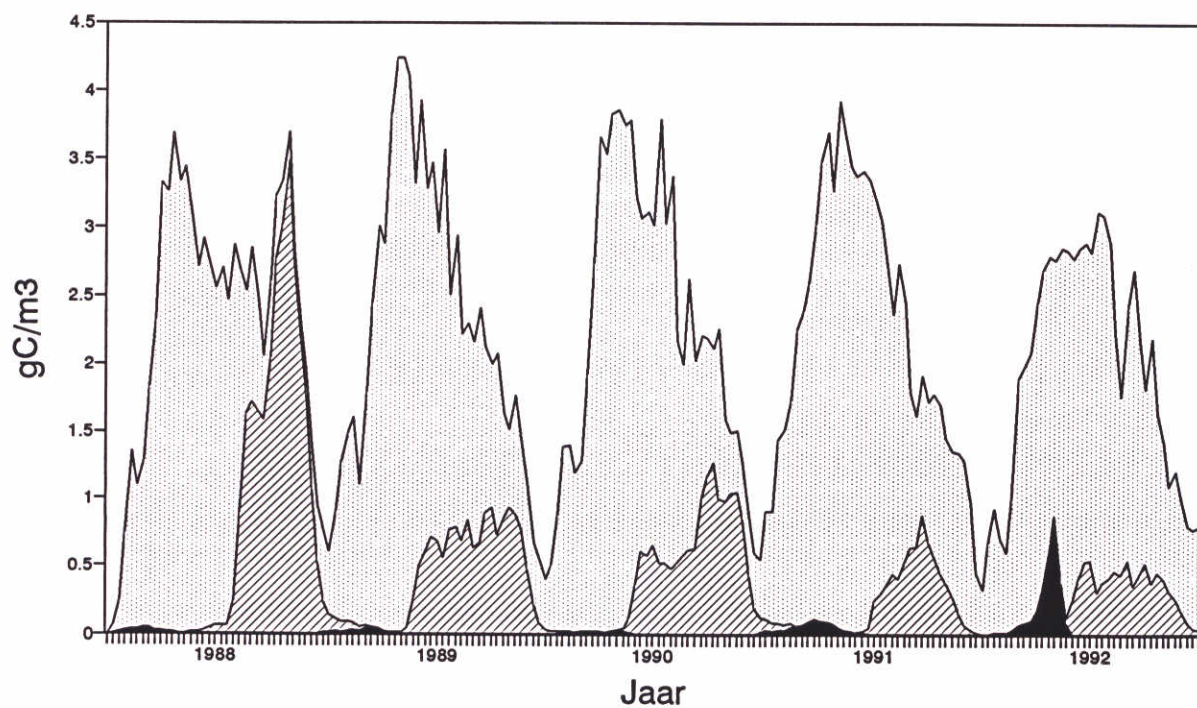
## Doorzicht Volkerak West ondiep



— zonder graas    ..... nominaal

Figuur 102

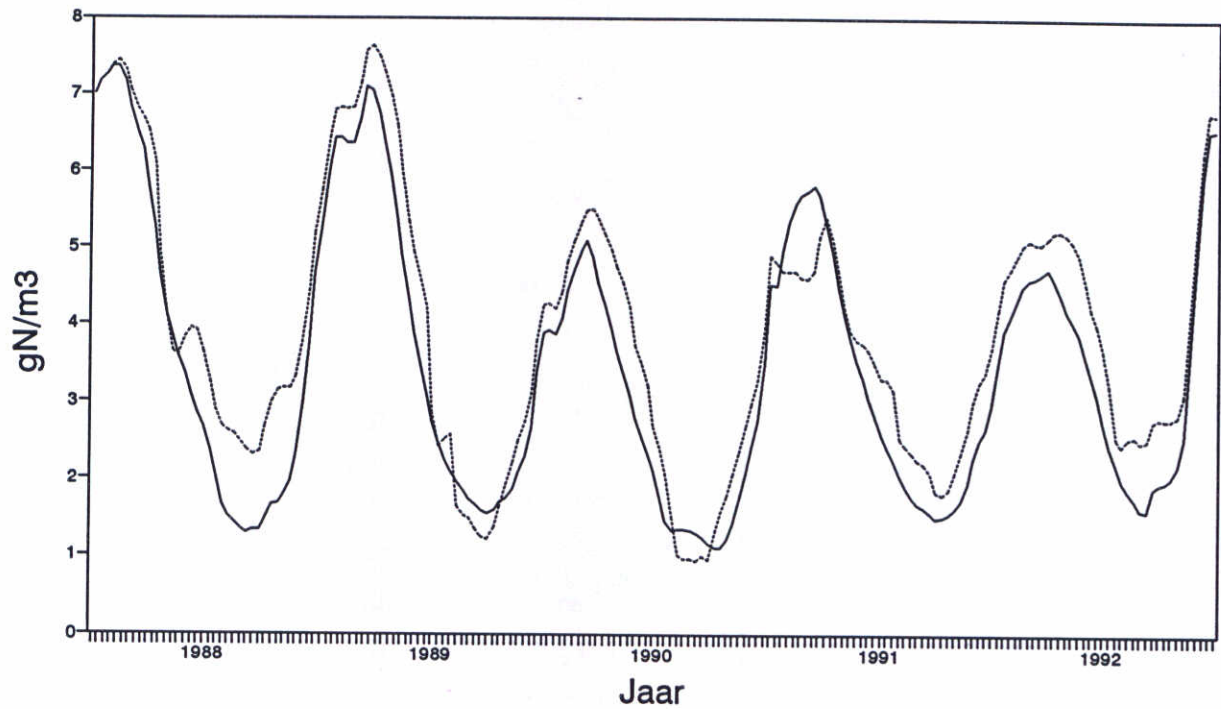
## Soortensamenstelling Zonder graas (Volk oost diep)



Diatomeeen   
  Groen + overig   
  Cyanobacterien

Figuur 103

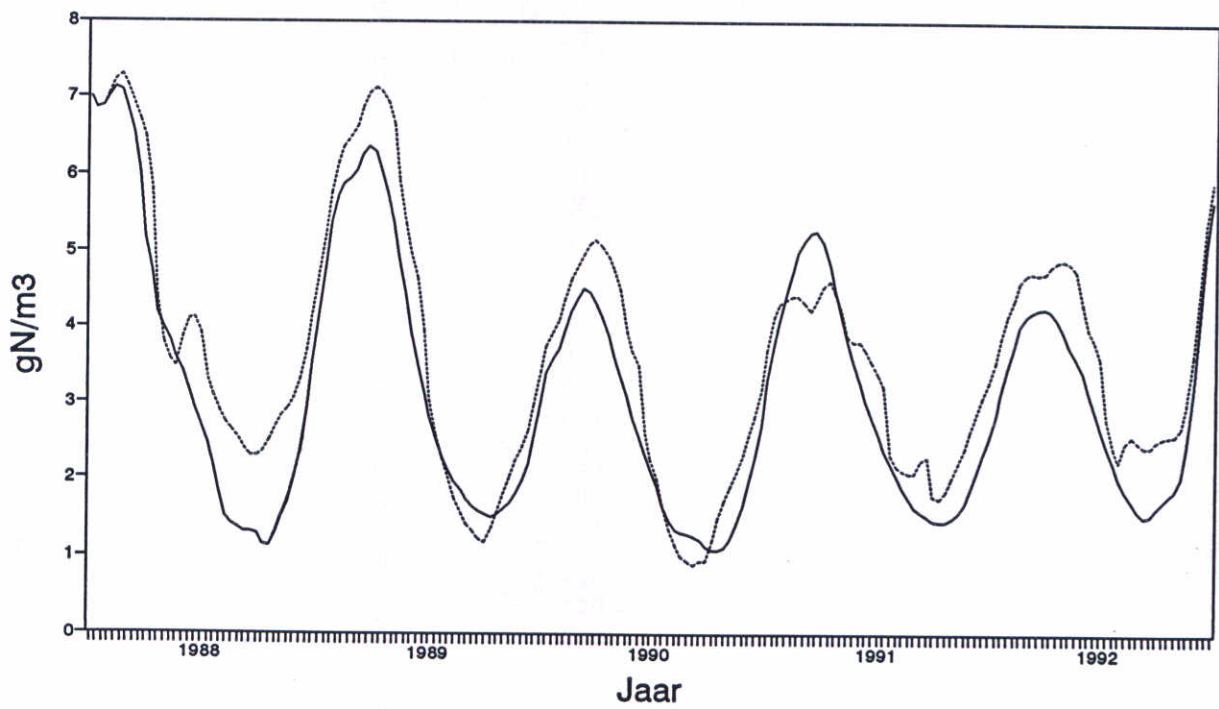
### Nitraatconcentratie Volkerak Oost diep



Figuur 104

— zonder graas    ..... nominaal

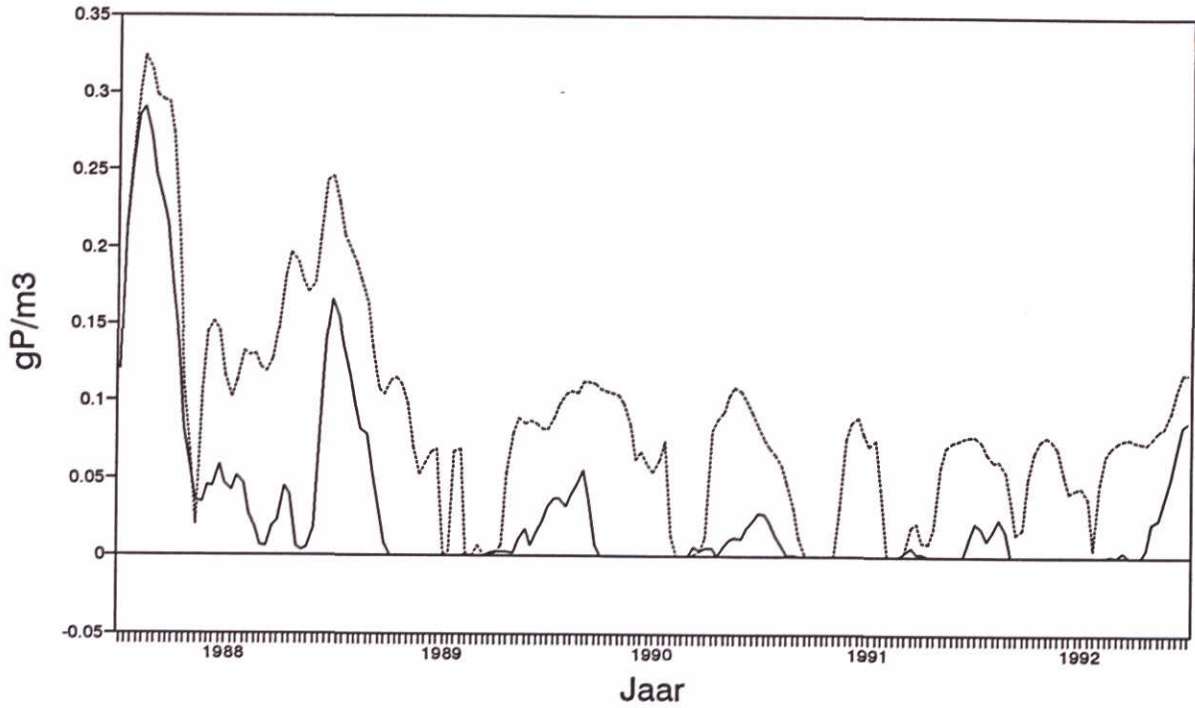
### Nitraatconcentratie Volkerak West ondiep



Figuur 105

— zonder graas    ..... nominaal

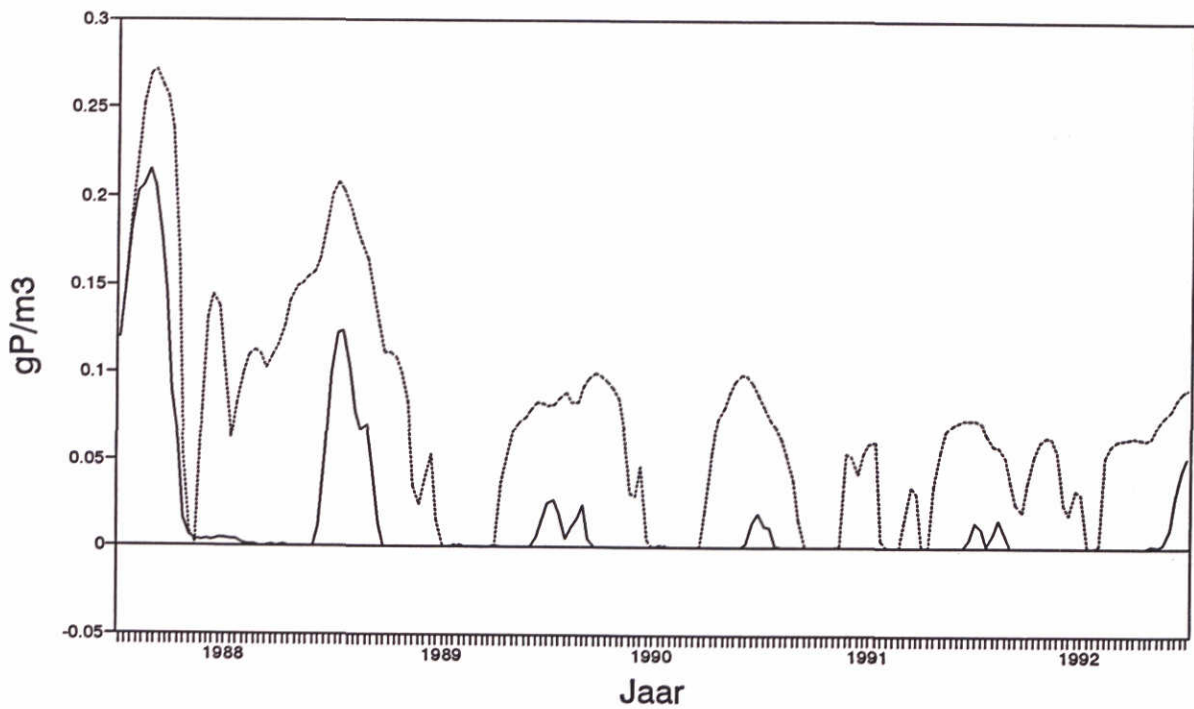
## Orthofosfaat Volkerak Oost diep



— zonder graas    ..... nominaal

Figuur 106

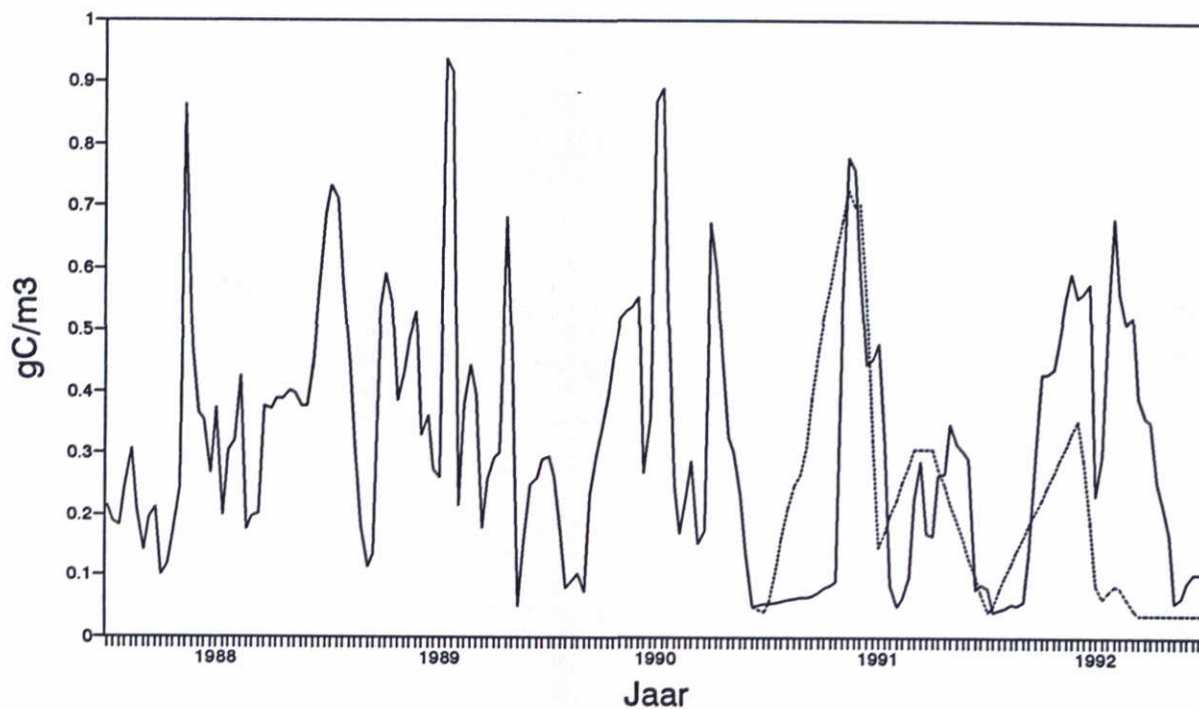
## Orthofosfaat Volkerak West ondiep



— zonder graas    ..... nominaal

Figuur 107

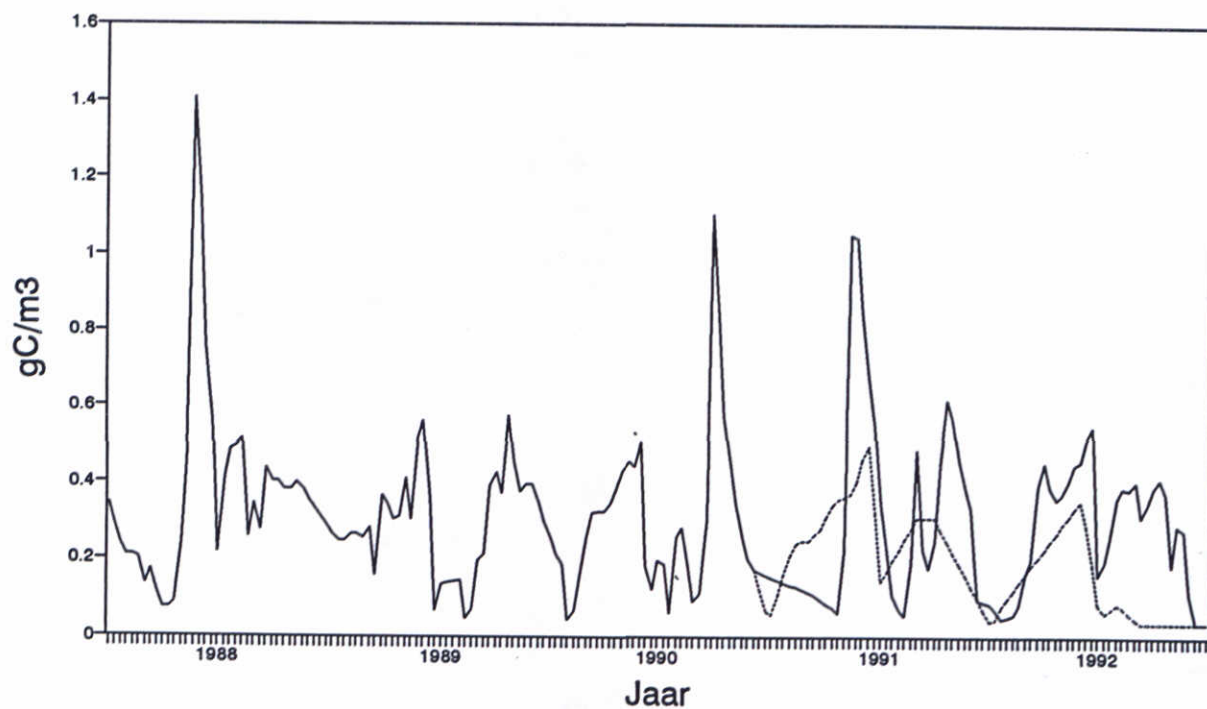
### Zooplanktonbiomassa Volkerak Oost diep



..... Tjeukemeer 1979-198 — nominaal

Figuur 108

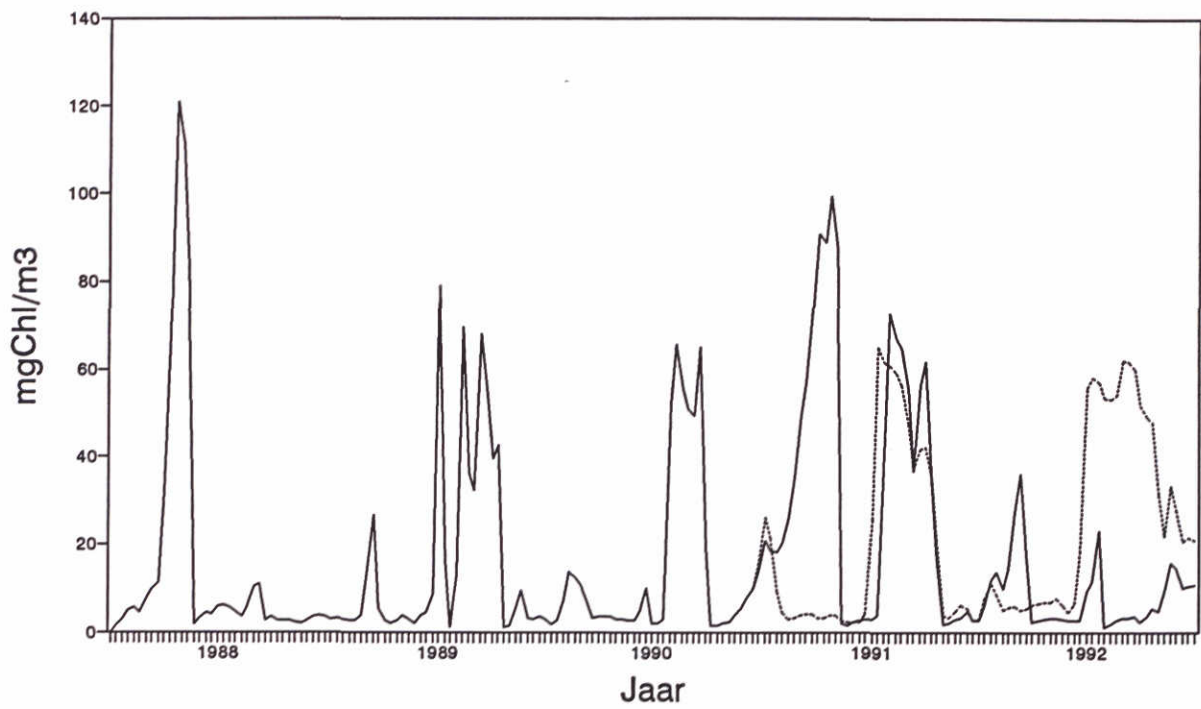
### Zooplanktonbiomassa Volkerak West ondiep



..... Tjeukemeer 1979-198 — nominaal

Figuur 109

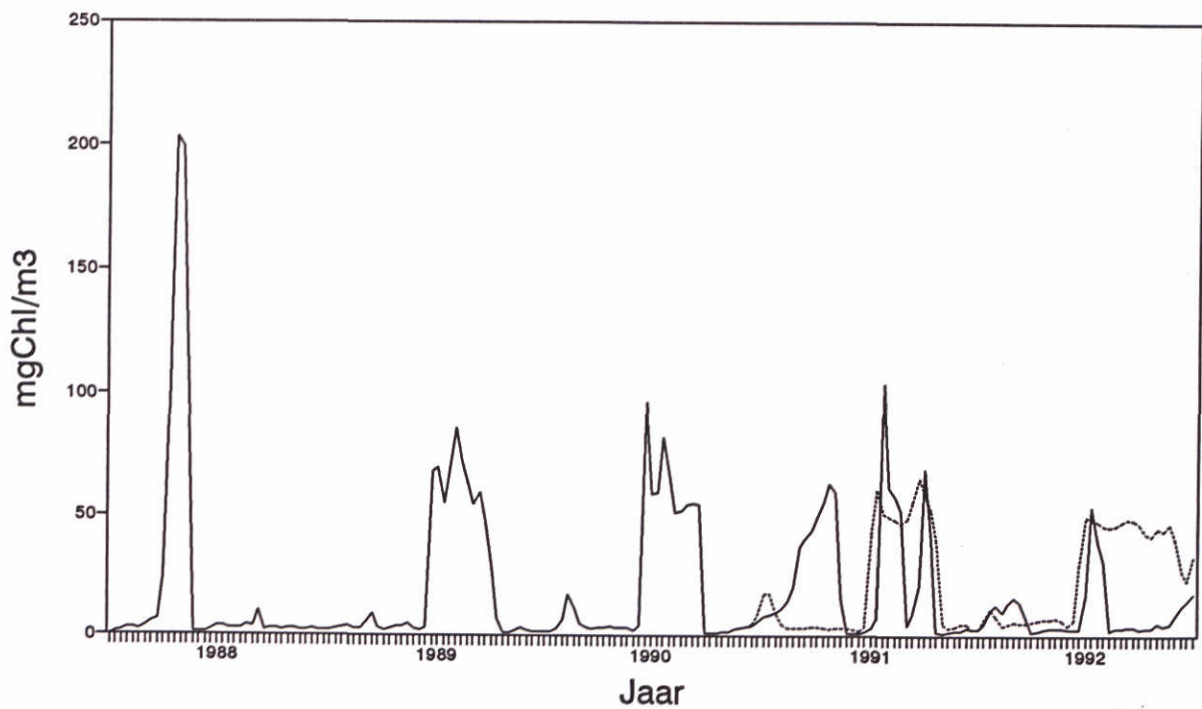
## Chlorofyl Volkerak Oost diep



----- Tjeukemeer 1979-198    — nominaal

Figuur 110

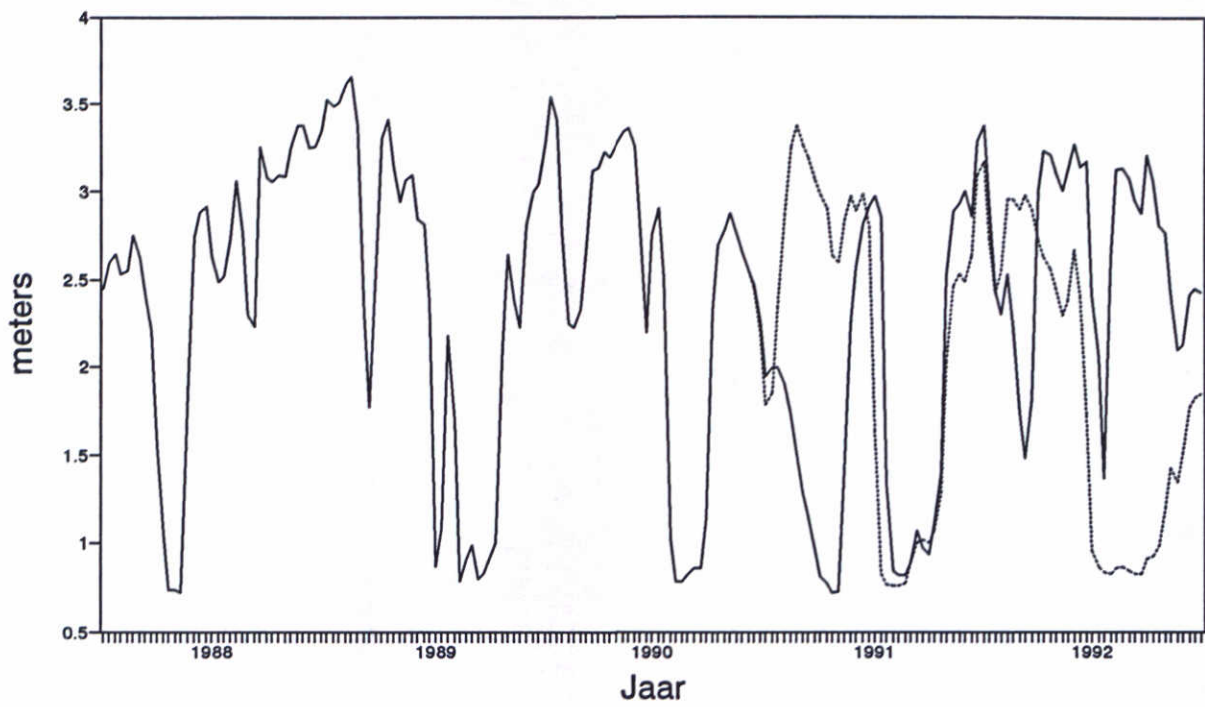
## Chlorofyl Volkerak West ondiep



----- Tjeukemeer 1979-198    — nominaal

Figuur 111

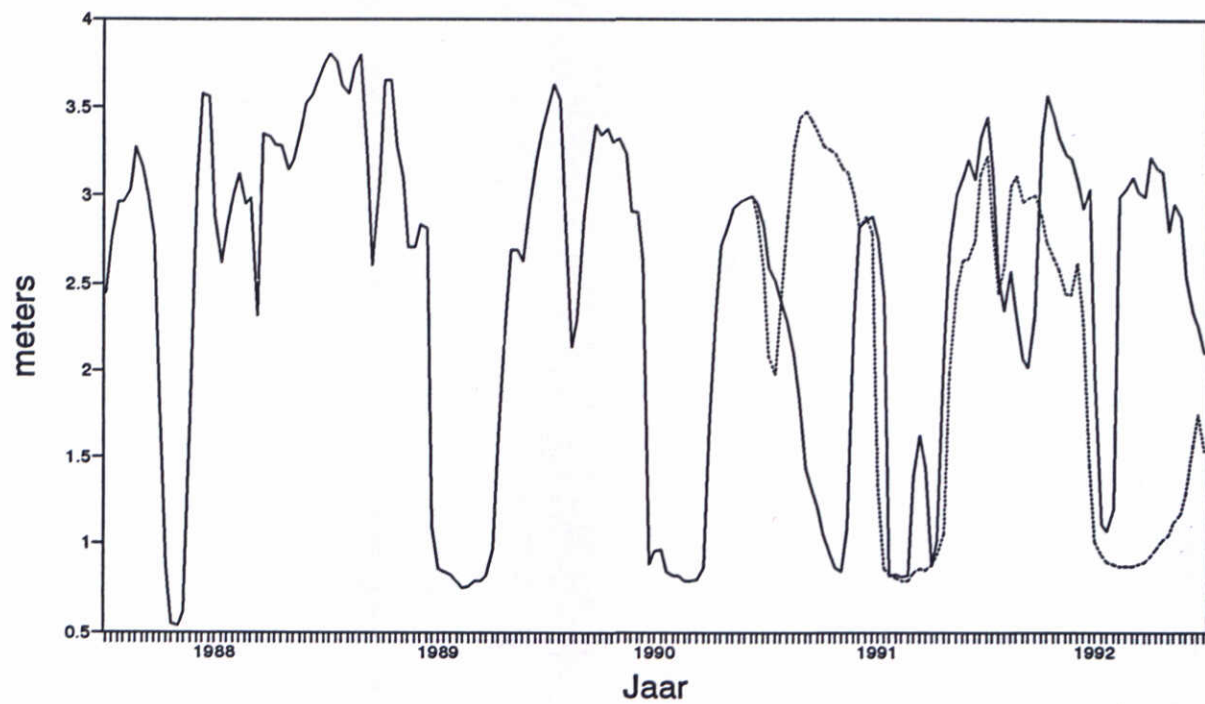
### Doorzicht Volkerak Oost diep



----- Tjeukemeer 1979-198 — nominaal

Figuur 112

### Doorzicht Volkerak West ondiep

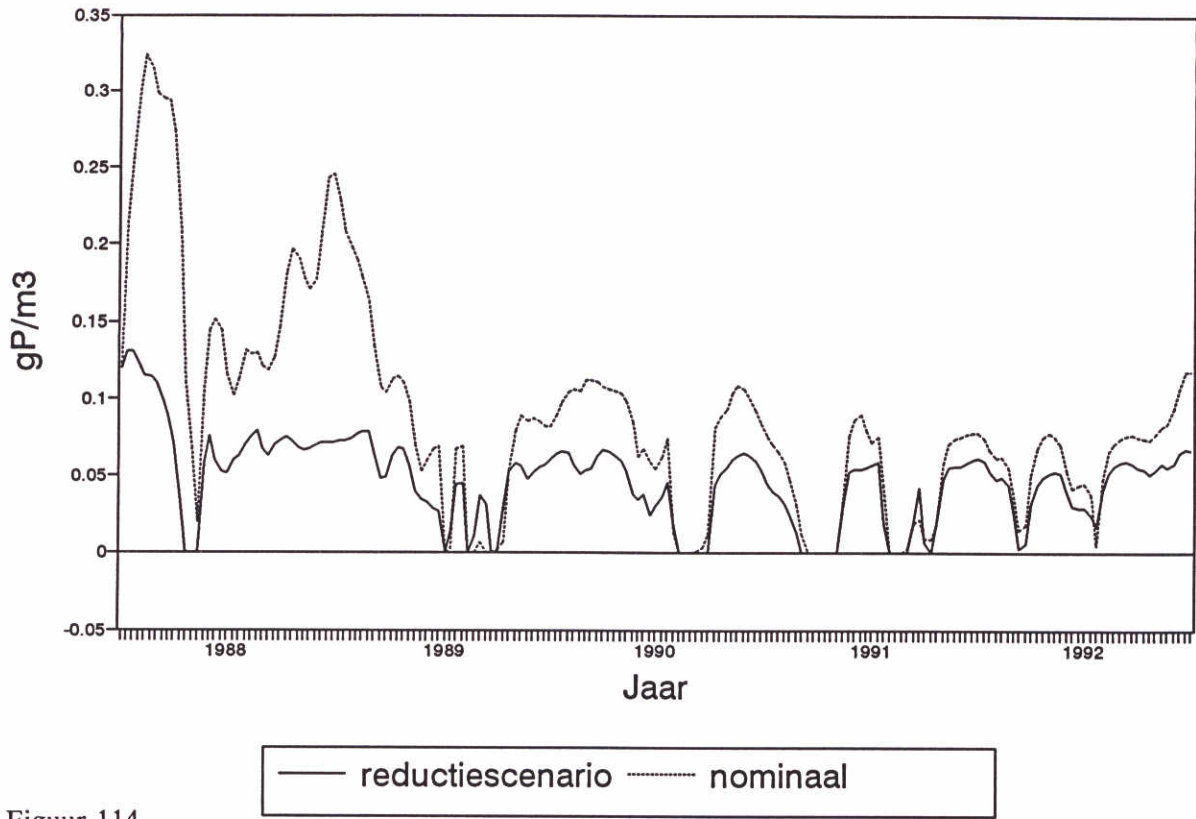


----- Tjeukemeer 1979-198 — nominaal

Figuur 113

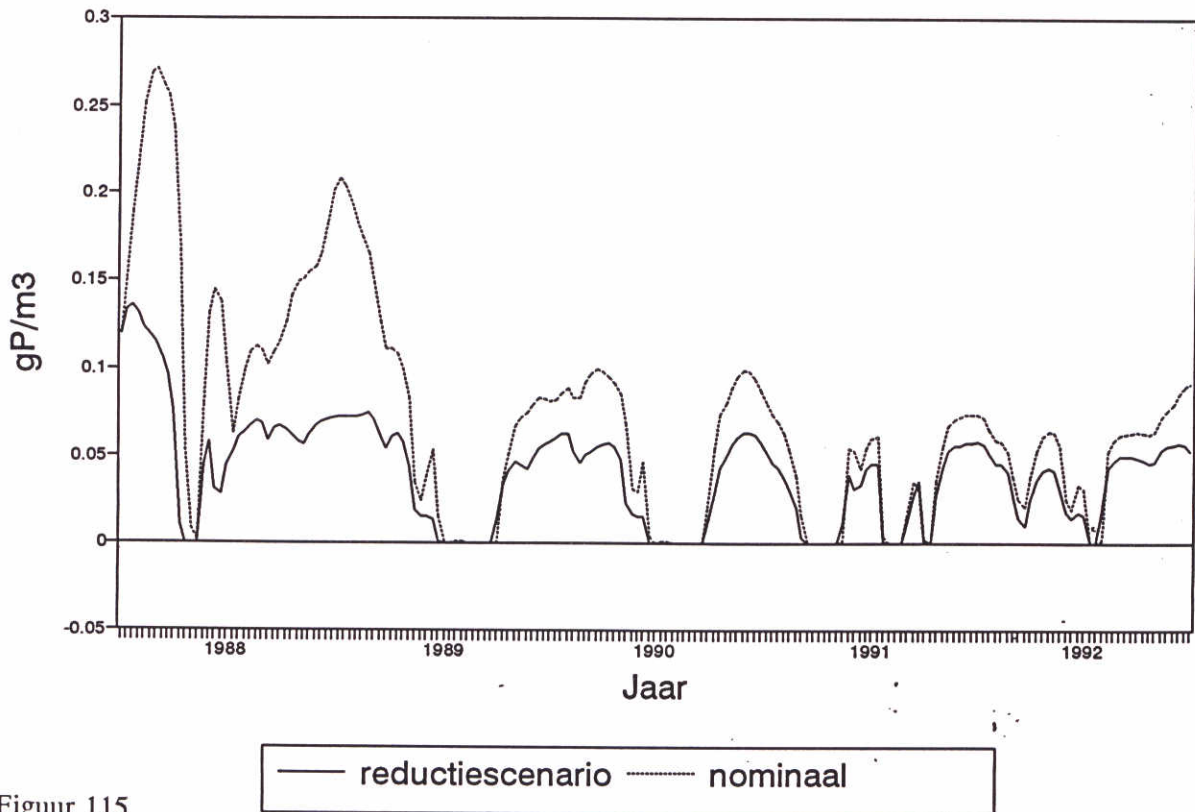


### Orthofosfaat Volkerak Oost diep



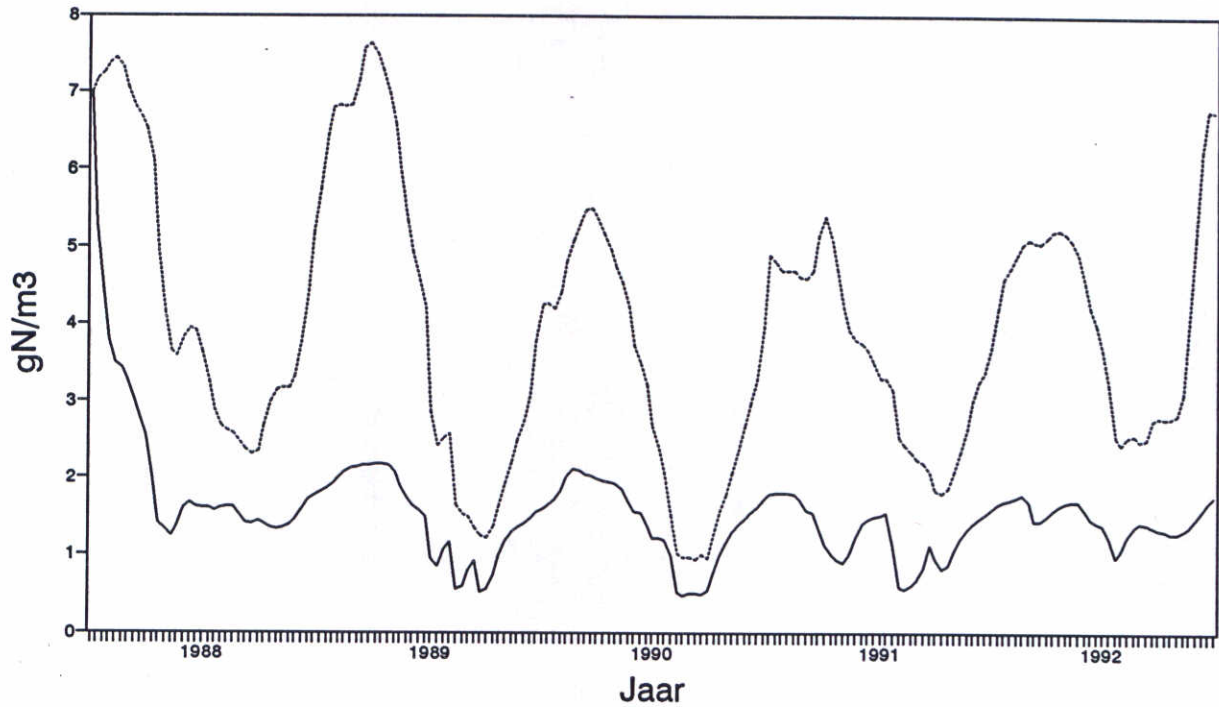
Figuur 114

### Orthofosfaat Volkerak West ondiep



Figuur 115

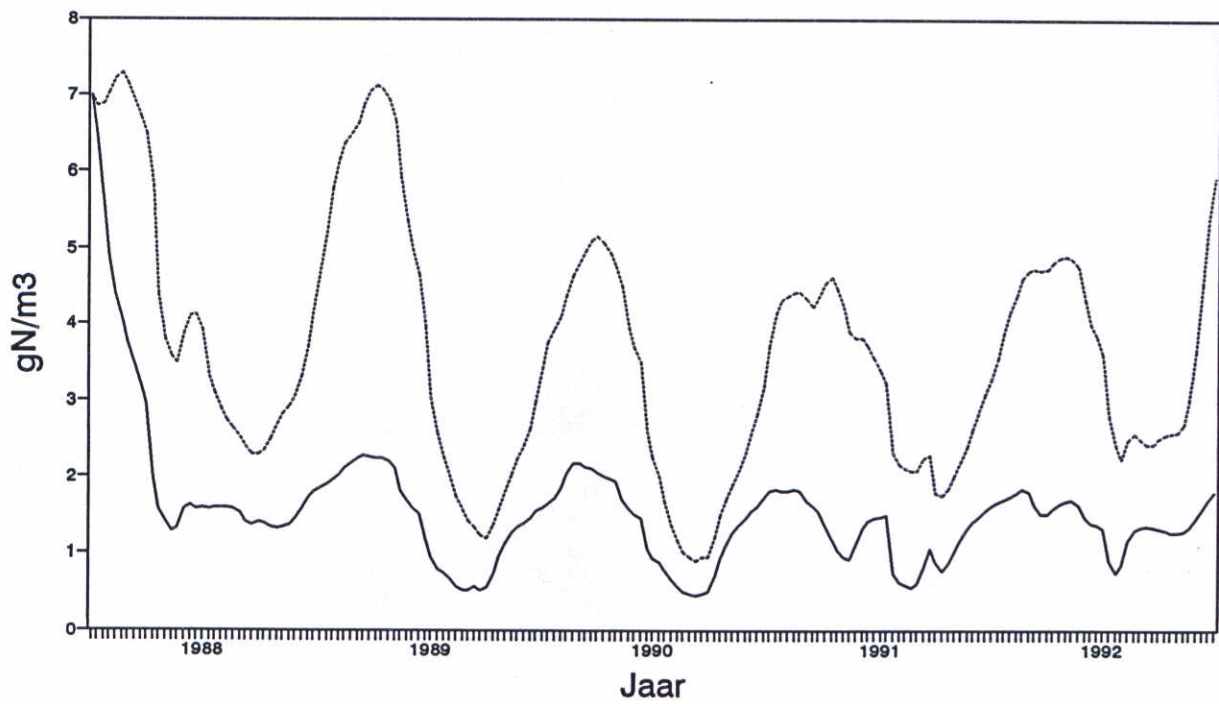
## Nitraatgehalten Volkerak Oost diep



— reductiescenario    - - - nominaal

Figuur 116

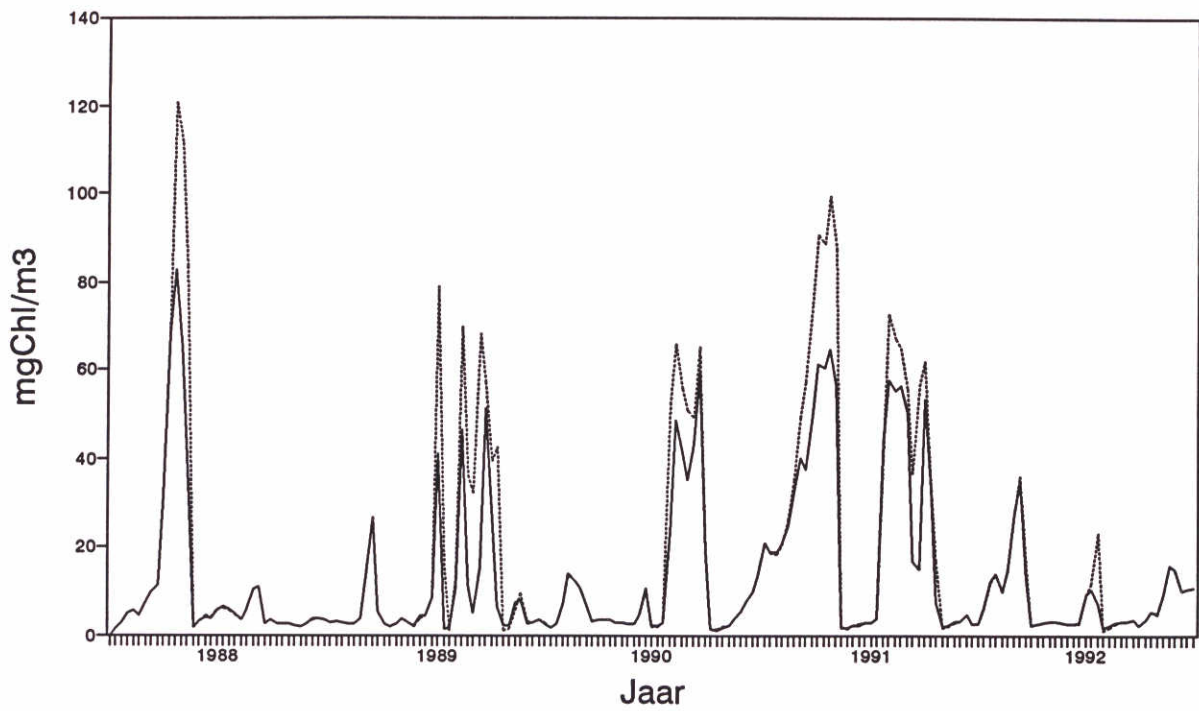
## Nitraatgehalten Volkerak West ondiep



— reductiescenario    - - - nominaal

Figuur 117

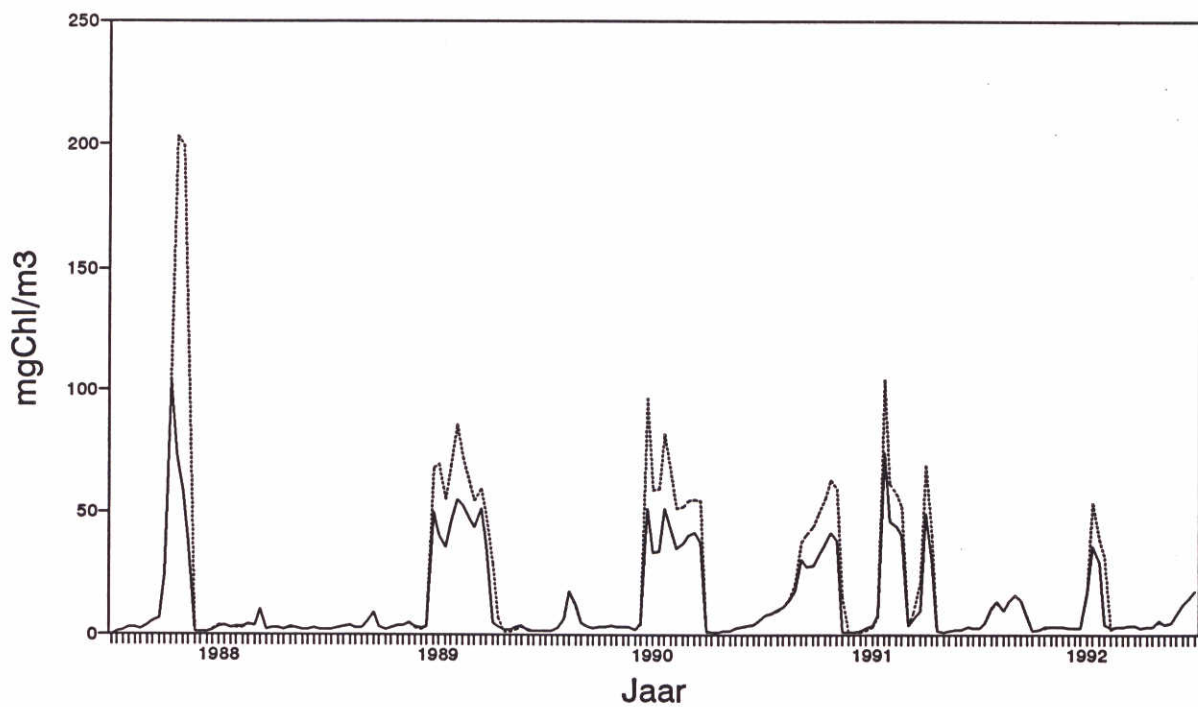
## Fytoplankton Volkerak Oost diep



— reductiescenario    ..... nominaal

Figuur 118

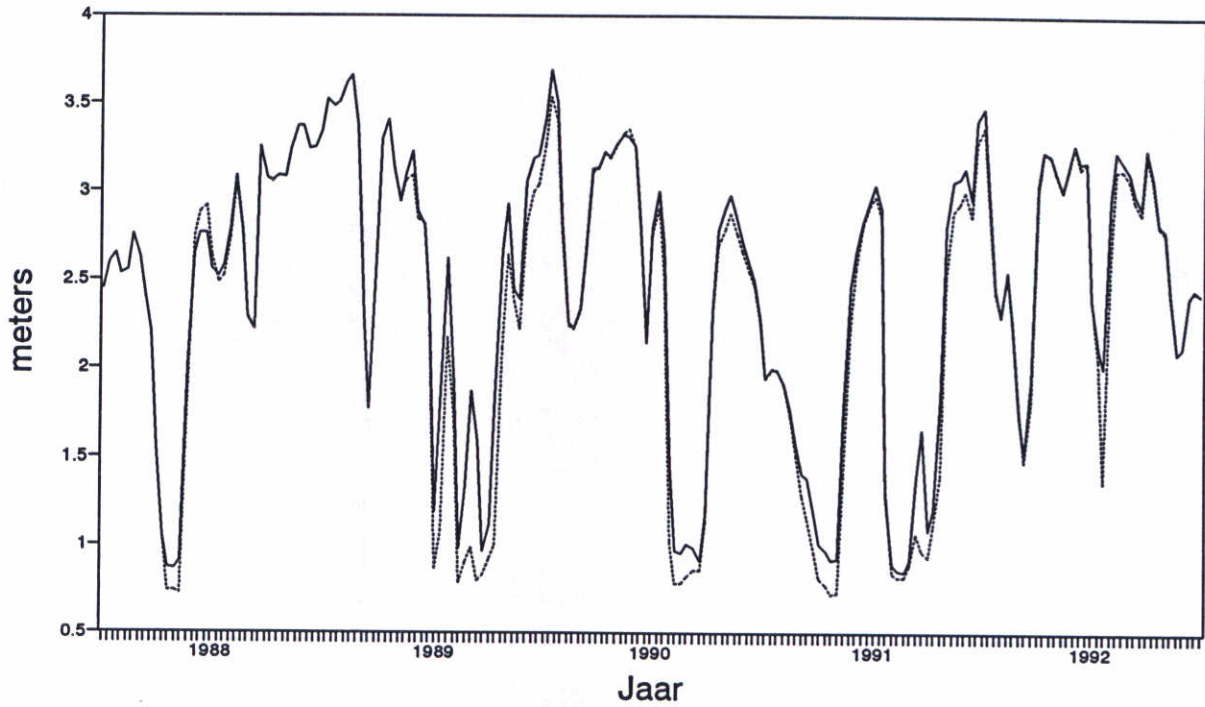
## Fytoplankton Volkerak West ondiep



— reductiescenario    ..... nominaal

Figuur 119

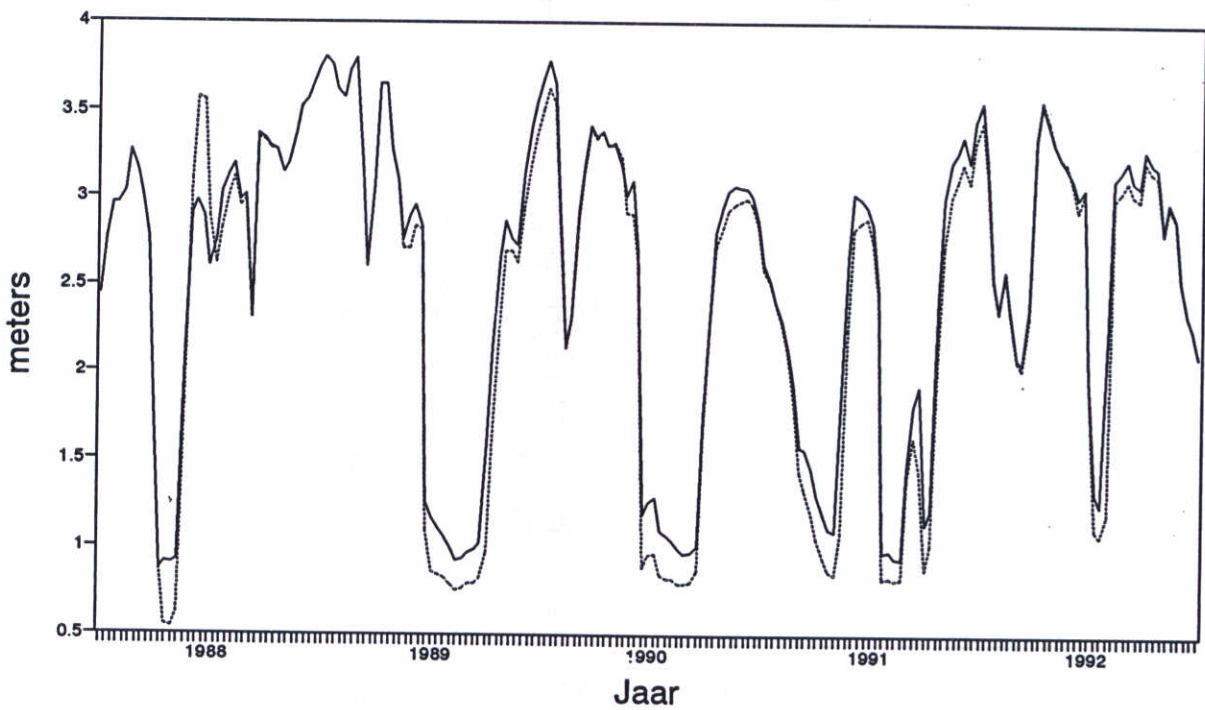
### Doorzicht Volkerak Oost diep



— reductiescenario    ..... nominaal

Figuur 120

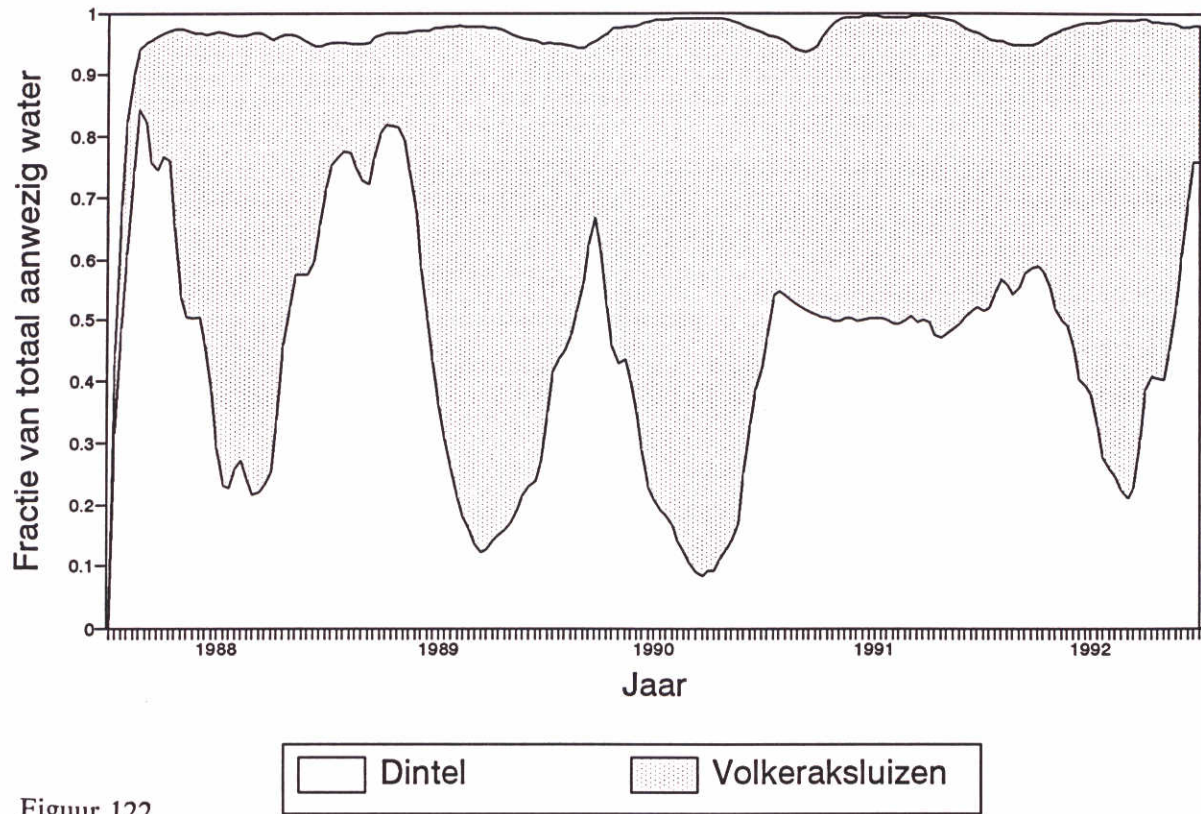
### Doorzicht Volkerak West ondiep



— reductiescenario    ..... nominaal

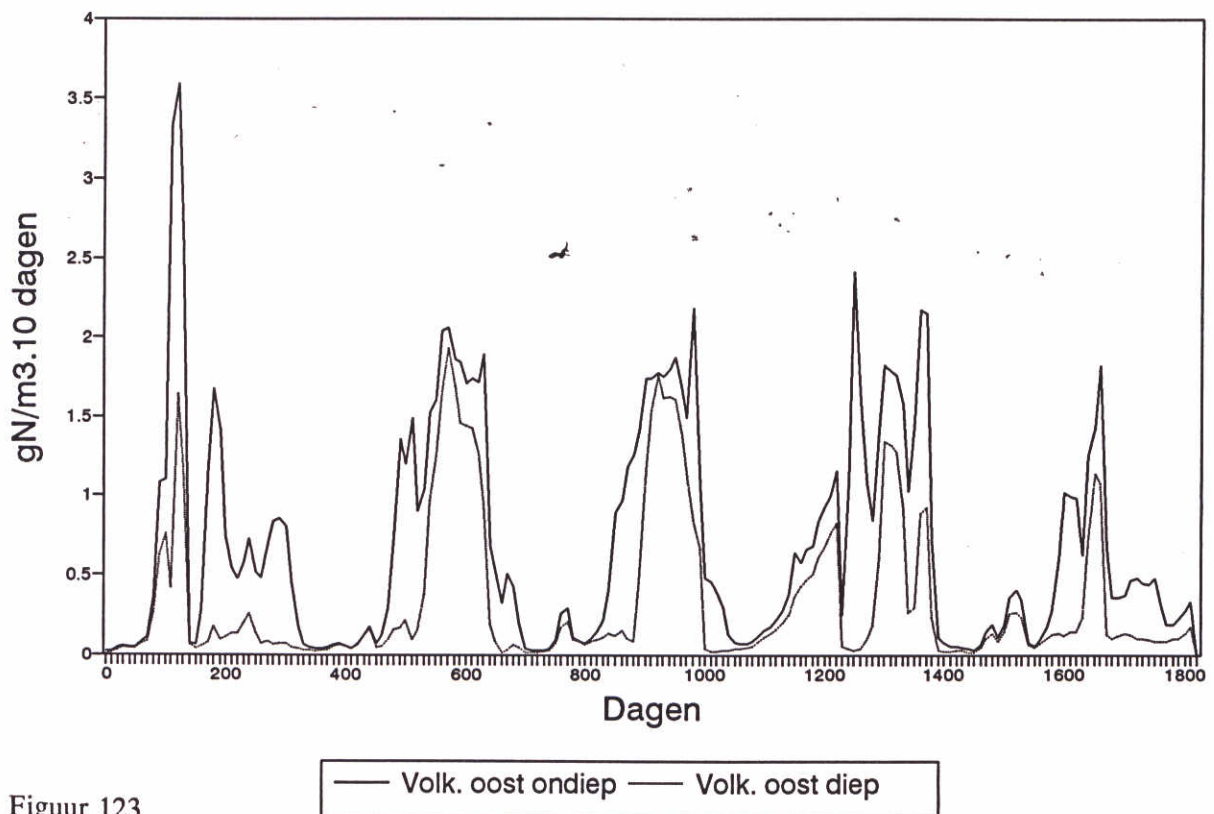
Figuur 121

## Waterfracties in V-Z meer Dintel en Volkeraksluizen



Figuur 122

## Opname van ammonium door algen zowel fytoethos als -plankton



Figuur 123



## **APPENDICES**





## Appendix A Voor het Volkerak-Zoommeer gecalibreerde coëfficiëntenset

Hieronder zijn de coëfficiënten weergegeven die voor de calibratie zijn gebruikt. De presentatie is overeenkomstig de menu's (gebruikersschil) van het model DBS. Nader uitleg over de coëfficiënten is te vinden in Los et al. (1994) en Los (1993) en Smits (1991, 1994).

### Bottom.mnu

#	Waarde	Min	Max	Omschrijving
#	#####			
	0.06	0.020	0.060	C Mineral. snelh. det. bodem bij 20 °C [/ dag]
	0.03	0.015	0.045	N
	0.03	0.015	0.045	P
	0.015	0.005	0.025	Si
	1.047	1.047	1.10	Temp. exponent mineral. det. bodem [/ °C]

### Complex.mnu

#	Waarde	Min	Max	Omschrijving
#	#####			
	0.07	0.030	0.070	C Mineral. snelh. det. cmplx bij 20 °C [/ dag]
	0.07	0.030	0.060	N
	0.07	0.030	0.060	P
	0.005	0.005	0.025	Si
	1.047	1.047	1.10	Temp. exponent mineral. det. cmplx [/ °C]

### Graas1.mnu

#	Zoöplank- ton	Mosselen	Omschrijving
#	###	###	
#	0.0 1.0	0.0 1.0	
	0.50	0.50	Fecal fr. 1ste alg voor grazers [-]
	0.50	0.50	Fecal fr. 2de alg voor grazers [-]
	0.50	0.50	Fecal fr. 3de alg voor grazers [-]
	0.50	0.50	Fecal fr. 4de alg voor grazers [-]
	0.50	0.50	Fecal fr. 5de alg voor grazers [-]
	0.50	0.50	Fecal fr. 6de alg voor grazers [-]
	0.50	0.50	Fecal fr. 7de alg voor grazers [-]
	0.50	0.50	Fecal fr. 8ste alg voor grazers [-]

### Graas2.mnu

#	Zoöplank- ton	Mosselen	Omschrijving
#	###	###	
#	0.0 1.0	0.0 1.0	
	1.00	1.00	Preferentie grazers voor 1ste alg [-]
	1.00	1.00	Preferentie grazers voor 2de alg [-]
	1.00	1.00	Preferentie grazers voor 3de alg [-]
	1.00	1.00	Preferentie grazers voor 4de alg [-]
	1.00	1.00	Preferentie grazers voor 5de alg [-]
	1.00	1.00	Preferentie grazers voor 6de alg [-]
	1.00	1.00	Preferentie grazers voor 7de alg [-]
	1.00	1.00	Preferentie grazers voor 8ste alg [-]

Graas3.mmu

#	Zoöplank- ton	Mosselen	Omschrijving
#	#####	#####	
0.50	0.50		Fecal fractie detritus [fractie]
0.05	1.00		Pref. van grazer voor det. [fr. beschikbaar]
3.50	0.05		Max. filtratie snelheid grazer [l/mg C.d]
0.50	0.20		Max. relatieve groei grazer [/dag]
1.00	1.00		Verm. factor voor de grazer biomassa
0.50	0.20		Max. relatieve sterfte grazer [/dag]
0.10	0.10		Monod term filtr.r. in rel. tot voedsel [mg C/l]
0.25	0.20		Routine respiratie coëfficiënt [fractie]
1.50	0.10		Max. dagelijkse behoefte grazer [mg C/mg C.d]
0.05	0.005		Standaard respiratie coëfficiënt [/dag]
1.00	1.00		Stoch. 1ste & 2de grazer C [fr. C [inhoud]
0.1818	0.1818		Stoch. 1ste & 2de grazer N [fr. C [inhoud]
0.0263	0.0263		Stoch. 1ste & 2de grazer P [fr. C [inhoud]
0.0	0.0		Stoch. 1ste & 2de grazer S [fr. C [inhoud]
0.04	0.04		Temp. coëfficiënt filtratie snelh. [/ °C]
0.04	0.04		Temp. coëfficiënt max. groei snelh. [/ °C]
0.04	0.04		Temp. coëfficiënt max. sterfte snelh. [/ °C]
0.04	0.04		Temp. coëfficiënt routine metabolisme [/ °C]
0.04	0.04		Temp. coëfficiënt feeding rate [/ °C]
0.04	0.04		Temp. coëfficiënt standaard metabolisme [/ °C]

Licht.mmu

#	Waarde	Min	Max	Omschrijving
#	#####			
2.0	1.0	1.0		Z1 (diepte) [m]
2.2	1.2	1.2		Z2 (diepte) [m]
1.7	2.5	2.5		CORa correctie factor [-]
0.01	0.026	0.026		C3 coeff. absorptie gloeirest + detritus [-]
0.4	0.73	0.73		C1 coeff. bundelverzwakking gloeirest + detritus [-]
1.0	1.0	1.0		C2 coeff. bundelverzwakking gloeirest + detritus [-]
0.014	0.014	0.014		Hel_h constant voor spectrum [n-1]
8.1	7.8	7.8		Tau constante berekening zichtdiepte [-]
2.5	2.5	2.5		Conversie factor detr C -> detr Droog gewicht [mg/mg]

Mfb.mmu

#	Waarde	Min	Max	Omschrijving
#	#####			
12.0	12.0	16.0		Verzadigingsdaglengte [ h]
0.27	0.27	0.27		Fractie gemineraliseerd N naar bacteriën [-]
0.11	0.11	0.11		groei respiratie factor [-]
0.001	0.001	0.001		Half-verzadigings-waarde koolstof [gC/m3]
0.001	0.001	0.001		Half-verzadigings-waarde stikstof groei [gN/m3]
0.001	0.001	0.001		Half-verzadigings-waarde fosfor groei [gP/m3]
0.027	0.027	0.027		Half-verzadigings-waarde silicaat groei [gSi/m3]
0.052	0.10	0.30		Snelheid sterfte mfb bij 20°C [ /d]
0.00	0.15	0.50		fractie van de sterfte opgelost als nutriënten [-]
0.01	0.01	0.01		Limiet conc. voor NH4 opname uit water [g/m3]
0.40	1.5	2.5		Max. netto groeisnelheid mfb bij 20°C [ /d]
10.0	2.5	30.0		Verzadigings instraling [W/m2]
0.036	0.036	0.036		Snelheid respiratie mfb bij 20°C [ /d]
1.08	1.06	1.09		Temperatuur exp. sterfte mfb [ /°C]
1.06	1.06	1.07		Temperatuur exp. groei mfb [ /°C]

Mortal.mmu

#	Constant	Temperature
#	[/Day]	Coëfficiënt
#	#####	#####
#	0. 0.10	1. 1.12
DIATOMS	.035	1.080
DIATOMS	.045	1.085
GREENS	.035	1.080
GREENS	.045	1.085
GREENS	.045	1.085
BLUEGRN	.035	1.080
BLUEGRN	.045	1.085
BLUEGRN	.045	1.085

## Pmax.mmu

#	Constant	Temperature	Function
#	[/Day]	Coëfficiënt	
#	#####	#####	#####
#	0.0 0.5	-3.0 10.	A Z
DIATOMS	0.350	1.060	EXPONENT
DIATOMS	0.350	1.054	EXPONENT
GREENS	0.068	0.000	LINEAR
GREENS	0.068	3.000	LINEAR
GREENS	0.068	3.000	LINEAR
BLUEGRN	0.045	0.000	LINEAR
BLUEGRN	0.034	0.000	LINEAR
BLUEGRN	0.034	0.000	LINEAR

## Procrate.mmu

#	Waarde	Min	Max	Omschrijving
#				
#	#####			
2.0	0.0	2.0		Kritische O2 Conc. denit. water [g O2 / m3]
2.0	0.0	2.0		Kritische O2 Conc. nit. water [g O2 / m3]
2.00	0.5	2.0		Evenwichtsconstante adsorptie OPO4/AAP (0.5)
0.00	0.0	0.2		Denit. snelheid bij 20 °C / voldoende O2 [/ dag]
0.18	0.05	0.18		Mineralisatie snelheid BOD-C water 20 °C [/ dag]
0.18	0.12	0.18		Hoge mineral.snelheid det. C water 20 °C [/ dag]
0.18	0.12	0.18		N
0.18	0.12	0.18		P
0.01	0.01	0.01		Si
0.12	0.06	0.12		Lage mineral.snelheid det. C water 20 °C [/ dag]
0.12	0.06	0.12		N
0.12	0.06	0.12		P
0.01	0.01	0.01		Si
0.15	0.12	0.18		N:C det. waar boven geen N-limitatie [-]
0.10	0.08	0.12		N:C det. waar beneden volledige N-limitatie [-]
0.015	0.012	0.018		P:C det. waar boven geen P-limitatie [-]
0.010	0.008	0.012		P:C det. waar beneden volledige P-limitatie [-]
0.01	0.01	0.01		Si:C det. waar boven geen Si-limitatie [-]
0.005	0.005	0.005		Si:C det. waar beneden volledige Si-limitatie [-]
0.55	0.50	0.60		Fractie mort. naar goed afbreek. det. DIATOM [-]
0.55	0.50	0.60		Fractie mort. naar goed afbreek. det. DIATOM [-]
0.55	0.50	0.60		Fractie mort. naar goed afbreek. det. GROEN [-]
0.55	0.50	0.60		Fractie mort. naar goed afbreek. det. GROEN [-]
0.62	0.67	0.70		Fractie mort. naar goed afbreek. det. BLAUW [-]
0.62	0.67	0.70		Fractie mort. naar goed afbreek. det. BLAUW [-]
0.62	0.67	0.70		Fractie mort. naar goed afbreek. det. BLAUW [-]
0.10	0.10	0.20		Fractie mort. naar slecht afbreek. det. DIATOM [-]
0.10	0.10	0.20		Fractie mort. naar slecht afbreek. det. DIATOM [-]
0.10	0.10	0.20		Fractie mort. naar slecht afbreek. det. GROEN [-]
0.10	0.10	0.20		Fractie mort. naar slecht afbreek. det. GROEN [-]
0.03	0.00	0.03		Fractie mort. naar slecht afbreek. det. BLAUW [-]
0.03	0.00	0.03		Fractie mort. naar slecht afbreek. det. BLAUW [-]
0.03	0.00	0.03		Fractie mort. naar slecht afbreek. det. BLAUW [-]
0.001	0.001	0.01		Mineral. snelheid OOC, OON, OOP, OOS 20 °C [/ dag]
0.10	0.0	0.20		Nitrificatiesnelheid 20 °C / voldoende O2 [/ dag]
0.001	0.0	0.20		Sedimentatiesnelheid BOD-C [m/dag]
0.070	0.0	0.20		Sedimentatiesnelheid detritus [m/dag]
0.070	0.0	0.20		Sedimentatiesnelheid OOx [m/dag]
0.070	0.0	0.20		Sedimentatiesnelheid PAP [m/dag]
0.160	0.0	0.05		Sedimentatiesnelheid DIATOM-E [m/dag]
0.160	0.0	0.05		Sedimentatiesnelheid DIATOM-P/SI [m/dag]
0.070	0.0	0.05		Sedimentatiesnelheid GROEN-E [m/dag]
0.070	0.0	0.05		Sedimentatiesnelheid GROEN-N [m/dag]
0.070	0.0	0.05		Sedimentatiesnelheid GROEN-P [m/dag]
0.070	0.0	0.01		Sedimentatiesnelheid BLAUW-E [m/dag]
0.070	0.0	0.01		Sedimentatiesnelheid BLAUW-N [m/dag]
0.070	0.0	0.01		Sedimentatiesnelheid BLAUW-P [m/dag]
2.01	5.0	5.0		Kritische temperatuur denit. in water [°C]
2.01	5.0	5.0		Kritische temperatuur nitrificatie in water [°C]
1.12	1.07	1.12		Temp. exponent denit. water [/ °C]
1.047	1.047	1.047		Temp. exponent mineral. detritus water [/ °C]
1.047	1.047	1.047		Temp. exponent mineral. OOC, OON, OOP, OOS [/ °C]
0.01	0.00	0.05		Desorptie snelheid PAP bij 20 °C [/dag]
1.12	1.07	1.12		Temp. exponent nitrificatie water [/ °C]

Respirat.mmu

#	Constant	Temperature
#	[/Day]	Coëfficiënt
#	#####	#####
#	0.0 0.10	1.0 1.12
DIATOMS	.031	1.072
DIATOMS	.031	1.072
GREENS	.031	1.072
GREENS	.031	1.072
GREENS	.031	1.072
BLUEGRN	.012	1.072
BLUEGRN	.012	1.072
BLUEGRN	.012	1.072

Stochiom.mmu

#	Spec-ext	N/dry	P/dry	Si/dry	C/chla	Dry/C
#	[m²/mg dry]	[mg/mg]	[mg/mg]	[mg/mg]	[mg/mg]	[mg/mg]
#	#####	#####	#####	#####	#####	###
#	0.0 2.5E-4	0.04 0.12	0.003 0.012	0.0 0.35	20. 75.	2. 4.
DIATOMS	9.00E-05	0.070	0.0060	0.2200	25.0	3.0
DIATOMS	7.50E-05	0.080	0.0045	0.2200	40.0	2.5
GREENS	9.00E-05	0.110	0.0095	0.0007	30.0	2.5
GREENS	7.50E-05	0.070	0.0060	0.0007	40.0	2.5
GREENS	7.50E-05	0.080	0.0050	0.0007	40.0	2.5
BLUEGRN	1.60E-04	0.090	0.0075	0.0007	30.0	2.5
BLUEGRN	1.15E-04	0.050	0.0055	0.0007	50.0	2.5
BLUEGRN	1.15E-04	0.060	0.0045	0.0007	50.0	2.5

Sw\_1.mmu

#	refractair	dichtheid	Incorp.detr.	Resusp.	Disp.lengte	
#	detr.bodem	bodem sed.	uit complex	Rate	waterkolom	
#	[gC/m3 b.]	[kg dw/m3]	[/dag]	[/dag]	[m]	
#	0.0	1700.0	0.05	0.025	0.0005	minimum
#	200.0	2500.0	0.20	0.025	0.0020	maximum
#	#####	#####	#####	#####	#####	
	0.1	2500.0	0.0400	0.004	0.0010	; Segment 1
	0.1	2500.0	0.0400	0.012	0.0010	; Segment 2
	0.1	2500.0	0.0400	0.004	0.0010	; Segment 3
	0.1	2500.0	0.0400	0.040	0.0010	; Segment 4
	0.1	2500.0	0.0400	0.040	0.0010	; Segment 5
	0.1	2500.0	0.0400	0.020	0.0010	; Segment 6
	0.1	2500.0	0.0400	0.012	0.0010	; Segment 7
	0.1	2500.0	0.0400	0.012	0.0010	; Segment 8

Sw\_2.mmu

#	porositeit bodem	kwel (1.0)/	Fract.opgel.fosfaat			
#	laag 1-3	4	wegz.(0.0)	laag 1-2	3	4
#	[m3/m3]	[m3/m3]	via SWITCH	[-]	[-]	[-]
#	0.40	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0
#	0.85	0.85	1.0	0.0	0.0	0.0
#	#####	#####	###	###	###	###
	0.70	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.70	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.70	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.53	0.53	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.53	0.53	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.53	0.53	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.70	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.70	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0

## Sw\_3.mmu

```

# fr vivianiet P      fr prc fr onopl min P   fr O2w   netto
# 1 1/2 laag3 laag4  onoplP 1 1/2 laag3 laag4 nr bod begrav.
# [-] [-] [-]      [-] [-] [-] [-]      [-] [m/dag]
# 0.50 0.50 0.50    0.50 0.50 0.50 0.50 0.50 0.0 minimum
# 0.90 0.90 0.90    0.90 0.90 0.90 0.90 0.90 3.0E-05 maximum
#
# #####          #####          #####          #####          #####          #####          #####          #####
# 0.10 0.20 0.45    0.40 0.35 0.40 0.50 0.65 1.4E-05 ; Segment 1
# 0.10 0.20 0.45    0.40 0.35 0.40 0.50 0.65 1.4E-05 ; Segment 2
# 0.10 0.20 0.45    0.40 0.35 0.40 0.50 0.65 1.4E-05 ; Segment 3
# 0.02 0.06 0.45    0.40 0.25 0.25 0.30 0.65 0.0E-06 ; Segment 4
# 0.02 0.06 0.45    0.40 0.25 0.25 0.30 0.65 0.0E-06 ; Segment 5
# 0.05 0.10 0.45    0.40 0.30 0.35 0.45 0.65 0.0E-06 ; Segment 6
# 0.07 0.15 0.45    0.40 0.40 0.40 0.50 0.65 1.4E-06 ; Segment 7
# 0.07 0.15 0.45    0.40 0.40 0.40 0.50 0.65 1.4E-06 ; Segment 8

```

## Sw\_dikte.mmu

```

#           Dikte bodemlaag
#           1           2           3           4
#           [m]         [m]         [m]         [m]
# 0.0008    0.0040    0.014    0.07           minimum
# 0.0300    0.0052    0.024    0.15           maximum
#
# #####          #####          #####          #####
# 0.0010    0.0040    0.015    0.080           ; ; Segment 1
# 0.0010    0.0040    0.015    0.080           ; ; Segment 2
# 0.0010    0.0040    0.015    0.080           ; ; Segment 3
# 0.0010    0.0040    0.015    0.080           ; ; Segment 4
# 0.0010    0.0040    0.015    0.080           ; ; Segment 5
# 0.0010    0.0040    0.015    0.080           ; ; Segment 6
# 0.0010    0.0040    0.015    0.080           ; ; Segment 7
# 0.0010    0.0040    0.015    0.080           ; ; Segment 8

```

## Switch.mmu

```

# Waarde   Min   Max   Omschrijving
#
# #####
# 0.05     0.01  0.10  Stochiometrische constante [g N/g C]
# 3.1      2.67  3.3   Stochiometrische constante [g O2/g C]
# 4.571    4.571  4.571 Stochiometrische constante [g O2/g N]
# 0.005    0.001  0.01  Stochiometrische constante [g P/g C]
# 1.1      1.0    5.0   Fractie refractair detritus [g C/g C]
# 0.0009   0.0005 0.0010 Laagdikte "doorslaan" fosfaat
# 0.93     0.30  0.90  Ads.cap. PO4 in geoxideerd sediment [g P/
-999      0.10  0.50  Ads.cap. PO4 in gereduceerd sediment [g P/
# 0.05     0.0  0.2   Kritische nitraatconcentratie [g N/m3 pw]
# 0.05     0.02 0.20  Verzadigingsconc. opgelost PO4 [g P/m3 pw]
# 10.0     0.5   15.0  Verzadigingsconc. opgelost SiO2 [g Si/m3 pw]
# 0.0005   0.0003 0.0010 Minimale dikte aerobe bodemlaag [m]
# 8.99E-5  8.99E-5 8.99E-5 Moleculaire diffusiecoëfficiënt NH4 [m2/dag]
# 9.33E-5  9.33E-5 9.33E-5 Moleculaire diffusiecoëfficiënt NO3 [m2/dag]
# 5.53E-5  5.53E-5 5.53E-5 Moleculaire diffusiecoëfficiënt OX [m2/dag]
# 4.20E-5  4.20E-5 4.20E-5 Moleculaire diffusiecoëfficiënt PO4 [m2/dag]
# 4.67E-5  4.67E-5 4.67E-5 Moleculaire diffusiecoëfficiënt SIO [m2/dag]
# 0.055    0.030 0.070 Mineral.snelheid laag 1 t/m 3 bij 20 °C [/dag]
# 0.0065   0.0010 0.0030 Mineral.snelheid laag 4 bij 20 °C [/dag]
# 50.0     10.0   100.0 Denitrificatiesnelheid bij 20 °C [/dag]
# 50.0     10.0   100.0 Nitrificatiesnelheid bij 20 °C [/dag]
# 0.010    0.0    0.1   Snelheidsconstante oplossen PO4 20 °C [/dag]
# 0.86     0.6    1.8   Snelheidsconstante precip. PO4 20 °C [/dag]
# 0.090    0.010 0.15  Oplossnelheid opaal silicaat bij 20 °C [/dag]
# 0.1      0.05   0.2   Halve verzad.conc. PO4 (alle lagen) 20°C [g P/
# 1.07     1.045 1.090 T afhankelijkheid mineralisatiesnelheid [-]
# 1.07     1.045 1.11  T afhankelijkheid denitrificatiesnelheid [-]
# 1.07     1.045 1.11  T afhankelijkheid nitrificatiesnelheid [-]
# 1.0      1.0    1.07  T afhankelijkheid oplossen van PO4 [-]
# 1.0      1.0    1.07  T afhankelijkheid precipitatie van PO4 [-]
# 1.0      1.0    1.07  T afh. oplossnelheid opaal silicaat [-]
# 1.0      1.0    1.0  T afh. verzadigingsconcentratie PO4 [-]

```

