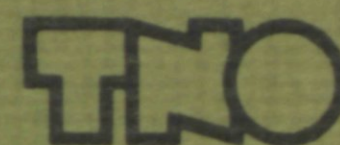


NN31207.9

organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk
onderzoek



WATERKWALITEIT EN WATERKWANTITEIT

IN HET IJSSELMEERGEBIED

2 en 3 november 1981, De Landhof,
Zuidelijk Flevoland

Verslag van de 2^e CHO-studiebijeenkomst,
2 en 3 november 1981

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO

SERIE: RAPPORTEN EN NOTA'S

**WATERKWALITEIT EN WATERKWANTITEIT
IN HET IJSSELMEERGEBIED**

Verslag van de 2^e CHO-studiebijeenkomst,
2 en 3 november 1981

Samengesteld door ing. J.C. Hooghart

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO
Serie: Rapporten en Nota's no. 9.

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0082 5527

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO

2^e CHO - STUDIEBIJEENKOMST

WATERKWALITEIT EN WATERKWANTITEIT
|
IN HET IJSSELMEERGEBIED

2 en 3 november 1981, De Eemhof,
Zuidelijk Flevoland

Samengesteld door ing. J.C. Hooghart

Den Haag, februari 1982

4.	<u>SCHRIFTELIJKE BIJDRAGEN</u>	70
4.1.	Algemeen	71
4.2.	Afvoer- en vrachtberekening van de beken uitmondend in het Wolderwijd - Nulderneauw J.R. Eulen	72
4.3.	Stoffenbalans problemen in het stroomgebied van de Eem M.A. de Ruiter en P.B.W. van Iersel	85
4.4.	Toepassingsmogelijkheden en beperkingen van water- en chloridebalansstudies in het IJsselmeergebied F.A.M. Claessen	88
4.5.	Uitspoeling en afspoeling van stikstof en fosfaat J.H.A.M. Steenvoorden	98
4.6.	Waterhuishouding westelijke randmeren/Markermeer/IJmeer in relatie met een aanleg van de Markerwaard J.G. Verlaan	101
4.7.	Zouthuishouding IJsselmeer J. Haasnoot	104
4.8.	Verschillend verloop van chlorophyl-A en part-N bij een veranderende algensamenstelling in een Fries <u>Oscillatoria</u> meer J.R. Moed en H. de Haan	106
4.9.	Water- en stoffen-balansen Wolderwijd - Nulderneauw J.E.G. Bouman	116
4.10.	Resultaten fysisch onderzoek diepe putten IJsselmeer en randmeren F.A.M. Claessen	119
4.11.	Effecten van diepe putten op de waterkwaliteit J.A.W. de Wit	125
4.12.	Diepe putten in IJsselmeer en randmeren; waterkwaliteit en modelvorming J.G.C. Smits	135
4.13.	Zware metalen IJsselmeergebied, vanuit een sedimentolo- gisch gezichtspunt P.J. Ente	140
4.14.	Algensoorten samenstelling F.J. Los	142
4.15.	De eutrofiëring van het IJsselmeer H. Postma	148
4.16.	Stabiele en niet-stabiele <u>Oscillatoria</u> -meren; feiten en veronderstellingen; onderzoeksresultaten C. Berger	153
4.17.	Hypertrofiëring van het IJsselmeer P. Leentvaar	155
4.18.	Huidige en mogelijke toekomstige warmtelozingen op het IJsselmeer en de biologische consequenties F.B.J. Koops en H.E. Sweers	165
4.19.	Doorspoeling in de winterperiode als aanvullende maat- regel ter bestrijding van de overmatige algengroei in Veluwe - Drontermeer S.H. Hosper	175
4.20.	Stellingen E.J.B. Uunk	184
4.21.	Stellingen A. bij de Vaate	190
4.22.	Stellingen L.R. Mur	191
4.23.	Modellering waterkwaliteit IJsselmeer; spin off voor structurering van onderzoek R. Klomp	193

4.24.	Waterkwaliteitsmodellen	197
	N.M. de Rooij	
4.25.	Statische en dynamische analyse van eenvoudige modellen voor eutrofiëring	200
	G. van Straten	
4.26.	Strategie voor onderzoek en modelvorming voor de voorspelling van de interne belasting bij ondiepe meren	202
	L. Lijklema, A.G. Brinkman en W. van Raaphorst	
4.27.	De toepassing van systeemanalyse in de planvorming ten behoeve van het IJsselmeerbeheer	205
	R. Koudstaal en G. Miedema	
4.28.	Zware metalen en organische microverontreinigingen in organismen uit het IJsselmeer	209
	J.M. Marquenie en W. Chr. de Kock	
4.29.	Milieukritische stoffen in vis uit het IJsselmeer	221
	M.A.T. Kerkhoff	
4.30.	Waterhuishouding en visstand in het Friese merengebied	224
	W.L.T. van Densen	

5	<u>BIJLAGEN</u>	227
5.1.	Programma studiebijeenkomst	227
5.2.	Deelnemerslijst	228

1. INLEIDING

Op 2 en 3 november 1981 is de 2e CHO-studiebijeenkomst gehouden, met als thema: "Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied". De bijeenkomst vond plaats in De Eemhof, Zuidelijk Flevoland.

Aanleiding voor deze studiebijeenkomst was, dat het IJsselmeergebied een steeds belangrijkere rol gaat spelen in de waterhuishouding terwijl het de laatste jaren, althans niet expliciet in CHO-verband aan de orde is geweest.

Het doel van deze bijeenkomst was om met een kleine groep mensen die, vanuit zeer verschillende gezichtshoeken, bij het waterkwaliteits- en kwantiteitsonderzoek in dit gebied betrokken zijn, te discussiëren en van gedachten te wisselen over bestaande vraagpunten en recente onderzoekservaringen.

Op voorstel van de voorbereidingsgroep van deze dag werden daarom een beperkt aantal onderzoekers die op verschillende wijze bij het onderzoek zijn betrokken (uitvoering, opdrachtgevers) uitgenodigd.

De bijeenkomst is geopend met vier inleidingen, namelijk:

- Algemene inleiding door Prof.Dr.Ir. J.C. van Dam.
- Betrokken instanties en stand van zaken bij het onderzoek in het IJsselmeergebied door Ir. M. Snijdelaar.
- Waterkwantiteit in het IJsselmeergebied door Ir.J.W. Pulles.
- Waterkwaliteit in het IJsselmeergebied door Ir.J.A.W. de Wit.

Deze inleidingen zijn in dit verslag opgenomen (blz.3 - blz.45). Bovendien heeft een groot aantal deelnemers op verzoek een discussiestuk opgesteld, waarin tevens stellingen zijn opgenomen ten behoeve van de discussie.

Deze discussiestukken / schriftelijke bijdragen die niet speciaal over reeds afgerond onderzoek behoeven te handelen, maar dienen om een inzicht te geven in de huidige stand van zaken, zijn ook bijgevoegd. (blz. 70 - blz. 226)

Tijdens de bijeenkomst beschikten de deelnemers over stellingen die in een aantal thema's zijn onderverdeeld. Deze stellingen zijn te beschouwen als een samenvatting van de punten uit de schriftelijke meest saillante bijdragen. Deze stellingen zijn in dit rapport opgenomen, te zamen met een samenvatting van de gevoerde discussies (blz. 46 - blz. 69).

De discussie werd grotendeels gevoerd aan de hand van enkele vragen die goeddeels ontleend waren aan de stellingen.

Voor het programma van de bijeenkomst en de lijst van deelnemers wordt verwezen naar de bijlagen 5.1. en 5.2., blz. 227 en blz. 228.

Bij de voorbereiding van deze studiebijeenkomst waren betrokken de heren: Ir. M. Snijdelaar (dagleider), RWS-ZZW; Prof.Dr. L. Lijklema (discussieleider), TH/Twente; Ir. C. Berger, RIJP; Drs. F.A.M. Claessen, RWS-WW, distr. Noord; Ir. S.H. Hosper, RIZA; Drs. P.B.W. van Iersel, P.W. Utrecht; Ir. R. Klomp, W.L.; Dr. L.R. Mur, Un. A'dam en Ing. J.C. Hooghart, CHO-TNO.

Hoewel slechts een beperkt aantal genodigden deelnam aan de bijeenkomst, stelt de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO een bredere verspreiding van de resultaten, door middel van dit rapport, toch op prijs.

2. LEZINGEN

2.1. Inleiding door Prof.dr.ir. J.C. van Dam, gehouden op maandag 2 november 1981 tijdens de studiebijeenkomst "Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied"

Algemeen

Dit is de tweede studiebijeenkomst van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek CHO-TNO. De keuze van het onderwerp maakt dat de meeste deelnemers aan deze bijeenkomst niet aanwezig waren op de eerste. Velen waren zelfs niet eerder aanwezig bij de Technische Bijeenkomsten waardoor de CHO grote bekendheid geniet.

Sinds haar oprichting, in 1946, behandelde de CHO in haar Technische Bijeenkomsten vele onderwerpen van waterkwantiteit. Haar 35^e Technische Bijeenkomst, in 1978, was gewijd aan het onderwerp "De relatie tussen waterkwantiteit en waterkwaliteit in oppervlaktewater". Daarmee zette de CHO de eerste stap in het grensgebied waterkwaliteit/waterkwantiteit. Deze beide aspecten zijn dermate verweven dat ze wel in onderlinge samenhang behandeld moeten worden.

Een studiebijeenkomst is, in tegenstelling tot een Technische Bijeenkomst, gekenmerkt door beperkte deelname -op uitnodiging- in verband met een specialistisch onderwerp waarbij veel tijd voor discussie is ingeruimd.

De eerste studiebijeenkomst, in april 1980, was gewijd aan de waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels. In deze tweede studiebijeenkomst komt de nauwe samenhang tussen waterkwaliteit en waterkwantiteit nogmaals aan de orde en wel met betrekking tot het IJsselmeergebied.

Het IJsselmeer is lang geleden aan de orde geweest in de 15^e Technische Bijeenkomst, in 1961, en wel in relatie met de Rijnkanalisatie en de waterhuishouding van het Zeeuwse Meer.

Een aantal redenen voor de keuze van het onderwerp van deze tweede studiebijeenkomst is:

- het is lang geleden dat het IJsselmeergebied behandeld is;
- interessante ontwikkelingen vinden plaats (ervaringen, onderzoek);
- belangrijke beslissingen moeten genomen worden (technische ingrepen, beheersstrategieën).

De plaats van samenkomst -de Eemhof in Zuidelijk Flevoland- is wel zeer passend. Ze is gelegen in het te behandelen gebied en het is een goed voorbeeld van de ontwikkeling in de recreatiesector, waarvoor de waterkwaliteit van belang is en waardoor ze mede bepaald wordt.

Verleden

Er was eens een Zuiderzee, die een bedreiging vormde voor de veiligheid en die bovendien gevuld was met brakwater.

Reeds in de 16^e eeuw opperde Hendrik Stevin de gedachte tot afsluiting en gedeeltelijke inpoldering van de Zuiderzee, maar het zou eerst tot 1932 duren voordat de Afsluitdijk werd gesloten. De stormvloed van 1916 was wel bevorderlijk voor de totstandkoming van de desbetreffende wet in 1918 onder Minister Lely. In 1930, twee jaar voor de afsluiting van de Zuiderzee, was de Wieringermeer al gesloten. De beide gemalen daarvan slaan brak water uit op het IJsselmeer. Thans wordt bestudeerd hoe deze situatie verbeterd kan worden. Veranderde inzichten en eisen van thans maken dat de plannen van de Wieringermeer, nu gemaakt, er anders uit zouden zien.

Vóór de aanleg van de Noordoostpolder (N.O.P.) is de vrees geuit dat door de droogmaking daarvan een grondwaterstroming in beweging zou komen die het zout van diep gelegen zouthorsten zou oplossen en naar de oppervlakte voeren zodat de gehele onderneming zou eindigen in één grote zout-ellende. Gelukkig hadden de pessimisten ongelijk. Uiteraard trad en treedt nog wel kwel van brak grondwater uit het pleistoceen op, maar als pleister op de wonde gelden schone vooruitzichten voor de toekomst. Het de bodem verlatende brakke kwelwater wordt gelijktijdig aangevuld door infiltratie van zoetwater in de omgeving, waaronder de bodem van het resterend IJsselmeer. Maar, omdat het om grote volumina gaat zal het nog wel heel lang duren -we denken in eeuwen- voordat een nieuw dynamisch grondwaterevenwicht is bereikt en overigens: Is de kwaliteit van dat infiltrerende zoete water wel zo fijn? We zullen het er in deze studiebijeenkomst over hebben.

Sprekend over de N.O.P. stuiten we op een ander leerpunt daarvan en wel de schade door verdroging en zetting in het aangrenzende oude land als gevolg van de door de aanleg van de N.O.P. veroorzaakte daling van grondwaterstanden en stijghoogten.

Uit deze schadelijke ervaring werd lering getrokken bij het ontwerpen van de volgende polders. Langs de Flevopolders werden randmeren ontworpen en inmiddels gerealiseerd met zorgvuldig bepaalde breedte en streefpeil. De meren dienden bovendien de recreatie, die een onvoorziene omvang aannam. Veranderende tijden met andere behoeften als gevolg van de gehele maatschappelijke ontwikkeling. Maar wat gebeurde er ook? Waterkwaliteitsproblemen doken op, een geheel nieuw aspect. De verschijnselen van eutrofiering en algenbloei, voordien nauwelijks bekend, vroegen de aandacht mede als gevolg van de sterk toegenomen belasting met nutriënten uit de sector landbouw/veehouderij, een ontwikkeling die evenmin voorzien was. Overigens was ook de volgorde van inpolderen aanvankelijk

anders voorzien. De Markerwaard zou er eerst komen, maar om financiële en planologische redenen werd eerst Oostelijk Flevoland en later Zuidelijk Flevoland aangelegd. De noordwestelijke dijk van Zuidelijk Flevoland vertoont met zijn vorm nog duidelijk de knikken van een op het laatste moment veranderde keuze van volgorde.

Heden

Langzamerhand aangekomen bij heden constateer ik dat we thans, en wellicht nu meer dan ooit, staan voor een geweldig groot complex van nog te realiseren eisen en wensen, waarvoor werken en beheersmaatregelen noodzakelijk zijn. Denk bijvoorbeeld aan de Markerwaard, een spaarbekken voor de drink- en industriewatervoorziening, het plan Lievense, zandputten en waterkoeling. Deze eisen en wensen zijn ook nog niet alle even hard omschreven en gekwantificeerd en onderling gewogen. De milieu-aspecten zijn daarvan het minst hard te maken, vooral daar waar de biologische kant daarvan in het geding is. Het is niet alleen moeilijk de eisen en wensen in de alle objectiviteit te formuleren, maar ook, zo heeft het verleden ons wel geleerd, veranderen die eisen en wensen voortdurend als gevolg van maatschappelijke ontwikkelingen, om nog maar niet te spreken over de interpretatie daarvan en de emoties daarbij.

Anderzijds, zo heeft het verleden ons eveneens geleerd, hebben ingrepen wel eens onvoorziene gevolgen gehad.

Kosten-baten-analyses met alle beperktheid daarvan, achteraf, zouden wel eens interessant kunnen zijn. Jammer dat dat alleen kan voor de werken die, op grond van een gunstige kosten-baten-analyse gerealiseerd zijn. Het zou interessant zijn om over bijvoorbeeld vijftig jaar weer bijeen te komen en dan te zien hoe het allemaal geworden is en hoe de kosten en baten dan beoordeeld worden.

Toekomst

Om nu op verantwoorde wijze verder te gaan moet enerzijds onderzoek -zorgvuldig voorbereid en uitgevoerd- worden verricht. Anderzijds hebben we behoefte aan "knoop-doorhakkers", omdat we toch nooit uitgestudeerd komen. Na dit filosofische deel nu wat concreter, maar gezien door het onpartijdig oog van de onderwijzer, niet vanuit een belangengroep, zelfs niet als beheerder.

Het IJsselmeer heeft vele functies. Deze zijn onder te verdelen in:

Eisenstellende functies

- drinkwatervoorziening

- industriewatervoorziening

- landbouwwatervoorziening
- doorspoeling van het IJsselmeergebied en haar voorzieningsgebieden, ter bestrijding van verontreiniging en/of verzilting door interne en/of externe bronnen
- visserij, waarbij onderscheid valt te maken tussen beroeps- en sportvisserij; en deze laatste weer te water of op de oever
- recreatie in vele vormen, waarbij de surfplankenrage als de meest recente vorm
- natuurbeheer (sommigen spreken van natuurbescherming, weer anderen van natuurbouw)

Gevolgen hebbende funkties:

- afwatering
 - scheepvaart
- } ook eisenstellend
- ontgrondingen
 - stortingen
 - lozing van afvalstoffen

Om aan deze funkties te kunnen voldoen is nodig: transportcapaciteit en buffercapaciteit, zowel voor hoeveelheden water als voor de daarin voorkomende stoffen. Voor deze laatste is bovendien nog afbraakcapaciteit nodig. Met betrekking tot de kwantiteit kunnen we dan spreken in termen van debieten, waterstanden en waterbalansen. Eenvoudig? Ja en neen. Blijkens de vele fabelen die ik op dit gebied beluisterde niet eenvoudig, althans voor niet-ingewijden. Maar ook voor de ingewijden ingewikkeld vanwege de vele haken en ogen waarop zij in de praktijk stuiten zoals

- veiligheidsaspecten (dijken, kaden, buitendijks land)
- vrije hoogte en diepte voor schepen
- mogelijkheid tot inlaat van water of afwatering
- beschikbare hoeveelheid water

In termen van waterkwaliteit dacht men nog niet lang geleden uitsluitend aan zout, in casu chloride. Het opstellen van chloride-balansen is op zichzelf al een graad moeilijker dan waterbalansen want het gaat om hoeveelheden water en om gehalten, welke beide, voor belangrijke posten als kwel, moeilijk nauwkeurig zijn vast te stellen.

Toch is een chloride-balans nog eenvoudig omdat het chloride zogenaamd inert of conservatief is, dat wil zeggen niet aan afbraak of reactie onderhevig. Geheel anders is dat met andere kwaliteitsparameters, zoals O_2 , P, N, zware metalen, waarbij bijvoorbeeld ook accumulatie in of afgifte door het bodemslib kan optreden of temperatuur waarbij warmte-overdracht naar de atmosfeer kan plaatsvinden.

Bij de beschrijving van deze processen spreekt men over modellen. De essentie van deze modellen is dat de balanstermen worden onderbouwd door procesbeschrijvingen. De kunst is daarbij de parameters goed te kennen, mede in afhankelijkheid van alle bepalende factoren zoals temperaturen, bodemdiepten en bodembedekking, concentraties van dezelfde en andere elementen etc. Extra moeilijk wordt dit wanneer ook biologische factoren meespelen in begrippen als eutrofiëring en hypertrofiëring, gedrag van waterwild, vissen etc. Ik heb het gevoel dat we hier nog maar aan het begin van de ontwikkeling van een zeer breed onderzoekterrein staan.

Dit alles tegen de achtergrond van nog te nemen beslissingen, niet alleen de grote zoals aanleg van de Markerwaard of realisering van het Plan Lievense etc. maar ook een, voorwaar niet gering, detail als de waterstaatkundige inrichting van het waterhuishoudkundige spanningsveld tussen Amsterdam en Almere, waar bovendien wateren van verschillende functie en kwaliteit al of niet met elkaar in verbinding gebracht moeten worden.

De toekomstige ontwikkelingen worden gestuurd door wetten, plannen, beleidsvoornemens etc. Ik noem er zo wat in bonte volgorde:

- Nota Ruimtelijke Ordening
 - Structuurschema's . drink- en industriewatervoorziening
 - . elektriciteitsvoorziening
 - . vaarwegen en verkeer en vervoer
 - . openluchtrecreatie
 - Indicatief Meerjaren Programma (waterkwaliteit en afvalwaterzuivering)
 - PAWN-studie (Policy Analysis Watermanagement Netherlands)
 - Nota Waterhuishouding
 - Wet op de Waterhuishouding
 - Beleidsvoornemen over de ontwikkeling van het Markerwaardgebied (Planologische Kern Beslissing)
 - Plan Lievense (Rapport van het Ministerie voor Wetenschapsbeleid)
 - Internationale Rijn Commissie
- en uiteraard ook financiële en economische factoren!

In elk geval is onderzoek nodig, te weten:

- metingen te velde. Daarvoor moet worden bepaald welke parameters gemeten worden op welke locaties en met welke frekventies
- laboratoriumonderzoek
- modellen voor voorspelling en simulatie op basis van de beide voorgaande vormen van onderzoek.

Dit alles is kostbaar. Het verzamelen en bewerken van gegevens kost veel inzet en dus veel geld. Anderzijds zijn er nu ongekende mogelijkheden op het terrein van

- meetinstrumenten
- opslag en verwerking van gegevens
- modellen (mogelijk geworden door de snel groeiende computerfaciliteiten)

We zullen deze mogelijkheden met verstand moeten benutten.

In deze studiebijeenkomst zult U nu eerst nader worden ingeleid in de problematiek door een aantal voordrachten door deskundigen. Vervolgens zullen we ons gezamenlijk in deze materie verdiepen aan de hand van de stellingen die de auteurs schriftelijk aan U hebben voorgelegd. Mijns inziens zijn de stellingen een goed uitgangspunt voor de discussie om daarmee lacunes en prioriteiten te kunnen signaleren waarop de onderzoekstrategie gebouwd en bijgesteld kan worden. Het is mede daarom dat voor deze studiebijeenkomst slechts een kleine groep van deskundigen is uitgenodigd.

Ik wil besluiten met U een vruchtbare studiebijeenkomst toe te wensen.

2.2. Betrokken instanties en stand van zaken bij het onderzoek in het IJsselmeergebied

Inleiding door Ir. M. Snijdelaar gehouden op maandag 2 november 1981 tijdens de studiebijeenkomst "Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied".

Het is mijn taak u vanavond iets te vertellen over de in het IJsselmeergebied opererende instanties en de stand van zaken bij het onderzoek.

Wat de instanties betreft zal ik mij beperken tot die welke een taak hebben bij de bouw en het tot ontwikkeling brengen van polders in het IJsselmeergebied.

Het zijn de directie Zuiderzeewerken van de Rijkswaterstaat en de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.

Beide diensten ressorteren onder het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Voor een buitenstaander beginnen nu de moeilijkheden, want wie doet wat?

De directie Zuiderzeewerken werd voor 25 november 1976 voorafgegaan door de Dienst der Zuiderzeewerken die in mei 1919 tot taak kreeg de werken uit te voeren, nodig:

- tot afsluiting van de Zuiderzee door een afsluitdijk;
- voor de droogmaking van gedeelten van de af te sluiten Zuiderzee;
- tot voorziening in de belangen van waterkering, afwatering en scheepvaart, voor zoveel deze door de afsluiting en de droogmaking geschaad worden.

Tenslotte had zij tot taak die maatregelen te treffen en die werken uit te voeren nodig tot voorziening in de belangen van de landsverdediging in verband met de eerdergenoemde werken.

Deze taakstelling werd in februari 1937 als volgt gewijzigd: zij omvat:

- het beheer en onderhoud van de voltooide werken betreffende de afsluiting van de Zuiderzee, alsmede de voorbereiding en uitvoering van de werken, welke verband houden met de verlaging van het peil van het IJsselmeer;
- de voorbereiding en de uitvoering van de werken voor de aanleg van de Noordoostpolder;
- de voorbereiding van de overige inpolderingen in het IJsselmeer en
- andere werkzaamheden, welke aan deze dienst mochten worden opgedragen.

Op 25 november 1976 werd de Dienst Zuiderzeewerken tenslotte omgevormd van bouwdienst die sinds 1937 ook eigen werken beheerde, tot regionale directie van de Rijkswaterstaat, waartoe zij sinds 14 januari 1971 behoorde. Dat betekent dat zij vanaf dat moment een beheersdirectie is geworden, zij het dat zij in tegenstelling tot andere regionale directies met een hoofdafdeling, Bouwbureau Grote Werken, is aangevuld.

Om enkele taken te noemen voor zover vandaag van belang:

Zij heeft de verantwoordelijkheid voor het tot stand komen en het in stand houden van de inrichting van het IJsselmeergebied op het terrein van de droge waterstaat, d.w.z. de zorg voor het weggennet, de oeververbindingen, de waterkeringen, de vaarten en watergangen en de gemalen en sluizen.

Zij beheert de rijkswateren binnen de directie, heeft in kwantitatieve zin de zorg voor een goede peilbeheersing en voor een doelmatige waterverdeling en in kwalitatieve zin voor de bewaking van de kwaliteit van het oppervlaktewater. Verder houdt zij de vaargeulen in stand en zorgt voor een adequate afwikkeling van het scheepvaartverkeer.

Tenslotte omvat de bouwtaak o.a. toekomstige dijkbouw, de uitvoering van het verkavelingsplan in Zuidelijk Flevoland, de aanleg van rijkswegen met de bijbehorende kleine kunstwerken en het groot grondverzet t.b.v. Lelystad en Almere,

Evenals de directie Zuiderzeewerken heeft ook de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders een voorgeschiedenis.

In mei 1930 wordt voorlopig ingesteld een Dienst voor het in cultuur brengen van de in de Wieringermeerpolder drooggevalle gronden, in de wandeling genoemd de Directie van de Wieringermeer.

Zoals de naam het al zegt, moest deze directie de drooggevalle gronden in cultuur brengen.

In mei 1937 gaat zij over in de directie van het Openbaar Lichaam de Wieringermeer die zich bezig moest houden met het in cultuur brengen en de sociaal-economische opbouw van de IJsselmeerpolders, alsmede met het domeinbeheer in die polders.

In de wet van 31 mei 1937 wordt dit als volgt beschreven:

de directie wordt belast met:

- de leiding en de uitvoering van de verdere inpolderingsarbeid binnen zijn gebied, daaronder begrepen het geschikt maken van de daarin gelegen gronden voor gebruik, in het bijzonder voor de uitoefening van de landbouw, voor bewoning en voor verkeer te land en te water;
- het eigenaarsbeheer van de Staatseigendommen binnen zijn gebied met de bevoegdheid van deze eigendommen ten hoogste 1.000 ha in Staats-exploitatie te houden;
- het treffen van voorzieningen ter behartiging van de waterstaatsbelangen binnen zijn gebied voor zover die taak niet aan anderen is of zal worden opgedragen en
- het treffen van gemeentelijke voorzieningen, welke voor de tot het gebied van het Openbaar Lichaam behorende gronden en wateren, in afwachting van de gemeentelijke indeling daarvan, worden vereist.

In december 1962 wordt deze taak overgenomen door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. Haar taak omvat:

- het tezamen met de Dienst der Zuiderzeewerken opmaken van alle plannen betrekking hebbende op de inpolderingen in het IJsselmeer;
- het geschikt maken van de gronden van de in het IJsselmeer ingepolderde gebieden voor agrarisch, stedelijk en recreatief gebruik en de voorbereiding daartoe;
- het voorbereiden en ten uitvoer brengen van alle werken van stedenbouwkundige aard, met de bebouwingen en andere voorzieningen welke voor de opbouw en de ontwikkeling van de ingepolderde gebieden nodig zijn, met uitzondering van die gebouwen, welke naar hun aard door andere overheidsinstellingen dan wel door particulieren of particuliere instellingen worden gesticht;
- de sociaal-economische opbouw van de ingepolderde gebieden en de voorbereiding daarvan, waaronder mede te verstaan de vestiging van personen, bedrijven en instellingen;
- de exploitatie van de aangewezen bedrijven in eigen beheer gedurende de tijd dat de dienst het domeinbeheer voert in de betreffende polder;

- het tijdelijk voeren van het overige domeinbeheer en
- andere werkzaamheden waarmede de dienst is of zal worden belast.

Hierbij kan gedacht worden aan de ontginning en inrichting van de ingepolderde Lauwerzee, en van de ingepolderde c.q. droogvallende buitendijkse gronden in de Grevelingen.

Ik neem aan dat het verschil tussen beide diensten u duidelijk is geworden en wilde nu overgaan naar de stand van zaken bij het onderzoek.

Ik kan u hierbij geen volledig overzicht geven van al het onderzoek dat in kwantitatief en kwalitatief opzicht in het IJsselmeergebied plaatsvindt.

Ik zal mij beperken tot de naar mijn mening belangrijkste onderzoeken waarbij ik de kans loop dat bepaalde onderzoekers niet aan hun trekken komen. Het zij zo!

In april 1974 werd door de Minister van Verkeer en Waterstaat de Werkgroep Sanering Randmeren ingesteld welke groep in juni 1975 werd gevolgd door de Werkgroep Sanering IJsselmeer.

De aan de werkgroepen opgedragen taak werd als volgt omschreven:

"de bestudering van het vraagstuk der sanering van de verontreiniging van de randmeren/IJsselmeer (omvattende de inventarisatie van de bestaande afvalwaterlozingen, het vormen van een inzicht omtrent de aard en de omvang van de verontreinigingsbronnen, alsmede van de in de toekomst te verwachten ontwikkeling daarvan) en, rekening houdende met de verkregen gegevens en inzichten, het aangeven van richtlijnen omtrent de meest efficiënte manier van handelen, ten einde de randmeren/IJsselmeer te saneren".

Om deze taak op een goede manier aan te pakken stelden beide werkgroepen drie subgroepen in te weten:

- subwerkgroep I - Inventarisatie en Formulering Waterkwaliteitseisen, die tot taak kreeg de inventarisatie van de lozingen en de prognose t.a.v. de mogelijke ontwikkeling, beschrijving van de waterbalansen van de randmeren en de daarbij van invloed zijnde kwalitatieve componenten, beschrijving van de huidige waterkwaliteit, alsmede van de huidige inzichten inzake de eisen aan de waterkwaliteit te stellen in relatie tot de functie die het oppervlaktewater zou moeten kunnen vervullen;

- subwerkgroep II - Huidige en Toekomstige functies. Deze subgroep kreeg tot taak de huidige functies, alsmede de gewenste toekomstige functies van de randmeren te beschrijven;
- subwerkgroep III - Saneringsmaatregelen, moest zich bezig houden met het aangeven van maatregelen tot sanering van de lozingen. Daarbij moest worden aangegeven hoe deze maatregelen in de tijd gefaseerd zouden kunnen worden en wat de kosten van de voorgestelde maatregelen zouden zijn.

De Werkgroep Sanering Randmeren heeft haar studie in januari 1978 afgesloten.

De studie heeft zich in hoofdzaak gericht op de terugdringing van de eutrofiëring.

De werkgroep was van mening dat dit het beste kon gebeuren door de externe belasting met fosfaten drastisch te beperken.

Voor het Drontermeer, Veluwemeer, Wolderwijd en Nulderneauw beveelt zij daarom aan de fosfaatbelasting terug te brengen tot 0,5 à 1,5 g P/m² jaar. Voor de andere randmeren dient een belasting van 1 à 2 g P/m² jaar te worden nagestreefd.

Bij de studie van de randmeren kwam de werkgroep tot ontdekking dat het moeilijk, zo niet bijna onmogelijk was water- en stoffenbalansen op te stellen, bij gebrek aan voldoende gegevens. Vooral de beschikbaarheid van afvoer- en kwaliteitsgegevens op het oude land liet te wensen over. Wel waren voor de randmeren vanaf 1972 eens per 14 dagen op een 19 tal plaatsen waterkwaliteitsgegevens beschikbaar.

Deze bevinding was aanleiding tot de instelling van de Projectgroep Eutrofiëringsonderzoek Randmeren, die tot taak kreeg om door middel van het opstellen van water- en nutriëntenbalansen en het bestuderen van de nutriëntensituatie in de meren zelf inzicht te verkrijgen in de nutriëntenhuishouding, alsmede in de relatie van de nutriëntenhuishouding en algengroei.

Omdat de fosfaatbelasting van het Wolderwijd-Nulderneauw in 1976 0,4 g P/m².jaar bedroeg, welke belastingwaarde beneden de door de Werkgroep Sanering Randmeren geadviseerde streefwaarden van 0,5 - 1,5 g P/m².jaar bleef, besloot de Projectgroep Eutrofiëringsonderzoek Randmeren haar studies hier aan te vangen.

Op deze meren worden direct geen effluenten van rioolwaterzuiverings-

installaties geloosd.

Wel worden veel zuurstofbindende stoffen, voornamelijk mest en gier via de beken in deze meren gebracht. In 1977 vervoerden de in het Wolderwijd en Nulderneau uitmondende beken voor liefst meer dan 60% van de fosfaatvracht.

Uit de studie bleek dat ondanks de eerdergenoemde lage externe belasting met fosfaten er tegen de verwachting in sprake blijft van een intensieve blauwalgenbloei, terwijl gedurende het groeiseizoen het totaal fosfaatgehalte hoog blijft.

Een en ander is alleen te verklaren door een grote interne belasting. Het onderzoek is er de laatste twee jaar op gericht deze interne belasting terug te brengen. Onderzocht wordt of dit te verwezenlijken is met het doorspoelen van het Veluwemeer - Drontermeer met fosfaat- en algenarm water vanuit Flevoland. De resultaten van het onderzoek, hoewel er nog geen omslag heeft plaatsgevonden van blauwwieren naar groenwieren, geven wel hoop voor de toekomst.

Over het onderzoek in het Wolderwijd - Nulderneau verscheen in 1978 een interimrapport, terwijl het eindrapport in concept gereed is en binnen afzienbare tijd zal verschijnen.

Ook verscheen inmiddels in december 1980 de Nota Resultaten Doorspoeling Veluwemeer 1979-1980.

Een ander onderzoek dat uit de werkzaamheden van de Werkgroep Sanering Randmeren is voortgekomen is dat naar de napolijsting van effluenten in rietvelden. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door de Werkgroep Rietvelden in een rietveld van 15 ha dat achter de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Elburg door Zuiderzeewerken in het Drontermeer is aangelegd. In het eerste jaar van onderzoek werden onder niet optimale condities de volgende bemoedigende resultaten geboekt: fosfaatverwijdering 53%, BZV verwijdering 70%, ^N_{kj} verwijdering 6%. In november 1979 werd hierover gerapporteerd in het interimrapport Rietveld Elburg.

Tot slot leidden de activiteiten van de Werkgroep Sanering Randmeren mede tot de instelling van de Commissie Eutrofiëringsbestrijding Gooi- en Eemmeer.

De commissie kreeg tot taak uit de beschikbare gegevens een antwoord te

vinden op de vraag of ecartering van puntbronnen tot onderschrijding van de kritische fosfaatgrens op het Eem- en Gooimeer zal leiden. De resultaten van dit verkennende onderzoek werden neergelegd in het interimrapport juli 1980. Na het uitbrengen van dit interimrapport is besloten op twee sporen verder te gaan. Het eerste spoor betreft aanvullend onderzoek, omdat de voorhanden gegevens geen goed gefundeerde uitspraken mogelijk maken. Het tweede spoor betreft het uitvoeringsplan voor een gefaseerde aanpak van de defosfatering voor het gehele stroomgebied van het Eem- en Gooimeer.

Het aanvullende onderzoek zal ten minste één jaar en ten hoogste 3 jaar in beslag nemen.

De eerdergenoemde Werkgroep Sanering IJsselmeer heeft zijn studie nog niet afgerond. Wel heeft sub-werkgroep II inmiddels gerapporteerd. Sub-werkgroep III Saneringsmaatregelen wacht met spanning de resultaten af van het door het Waterloopkundig Laboratorium op dat moment uitgevoerde onderzoek: Waterkwaliteitsmodellering IJsselmeer. Men verwacht de resultaten rond de jaarwisseling. De vraag is of de werkgroep nog een eigen rapport zal publiceren of zijn resultaten zal inbrengen bij de Projectgroep Waterkwaliteitsplannen IJsselmeergebied, welke ingesteld wordt in het kader van de gewijzigde Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren.

Ten slotte kom ik bij het diepe puttenonderzoek. Ten einde een inzicht te verkrijgen in de gevolgen van verlaging van de bodem voor de waterkwaliteit werd in 1970 door de directie Noord-Holland van de Rijkswaterstaat begonnen met een onderzoek naar temperatuur, zuurstofgehalte en chloridegehalte van het water nabij de bodem en het oppervlak van diepe putten. In het begin van de zeventiger jaren bleek het gewenst ook de biologische aspecten in het onderzoek te betrekken.

In 1973 werd daarom de begeleidingscommissie "Onderzoek diepe putten in IJsselmeer en Randmeren" ingesteld.

De taakomschrijving luidde:

Het coördineren en zonodig stimuleren van onderzoek naar de consequenties van zandwinning in het IJsselmeer en Randmeren, ten einde de beleidsinstanties ter zake te adviseren. Het onderzoek in het kader van deze begeleidingscommissie omvatte:

- Onderzoek naar de fysische en chemische hoedanigheid van het water in

de diepe putten.

- Het leggen van een verband tussen de grootte, vorm, ligging en diepte van de zandwinputten en de waterkwaliteit in en rondom deze putten.
- Onderzoek naar de gevolgen van diepe zandwinning op het biologisch milieu.

In maart 77 werd in een interimrapport over het onderzoek in de periode 1974-1975 gerapporteerd.

Het tweede interimrapport dat in september 1981 is verschenen bevat de resultaten van het onderzoek over de periode 1976 tot en met 1980.

Het diepe puttenonderzoek zal omstreeks 1984 worden afgesloten.

In de komende jaren zal o.a. aandacht worden besteed aan de invloed van het puttalud op de stratificatie. Hiertoe zullen twee proefputten worden gezogen in het Markermeer, een met een taludhelling 1:3, de ander met een taludhelling 1:10. Beide putten worden maximaal 30 m diep.

Tot zover de stand van zaken bij het onderzoek. Zoals ik al zei een verre van volledige opsomming.

Over de meeste door mij naar voren gehaalde onderzoeken treft u discussiebijdragen aan in de u toegezonden bundel. Tevens kunt u daar de informatie vinden over die onderzoeken die in mijn exposé niet aan hun trekken zijn gekomen. Daarvoor mijn excuses.

2.3. Waterkwantiteit in het IJsselmeergebied

Inleiding door Ir. J.W. Pulles gehouden op maandag 2 november 1981
tijdens de studiebijeenkomst "Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het
IJsselmeergebied".

Ik heb mijn betoog opgebouwd aan de hand van een drietal stellingen en wel:

1. De noodzaak tot vergroting van de mogelijkheden tot voorraadvorming op het IJsselmeer is sterk afhankelijk van de groei in het aantal beregeningsinstallaties.
2. Aanpassing van het doorspoelbeleid van het Markermeer is dit nauwelijks.
3. De stijging van de energieprijzen beïnvloedt het beheer met betrekking tot het IJsselmeer slechts indirect via de berekening.

In het volgende zou ik deze stellingen willen toelichten en wel aan de hand van de bij de PAWN-studie gehanteerde methodieken.

Voor het bestuderen van de gevolgen van een droog jaar voor de verschillende sectoren is een groot aantal modellen ontwikkeld. Bij de beschouwing die ik vandaag zal houden zijn slechts een tweetal sectoren van belang; te weten:

- de landbouw;
- de elektriciteitsvoorziening.

Van de voor deze sectoren gebruikte modellen zal ik heel vluchtig de belangrijkste kenmerken noemen. Kenmerken die naar mijn mening voor het verloop van het verhaal onontbeerlijk zijn.

De sector Elektriciteitsvoorziening

Voor het lozen van koelwater is in Nederland een aantal richtlijnen gesteld. Aan de temperatuur van het geloosde koelwater en aan die van het ontvangende water worden eisen gesteld.

De hoeveelheid warmte die een centrale loost is direct afhankelijk van het geproduceerde vermogen. Accepteert men geen normoverschrijdingen dan is het te produceren vermogen afhankelijk van de langs de centrale stromende hoeveelheid water. In droge tijden is het aanbod van water echter beperkt. Als het debiet onvoldoende is om het volledige vermogen van de centrale te koelen, dan blijft de elektriciteitsproducent op korte termijn bezien niets anders over dan het ingezette vermogen terug te nemen.

Aangezien elektriciteit niet opgeslagen kan worden en de levering gewaarborgd dient te blijven, zal deze hoeveelheid vermogen elders geproduceerd moeten worden.

Bij PAWN hebben we aangenomen dat de elektriciteit altijd daar geproduceerd wordt waar het het goedkoopst is. Het overhevelen van de productie brengt dus extra kosten met zich mee. Deze kosten zijn steeds in de beschouwing betrokken. Waarbij tevens rekening is gehouden met de mogelijkheden en de beperkingen van het koppelnet.

De sector Landbouw

Voor deze sector is een groot aantal modellen gebouwd. Voor de landbouwwaterbehoeften is een model ontwikkeld dat ook droogte en zoutschades kan berekenen. Hiernaast is een aantal modellen ontwikkeld waarmee de kosten en de mate van beregening bepaald kunnen worden.

Met deze ingrediënten is nu een periode van ongeveer 20 jaar doorgerekend. En wel in beregende en onberegende toestand. Per gewastype waren hiermee, voor de verschillende gebieden in Nederland, de baten en de kosten van het gebruik van een beregeningsinstallatie te bepalen. Hiermee werd op het niveau van de boer het optimale beregeningsniveau vastgesteld. Aangezien de beslissing op het niveau van de boer plaatsvindt werd hierbij rekening gehouden met belastingen en subsidies.

Dit optimale niveau is vergeleken met de toestand zoals die in 1976 aanwezig was. Deze toestand was bekend uit een enquête van de Landinrichtingsdienst. Uit deze vergelijking kwamen zekere discrepanties naar voren.

Sommige gewassen werden niet beregend in werkelijkheid, hoewel dit volgens de modellen wel rendabel was. Hier lijkt een zekere groei van de beregening mogelijk.

Bij gras en fruit bleek echter dat er volgens de modellen niet beregend zou moeten worden. Terwijl dit in de praktijk wel gebeurde. Voor fruit is hier wel een verklaring voor. De boeren schaffen deze installaties vaak voor vorstbestrijding aan.

Bij gras is de verklaring minder eenvoudig. Er zijn echter wel redenen te geven waardoor wij de baten onderschat zouden kunnen hebben.

Er is nl. geen markt voor gras. We hebben gras gewaardeerd aan de hand van de prijs van vervangende veevoeders. Aan deze veevoeders kunnen echter extra bezwaren kleven: ze kunnen bijvoorbeeld moeilijk te krijgen zijn in droge tijden; en misschien neemt de melkgifte per koe wel af.

Daarnaast zijn er voor de boer bij het gebruik van beregeningsinstallaties nog additionele baten mogelijk. Zo zou hij een hogere veebezetting kunnen realiseren. Terwijl ook het risico-element een rol kan spelen. Een boer is misschien wel bereid een zeker bedrag te betalen om een beperkt optredende hoge schade te voorkomen.

Met deze subjectieve factoren is rekening gehouden. en wel op de volgende wijze. Gemiddeld over Nederland is een factor bepaald waarmee de grasbaten verhoogd moesten worden om de situatie van 1976 te representeren. Dit bleek een factor 2 te zijn. De zogenaamde gras-multiplier.

Door de invoering hiervan zijn de landbouwbaten mogelijkkerwijs overschat. Er zijn namelijk niet-fysieke baten geïntroduceerd. Met deze gegevens is het multiplier 2 berekeningsscenario opgebouwd. Bij dit scenario ontstaat een aanzienlijke groei in het aantal installaties. Het beregende oppervlak aan cultuurgrond neemt van 13% in 1976 naar ongeveer 30% toe.

Het mp2-scenario komt overigens overeen met het hoge scenario van de Studiecommissie Watervoorziening Land- en Tuinbouw.

Het lijkt gevaarlijk om op grond van dit scenario de effecten op het nationale systeem te analyseren. Doch voor het nationale systeem vallen zelfs bij dit hoge scenario de effecten erg mee. Het kan dus als een bovengrensbenadering gelden.

Echter gezien de invloed die dit scenario op de resultaten heeft is ook onderzocht wat de gevolgen zijn als deze factor 2 niet wordt ingevoerd. Dit is het multiplier 1 scenario. Hierbij groeit de berekening veel minder, zo groeit de berekening van grasland van 15% niet naar 55% maar naar + 22%. Aangetekend moet worden dat in 1980 al een situatie van 20% werd bereikt.

De infrastructuur

Voor het bepalen van de invloed die de groei van de beregeningsinstallaties op het nationale whh-systeem heeft is het noodzakelijk te weten hoe de regio op deze groei anticipeert. Hoe wordt het regionale systeem aangepast, welke gebieden worden er voor de aanvoer van oppervlakte-water ontsloten. Het gedrag van de regio is gesimuleerd door aan te nemen dat de regio die maatregelen zal nemen welke uit kosten/baten oogpunt rendabel lijken.

Voor de gebieden, die thans reeds van oppervlakte-water voorzienbaar zijn, is gebruik gemaakt van het materiaal dat door de Unie van Waterschappen in samenwerking met de directie WW in 1978 is verzameld. Bij deze enquête was eveneens geïnterviewd welke uitbreidingen van de voorzienbare gebieden mogelijk waren en voor welke kosten dit gerealiseerd kan worden. Dit zijn de zg. waterschapsplannen. Uit dit materiaal hebben we 65 plannen onderscheiden.

Het betrof hier meestal wat kleinere werken, zoals uitbreidingen van de inlaat- en doorvoermogelijkheden binnen de waterschappen.

Daarnaast was er een groot aantal plannen bekend + 50 waarmee men de knelpunten in de regionale infrastructuur wilde verbeteren.

Voorbeelden hiervan waren:

- uitbreiding van de doorvoer bij de sluis te Gaarkeuken in het Van Starkenborghkanaal;
- het plaatsen van gemalen langs de Hoogeveensevaart.

Met beide berekeningsscenario's is geanalyseerd welke van deze maatregelen rendabel bleken. Bij het multiplier 2 scenario bleven er 46 waterschapsplannen over. Deze staan ruwweg op deze figuur.

Bij het multiplier 1 scenario bleven er 22 over. Deze lagen veelal in Brabant. In de rest van Nederland bleven een plan in Drente en die van Flevoland, Noordoostpolder en enkele in Utrecht overeind.

Bij het multiplier 2-scenario zijn met de 46 plannen de regionale maatregelen geanalyseerd. Voor het gebied rond het IJsselmeer bleken de uitbreidingen van de watervoorziening Drente en Overijssel rendabel. Ook de werken waarbij de lozing van Wieringen van het IJsselmeer naar de Waddenzee wordt verlegd bleken rendabel.

Uitgaande van het multiplier 2-scenario, de 46 plannen en deze regionale maatregelen bleek het zinvol om het IJsselmeer naar een niveau van ongeveer NAP op te zetten. Ook het eventueel verlagen van het minimum niveau en het iets eerder opzetten van het peil lijken zinvolle mogelijkheden.

Bij het mp 1-scenario en de 22 plannen bleken afgezien van de maatregeling m.b.t. de Wieringermeer geen maatregelen in het gebied rond het IJsselmeer rendabel. Ook het opzetten van het IJsselmeer bleek niet meer noodzakelijk.

Hieruit blijkt de gevoeligheid van een eventuele vergroting van de watervoorraad op het IJsselmeer voor de groei van de berekening, waarmee ik mijn eerste stelling hoop te hebben verduidelijkt.

De reeds getrokken conclusies zijn alleen houdbaar als er een wat ander beleid m.b.t. het doorspoelen van het Markermeer geïntroduceerd wordt. Thans wordt dit meer 's zomers met ongeveer $70 \text{ m}^3/\text{s}$ doorgespoeld.

Voorheen was het gebruikelijk onder extreme omstandigheden dit doorspoelen te verminderen naar $10 \text{ m}^3/\text{s}$ voor de Amsterdamse grachten als het peil van het IJsselmeer te ver zakte. In het verleden gebeurde dit als het peil van het IJsselmeer ruwweg onder het niveau van 020-NAP zakte.

Door nu deze doorspoeling eerder te staken, zeg zodra het peil onder het streefpeil zakt, kunnen in extreme jaren aanzienlijke baten gerealiseerd worden. Bij het multiplier 2-scenario is dit in een extreem droog jaar ± 100 miljoen. Hier staat echter een aantal extra schades tegenover. In de eerste plaats neemt de zoutschade in Noord-Holland in zeer geringe mate toe. Verder nemen de koelmogelijkheden voor de centrales langs het Noordzeekanaal af. Dit laatste veroorzaakt een schade van 3 - 5 miljoen in dit jaar.

Het multiplier 1-scenario verandert deze conclusie niet. Als we alle grasbaten elimineren dan neemt de totale winst met 60% af. De resterende baten zijn dan nog vele malen groter dan de schades voor de elektriciteitsproducenten. Hiermee hoop ik mijn tweede stelling te hebben aangetoond.

Dan rest nu nog de laatste stelling. De hiervoor besproken stelling zouden beïnvloed kunnen worden door de stijging van de energieprijzen. Echter op grond van de genoemde cijfers valt te concluderen dat de energieprijzen dan met een factor 10 moeten stijgen om dit doorspoelbeleid te wijzigen. En dit lijkt ondanks de recente forse stijgingen nog niet erg waarschijnlijk.

Indirect heeft een stijging van de energieprijzen wel invloed op de conclusies. De beregeningskosten nemen er door toe, hetgeen tot gevolg heeft dat het optimale niveau afneemt. Dit zal tot gevolg hebben dat de groei in de berekening zal afnemen.

Aan de andere kant zal dit effect weer worden gecompenseerd, doordat bij stijgende energieprijzen ook de prijzen voor landbouwproducten zullen stijgen. Hierdoor is het totale effect onzeker.

En met deze beschouwing heb ik, naar ik meen, alle drie de stellingen voldoende verduidelijkt en ik zou het hier dan ook bij willen laten.

2.4. Waterkwaliteit in het IJsselmeergebied

Inleiding door Ir. J.A.W. de Wit gehouden op maandag 2 november 1981 tijdens de studiebijeenkomst "Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied"

1. Inleiding

Ik heb mij nooit geheel aan de indruk kunnen onttrekken dat het IJsselmeergebied er altijd karig afgekomen is bij de belangstelling van onderzoekers. Dat ik in deze mening niet alleen sta, bleek mij bij lezing van de bijdrage van Bij de Vaate aan de syllabus voor deze bijeenkomst, waarin ook hij stelt, dat de mate van hydrobiologisch onderzoek in de Nederlandse meren omgekeerd evenredig lijkt met de grootte.

Het lijkt niet dat het kan liggen aan de ecologische betekenis van het IJsselmeergebied. In studies die wel verschijnen bijv. naar aanleiding van de Markerwaard, maar ook van de Natuurwetenschappelijke Commissie over de randmeren, wordt het IJsselmeergebied niet zonder ecologische betekenis geacht en in sommige opzichten zelfs een grote betekenis toegekend.

Als we vergelijken met andere grote watergebieden, dan zien we dat de Waddenzee zich in sterke mate in de belangstelling van het NIOZ mag verheugen, terwijl er onderzoeksgroepen als bijv. het BOEDE (Biologisch Onderzoek Eems Dollard Estuarium) zijn. In het Zuid-westen is er een Delta-instituut voor hydrologisch onderzoek, terwijl ook dáár speciale onderzoeksgroepen in het leven zijn geroepen, bijv. naar aanleiding van de Oosterscheldeproblematiek.

Het IJsselmeer heeft het ook niet helemaal zonder onderzoek hoeven te stellen. Daarvan getuige de mensen hier aanwezig en de instanties vertegenwoordigd. Met name Postma en Leentvaar hebben in het verleden en voor hen ook andere onderzoekers op biologisch gebied, en in de afgelopen 10 jaar vooral de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders en het RIZA, hun aandacht gericht op het IJsselmeergebied.

Het zou mijns inziens echter voor de hand gelegen hebben als zich ook

een instituut, zoals bijv. een Limnologisch instituut, of een onderzoeksgroep zich met name op het IJsselmeergebied gericht zou hebben. In de syllabus vond ik een gedeeltelijke verklaring, waar door De Moed en Haan van het Limnologisch instituut de stelling werd geuit dat ook het Tjeukemeer tot het IJsselmeergebied moet worden gerekend. Of dat het hele antwoord is, betwijfel ik. Wellicht kan hier in de discussie na afloop of morgen nog op terug worden gekomen.

En dan nu het eigenlijke onderwerp van mijn voordracht.

2. Ingrepen en de effecten op de waterkwaliteit.

De titel van de voordracht was nogal ruim gesteld. Door de organisatiecommissie werd voorgesteld de voordracht toe te spitsen op de "relatie ingrepen versus effecten op de waterkwaliteit", bij voorkeur door middel van een plan-effecten matrix.

Ik heb getracht hier zo goed mogelijk aan tegemoet te komen.

Figuur 1 geeft een raamwerk voor wat we een matrix zouden kunnen noemen.(blz.37)
Allereerst de begrippen nader toegelicht:

Ingrepen: Ik heb hierbij een viertal kwantitatieve ingrepen onderscheiden, waaronder ik dan versta wijzigingen in aan en afvoeren en meerpeilen, maar ook structurele veranderingen in de dimensies van de meren door compartimentering en ontgrondingen.

Vanuit de "kwaliteit" is deze opvatting van het begrip "kwantiteit" misschien geoorloofd. Als "kwalitatieve" ingreep is daarnaast de sanering van lozingen onderscheiden. Deze is als laatste vermeld, omdat ik op deze bijeenkomst vooral aan de eerste vier aandacht wil besteden. Ten slotte moet niet onvermeld blijven dat ook andere ingrepen denkbaar zijn. Ik denk hierbij met name aan ingrepen welke een verbetering van de waterkwaliteit beogen als: verwijdering bodemsediment, visbeheer en dergelijke.

Niet omdat deze niet interessant zijn, maar omdat ze nog iets verder in het verschiet liggen en vanwege de toegemeten tijd, heb ik ze nu buiten beschouwing gelaten.

Effecten: Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen:

- * de randvoorwaarden, die belangrijk zijn voor de waterkwaliteit, en die als gevolg van de ingreep wijzigen: de belasting met stoffen, de verblijftijd, de windinvloed en de kenmerken van de bodem zoals de gemiddelde diepte, de diep-ondiep-verhouding, de bodemsamenstelling en
- * daarnaast de waterkwaliteitskenmerken die zich wijzigen bij verandering van de randvoorwaarden. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen:
 - de gehalten. Vooral voor die stoffen van belang waarvan gehalten op zich van ecologische betekenis zijn of veelzeggend met betrekking tot het effect. Hierbij denk ik aan zuurstof, zoutgehalte, microverontreinigingen;
 - de troebeling. In het IJsselmeergebied van grote betekenis. Niet alleen voor de recreatieve functie, maar vooral ook voor de algengroei;
 - de algen. Hiermee kan zowel primaire productie, algenbiomassa als soortensamenstelling bedoeld worden. Het is een secundair effect. Strikt genomen hoort dit aspect niet tot de waterkwaliteit, hoewel wel vaak hieronder wordt begrepen. Er is een duidelijke relatie met de gehalten en troebeling;
 - de flora en fauna. Zeker niet tot de waterkwaliteit behorend. Er wordt dan ook niet uitgebreid op ingegaan. Wel hier en daar, waar duidelijk effecten verwacht mogen worden.

Tussen de randvoorwaarden en de waterkwaliteitskenmerken bestaat een complex van relaties, ook tussen de kenmerken onderling, zoals al eerder opgemerkt. Hier zal ik niet verder bij stilstaan.

Hoewel oorspronkelijk de bedoeling was om, per type ingreep, enkele voorbeelden te scoren met +, - en 0 op genoemde aspecten en ik daartoe ook wel pogingen heb ondernomen, heb ik hier bij nader inzien toch maar van afgezien, om U in ieder geval dergelijke duizelig makende overzichten te onthouden.

Ik wil wel per type-ingreep een aantal voorbeelden bespreken. Bij enkele daarvan zal nader worden ingegaan op de effecten als in het overzicht genoemd, alsmede de vragen die zich voordoen bij het beoordelen van effecten of te verwachten effecten.

3. Het sturen van water (Figuur 2, blz. 38)

Van de genoemde voorbeelden (figuur 2) hebben sommige de watervoorziening ten doel (inlaat Markermeer, of Markerrandmeren). Andere hebben betrekking op ingrepen met betrekking tot de waterafvoer (Wieringermeer, IJsselkanalisatie) of beogen kwaliteitsverbetering (extra doorspoeling Markermeer, doorspoeling Flevorandmeren).

Inlaat/doorspoelen Markermeer

Beoogd wordt een verlaging van het chloridegehalte in het Markermeer ten behoeve van de waterinlaten van Noord-Holland. Na sluiting van de dijk Enkhuizen-Lelystad zou door de uitslag van zoutwater uit Flevoland het zoutgehalte van het Markermeer anders te zeer oplopen.

Vanwege peilverschillen kan doorspoeling alleen in het zomerhalfjaar plaatsvinden. Het water wordt ingelaten uit het IJsselmeer en verlaat het Markermeer via het Noordzeekanaal. Het extra doorspoeldebiet bedraagt ca. $60 \text{ m}^3/\text{sec}$. Daarnaast wordt $20\text{--}25 \text{ m}^3/\text{sec}$. ingelaten voor dekking van de waterbehoefte.

Naast het effect van verdunning met betrekking tot het chloridegehalte worden met IJsselmaarwater ook andere stoffen op het Markermeer gebracht. Om een indruk te geven van het effect met betrekking tot het chloridegehalte.

In 1978 (gemiddelde jaar t.a.v. hydrologie en klimatologie) zou het chloridegehalte in het Markermeer zonder doorspoeling circa 325 mg/l hebben bedragen. Met doorspoeling was het 235 mg/l .

Ten aanzien van de belasting met andere stoffen (nutriënten, microverontreinigingen) is een effect niet direct te constateren. Enerzijds door het grote volume van het meer en anderzijds het slibrijke karakter. Voor de nutriënten geldt dat in het Markermeer incidenteel stikstof en fosfaat wel een rol lijken te spelen, maar dat overwegend licht de belangrijkste groeibeperkende factor is voor algen.

Daarnaast zullen de nutriënten en dit geldt ook voor microverontreinigingen overwegend aan slib worden gebonden, zodat hier wellicht eerder gedacht moet worden aan een lange termijneffect van verrijking van het sediment.

Inlaat/doorspoelen Markerrandmeren

Vanzelfsprekend een mogelijke toekomstige situatie. De bijdrage van Verlaan in de syllabus heeft hierop betrekking. Ik kom hier nog op terug bij de compartimentering. Ik wil mij hier beperken tot de opmerking dat het doel hetzelfde is als bij het Markermeer. Doorspoeling in deze situatie bij Enkhuizen (waarvoor overigens minder water nodig is) resulteert in een duidelijk lager chloridegehalte bij de innamepunten van Noord-Holland, vergelijkbaar met het IJsselmeer. Om de gedachten te bepalen circa 135-175 mg/l, weer in het jaar 1978. Voor de nutriënten zal er nu duidelijker sprake zijn van een gradiënt van noord naar zuid.

Doorspoelen Flevorandmeren

De bijdrage van Hosper in de syllabus heeft hierop betrekking. Het doel is, kort gezegd, te trachten de algenhoeveelheden en het fosfaatgehalte tot voldoende lage waarden terug te brengen, zodat de bestaande vicieuze cirkel van algengroei en fosfaatafgifte door de bodem wordt doorbroken. Voorlopig is de maatregel tijdelijk van karakter en beperkt zich tot het Veluwemeer. Het is meer een experiment. Gesteld kan worden dat we hier bij de randmeren een van de weinige mogelijkheden in ons land hebben om doorspoeling, anders dan voor zoutbestrijding, in te zetten.

Het beoogde effect is vooral gericht op verdunning met betrekking tot algen en fosfaat door middel van in dit opzicht kwalitatief goed Flevolandwater.

Als neveneffect moet genoemd worden dat het water zouter is dan het Veluwemeerwater. Hierdoor is het zoutgehalte van het randmeer toegenomen, zij het binnen aanvaardbare grenzen. Dit kan van belang zijn voor de ondergrondse drinkwateronttrekking van Flevoland, aan de oevers van het meer. Ook de hardheid van het polderwater is echter groter.

Het bufferend vermogen ten opzichte van de pH is hierdoor toegenomen in het meer, hetgeen gunstig is voor de netto fosfaatrelease uit de bodem.

Zoals in de bijdrage van Hosper genoemd, zal de doorspoeling deze winter worden opgevoerd tot wat maximaal mogelijk is. Bezien moet worden of dit afdoende blijkt te zijn. Verdere mogelijkheden voor doorspoeling zijn zonder structurele ingrepen beperkt.

Overwogen zou kunnen worden om, gebruik makend van peilverschillen, wanneer van zomer-op winterpeil wordt overgegaan, door te spoelen met Markermeerwater, wat dan echter belast is met de Eem, of met Ketelmeerwater, dat relatief algenarm is, maar wel nutriëntenrijk. Of dit te realiseren is hangt af van de fysieke mogelijkheden. Bovendien wordt een deel van de doelstelling (lage nutriënt-gehalten) niet gerealiseerd. Ook andere milieubezwaren dienen te worden beschouwd. Mogelijk dat dit toch enig soelaas kan bieden, in combinatie met of gevolgd door doorspoelen met polderwater.

Afleiden uitslag Wieringermeer

Haasnoot noemt dit ook in zijn bijdrage. De betekenis voor het zoutgehalte van het IJsselmeer zou benaderd kunnen worden door middel van een zoutbalans. Hierin is de Wieringermeer ca. 15% van de belasting. Men zou kunnen veronderstellen dat afleiden van de gehele of een gedeelte van de Wieringermeer in evenredigheid doorwerkt op het gemiddelde zoutgehalte in het IJsselmeer. Belangrijke vraag met betrekking tot de effectiviteit is echter mijns inziens nog in welke mate het zoute water, wat nu voor ongeveer 50% vlak voor de spuimiddelen wordt geloosd, zich opmengt met het gehele meer, dan wel voor een meer of minder belangrijk deel direct wordt gespuid.

Voor de bestrijding van het zout van de Afsluitdijk geldt hetzelfde als bij de Wieringermeer is gesteld.

Ten slotte de IJsselkanalisatie. In de nota waterhuishouding 1968 reeds genoemd. In de PAWN-studie doorgelicht en bij een kosten-baten-analyse afgevalen, waarbij opgemerkt moet worden dat ook zeker ten aanzien van natuur- en milieuaspecten grote bezwaren bestaan t.a.v. een dergelijke ingreep.

Volledigheidshalve heb ik hem toch genoemd. Het zou een middel kunnen zijn om de belasting van het IJsselmeer te verlagen, mits als zodanig gehanteerd. Het is mij niet mogelijk enigszins kwantitatief aan te geven wat dit voor het IJsselmeer zou kunnen betekenen ten aanzien van gehalten, met name nutriënten en micro-verontreinigingen, en voor algen.

4. Compartimentering

Figuur 3 , blz. 39.

Flevoland

Hier wil ik niet verder op ingaan. In rapporten van de Werkgroep Sanering Randmeren en de Commissie Spaarbekken IJsselmeer wordt aan de ontwikkelingen na inpoldering aandacht besteed, terwijl Berger in een binnenkort te verschijnen Flevobericht over Oscillatoria ongetwijfeld ook aan dit aspect van de ontwikkeling van de randmeren aandacht zal besteden.

Samenhangend met Flevoland zijn de Hardersluis en de Huizerbrug. De eerste, tussen het Wolderwijd en het Veluwemeer wordt thans vooral met het oog op de doorspoelexperimenten van belang geacht als fysieke scheiding tussen beide meren. Verwijderen van de sluis zal een nivellering van algen en nutriënniveaus bewerkstelligen en zal de experimenteermogelijkheden en wellicht ook in de toekomst de ontwikkelingsmogelijkheden beperken.

De Huizerbrug tussen het Eemmeer en het Gooimeer is in aanleg. Thans is er al een beperkte doorstroomopening tussen beide meren. Hoewel de ontwikkelingen in de waterkwaliteit nog niet zijn geëvalueerd, mag worden verwacht dat door een duidelijker scheiding tussen het enerzijds hoogbelaste Eemmeer en anderzijds het door het IJmeer beïnvloede Gooimeer, vanwege de verminderde wateruitwisseling tussen beide meren door wind, de verschillen in waterkwaliteit tussen beide

meren met betrekking tot de nutriëntgehalten, de troebeling en de algenbiomassa zullen toenemen.

Houtribdijk

Dit is de scheiding tussen het Markermeer en het IJsselmeer, in de winter 1975 gedicht.

De betekenis van de scheiding tussen deze twee meren, verschillend in belasting en in bodemgesteldheid, is uit de ontwikkeling van de gehalten van enkele waterkwaliteitsparameters in het Markermeer, duidelijk af te leiden, zoals blijkt uit de tijdreeksen voor onder meer chloride en nitraat. (figuur 7 en 8, blz. 43 en 44)

Toelichting: * punt in zuidelijk IJsselmeer (IJ10) en
 Markermeer (IJ102)
 * chloride fluctuaties duidelijk afgevlakt
 * wintermaxima m.b.t. het nitraatgehalte duidelijk
 afgenomen
 * voor andere parameters is het beeld minder
 duidelijk.

Betekenis van de dijksluiting voor het IJsselmeer lijkt er te zijn voor ortho-fosfaat. Met name in het zuidelijk deel van het IJsselmeer lijkt er de afgelopen 7 jaar een toename in ortho-fosfaat in de zomer te zijn opgetreden, welke niet helemaal toegeschreven kan worden aan de toename van het ortho-fosfaatgehalte van de IJssel. (figuur 9, blz. 45)

Toelichting: * lengte-as door Ketelmeer - IJsselmeer
 * ortho-fosfaat gemiddeld over 3 zomermaanden
 * toename Ketelmeer door toename IJssel
 * zuidelijk deel IJsselmeer toename twee keer zo
 hoog, mogelijk als gevolg van de geleidelijke
 dijksluiting.

Het beeld voor algen en doorzicht is minder duidelijk door het ontbreken van voldoende lange tijdreeksen. Enig effect, vooral voor het doorzicht zou in het zuidelijk deel van het IJsselmeer wel verwacht mogen worden.

Markerwaard

Aanleg van de Markerwaard heeft een duidelijk verschillende waterkwaliteit tot gevolg van enerzijds de IJmeerboezem en anderzijds de westelijke randmeren van de Markerwaard. Wat de waterkwaliteit wordt, hangt ook af van aanvullende werken, oeververbindingen, boezemscheiding tussen IJmeer en westelijke randmeren en van het waterhuishoudkundig beleid (wel of niet doorspoelen).

Ten behoeve van de PKB Markerwaard is deze complexe materie bestudeerd. Ik wil hier enkele belangrijke aspecten noemen. Het zoutgehalte kan in de westelijke randmeren lager worden dan nu in het Markermeer, wanneer deze meren extra worden doorgespoeld. Het krijgt dan de IJsselmeerkwaliteit met betrekking tot het chloridegehalte. Het IJmeer wordt duidelijk zouter. Voor de nutriëntgehalten wordt er weinig verschil verwacht met het huidige Markermeer, zij het dat bij doorspoelen er sprake zal zijn van een lichte gradiënt in de Westelijke randmeren. Belangrijk zijn de ontwikkelingen met betrekking tot het doorzicht en de algen, waarbij het eerste sterk bepalend zal zijn voor het laatste. De bodem van de randmeren verschilt niet wezenlijk van het Markermeer. Maar het is nog een vraag in hoeverre een mogelijke verandering van de windinvloed door verkleining van het meeroppervlak, en dat geldt des te sterker bij verdere compartimentering, én het wegvallen van de uitwisseling met het ruimere en naar het lijkt troebeler Markermeer, het doorzicht zal veranderen en meer algengroei mogelijk maakt.

Volgens de bevindingen van Berger, ten dele in zijn bijdrage voor deze bijeenkomst opgenomen, is door de te verwachten relatieve slibrijkdom en de naar verhouding grote diepte van deze meren een permanente Oscillatorabloei onwaarschijnlijk.

Een gedegener kennis van de achtergrondextinctie en de fluctuaties daarin, alsmede het ontwikkelen van technieken/modellen om deze zaken te simuleren bij veranderde omstandigheden zijn noodzakelijk om met meer zekerheid uitspraken te kunnen doen.

5. Ontgrondingen

Figuur 4 , blz. 40.

Gooimeer en IJmeer

Ook hier wil ik kort bij stilstaan. In mijn bijdrage aan deze bijeenkomst heb ik al enkele aspecten besproken. U hebt daarin kunnen lezen dat voor het Gooimeer en IJmeer de ontgrondingen, zowel ten aanzien van het oppervlak dat in het geding is (10-30% van de meren) en het volume (50-250% van het oorspronkelijke meervolume) ontgrondingen zeker van betekenis zijn.

Effect mag worden verwacht doordat de wind niet altijd in staat is over de gehele verticaal menging tot stand te brengen, wat bij langere periodes aanleiding is tot zuurstofloosheid in de diepere delen. De extra mobilisatie van nutriënten onder deze omstandigheden verhoogt de belasting op het meer. Daarnaast zal door de grotere diepte de troebeling ter plaatse afnemen en mag worden verwacht dat bij goede verticale en horizontale menging ook de algenbiomassa zal afnemen in de meren. Ten aanzien van de laatste aspecten zijn er de nodige vraagtekens welke ik als stelling heb geformuleerd. Wanneer hier meer duidelijkheid over komt zou gerichte en geconcentreerde ontgroning ook overwogen kunnen worden als middel om de eutrofiëringssituatie te verbeteren. Voor de flora en fauna is de ontgroning zeker nadelig, hoewel vaak nog onduidelijk is in welke mate. Hier wreekt zich onder meer de door Bij de Vaate geopperde stelling met betrekking tot hydrobiologisch onderzoek in het IJsselmeergebied.

Wolderwijd en Veluwemeer

Ontgrondingen vinden hier op kleinere schaal en tot geringere diepte (3 m) plaats. Hoewel daarmee niet zonder betekenis, wil ik er hier niet verder bij stilstaan.

Ketelmeer

Interessant is hier te vermelden dat ontgronding in het Ketelmeer - ik meen door een ingenieursbureau - wel geopperd is als een mogelijk mes dat aan twee kanten snijdt:

Zandwinning én slibvang voor verontreinigd IJsselslib, waardoor het IJsselmeer zelf minder belast zou worden. Hoewel het gevaar niet denkbeeldig is dat hiermee ook in eigen vingers wordt gesneden, want waar laat je het verontreinigde slib als de slibvang vol is, lijkt dit toch een suggestie die op zijn minst meer studie waard is.

IJsselmeer

De schaal van de ontgronding is hier klein ten opzichte van de grootte van het meer.

6. Peilverhoging/verlaging

Figuur 5, blz. 41.

Peilverhoging IJsselmeer

Volledigheidshalve wordt dit genoemd. De thans nog in discussie zijnde peilen zijn mijns inziens te gering om van veel betekenis te zijn voor de waterkwaliteit.

Plan Lieveense

De laatst mij bekende plannen gaan uit van een bekken van 55 km^2 , in de toekomst indien gewenst uit te breiden tot 165 km^2 , in het Markermeer tegen de Houtribdijk. Het gemiddeld peil in het bekken zal $20 \text{ m} + \text{NAP}$ zijn, met fluctuaties van $+ \text{ en } - 3 \text{ meter}$.

De peilfluctuaties in het IJsselmeer bij een klein bekken en in IJsselmeer én Markermeer bij een groot bekken zijn onregelmatig en bedragen 13 cm op dagbasis en 28 cm op weekbasis, welke zullen verdubbelen bij meer vermogen. Met betrekking tot het milieu zijn vele aspecten te noemen, zowel ten aanzien van het bekken zelf als ten aanzien van de omringende meren. Ik zal mij tot enkele beperken, betrekking hebbend op het omringend meer, ervan uitgaande dat binnen het bekken vele maatregelen denkbaar zijn (locaties en hoogte van inname en uitslag van het bekkenwater, destratificatiemiddelen).

Dagelijks wordt 3-5% van het IJsselmeervolume uitgewisseld. Door sedimentatie in het bekken zullen algen en voedingsstoffen worden onttrokken hetgeen gunstig zal zijn. Daarnaast mag echter verwacht worden dat de hoeveelheid licht in het zuidelijk deel van het IJsselmeer zal toenemen. Mogelijk is de totale som positief voor de IJsselmeerkwaliteit.

Voor de flora en fauna zal het bekken grote betekenis hebben: een deel van de bodemfauna gaat verloren; schade aan de visstand, zoöplankton etc. door passage van de turbines; oeverlanden worden beïnvloed of gaan verloren etc.

7. Sanering van lozingen

Figuur 6, blz. 42.

Ten aanzien van alle drie gebieden zijn bijdragen opgenomen in de syllabus. Ik zal derhalve ook hier volstaan met enkele opmerkingen.

IJsselmeer

Naar het effect van sanering op de algengroei wordt thans een modelstudie uitgevoerd door het waterloopkundig laboratorium. Dat dit niet eenvoudig is blijkt wel uit de bijdragen van Los, Klomp en de Rooij, aan de syllabus. Niet eenvoudig zal het overigens ook zijn om een substantiële verlaging in de nutriëntbelasting te verkrijgen omdat wij hiervoor ook over de landsgrenzen zullen moeten rijken. Ik wil niet op de resultaten van de modelstudie vooruitlopen. Belangrijke vraag is natuurlijk of een verlaging van de nutriëntbelasting ook werkelijk zal leiden tot een verminderde algengroei. Interessant is in dat opzicht de aanpak van Postma en zijn conclusie dat de fythoplanktonproduktie mét de nutriëntentoevoer moet zijn gestegen.

Eem en Gooimeer

Onzekerheid is hier met name over de fosfaatbelasting van de Eem op het Eemmeer en het aandeel van de rzi's daarin. De bijdrage van De Ruiter en Van Iersel heeft hierop betrekking. Met andere woorden,

leidt fosfaatverwijdering bij de rzi's tot een voldoende lage belasting op het Eemmeer om dit nutriënt beperkend te doen worden voor de algengroei of zijn wellicht ook aanvullende maatregelen noodzakelijk én zijn die dan mogelijk.

Veluwemeer

Belangrijke saneringen in de externe fosfaattoevoer zijn hier reeds gerealiseerd. Bij het Veluwemeer en ook het Wolderwijd blijkt overigens duidelijk dat ook een lage externe fosfaatbelasting op zich geen garantie biedt voor een beperkte algengroei. Aanvullende maatregelen kunnen zeker nodig zijn en het zal alle creativiteit vergen én de wil om in ieder geval de ergste excessen, zoals die zich thans in de randmeren voordoen, op te heffen.

En daarmee, lijkt het, ben ik weer terug bij wat ik in de inleiding heb gezegd met betrekking tot het onderzoek en de behoefte aan onderzoek in het IJsselmeergebied.

Ik dank U voor Uw aandacht.

INGREPEN EN DE EFFECTEN OP DE WATERKWALITEIT

<u>INGREEP</u>	<u>DOEL</u>	<u>EFFECT DOOR</u>	<u>EFFECT OP</u>
STUREN VAN WATER	WATERVOORZIENING	BELASTING	GEHALTEN
	WATERAFVOER	VERDUNNING	ALGEN
	KWALITEITS-	VERBLIJFTIJD	FLORA EN FAUNA
	VERBETERING		
KOMPARTIMEN- TERING	INPOLDERING	BELASTING	GEHALTEN
	ONTSLUITING	VERBLIJFTIJD	TROEBELING
	BEVEILIGING	WINDINVLOED	ALGEN
	KWALITEITS- VERBETERING	DIEPTE/BODEM	FLORA EN FAUNA
ONTGRONDING	ZANDWINNING	BELASTING	GEHALTEN
	SCHEEPVAART	VERBLIJFTIJD	TROEBELING
		WINDINVLOED	ALGEN
		DIEPTE/BODEM	FLORA EN FAUNA
PEILVERHOOGING/ -VERLAGING	VOORRAAD	VERBLIJFTIJD	GEHALTEN
	INNAME/UITSLAG	WINDINVLOEDEN	TROEBELING
	BEVEILIGING	DIEPTE/BODEM	ALGEN
			FLORA EN FAUNA
SANERING VAN LOZINGEN	KWALITEITS-	BELASTING	GEHALTEN
	VERBETERING		ALGEN
			FLORA EN FAUNA

HET STUREN VAN WATER

<u>DOEL</u>	<u>EFFECT DOOR</u>	<u>EFFECT OP</u>
WATERVOORZIENING	BELASTING	GEHALTEN
WATERAFVOER	VERDUNNING	ALGEN
KWALITEITSVERBETERING	VERBLIJFTIJD	FLORA EN FAUNA

VOORBEELDEN: *

- * INLAAT EN DOORSPOELEN MARKERMEER
- * INLAAT EN DOORSPOELEN MARKERRANDMEREN
- * DOORSPOELEN FLEVORANDMEREN
- * AFLEIDEN LOZING AMSTERDAM
- * AFLEIDEN UITSLAG WIERINGERMEER
- * BESTRIJDING ZOUTINDRINGING SLUIZEN AFSLUITDIJK
- * IJSSELKANALISATIE

K O M P A R T I M E N T E R I N G

<u>DOEL</u>	<u>EFFECT DOOR</u>	<u>EFFECT OP</u>
INPOLDERING	BELASTING	GEHALTEN
ONTSLUITING	VERBLIJFTIJD	TROEBELING
BEVEILIGING	WINDINVLOED	ALGEN
KWALITEITSVERBETERING	DIEPTE/BODEM	FLORA EN FAUNA

VOORBEELDEN :

FLEVOLAND
HARDERSLUIS
HUIZERBRUG
HOUTRIBDIJK
MARKERWAARD

IDEM OEVERVERBINDINGEN
2e OOSTVAARDERSDIJK

ONTGRONDINGEN

DOEL

ZANDWINNING
SCHEEPVAART

EFFECT DOOR

BELASTING
VERBLIJFTIJD
WINDINVLOED
DIEPTE/BODEM

EFFECT OP

GEHALTEN
TROEBELING
ALGEN
FLORA EN FAUNA

VOORBEELDEN: * GOOI MEER EN IJ MEER
* WOLDERWIJD EN VELUWEMEER
* KETELMEER
* IJSSELMEER

PEILVERHOOGING/VERLAGING

DOEL

VOORRAAD
INNAME/UITSLAG
BEVEILIGING

EFFECT DOOR

VERBLIJFTIJD
WINDINVLOED
DIEPTE/BODEM

EFFECT OP

GEHALTEN
TROEBELING
FLORA EN FAUNA
ALGEN

VOORBEELDEN: * PEILVERHOOGING IJSSELMEER
* PLAN LIEVENSE

SANERING VAN LOZINGEN

DOEL

KWALITEITSVERBETERING

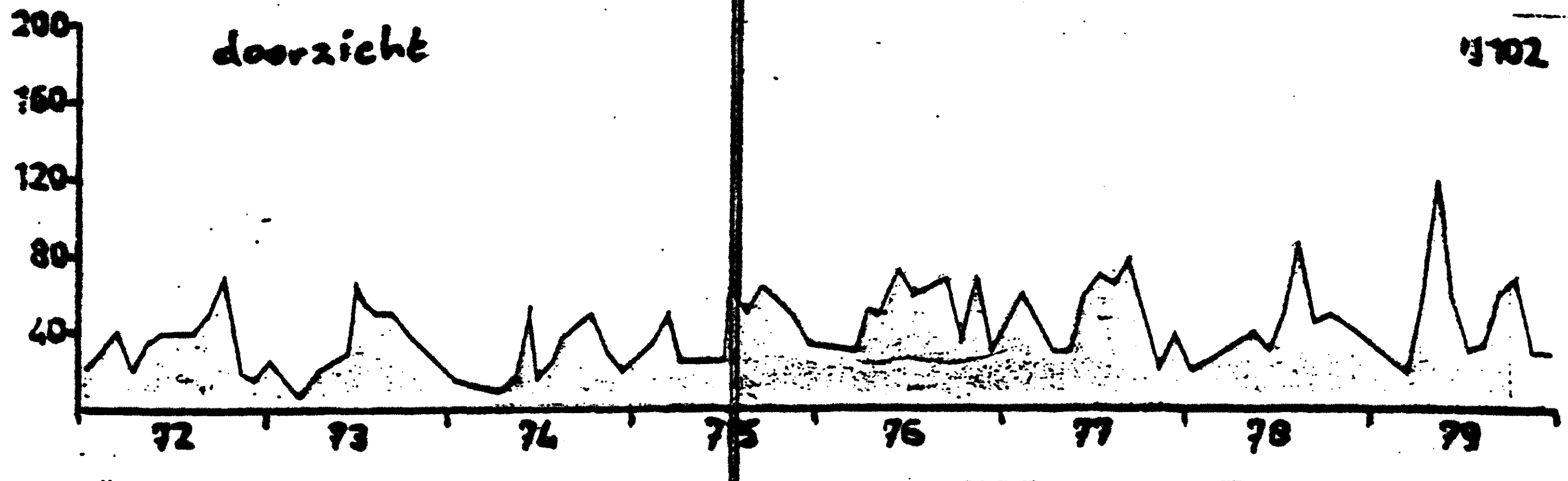
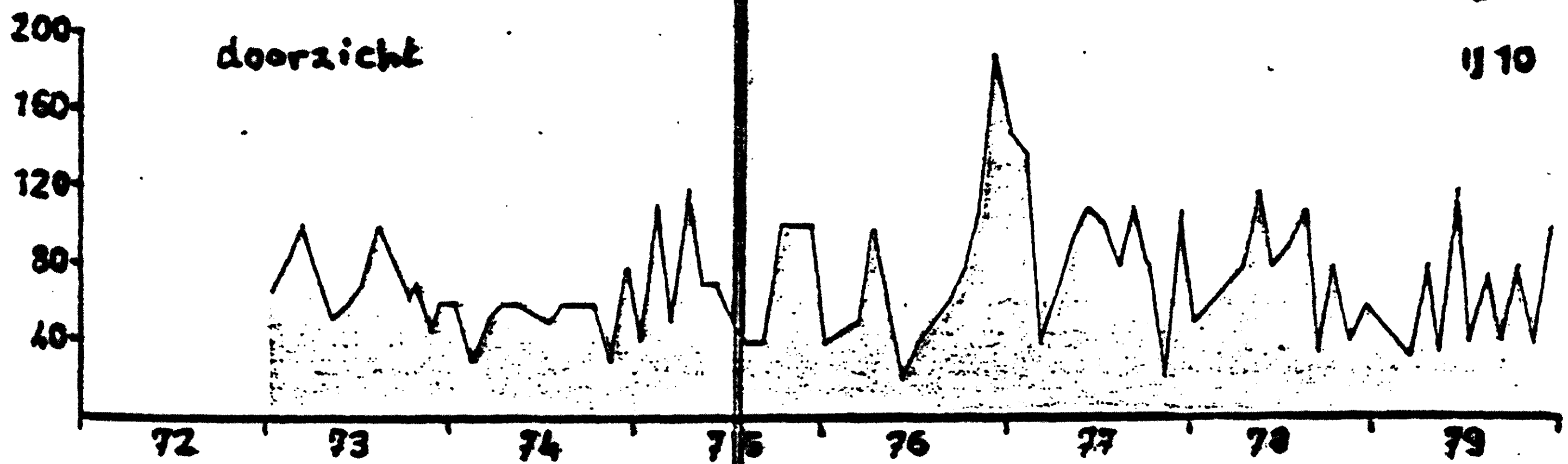
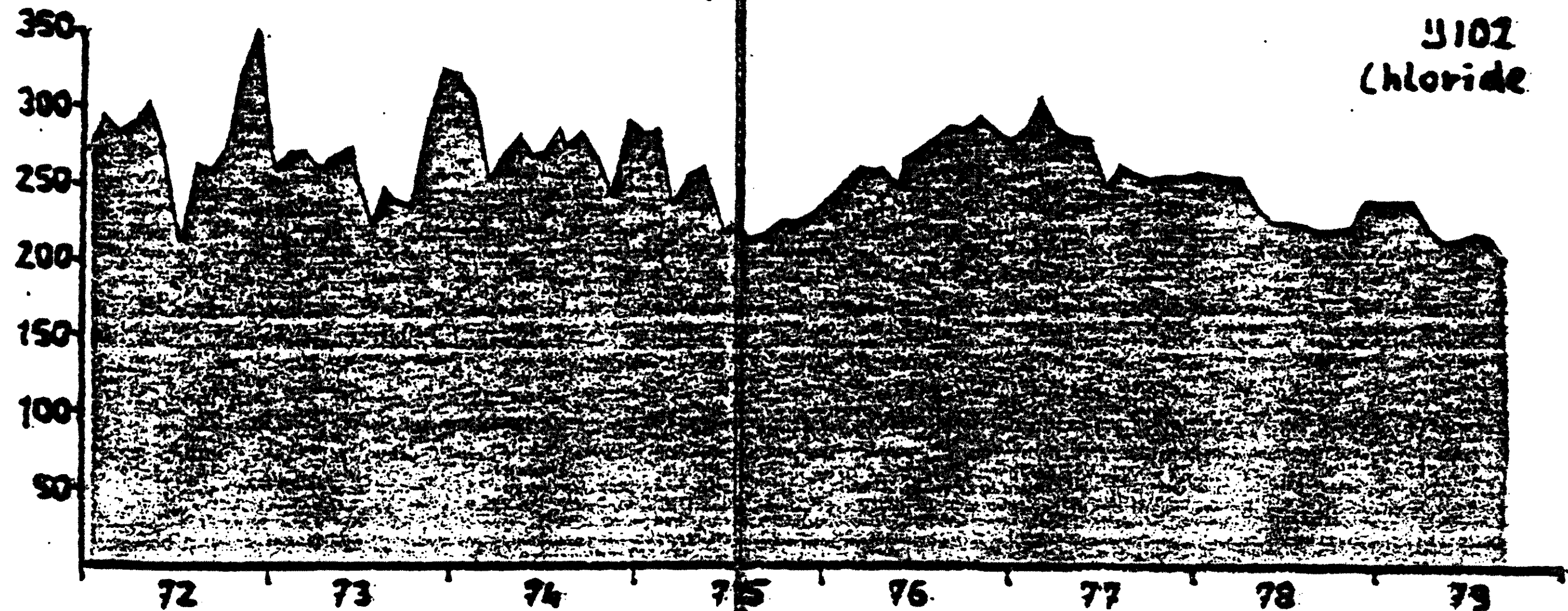
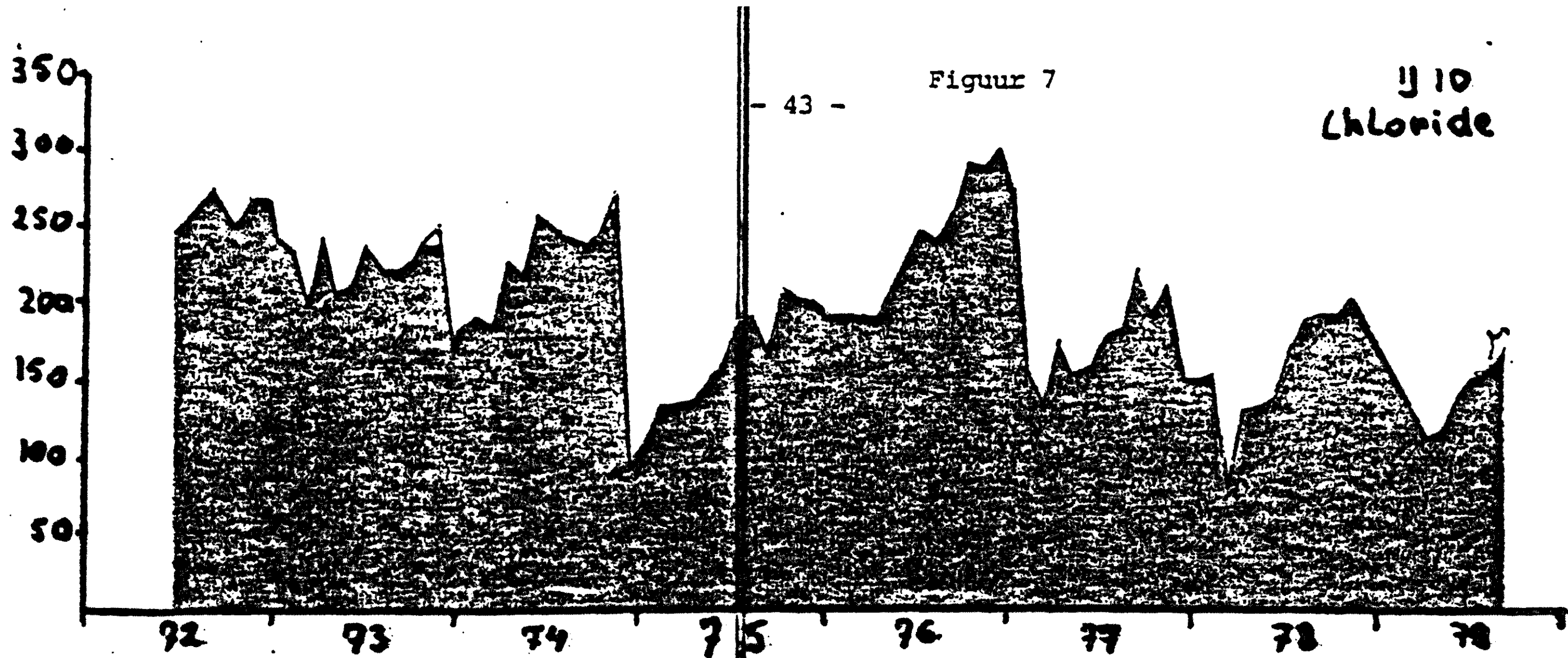
EFFECT DOOR

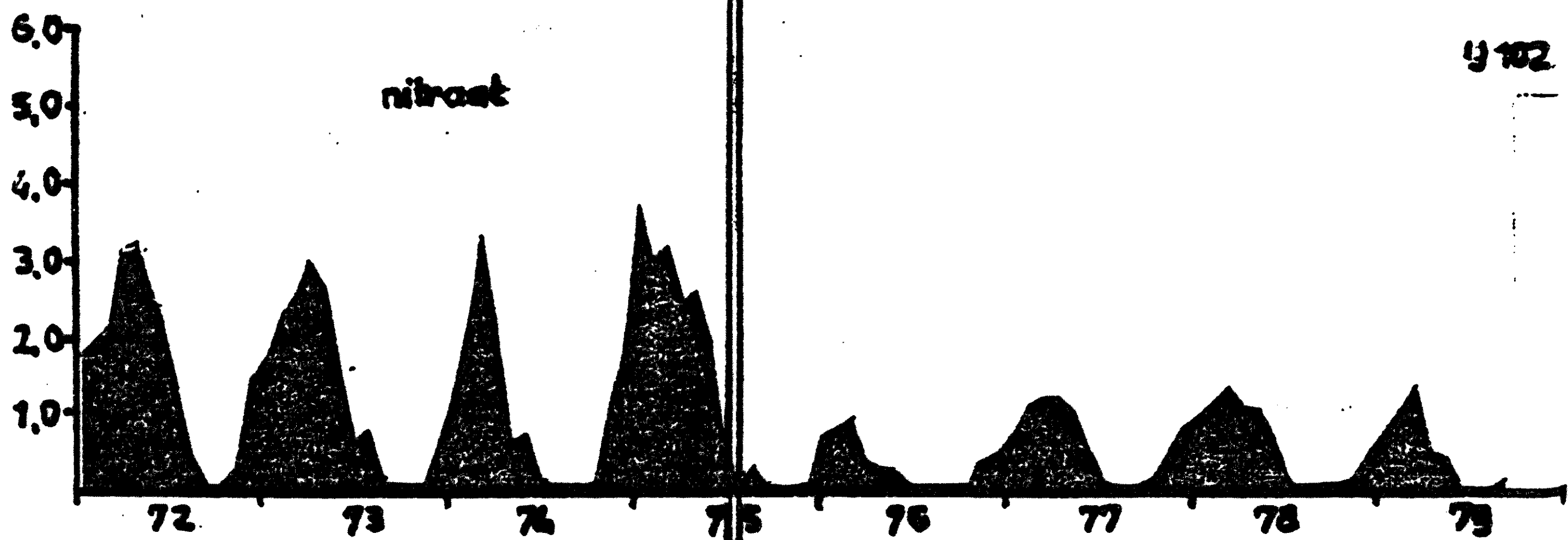
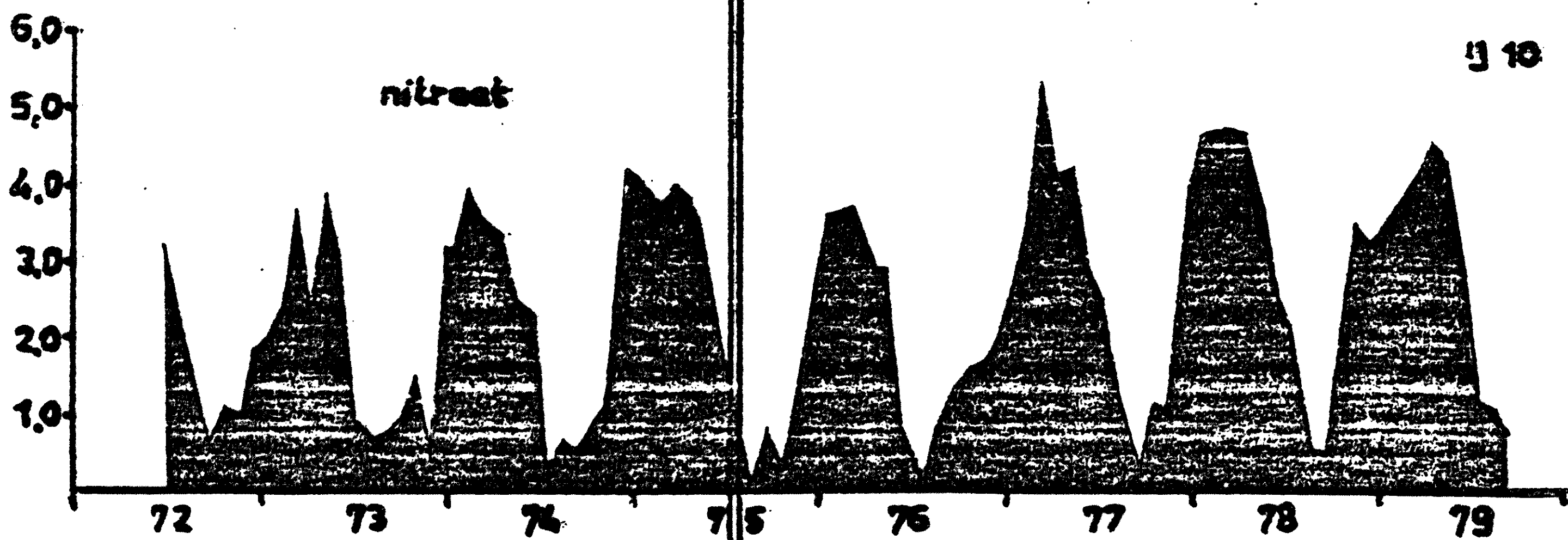
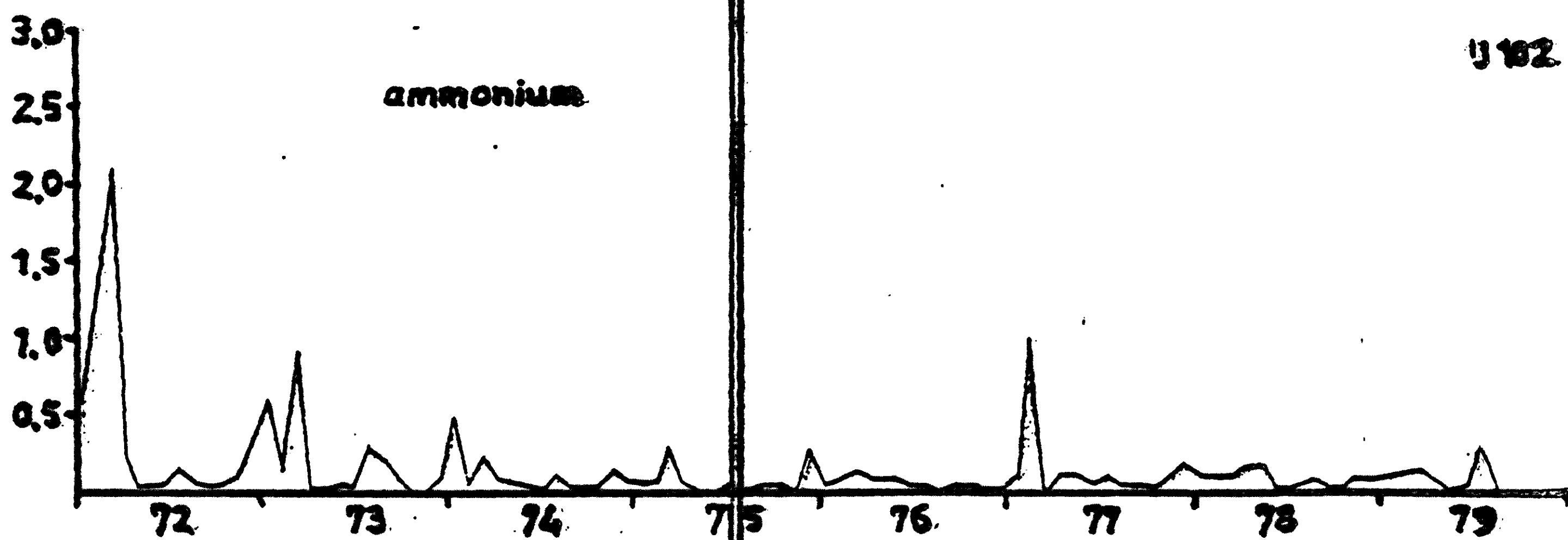
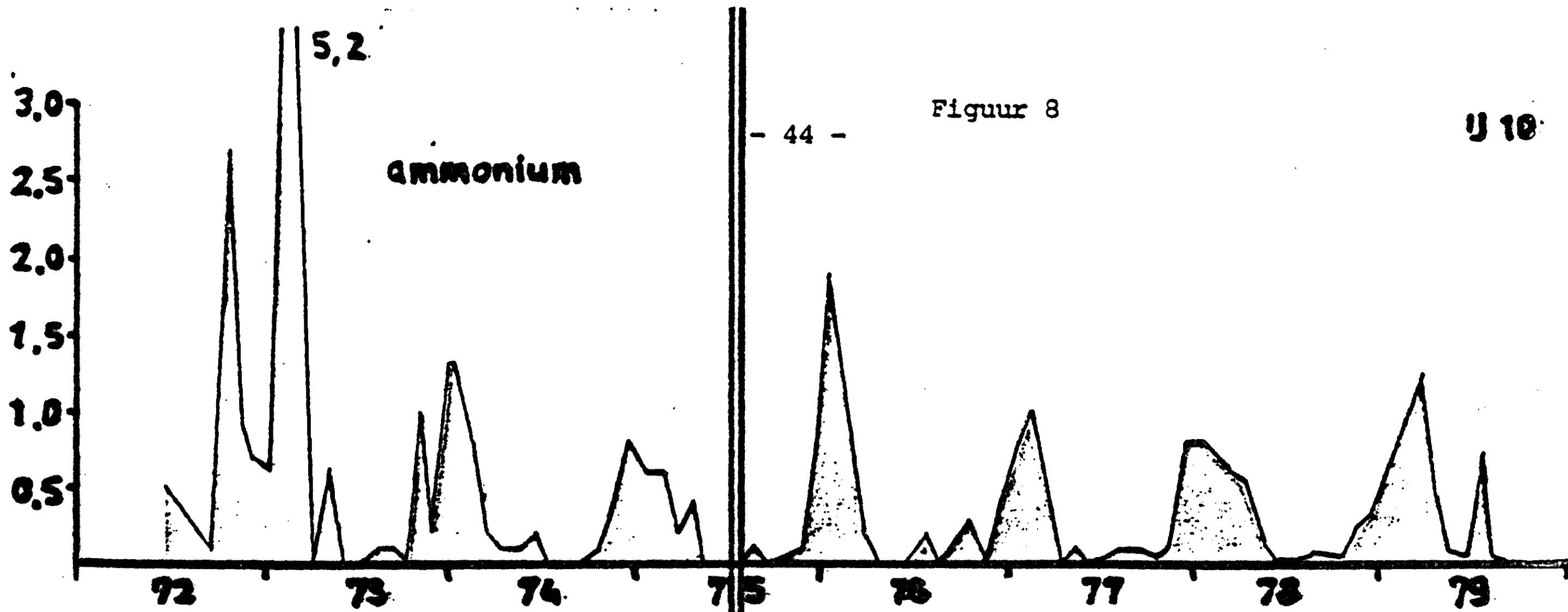
BELASTING

EFFECT OP

GEHALTEN
ALGEN
FLORA EN FAUNA

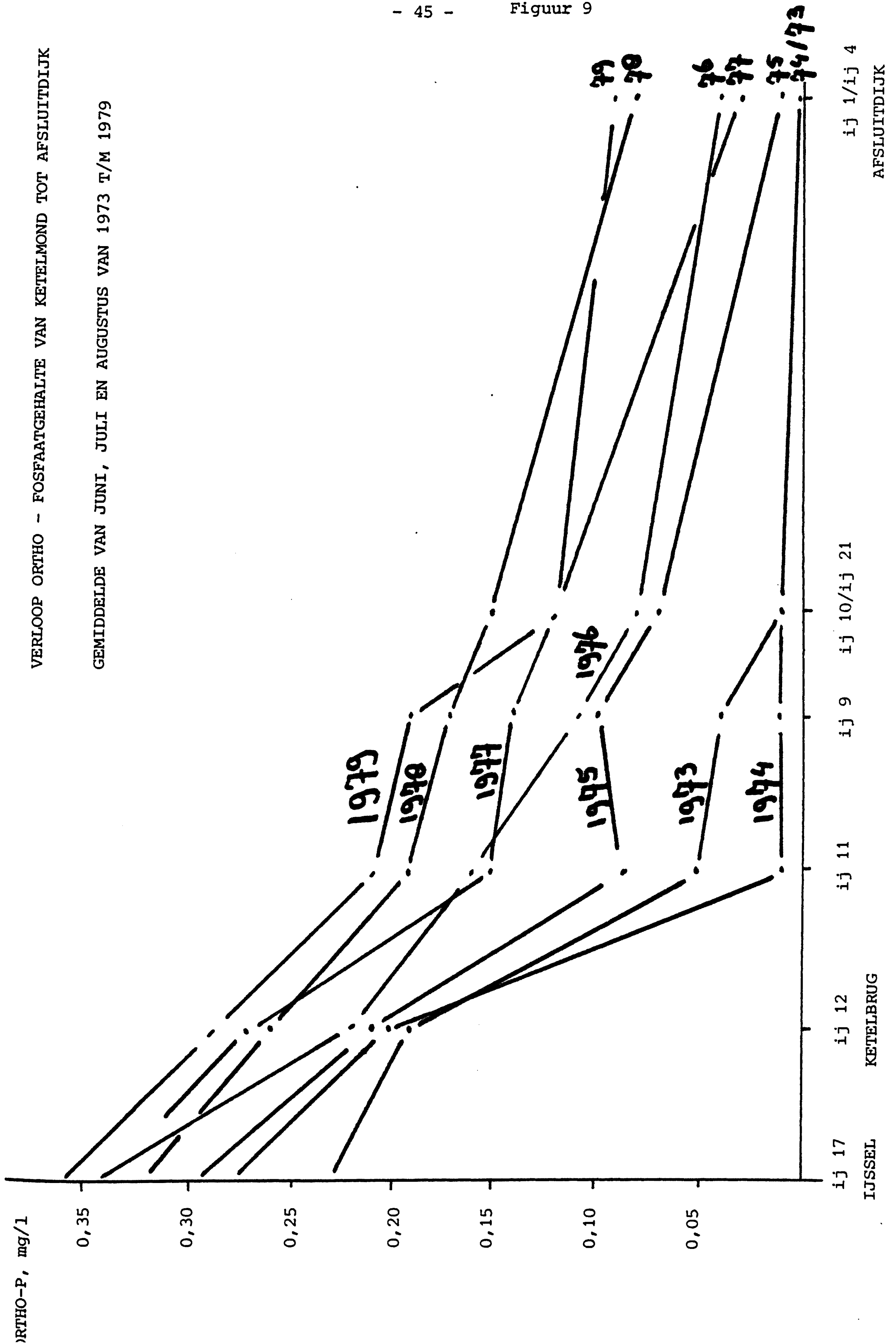
VOORBEELDEN: *IJSSELMEER
*EEM- en GOOIMEER
*VELUWEMEER





VERLOOP ORTHO - FOSFAATGEHALTE VAN KETELMOND TOT AFSLUITDIJK

GEMIDDELDE VAN JUNI, JULI EN AUGUSTUS VAN 1973 T/M 1979



ij 1/ij 4
AFSLUITDIJK

3. STELLINGEN EN DISCUSSIES

3.1. Algemeen

De stellingen zijn opgesteld door de deelnemers aan de studiebijeenkomst. Probleem bij stellingen over een dergelijk onderwerp is dat ze allemaal met elkaar samenhangen. Toch is getracht ze in thema's in te delen en wel door te beginnen met die onderwerpen die zo min mogelijk met andere samenhangen, vervolgens onderwerpen die meer integratie vragen.

Het was gezien het aantal stellingen niet mogelijk per stelling te discussiëren, maar wel per thema.

De volgende thema's zijn behandeld:

- Balansstudies 3.2
- Diepe putten 3.3
- Sedimenten 3.4
- Eutrofiëring 3.5
- Modellen 3.6

Per thema heeft de discussieleider Prof.Dr.L.Lijklema, bovendien een aantal algemene vragen geformuleerd om zodoende de discussie nader te structureren.

Per thema volgen nu eerst de stellingen dan de algemene vragen en vervolgens een samenvatting van de gevoerde discussie.

3.2. BALANSSTUDIES

3.2.1. STELLINGEN

A. Metingen

1. Voor het verkrijgen van een zo doelmatig mogelijk meetprogramma voor het vaststellen van de water- en stofvracht, die door een beek wordt afgevoerd, is het noodzakelijk te beginnen met een intensieve meetcampagne. (EULEN)
2. Na een intensieve meetcampagne is het mogelijk op een andere wijze dan d.m.v. afvoermetingen en monsternames de hoeveelheid water en stoffen te bepalen die door een beek worden afgevoerd (relatie met neerslag en landgebruik). (EULEN)
3. De wijze van interpolatie bij de bepaling van de stofvracht van een beek doet bij een lage meetfrequentie niet ter zake. (EULEN)
4. Voor een werkelijk goede stoffenbalans is een continue afvoermeting en bemonstering voor concentratiebepaling noodzakelijk. (DE RUITER EN VAN IERSEL)
5. Het blijkt niet mogelijk op basis van veldmetingen goedsluitende water- en chloridebalansen op te stellen, daarom dient de toepassing van water- en stoffenbalansen van meren in het IJsselmeergebied voor onder meer waterkwaliteitsstudies met grote omzichtigheid te gebeuren. Dit geldt met name indien de resultaten van balansen opgesteld over relatief korte perioden wordt toegepast. Deze (on)betrouwbaarheid in de balansresultaten moet worden verdisconteerd in de conclusies van het (waterkwaliteits)onderzoek. (CLAESSEN)
Zie verder ook stelling 18.

B. Beheersmaatregelen

6. Ter vermindering van de N- en P-bijdrage door afspoeling dienen regels te worden gesteld ten aanzien van de minimum opslagcapaciteit van mest en het uitrijden van mest in de winterperiode. Verbetering van de ontwatering van slecht ontwaterde gebieden zal leiden tot een vermindering van de hoeveelheid oppervlakte-afvoer. (STEENVOORDEN)

7. Nagegaan dient te worden of het mogelijk is om de activiteiten van de Mestbank Gelderland zodanig te sturen dat afvoer van mestoverschotten uit gebieden die gevoelig zijn voor afspoeling, extra wordt bevorderd. (STEENVOORDEN)
8. Een substantiële vermindering van de N-toevoer uit landbouwgrond is slechts mogelijk door belangrijke beperkingen op te leggen aan de N-bemesting van met name bouwland. (STEENVOORDEN)
9. Alleen sanering van de puntbronnen is waarschijnlijk in veel gevallen onvoldoende om de streefwaarden te bereiken in het Gooi- en Eemmeer. (DE RUITER EN VAN IERSEL)
10. Goede beleidsuitspraken zijn alleen mogelijk bij kleine foutenmarges (5 à 10%) van de belangrijkste posten op de stoffenbalans. (DE RUITER EN VAN IERSEL)
11. Sanering van diffuse bronnen is een probleem dat alleen met uitzonderlijke maatregelen is op te lossen. (DE RUITER EN VAN IERSEL)
12. Het toepassen van een scheidingsdam in een toekomstig Markerwaardrandmeer, met daarin een nauwe open (scheepvaart?) verbinding tussen twee compartimenten beperkt slechts in zeer geringe mate de "bruto"-uitwisseling tussen de twee compartimenten. (VERLAAN)
13. Het door middel van doorspoeling van de westelijke randmeren met IJsselmeerwater reduceren van het chloridegehalte is effectief bij een doorspoeldebiet van circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$. (VERLAAN)
14. Effectiever en sneller te realiseren beleidsmaatregelen om het Cl^- -gehalte van het IJsselmeer te verlagen dan de sanering van de RIJN, zijn de "in eigen huis" te nemen maatregelen:
 - de afleiding van het uitslagwater van de Wieringermeer naar de Waddenzee;
 - de aanleg van het Oostvaardersdiep voor afvoer van het uitslagwater van de Flevopolders naar het Noordzeekanaal;
 - zoutbestrijdingsmaatregelen bij de sluizen in de Afsluitdijk;
 - een mede op de zouthuishouding van het IJsselmeer gericht stuwprogramma van de Nederrijn. (HAASNOOT)Zie verder ook stellingen 47, 63.

C. Theorievorming/onderzoek

15. Het is mogelijk een beter gefundeerde foutenschatting te maken van de beekvrachten met behulp van het huidige cijfermateriaal. Het gebruik maken van de gegevens die bij de routine-bepalingen verzameld worden is onmisbaar bij de beoordeling van de structuur en processen in de werkelijke veldsituatie. (EULEN)
16. Voor de huidige P-belastingssituatie van de randmeren en het IJsselmeer is ten aanzien van de bijdrage door de landbouw afspoeling van veel grotere betekenis dan de uitspoeling. Voor N geldt het omgekeerde. (STEENVOORDEN)
17. Met name de P-belasting van het oppervlaktewater door landbouwgrond in het gebied van de Westelijke Veluwe en de Gelderse Vallei wordt veelal gemerkt door een van jaar tot jaar sterk fluctuerende bijdrage, samenhangend met de afspoelingssituatie. (STEENVOORDEN)
18. Bij toepassing van water- en stoffenbalansstudies voor het waterkwaliteitsonderzoek moet à priori worden nagegaan aan welke eisen deze balansstudies moeten voldoen inzake betrouwbaarheid, nauwkeurigheid, tijdschaal, modellering om bij toepassing relevante studieresultaten te verkrijgen. (CLAESSEN)
19. Nader onderzoek dient plaats te vinden naar de grootte van diverse transportmechanismen binnen stagnante bekkens van het IJsselmeergebied (turbulente diffusie en dispersie). Te gemakkelijk wordt vaak uitgegaan - ongeacht de aangehouden tijd- en ruimteschaal - van de onderstelling dat volledige menging binnen een bekken optreedt. (CLAESSEN)
20. Het in beschouwingen over waterkwaliteit in de Markerwaard randmeren meenemen van de "bruto"-wateruitwisseling tussen compartimenten is noodzakelijk in verband met het daardoor plaatsvindende diffusief stoffentransport. (VERLAAN)
21. Het chloridetransport tussen twee compartimenten als gevolg van op- en afwaaiingseffecten is groot ten opzichte van het transport door middel van turbulente menging. (VERLAAN)

22. Het Tjeukemeer wordt in normale zomers met IJsselmeerwater gevuld en kan daarom tot het IJsselmeergebied worden gerekend. (MOED/DE HAAN)
23. Beneden 70% verzadiging bij de inlaat van de Flevocentrale zorgt turbulentie bij het lozingspunt voor zuurstoftoename in het ingenomen koelwater. Boven 70% verzadiging veroorzaakt passage een (met het percentage toenemend) verlies. (KOOPS/SWEERS)
- Zie verder ook stelling 8.

3.2.2. VRAGEN

- * Hoe belangrijk zijn balansstudies?

Wat is hun functie?

(Dit kan betrekking hebben op waterbalansen, chloridebalansen, nutriëntenbalansen).

- * Hoe nauwkeurig moeten balansen zijn om zinvol te kunnen functioneren voor het doel waarvoor zij zijn opgesteld.
- * Hoe kan verbetering in de nauwkeurigheid worden verkregen. Welk onderzoek/welke metingen is/zijn dan nodig?
- * Welke beheersmaatregelen ten aanzien van nutriënten, chloride, peil etc. lijken zinvol/haalbaar t.a.v. welke doelstelling?

3.2.3. DISCUSSIE

Het blijkt dat de nauwkeurigheid van alle balansen, ook de waterbalans voor het IJsselmeer nog niet groot is. De nauwkeurigheid is ook afhankelijk van de periode waarover de balans wordt opgesteld. Niet alleen in- en output zijn belangrijk, maar ook de berging.

Bij balansen wordt meestal volledige menging verondersteld. Er kunnen echter grote verschillen optreden, zowel in het horizontale als in het verticale vlak. Of volledige menging wordt verondersteld, hangt af van het aantal en de verdeling van de meetpunten. Bij onder meer fosfaten zijn gradiënten in het systeem aan te geven.

Wat betreft het uitslagwater van de Wieringermeer, is het afleiden naar de Waddenzee een mogelijkheid om te komen tot lagere zoutgehaltes in het IJsselmeer. Dit is ook meegenomen in de PAWN-studie. Dit is een beheersmaatregel om te komen tot een betere basiskwaliteit voor drinkwater die we geheel in eigen hand hebben, in tegenstelling tot bijv. de Rijn-sanering. Indien men wil overgaan tot defosfateren, ten einde de eutrofiëring terug te dringen, dienen alle fosfaatbronnen bekend te zijn om de effectiviteit van zo'n maatregel te kunnen vaststellen. Bij het Eem- en Gooimeer komt het fosfaat zowel uit de landbouw als uit de zuiveringsinstallaties.

Hoe de verdeling over de bronnen is, is niet goed bekend. Wel blijkt echter in het Wolderwijd, waar nauwelijks rioolwater op geloosd wordt dat er toch sterke blauw algengroei optreedt. Dit wijst erop dat mogelijk alleen de landbouw verantwoordelijk is, maar een onzekere factor vormt het fosfaat dat uit de bodem wordt nageleverd. Hierbij kunnen ook hogere planten een rol spelen. Bij sanering moet dan ook met deze macrofyten rekening worden gehouden.

Bovendien dient er meer gemeten te worden aan beekafvoeren.

Op de vraag of in dit verband niet meer met typologieën gewerkt kan worden, bijvoorbeeld de uitspoeling van nutriënten relateren aan grondsoort en grondgebruik, terwijl de bijdragen van de inwoners bekend zijn wordt negatief geantwoord. Vaak zal er toch gemeten moeten worden. In het Valleikanaal en ook elders is waargenomen dat bij grotere afvoer soms in plaats van verdunning juist hogere concentraties optreden.

Een zekere onnauwkeurigheid in de balansen zal altijd blijven bestaan. Toch zijn balansen belangrijk voor de onderbouwing van het beleid en het beheer en voor de onderzoekers om de kwantitatieve oorzaak - gevolg - relaties op te sporen.

3.3. DIEPE PUTTEN

3.3.1. STELLINGEN

A. Metingen

24. De helling van het puttalud lijkt op basis van laboratoriumproeven (met zoet/zout gelaagdheid) van weinig invloed op de stabiliteit van de gelaagdheid. Nader veldonderzoek is nog gewenst (maken van zogenaamde proefputten). (CLAESSEN)
25. Het voortgezette fysisch onderzoek in de diepe putten richt zich op het verder afregelen en ijken van het Strabe-model om ook goede rekenresultaten te verkrijgen van putten die beschut liggen in een meer. (CLAESSEN).

B. Maatregelen

26. Wanneer andere middelen ter bestrijding van overmatige algenbiomassa's onvoldoende resultaten opleveren (verlaging nutriëntbelastingen, doorspoeling) kan ontgronding overwogen worden als middel om de algenbiomassa tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen. Ontgrondingen op de gewenste schaal brengen achter ook bezwaren met zich mee t.a.v. fourageermogelijkheden voor vogels en vissen. Deze nadelige gevolgen kunnen beperkt worden wanneer het ontgronde oppervlak verhoudingsgewijs gering blijft (bijv. 25%). Dat betekent ontgronding tot grote diepte. In welke mate ontgrondingen in die situatie effectief zullen zijn met betrekking tot de beoogde verlaging van de algenbiomassa, zal afhangen van een aantal factoren (intensiteit menging diep - ondiep; snelheid toename algenbiomassa versus snelheid menging diep - ondiep; verandering achtergrondextinctie door ontgrondingen). Duidelijkheid hierover is gewenst. (DE WIT)

C. Theorievorming/onderzoek

27. Er is thans een goed gedetailleerd beeld verkregen van het optreden en verdwijnen van stratificatie in diepe putten in IJsselmeer en randmeren.

Geconcludeerd kan worden, dat locaties in het IJsselmeer en Markermeer in het algemeen geringere kans op gelaagdheid hebben dan locaties in de randmeren en IJmeer. Dat locaties langs de (zuid en west) kust van een meer een grotere kans op gelaagdheid hebben dan locaties in het volle meer. Op basis van theoretische overwegingen en verrichte waarnemingen is aannemelijk te maken dat bij een langgerekte vorm van een put, gelegen in de lengterichting van een (rand)meer, de kans op gelaagdheid geringer is dan bij een ronde vorm.
(CLAESSEN)

28. In putten dieper dan 30 à 40 m of minder diepe putten die beschut liggen in ondiep water, komt gemiddeld in een zomerhalfjaar 3 à 4 maanden lang stratificatie voor (en zeer lage zuurstofgehalten of zuurstofloosheid), terwijl in minder diepe putten en in het open meer liggende putten de perioden met gelaagdheid korter zijn en gesommeerd per put niet langer zijn dan 1 à 2 maanden. In deze laatste putten verdwijnt regelmatig de gelaagdheid tijdens koel en winderig weer.
(CLAESSEN)

29. Veel kennis en inzicht ontbreekt nog op welke wijze en in welke mate de veranderingen in de waterkwaliteit in de putten en de omgeving de ecosystemen in het meer beïnvloeden, omdat de relevante relaties tussen beide nog vaak onbekend zijn. (CLAESSEN)

30. Dispersiecoëfficiënten voor verticaal transport kunnen worden berekend met behulp van de thermische energiebalans, toegepast op zich in de tijd ontwikkelde temperatuurprofielen. (SMITS)
Zie verder ook stelling 53.

3.3.2. VRAGEN

- * Zijn er nog alternatieven voor zandwinning in het IJsselmeer; d.w.z. is er nog wel sprake van een afweging tegenover andere belangen? Indien niet, dan is de vraag:
- * Hoe moeten diepe putten ingericht worden (vorm)?
 - a. zodanig dat de verticale menging zo groot mogelijk is, met kans op lichtbeperking voor de algen;
 - b. zodanig dat deze menging minimaal is, zodat de nutriëntnalevering uit de putten beperkt wordt.
- * Welk onderzoek is nog nodig om deze vragen goed te kunnen beantwoorden?

3.3.3. DISCUSSIE

Zandwinning door middel van putten heeft negatieve gevolgen voor de waterkwaliteit. Toch gebeurt dit vanuit economische motieven. Meer en meer wordt nu gekeken naar eventuele alternatieven. Voorbeelden hiervan zijn:

- Meren met grotere "draagkracht", in plaats van IJmeer en Gooimeer, het IJsselmeer.
Door grotere transportafstand is dit economisch niet aantrekkelijk.
- De Noordzee biedt mogelijkheden voor o.a. Noord Holland.
- Wellicht kan er met minder zand worden volstaan.
- Gebruik van alternatieve materialen, zoals mijnsteen, puin uit stadsvernieuwingen, vliegas, verontreinigd havenslib of combinaties.

Enkele sprekers menen dat diepe putten zodanig dienen te worden gesitueerd, dat maximale menging optreedt. Dat betekent dat de putten/geulen in zuidwestelijke richting moeten lopen.

Toch zal het haast onmogelijk zijn om anaerobie in putten geheel te voorkomen. Doordat een groot aantal effecten op de waterkwaliteit kunnen optreden, die elkaar ten dele tegenwerken, is het moeilijk eenduidig het effect te voorspellen, bijv.

- diepte vergroten → lagere lichtintensiteit;
- doordat een hoeveelheid fijn sediment uit het water in de diepe putten accumuleert, met wellicht minder opwervelingen zal de gemiddelde lichtintensiteit hoger worden;
- doordat de putbodem regelmatig anaeroob is, heeft deze een minder grote opslagcapaciteit voor nutriënten waardoor een hogere interne belasting optreedt;
- ook wordt gemeend dat nutriënten met het fijne slib juist worden onttrokken aan het systeem, wat zou leiden tot een lagere interne belasting.

Nader onderzoek is dan ook essentieel.

De invloed van het grondwaterstromingsstelsel op de nutriëntenaanlevering uit diepe putten wordt gering geacht, daar de grondwatersnelheden, bijzonder laag zijn. Wel wordt bij het onderzoek globaal naar de geologische aspecten gekeken.

Voorts wordt opgemerkt dat de invloed op de waterkwaliteit van zwevend materiaal, dat bezonken is op ondiepe gedeelten, waar het gemakkelijker opgewerveld wordt, veel groter is dan wanneer het opgeborgen is in geulen.

Het aanrakingsoppervlak is kleiner en het is gemakkelijker om een geul leeg te baggeren dan om overal 10 cm van de bodem te verwijderen.

Buiten de functies van het IJsselmeer voor de watervoorziening en de drinkwatervoorziening is er ook de ecologische functie. Het IJsselmeer is in Europa een belangrijk fourageergebied voor watervogels met name voor duikeenden.

Verdieping betekent het wegnemen van bodemvoedsel hetgeen tot ongewenste consequenties leidt voor de vogels, maar ook voor de vissen. Bij de inrichting van diepe putten dient dus rekening gehouden te worden met de vorm en de diepte, maar ook met de ligging van de fourageergebieden.

Wat de ideale diepte is, is moeilijk te zeggen, omdat b.v. in 3,5 m diep water in het IJsselmeer ook al stratificatie optreedt.

Belangrijke beheersvragen waarvoor het diepe putten-onderzoek mede van belang is, zijn:

- wat is de maximale hoeveelheid zand die uit een bepaald meer gewonnen mag worden?
- volgens welke richtlijnen moet het zand gewonnen worden?

Tijdens de bijeenkomst wordt géén voorkeur uitgesproken voor een kleine diepe put of voor een grote ondiepe put. Nader onderzoek is gewenst.

3.4. SEDIMENTEN

3.4.1. STELLINGEN

A. Metingen

31. De onderwaterbodem van het IJsselmeergebied (Ketelmeer, Klein IJsselmeer, Markermeer, IJmeer) speelt een niet onbelangrijke rol met het oog op de waterkwaliteit. Deze onderwaterbodem en zijn eigenschappen dienen daarom zo goed mogelijk bekend te zijn. (ENTE)
32. Een belangrijke rol speelt de IJsselmeer-afzetting, gevormd tussen 1932 en heden. Een groot deel van de IJsselmeer-afzetting is afkomstig van lokale erosie van ouder materiaal, de Zuiderzee-afzetting. Een deel bestaat uit door de IJssel aangevoerd slib. (ENTE)
33. De IJsselmeer-afzetting komt als een dikke laag voor in het geulengebied van het Klein IJsselmeer, als een vrij dikke laag in het Ketelmeer, als een betrekkelijk dunne laag in het Markermeer. Ze ontbreekt nagenoeg geheel buiten het geulengebied van het Klein IJsselmeer. In het IJmeer is ze nagenoeg afwezig. (ENTE)
34. De IJsselmeer-afzetting vormt in feite geen eenheid. De eigenschappen variëren in horizontale en vertikale zin. Een grote rol daarbij heeft de compartimentering gespeeld en tevens de verandering in hoedanigheid van het IJsselslib. Voorts is er de verandering tijdens transport. (ENTE)

B. Maatregelen

Zie ook stelling 47

C. Theorievorming/onderzoek

35. Een juist inzicht in de betekenis van de onderwaterbodem is slechts mogelijk indien de ontstaanswijze daarvan goed bekend is en tevens de mogelijkheid onder ogen wordt gezien van een eventuele omvorming die heden nog plaats kan vinden. (ENTE)
36. Bij het zoeken naar correlatieve verbanden tussen metaalgehalten en parameters als lutum, slib e.d. en vanwege de heterogeniteit en wisselende betekenis van de IJsselmeer-afzetting dient gewaakt te worden tegen het ontstaan van schijnrelaties.

Metalen als Cr, Cu, Pb en Zn geven voor het Markermeer een redelijke correlatie met lutum of slib;
Cd en Hg doen dat niet. (ENTE)

37. Menging (ouder lokaal materiaal en IJsselslib) en coprecipitatie zijn beide delen van de werkelijkheid sinds 1932. (ENTE)
Zie ook stellingen 54, 64, 65.

3.4.2. VRAGEN

- * Voor welke eigenschappen en functies van het IJsselmeer en voor welke mogelijke beheersalternatieven is kennis van het sediment van belang?
- * Hoe precies/gedetailleerd moet deze informatie zijn om haar zinvol te kunnen hanteren?
- * Op welke termijn moet ze beschikbaar zijn?
- * Wat zijn de grootste problemen en de belangrijkste onderzoekdoelen wanneer het gaat om sedimentonderzoek?

3.4.3. DISCUSSIE

Doelstellingen van het sediment-onderzoek:

- voor fosfaat onderzoek: de betekenis voor de balansen, de interne belasting;
- inzicht in dichtslibben van vaargeulen (kwantitatief);
- voor het ecologische systeemonderzoek kennis van de betekenis voor organismen en het abiotische milieu;
- inzicht in de remobilisatie van zware metalen en toxische stoffen;
- kennis van het resuspenderen van sediment waaraan adsorptie of desorptie kan optreden.

De nieuwe IJsselmeerformatie beperkt zich hoofdzakelijk tot de oude diepe delen. Dit is ruwweg een derde deel van het Klein IJsselmeer. Op de plaatsen die nu dichtslibben zou men juist diepe putten kunnen maken.

Wat er precies in de bodem gebeurt is nauwelijks kwantitatief bekend. Wel is het zo dat de mate waarin ijzerfosfaat/calciumfosfaat oplost en neerslaat in de bodem, van grote invloed is op de hoeveelheid fosfaat die uit de bodem kan komen. Verder is bekend dat, onder gereduceerde omstandigheden, het poriewater hoge gehalten aan zware metalen kan bevatten. Als het sediment wordt opgewerveld, kunnen deze zware metalen met het oppervlaktewater worden opgemengd.

Echter, als die sedimenten in suspensie worden gebracht, kunnen ze weer metalen adsorberen.

Resuspensie treedt al op bij windkracht zeven op het IJsselmeer.

Het adsorptievermogen van het slib voor zware metalen is

groter dan het effect van het opwervelen van de zware metalen.

Waarschijnlijk treden ook bij organische microverontreinigingen, dergelijke verschijnselen op.

Nader onderzoek lijkt gewenst op deze punten, al moet gesteld worden dat het beheer/beleid is gericht op het voorkomen van de emissie van zware metalen en toxische stoffen; ongeacht hun gedrag.

In grote lijnen lijkt de slibsamenstelling in het Ketelmeer meer op dat van de IJssel dan op het IJsselmeerslib. Door storm kan hier echter enige verandering in optreden.

3.5. EUTROFIERING

3.5.1. STELLINGEN

A. Metingen

38. Een goed, algemeen bruikbare maat voor de fytoplankton biomassa ontbreekt. Daarom dienen verschillende variabelen, die nauw hieraan gerelateerd zijn (POC, drooggewicht, particuliere nutriënten-niveau's, chlorofyl) gelijktijdig te worden bepaald. (LOS)
39. De fluctuaties in algen biomassa's kunnen dermate snel verlopen, dat een algemene bemonsteringsfrequentie van vier weken (zoals op de meeste plaatsen in het IJsselmeer) te laag is. Op zijn minst een deel van variabelen moet twee wekelijks (of nog vaker) worden bemonsterd. (LOS)
40. Routinematig worden alle monsters in het IJsselmeergebied op een halve meter diepte genomen. Met name tijdens de bloei van soorten met drijfvermogen kan hierdoor een sterk vertekend beeld ontstaan. Gezien de grote betekenis van energie als beperkende factor in het IJsselmeergebied in het algemeen en het IJsselmeer wel zeer in het bijzonder wordt hieraan veel te weinig aandacht besteed in de bemonsteringen. In elk geval de extinktie zou op zijn minst twee-wekelijks moeten worden gemeten, waarbij tevens een goede indruk van een eventuele algen stratificatie kan worden verkregen. (LOS)
41. De relatieve soorten samenstelling moet in elk geval op gewichtsbasis worden opgegeven. Desnoods kan het nat-gewicht als basis dienen, veel liever echter het drooggewicht of het gehalte aan koolstof. (LOS)
42. De volumina van de belangrijkste algensoorten verschillen zo sterk (tot een factor 100 toe), dat een dominante bepaling gebaseerd op de telling van aantallen cellen in een klein monster (orde 100 of 200) nauwelijks bruikbaar is om een dominantie op gewichtsbasis uit af te lezen. (LOS)

43. Twee series experimenten zijn van waarde voor inzicht in de snelheid waarmee nieuwe evenwichtssituaties in de bodem-water-interactie zullen worden bereikt en in de dan optredende (biologische) waterkwaliteit, te weten:
1. een eerste serie, die zou moeten bestaan uit metingen van de primaire productie in met fosfaat verrijkt IJsselmeerwater, om na te gaan of zo'n toevoeging inderdaad tot hogere productie leidt. De nadruk zou dienen te liggen op het Noordelijk IJsselmeer. Voor de hand liggen z.g. "plastic bag" experimenten.
 2. de tweede serie betreft studies van de uitwisselingssnelheden tussen bodem en water bij verschillende percentages organisch materiaal van de bodem en onder zo "natuurlijk" mogelijke omstandigheden. Hiervoor zou, om de gedachten te bepalen, een stukje kunstmatig IJsselmeer van enkele tientallen m² moeten worden geconstrueerd.
(POSTMA)
44. Indien het CUWVO-onderzoek anders gericht wordt kan het een schat aan informatie opleveren met betrekking tot de Oscillatoria-habitat. De algensamenstelling, de biomassa, het lichtklimaat, de groeibeperkende factor en de verblijftijd dienen dan bepaald te worden. (BERGER)
45. Het gebruik maken van gegevens die bij routine-bepalingen verzameld worden is onmisbaar bij de beoordeling van de structuur en de processen in de werkelijke veldsituatie. (LEENTVAAR)
46. Bij lozingstemperatuur tot 30°C, de maximaal toegestane temperatuur in het koelwatercircuit, worden geen temperatuureffecten op fytoplankton of zoöplankton waargenomen. (KOOPS/SWEERS)
- 46a. Meetbare biologische effecten door langer durend verblijf in opgewarmd water doen zich alleen voor binnen een gebied dat meer dan 3°C in temperatuur is verhoogd. (KOOPS/SWEERS)
- 46b. Het inzuigen van jonge visstadia met het koelwater is kwantitatief belangrijker dan temperatuureffecten door koelwatergebruik.

Verlaging van lozingstemperaturen betekent vergroting van de koelwaterstroom en van hoeveelheid ingezogen vis en is daardoor geen milieubeschermende maatregel. (KOOPS/SWEERS)

Zie ook stellingen 61, 65, 62.

B. Maatregelen

47. Voor een verbetering van de algensituatie op relatief korte termijn in het Veluwe-Drontermeer is het noodzakelijk om in aanvulling op het terugdringen van de externe fosfaatbelasting, maatregelen te treffen gericht op het terugdringen van de interne belasting (P-afgifte door het bodemslib). (HOSPER)
48. In het Veluwemeer-Drontermeer is sprake van een jaarlijkse terugkerende cyclus van algengroei, fosfaatafgifte, meer algengroei enz. Deze vicieuze cirkel zou kunnen worden doorbroken door de algenhoeveelheden en de fosfaatgehalten in de winterperiode tot voldoende lage waarde terug te brengen. (HOSPER)
49. Nu een vermindering van de externe belasting van het Wolderwijd niet heeft geleid tot een daling van de hoeveelheid fytoplankton en een verandering in de soortensamenstelling lijkt het zinvol de sanering te richten op de interne belasting. (BIJ DE VAATE)
50. Relatie eutrofiëring - inpoldering Markermeer: als het kalf verdronken is dempt men de put. (BIJ DE VAATE)

C. Theorievorming/onderzoek

51. Belangrijk is de vraag tot welk niveau de eenzijdige blauwalgenmassa (vnl. Oscillatoria) in de winter moet worden teruggedrongen ten einde de vicieuze cirkel van algengroei en fosfaatafgifte te doorbreken.
52. Oscillatoriawateren zijn zichzelf regulerende systemen waarin het lichtklimaat, dank zij een gunstige diepte van het meer, door de alg zelf gereguleerd wordt. Het zijn eenvoudige systemen, waarin het zoöplankton geen rol speelt. De terugkoppeling vindt plaats als groei → licht → biomassa. Het is een eindfase. (BERGER)

53. In een meer met zandwinputten is de gemiddelde diepte niet maatgevend als habitats parameter maar de verhouding ondiep-diep, voor zover het ondiepe deel binnen de kritische diepte ligt. (BERGER)
54. Het Vollenweidermodel is ongeschikt voor het Nederlandse oppervlakte-water omdat:
- a. het model is opgesteld met gegevens van meestal fosfaat-gelimiteerde diepe meren;
 - b. de terugkoppeling fytoplankton - bodem - P leverantie ontbreekt;
 - c. het ontstaan is uit curve-fitting en de juiste causaliteit ontbreekt. (BERGER)
55. Het terugleveren van fosfaat uit de bodem berust op een complex geheel van reacties. Het is erg belangrijk om te weten in welke mate bijv. Oscillatoria div. sp. zich onderscheidt van Scenedesmus div.sp. in hun "terugwinvermogen". De kans op sanering van Oscillatoriameren kan zo beter ingeschat worden. (BERGER)
56. Onder de gegeven omstandigheid in de Nederlandse meren en bekkens, kunnen zowel licht, fosfor, stikstof als silicium limiterend zijn voor de algengroei. Beheersmaatregelen mogen dan ook niet afgestemd worden op een beschouwing van slechts één enkele beperkende factor. (KLOMP)
57. Het verdwijnen van driehoek mossels uit de randmeren van Flevoland was niet het gevolg van de verandering van het voedselaanbod. (BIJ DE VAATE)
58. Een belangrijk aspect van langdurige waterbloeien van blauwwieren is dat er ten gevolge van een voortdurende regen van afgestorven fytoplankton het milieu van bodembewonende organismen zeer belangrijke wijzigingen ondergaat. (BIJ DE VAATE)
- Zie verder ook stellingen 59, 29, 64.

3.5.2. VRAGEN

- * Voor welke functies van het IJsselmeer is eutrofiëring een probleem?
- * Waarom is Oscillatoria agardhii dominant?

* Welke aanvullende informatie is nodig om deze vraag te kunnen beantwoorden?

* Wat zijn veelbelovende beheersmaatregelen?

- lichtlimitering
- nutriënten N,P. limiteren
- chemie wijzigen (meer polderwater in randmeren brengen)
- verblijftijd verkorten (doorspoelen)

3.5.3. DISCUSSIE

Blauwwieren zijn gebaat bij lage lichtintensiteit. Zij kunnen zeer efficiënt met licht omspringen. Wel zijn ze gevoelig voor hoger lichtintensiteit. Lage lichtintensiteit ontstaat door:

- opwervelen van slib;
- hoge biomassa's van fytoplankton.

De groep van de Microcystis vertoont stratificatie, doordat ze d.m.v. gasvakuolen de diepte zelf kunnen regelen. De groep van de Oscillatoria kan dit niet. In het IJsselmeer is sprake van ondiep water. De organismen behoeven niet over gasvakuolen te beschikken en zijn verdeeld over de waterlaag. De gemiddelde lichtintensiteit komt dan ongeveer overeen met het optimum van de Oscillatoria agardhii.

In de randmeren treedt een dominantie op van Oscillatoria. In 1974 en 1976 ook in het IJsselmeer. Waarom het ene jaar wel en het andere jaar geen Oscillatoria dominantie optreedt, heeft wellicht te maken met windsnelheid, opwervelen van slib en microstratificatie. Ook de temperatuur en het nitraatgehalte zijn van invloed op de verschillende algen.

De limiterende factoren voor de groei van algen wisselt in de loop van het jaar.

In de randmeren waren in 1978 de limiterende factoren:

- april, mei: fosfaatbeperking, vervolgens toename biomassa, waardoor lichtbeperking, terwijl nog later stikstofbeperking optrad.

De biomassa van Oscillatoria agardhii neemt daar desondanks gedurende het gehele groeiseizoen toe.

In het IJsselmeer is momenteel een laag organische stofgehalte, maar wel een overbemesting aan anorganische nutriënten en daaruit ontstaat een overmatige algenbloei, van zowel groenwieren als van blauwwieren.

In het Wolderwijd worden algen in het voorjaar door fosfaat gelimiteerd. Wel komt in het voorjaar via de beken veel fosfaat in de randmeren. Een aanpak van deze beken is belangrijk bij het terugdringen van de externe belasting. Toch zullen er ook andere maatregelen genomen moeten worden.

Ook is de invloed van nitraat belangrijk. In de afgelopen jaren is de nitraatbelasting ten gevolge van het doorspoelen in de winter toegenomen. Het polderwater is rijk aan nitraat. In de randmeren is in het voorjaar een afname van nitraat waar te nemen, terwijl het begin mei is verdwenen. Wel kan er in de bodem een soort bufferlaag ontstaan.

De toename of afname van de afgifte van stoffen door het sediment is met de bestaande meettechnieken niet aan te tonen. Er wordt alleen gekeken naar meetgegevens in het meer en naar de sluitpost in de stoffenbalans. Deze sluitpost geeft het netto-resultaat van het opwaarts en neerwaarts transport. Als er in dat transport wat verandert is nog niet bekend waardoor dit komt.

Een voorgestelde aanpak van eutrofiëringsonderzoek is:

Eerst literatuur doornemen om te komen tot hypothesen. Vervolgens onderzoek bijvoorbeeld in een laboratorium met steeds een terugkoppeling naar de veldgegevens. Onderzoek in het veld voor verificatie. De ringen zijn hierbij een uiterst nuttige tussenschakel tussen laboratorium en veld, omdat hieraan gemakkelijk gemeten kan worden. Ook bij spaarbekkens is veel ervaring opgedaan.

Er dient meer aandacht geschonken te worden aan gegevensverwerking en modelbouw, maar ook aan het bepalen van met name toestandsvariabelen door veldonderzoek. Ook statistische technieken en gevoeligheidsonderzoek verdient meer aandacht.

3.6. MODELLEN

3.6.1. STELLINGEN

A. Toepassing

59. Voor het aangeven van globale indicaties van de te verwachten resultaten van eutrofiëringsbestrijding kunnen de in de zestiger jaren ontwikkelde empirische "Vollenweider" modellen van nut zijn. Voor het optimaliseren van een gerichte eutrofiëringsbestrijding zijn deze instrumenten niet voldoende. Hiervoor zal gebruik moeten worden gemaakt van simulatiemiddelen gebaseerd op fysisch, chemisch en biologische processen. (KLOMP)
60. Fosfaatfluxmodellen en fosfaatbalansen zijn onvoldoende voor het wetenschappelijk onderbouwen van beleidsbeslissing op het gebied van de eutrofiëring. Chemische modellen, waarin opgenomen pH, calcium, ijzer en nutriënten modelleringen in oppervlaktewater en bodem, gekoppeld aan de dynamica van fytoplankton, is hiervoor vereist. (KLOMP)
61. Met name waar leemtes in de kennis bestaan kan een vroegtijdige model-aanpak, naast lopend veld- en laboratoriumonderzoek een grote bijdrage leveren. Naast het feit dat modellen voor voorspellingen gebruik kunnen worden, ontlenen zij vooral hun waarde aan de mogelijkheid om hypothesen omtrent procesgedrag expliciet en quantitatief te toetsen. Een vroegtijdige gecombineerde model/laboratorium/veldaanpak kan derhalve tot een optimaler resultaat leiden. (DE ROOY)
62. Een betere integratie van laboratorium-, veld- en modelonderzoek zal zowel de kwaliteit als snelheid van onderzoek in alle drie gebieden duidelijk vergroten. (LOS)
63. Hoewel complexe dynamische modellen bij het oplossen van meer gedetailleerde beheersvragen niet kunnen worden gemist, is in veel gevallen een goede eerste benadering te geven m.b.v. "papier en potlood" berekeningen aan vereenvoudigde modelversies. (VAN STRATEN)

B. Theorievorming/onderzoek

64. De stand van de wetenschap is zodanig dat modellen voor de interne belasting en meer in het algemeen voor eutrofiëring vooralsnog tamelijk globaal zijn. Complexe en gedetailleerde modellen kunnen tot nu toe onvoldoende geïdentificeerd worden en geven in het algemeen geen betere voorspellingen dan betrekkelijk eenvoudige beschrijvingswijzen. Hun grote betekenis is vooral dat ze het onderzoek helpen richting te geven. (LIJKLEMA/BRINKMAN/VAN RAAPHORST)
65. In ondiepe meren spelen de processen waardoor nutriënten het water verlaten, naast remobilisatie via het sediment, een overheersende rol. Niettemin is de kennis op dit gebied (verhouding mineralisatie/bezinking van algen en al dan niet door zoöplankton ontstane detritus) nog steeds uiterst beperkt. Onderzoek naar deze verliestermen is dus noodzakelijk wanneer men de voorspellende waarde van modellen wil verbeteren. (VAN STRATEN)
66. Het is twijfelachtig of de tot nu toe gebruikelijke modellen toereikend zijn om blauwalgen te beschrijven. (VAN STRATEN)
67. Gereduceerde verbindingen (Mn (II), Fe (II), H_2S , CH_4) worden onder anaerobe omstandigheden in evenredigheid met de afbraak van detritus gevormd en kunnen in een model worden beschouwd als het negatief equivalent van zuurstof. (SMITS)
68. Het voortgezette onderzoek aan diepe putten richt zich op een modelmatige koppeling van het temperatuurmodel met een zuurstof- en mogelijk een nutriëntmodel voor diepe putten in het IJsselmeer. (CLAESSEN)

3.6.2. VRAGEN

- * Waarvoor zijn modellen nuttig/zinvol.
- * Welke mate van detail/precisie is gewenst en wat is haalbaar?
 - welke additionele kennis is nodig?
 - krijgt "onzekerheid" in de modelstudies wel voldoende aandacht?
- * Welke "afstand" tussen experimenteel werk en de modelconstructie is nog toelaatbaar c.q. gewenst voor wat betreft de beantwoording van
 - a. onderzoeksvragen;
 - b. beheersvragen.

3.6.3. DISCUSSIE

Modelleren dient ertoe om de structuur van systemen op overzichtelijke wijze te beschrijven. Een wiskundig model is een formele beschrijving van relaties die anders slechts met een grote omhaal aan woorden kan worden weergegeven. Modellen worden gekenmerkt door toestandsvariabelen, die de systeemkenmerken representeren en die aan elkaar gekoppeld zijn door relaties die als (differentiaal) vergelijkingen de structuur van het model leveren. Het gaat erom een dermate detaillering in die gedachtenstructuur te verkrijgen, dat een bevredigende overeenkomst bestaat tussen de werkelijkheid en het door het model beschreven gedrag.

Het beleid dat momenteel wordt gevoerd t.a.v. waterkwaliteit, wordt in toenemende mate gekenmerkt door kwantificering, het stellen van normen/getalswaarden. Zo'n beleid vraagt om kwantitatieve methoden om na te gaan of met een bepaalde maatregel de norm al dan niet gehaald wordt. Naast de doelstelling van het onderzoek bepalen de gegevens die beschikbaar zijn en de kennis van de processen, hoe gedetailleerd en compleet een model kan/moet zijn. Zo is bijvoorbeeld bij toxische stoffen de kennis van de processen beperkt, daarom dient noodgedwongen gebruik gemaakt te worden van globale modellen.

Uit het IMP volgen twee benaderingen voor het waterkwaliteitsbeheer:

- bepaalde stoffen dienen niet geloosd te worden, of de lozing daarvan dient vergaand teruggebracht te worden; dit zijn stoffen van de zwarte of grijze lijst; daarvoor zijn in eerste instantie geen modellen nodig;
- het beheer is meer gericht op een afweging, gezien de mogelijke functies van het water.

Het kan toch nuttig zijn ook voor zwarte lijst stoffen modellen te construeren, bijv. in verband met diffusielozingen en atmosferische vervuiling die van invloed is op oppervlaktewater en bodemslib.

Bij zowel onderzoek- als beheersvragen zou gestart moeten worden met een vrij globale benadering waarin de belangrijkste processen zijn meegenomen en waarin men zo nodig ook empirische gegevens verwerkt. Dit om het systeem beter te leren begrijpen, om het meetprogramma te richten en vandaar uit te zien waar nadere precisering nodig is, en voor welke parameters het systeem gevoelig is.

Er is een relatie tussen meetmogelijkheden en modelmogelijkheden. Met modellen worden vaak grootheden beschreven die moeilijk meetbaar zijn (bewerkelijk, of ontoegankelijk), terwijl andere grootheden juist gemakkelijk, continu te meten zijn en daardoor voor gegevensverwerking en calibratie beter gebruikt kunnen worden. Daarom dienen variabelen die nauw gerelateerd zijn aan de van belang zijnde toestandsvariabelen meegenomen te worden bij de metingen en in de modelbeschrijving; ook als ze op zichzelf van minder belang zijn voor bijv. het beheer.

Een gevaar bij modelgebruik is dat de resultaten van sommige simulaties een eigen leven gaan leiden, terwijl de aannames waarop ze gebaseerd zijn uit het oog zijn geraakt.

Belangrijk is dan ook dat de begeleidende tekst bij modellen goed leesbaar is.

In ieder geval dient aangegeven te worden welke mogelijkheden een bepaald model wél heeft, maar evenzeer de beperkingen en onzekerheden waaraan het onderworpen is.

Er is een wisselwerking tussen ingewikkelde eenvoudige modellen en tussen experimenteel werk, intuïtie en expertise.

In Nederland wordt nog maar sinds kort met waterkwaliteitsmodellen gewerkt. Toch blijkt dat er vele ontwikkelingen in een brede kring gaande zijn.

4. SCHRIFTELIJKE BIJDAGEN

4.1. ALGEMEEN

Aan een groot aantal deelnemers van de studiebijeenkomst is door de voorbereidingsgroep een verzoek gericht om een discussiestuk te leveren van enkele bladzijden over een bepaald onderwerp.

Opgemerkt dient nog te worden, dat deze bijdragen dienen voor de discussie en niet als 'eindresultaat' van bepaald onderzoek.

4.2. AFVOER- EN VRACHTBEREKENING VAN DE BEKEN UITMONDEND IN HET WOLDERWIJD -
NULDERNAUW J.R. Eulen, RIZA

1. INLEIDING

De "Projektgroep Eutrofiëringsonderzoek Randmeren" (P.E.R.) heeft in de periode mei 1976 t/m september 1979 onderzoek gedaan in het Wolderwijd-Nulderneauw (zie fig. 1). In deze projektgroep zijn vertegenwoordigd de Direktie Zuiderzeewerken, district Noord van de Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging, de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders en het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater. Een onderdeel van het onderzoek omvat het opstellen van een water- en stofbalans van het Wolderwijd-Nulderneauw over de periode van een maand. De water- en voedingsstoffenaanvoer (fosfor en stikstof) vindt voor een belangrijk deel plaats via de beken. De berekening van de belasting van het Wolderwijd-Nulderneauw met water, chloride, totaal-fosfaat en totaal-stikstof vanuit de beken zal in deze bijdrage worden belicht. Tevens zal aandacht worden geschonken aan de nauwkeurigheid van de berekeningen met behulp van een foutenanalyse.

2. VRACHTBEREKENING

2.1 berekening van de maandafvoer

De afvoer van de beken wordt berekend uit stroomsnelheidsmetingen. Een uitgebreide beschrijving van de wijze van berekening van het debiet is weergegeven in een rapport van "District Noord" van de "Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging" (DNO, 1980).

Gemiddeld zijn de afvoermetingen viermaal per maand uitgevoerd. De vereiste maandafvoer is te berekenen als het gemiddelde van de in de desbetreffende maand gemeten dagafvoeren maal het aantal dagen in die maand. Deze methode geeft echter een onrealistisch beeld. Pieken in de afvoer worden door deze berekeningsmethode onder- of overschat. Een andere in de literatuur vaak toegepaste methode bij de berekening van maandafvoer met behulp van een beperkt aantal waarnemingen per maand, is het lineair interpoleren tussen twee opeenvolgende waarnemingen. Het berekenen van de maandafvoer wordt in het randmerenonderzoek op de volgende wijze uitgevoerd: op elke dag van de maand wordt een afvoer berekend; ofwel er is een meting ge-

daan, ofwel de afvoer is het resultaat van lineaire interpolatie tussen twee omliggende metingen; tenslotte worden alle dagafvoeren over de betreffende periode opgeteld.

De resultaten zijn weergegeven in figuur 2.

2.2. berekening van de maandvrachten van chloride, totaal-fosfaat en totaal-stikstof

Het berekenen van de maandvracht met behulp van lineaire interpolatie kan op twee manieren worden uitgevoerd:

1. op elke dag van de balansmaand een afvoer en een gehalte bepalen, eventueel door middel van lineaire interpolatie. Vervolgens worden de dagvrachten berekend en gesommeerd.
2. op de meetdag de vracht bepalen (24 uren afvoer maal gehalte). Op de overige dagen in de balansmaand wordt door middel van lineaire interpolatie een 24 uren vracht verkregen, waarna gesommeerd wordt over de balansmaand. Is op de meetdag geen afvoer gemeten of geen watermonster genomen dan worden de ontbrekende waarden met behulp van lineaire interpolatie bepaald.

Tussen beide methoden van vrachtberekening kan een aanzienlijk verschil optreden. Uit berekeningen blijkt dat in het geval van "afvoer maal gehalte = konstant" de vrachtberekening d.m.v. lineaire interpolatie in de vracht het meest nauwkeurige resultaat geeft. Is "afvoer gedeeld door gehalte = konstant" dan is de meest nauwkeurige methode die welke gebruik maakt van zowel interpolatie in de afvoer als in het gehalte. Beide situaties en mengvormen komen in de beken voor. Om tot een éénduidige berekeningswijze te komen is een keuze uit beide methoden gemaakt.

Als gevolg van de bemonsteringswijze van de beken is gekozen voor de methode waarbij geïnterpoleerd wordt in de vrachten. Bij afwezigheid van stroming in een beek, debiet = 0, wordt namelijk geen waterkwaliteitsmonster genomen. Dat deze keuze voorbij gaat aan een eventueel verband "afvoer gedeeld door gehalte = konstant" doet weinig af aan de nauwkeurigheid van de resultaten. In tabel 1 wordt dit aangetoond aan de hand van een aantal in de Schuitenbeek uitgevoerde metingen. Uit de gehele meetperiode, mei 1976 t/m september 1979, zijn vier

maanden geselecteerd, waarbij de maandaafvoer varieert van weinig in een droge maand tot veel in een natte maand. Uit deze tabel blijkt dat de berekeningswijze slechts van weinig belang is, aangezien alleen al de fout in de maandaafvoer-bepaling verantwoordelijk is voor een grotere spreiding in de maandvrachten dan die welke veroorzaakt wordt door de wijze van interpolatie. Voor een beschouwing van de fout in de afvoer-bepaling wordt verwezen naar 3.1.

De resultaten van de berekeningen zijn in de figuren 3,4 en 5 weergegeven.

3. FOUTENANALYSE

3.1 fouten in de bepaling van de totale maandaafvoer van de beken

Door het "District Noord" van de Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging is een rapport uitgebracht, waarin een foutenanalyse van de beekafvoer wordt weergegeven (DNO, 1980). Er zijn twee soorten fouten nl. een systematische en een toevallige fout.

- systematische fouten

Twee systematische fouten worden onderscheiden; een systematische onderschatting van 1% t.g.v. de automatische verwerking van de stroomsnelheidsgegevens en een variabele systematische onderschatting t.g.v. onvolkomenheden in de stroomsnelheidsbepaling. De stroomsnelheid wordt bepaald met een zogenaamd "Ott-flügel", die alleen een geheel aantal omwentelingen registreert.

- toevallige fouten

De toevallige fout ontstaat t.g.v. de individuele stroomsnelheidsmetingen en t.g.v. interpolatie tussen twee opeenvolgende waarnemingen. Het blijkt dat bij de bepaling van de maandaafvoer uit incidentele metingen de toevallige fout voor het grootste deel veroorzaakt wordt door de toevallige fout die ontstaat door interpolatie tussen twee opeenvolgende

waarnemingen (DNO, 1980). Dit varieert van een toevallige fout van $\pm 44\%$ bij 1 waarneming per maand tot $\pm 21\%$ bij 4 waarnemingen per maand, beide in 90% van de gevallen. Bij de schatting van de toevallige fout in de beekafvoeren is alleen rekening gehouden met de toevallige fout t.g.v. lineaire interpolatie.

In figuur 2 zijn de onder- en bovengrens weergegeven van de toevallige fout in de som van de beekafvoeren. Als betrouwbaarheidsgebied is 90% aangehouden.

3.2 schatting van de fout in de bepaling van de maandvracht aan chloride, totaal-fosfaat en totaal-stikstof

Bij de bepaling van de maandvrachten zijn diverse foutenbronnen. Er kunnen fouten optreden bij de afvoer-bepaling, bij de monstername, bij het transport naar het laboratorium, bij de analyse en ten slotte bij het lineair interpoleren. De fout in de bepaling van de afvoer is in 3.1 behandeld. Van de fouten bij de monstername en transport kan weinig worden gezegd. De monstername gebeurt zo zorgvuldig mogelijk. Aangenomen wordt dat tijdens het transport van de monsters in koelboxen weinig met de gehalten in het monster gebeurt.

Derhalve zullen deze foutenbronnen buiten beschouwing worden gelaten. De analysefout, een toevallige fout, in de bepaling van chloride, totaal-fosfaat en totaal-stikstof is goed bekend. De standaardafwijkingen van de bepalingen zijn resp. 1.87 mg Cl/l, 0.01 mg P/l en 0.095 mg N/l.

Bij de bepaling van de maandvrachten worden de ontbrekende dagvrachten verkregen d.m.v. lineaire interpolatie. Deze wijze van maandvracht-berekening kan een bron zijn van grote fouten. Een goede schatting van de invloed van het aantal waarnemingen per maand op de nauwkeurigheid van de maandvracht-bepaling kan alleen worden verkregen indien een frekwente meetreeks van zowel afvoeren als gehalten voorhanden is. Bij een bemonsteringsfrekwentie van éénmaal per week is het niet mogelijk een dergelijke schatting te maken. Wel is het mogelijk, door het doen van enige aannames, een beeld te verkrijgen van het gebied (range) waarbinnen de maandvrachten zouden kunnen variëren. De gevolgde procedure wordt in het navolgende beschreven. Voor een eerste beschouwing

is uitgegaan van een aantal aannames, waarbij de meest ongunstige situatie wordt verkregen.

Bij elke beek is een verdeling in de tijd gemaakt van de analyse-resultaten. De gehele meetperiode, mei 1976 t/m september 1979, is opgedeeld in de verschillende winter- en zomerhalfjaren. Van de gehalten in deze perioden is het minimum en maximum vastgesteld. Door nu de onder- en bovengrens van de maandafvoer in de betreffende maand te vermenigvuldigen met het minimum en maximum van de gehalten in het betreffende winter- of zomerhalfjaar wordt een range verkregen waarbinnen de maandvracht zou kunnen variëren. Ter illustratie volgt een voorbeeld met gegevens van de Schuitenbeek voor de maand maart 1979.

Voorbeeld Schuitenbeek, maart 1979

maandafvoer: $1473 \times 10^3 \text{ m}^3$; 5 waarnemingen per maand resulteert in fout in 90% van de gevallen van $\pm 19\%$.

ondergrens maandafvoer: $1193 \times 10^3 \text{ m}^3$

bovengrens maandafvoer: $1753 \times 10^3 \text{ m}^3$

waargenomen minima en maxima in de gehalten in het winterhalfjaar 1978-1979

	minimum	maximum
chloride in mg Cl/l	38	63
tot.-fosfaat in mg P/l	1.18	3.35
tot.-stikstof in mg N/l	3.30	16.20

range in de maandvrachten

vracht	ondergrens	bovengrens
77.5 ton Cl	45.3	110.4
1.6 ton P	.2	5.9
20.0 ton N	3.9	28.4

De in het voorbeeld berekende ranges zijn zo groot dat de toevallige fout t.g.v. de analyse hierbij weg valt.

Sommatie van de op bovengenoemde wijze berekende grote ranges in de beekvrachten kan niet geschieden volgens statistische rekenregels, aangezien het gebied waarbinnen de vrachten kunnen variëren niet op

een statistische basis zijn verkregen. Wederom wordt die methode gekozen, waarbij de meest ongunstige situatie tot uiting komt. De range in de vrachten van alle beken gesommeerd wordt verkregen door alle onder- en bovengrenzen van de betreffende stoffen bij elkaar op te tellen. De resultaten van deze schattingen zijn weergegeven in de figuren 3 t/m 5.

De werkelijke fout in de gesommeerde maandelijkse beekvrachten zal waarschijnlijk kleiner zijn dan de range die met de gevolgde procedure is berekend. Op welke wijze met de bestaande gegevens een nauwkeuriger schatting van de fout kan worden verkregen is een open vraag.

Tabel 1 Vergelijking van vrachtberekeningsmethoden in samenhang met de fout in de maandaafvoer-bepaling*

	methode 1	methode 2	range t.g.v. fout in maand- afvoer	
juni 1977 (droog)				
chloride in ton/maand	5.7	6.2	4.7 -	7.2
totaal-stikstof in ton N/maand	.34	.32	.26 -	.40
totaal-fosfaat in ton P/maand	.07	.07	.05 -	.08
afvoer in 1000 m ³ /maand	128.9	128.9	101.8 -	156.0
april 1978				
chloride	28.8	29.1	22.9 -	35.0
tot.-stikstof	3.9	4.1	3.2 -	4.8
tot.-fosfaat	.18	.18	.14 -	.22
afvoer	590.3	590.3	466.3 --	714.3
maart 1978				
chloride	94.6	92.3	73.8 -	113.1
tot.-stikstof	20.7	22.5	17.1 -	26.1
tot.-fosfaat	3.3	3.5	2.7 --	4.1
afvoer	1971.3	1971.3	1557.3 -	2385.3
mei 1979 (nat)				
chloride	121.3	104.5	91.5 -	134.4
tot.-stikstof	29.7	32.6	25.2 -	37.1
tot.-fosfaat	5.8	7.5	5.4 -	7.9
afvoer	3091.3	3091.3	2504.0 -	3678.6

methode 1: debiet en gehalte afzonderlijk geïnterpoleerd.

methode 2: geïnterpoleerd in de vrachten

* zie voor foutenberekening hoofdstuk 3.1.

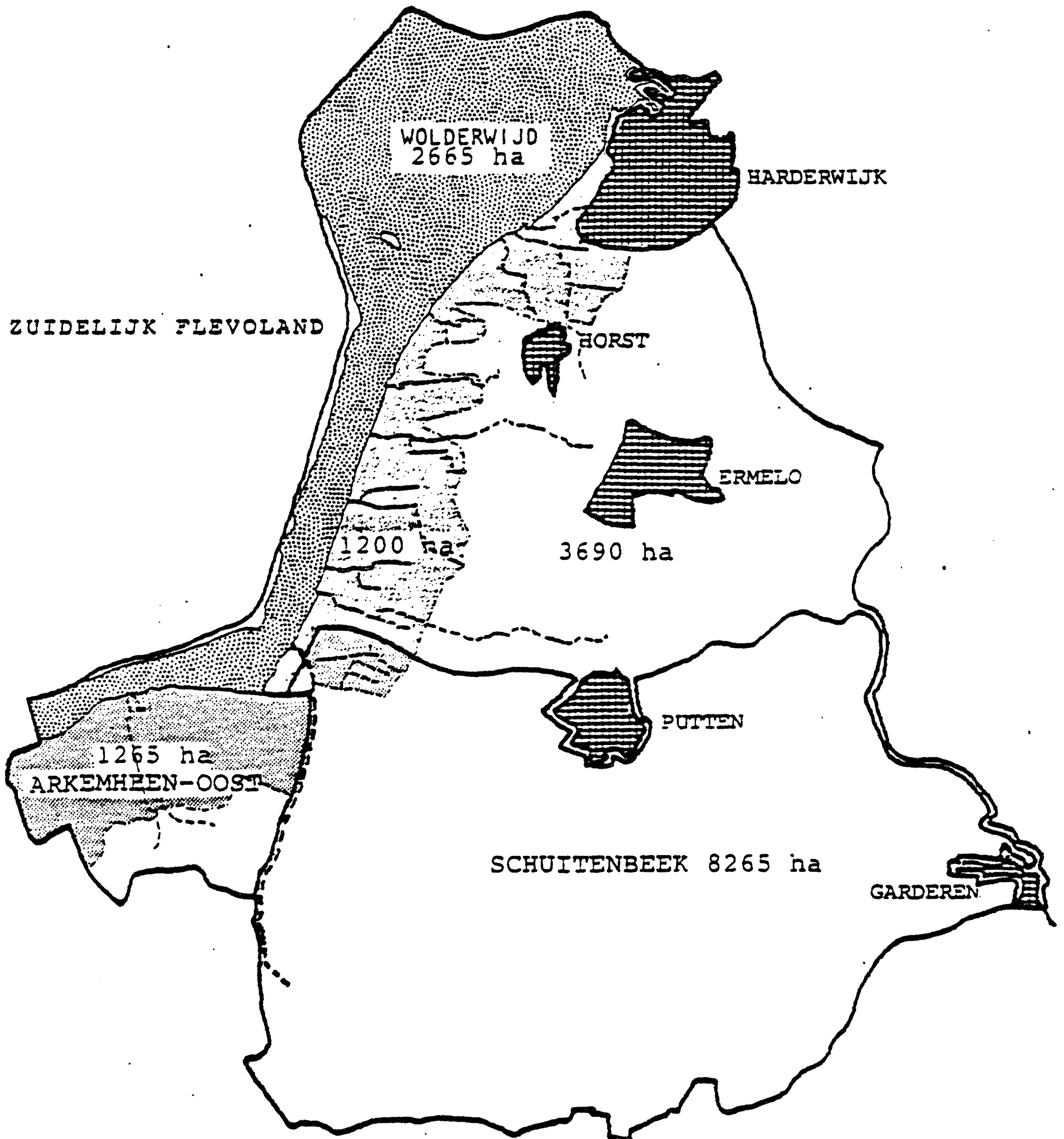
Literatuur

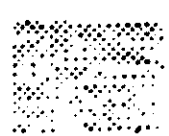
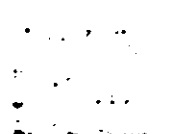
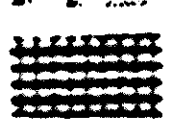
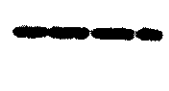
1. DIREKTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING, DISTRIKT NOORD (1980)
Eutrofiëringsonderzoek Wolderwijd-Nulderneau,
Foutenanalyse beekafvoeren
Rijkswaterstaat, Lelystad.
2. PROJEKTGROEP EUTROFIERINGSONDERZOEK RANDMEREN (1978)
Interim-rapport
Wolderwijd-Nulderneau
RIJP, ZZW, RIZA en DNO, Lelystad.

STELLINGEN, DISKUSSIEPUNTEN, VRAGEN

1. Voor het verkrijgen van een zo doelmatig mogelijk meetprogramma voor het vaststellen van de water- en stofvracht, die door een beek wordt afgevoerd, is het noodzakelijk te beginnen met een intensieve meetcampagne.
2. Na een intensieve meetcampagne is het mogelijk op een andere wijze dan d.m.v. afvoermetingen en monsternames de hoeveelheid water en stoffen te bepalen die door een beek worden afgevoerd. (relatie met neerslag en landgebruik).
3. De wijze van interpolatie bij de bepaling van de stofvracht van een beek doet bij een lage meetfrequentie niet ter zake.
4. Is het mogelijk een beter gefundeerde foutenschatting te maken van de beekvrachten m.b.v. het huidige cijfermateriaal.

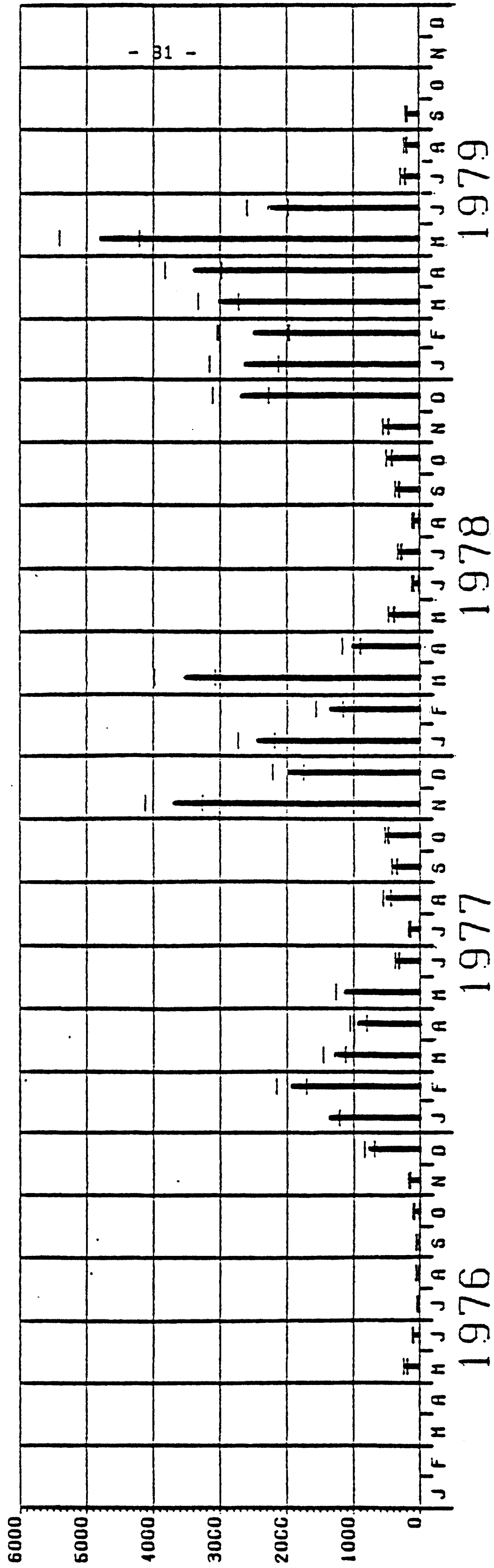
STROOMGEBIEDEN VAN DE BEKEN,
UITMONDEND OP HET WOLDERWIJD-NULDERNAUW



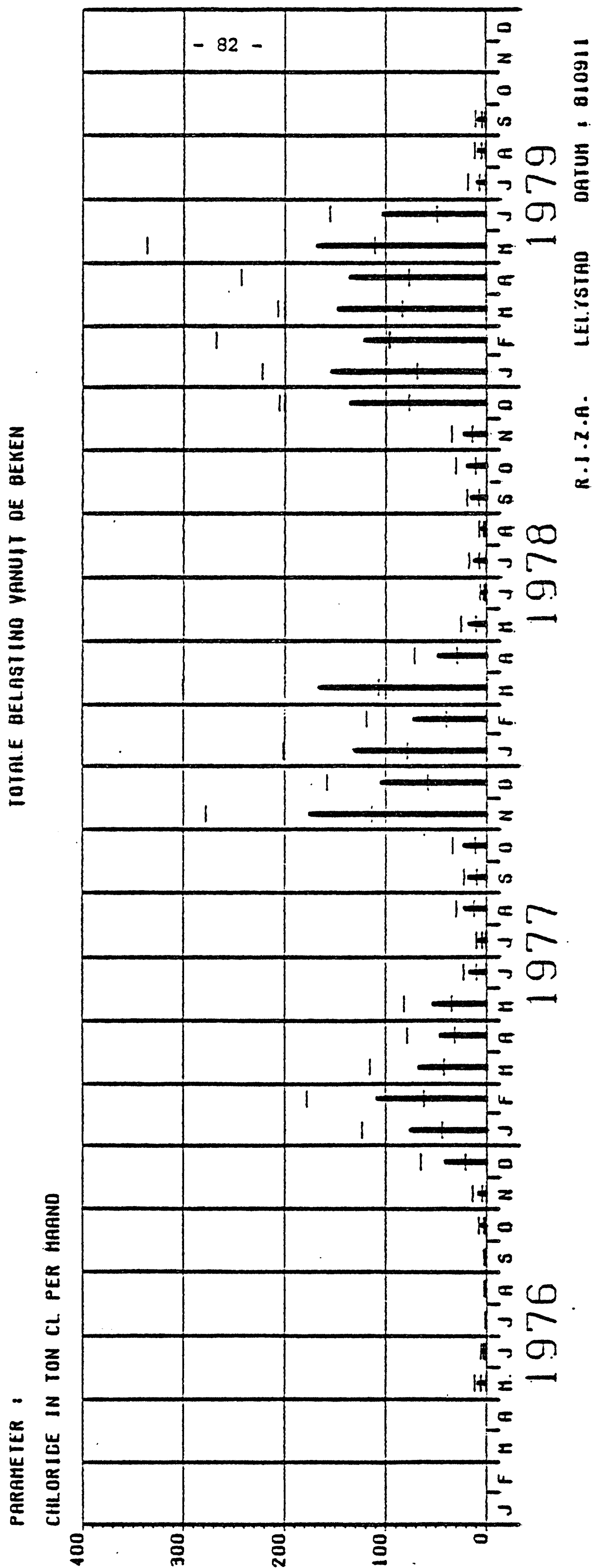
-  meer
-  poldergebieden met eigen waterstand
-  lage gronden met gereguleerde waterstand
-  stedelijk gebied
-  beek
-  grens stroomgebied

PARAMETER : TOTALE BELASTING VANUIT DE BEKEN

DEBIET IN 1000 M3 PER MAAND

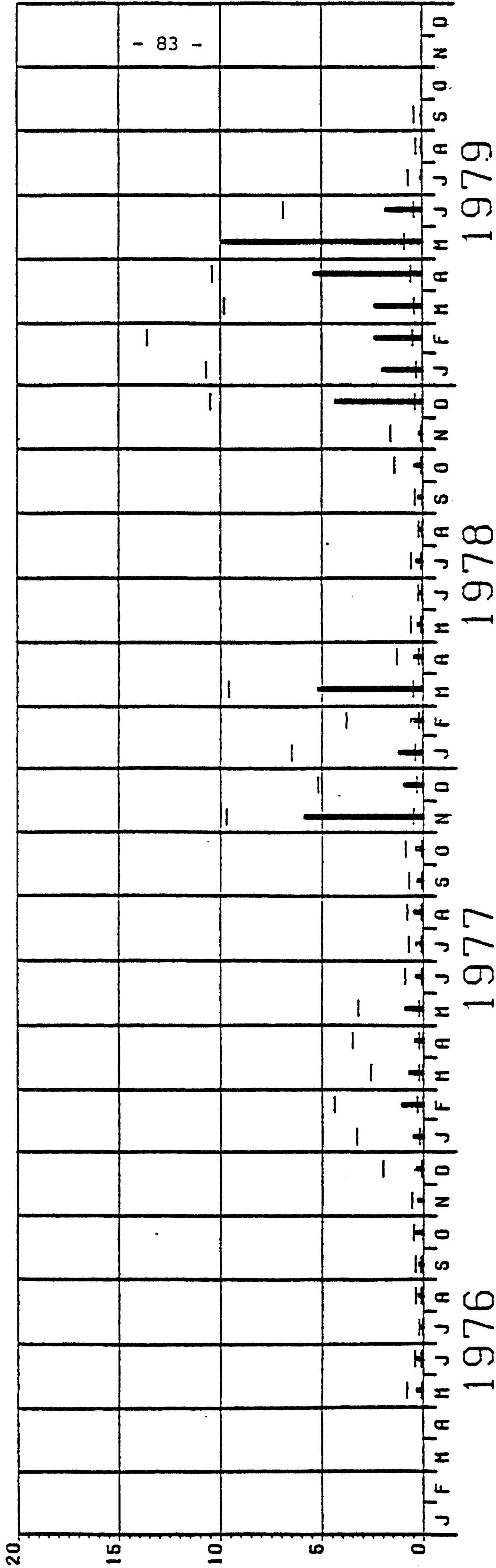


R.I.Z.A. LELYSTAD DATUM : 810911



PARAMETER : TOTALE BELASTING VANUIT DE BEKEN

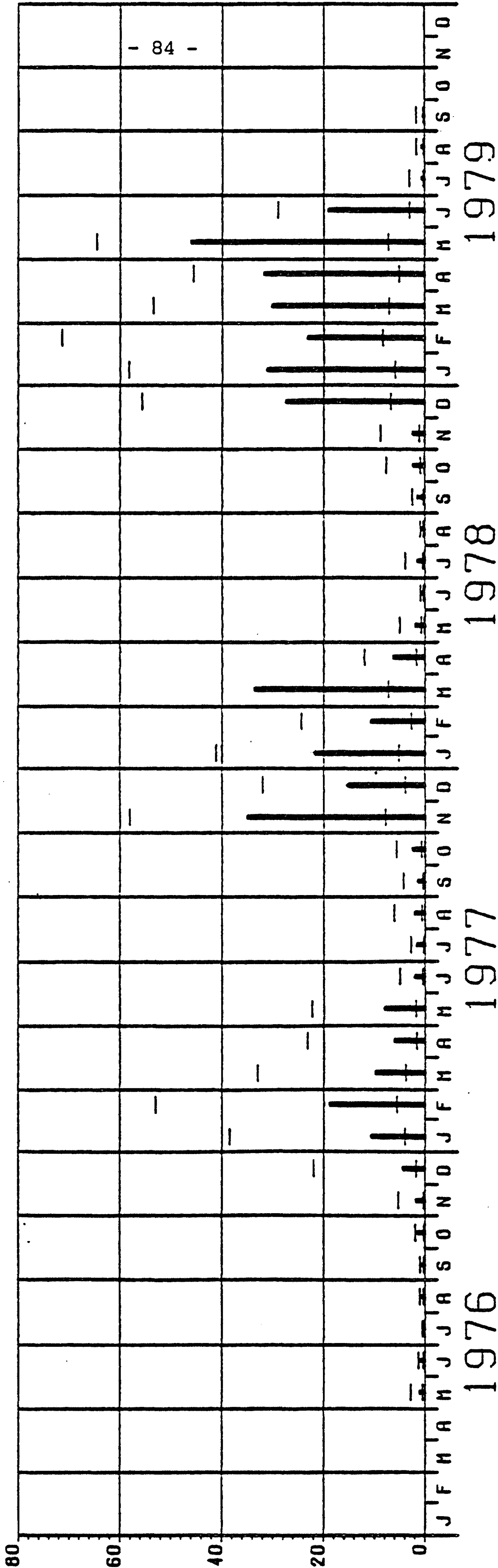
TOTAAL-FOSFAAT IN TON P PER HAAR



R.I.Z.A. LELYSTAD DATUM : 810911

PARAMETER : TOTALE BELASTING VANUIT DE BEKEN

TOTAAL-STIKSTOF IN TON N PER HAARND



R.I.Z.A. LELYSTAD DATUM : 810911

3. STOFFENBALANS PROBLEMEN IN HET STROOMGEBIED VAN DE EEM

M.A. de Ruiter en P.B.W. van Iersel, P.W. Utrecht

De Commissie Eutrofiëringsbestrijding Gooi- en Eemmeer heeft gepoogd met beschikbare meetgegevens de fosfor- en stikstofbelasting van de beide randmeren te berekenen. De direkte belasting van het Eemmeer wordt voor het belangrijkste deel bepaald door de fosfor die door de Eem wordt aangevoerd. Het Eemmeer staat in open verbinding met het Gooimeer, zodat dit indirect door de Eem belast wordt. Er bestaat een waterkwaliteitsgradiënt van oost naar west, mede door de invloed van het IJmeer of Markermeer. In het Eemmeer bedroeg het doorzicht over de periode 1976 tot 1979 gemiddeld 30 cm en het Gooimeer 50 cm. Streefwaarden zijn resp. 50 tot 100 cm doorzicht en 0,1 mg/l P-tot en 2 mg/l N-tot.

De belangrijkste door de commissie te beantwoorden vraag is: hoe kan de fosforbelasting van beide randmeren zodanig worden verminderd dat bovengenoemde streefwaarden worden bereikt? Een vraag die daaruit voortkomt is: wat zijn de belangrijkste fosforbronnen en kunnen deze worden gesaneerd? Ongetwijfeld is de Eem de belangrijkste fosforbron, echter gezien het grote stroomgebied van de Eem moet dit probleem verder worden opgesplitst. Voor de berekening van de fosforvracht van de Eem komen in eerste instantie de volgende posten in aanmerking: RZI's, niet-gerioleerde bebouwing, poldergemalen, landbouw, regenoverlaten en de inlaat in Rhenen, waar het Valleikanaal met Rijnwater wordt gevoed.

In de onderstaande tabel worden de verschillende fosforbronnen weergegeven in tonnen P/jaar voor 3 achtereenvolgende jaren.

	RZI's	niet gerioleerde bebouwing	polder- gemalen	land- bouw	regen- overlaten	inlaat Rhenen	totaal
1977	503,6	61	26,8	53	5,0	11,9	661,3
1978	414,7	61	19,8	53	4,1	11,3	563,9
1979	390,3	61	28,2	53	3,9	—	536,5

Opmerkingen:

- RZI's: gegevens afkomstig van bemonstering plus debiet;
- niet-gerioleerde bebouwing: 10% van het aantal inwoners is niet op het riool aangesloten;
- poldergemalen: berekening hoeveelheid uitgemalen water maal P-concentratie;
- landbouw: gebaseerd op literatuurgegevens Barneveldsebeek-onderzoek;
- regenoverlaten: 1% van de vracht afkomstig van RZI's;
- Rhenen: afvoergegevens en concentratie van de Rijn.

De bovenstaande tabel kan vergeleken worden met een vrachtberekening op basis van afvoergegevens en concentratiebepalingen in de Eem zelf. De afvoer van de Eem werd berekend uit de totaal-afvoer van de verschillende aanvoerpunten van de Eem zoals: de RZI's Amersfoort, Soest/Baarn, het Valleikanaal, de Heiligenbergerbeek, poldergemalen.

De waterkwaliteitsgegevens komen uit de routine-bemonsteringen (maximaal 12 x per jaar) te Eemdijk.

	totaal debiet	gemiddelde fosforconcentratie	vracht via Eem
1977	$284 \times 10^6 \text{ m}^3$	2.71 (n=7)	770 ton P
1978	$222 \times 10^6 \text{ m}^3$	2.48 (n=11)	550 ton P
1979	$297 \times 10^6 \text{ m}^3$	2.19 (n=8)	650 ton P

Door de rekenmethode worden aanzienlijke fouten geïntroduceerd. In de onderstaande tabel is een schatting van de maximale fout in de hierboven genoemde waarden gegeven:

RZI's vracht:	25%
niet-gerioleerde bebouwing	20%
poldergemalen:	22%
landbouw:	100%
regeneroverlaten:	50%
Eemafvoer:	18%
fosforconcentratie:	12%

De onzekerheid, die ontstaat over de grootte van een post op de fosforbalans, bepaalt welke maatregelen, bijv. in de zin van defosfateren op de RZI's, zinvol zijn. Het is daarom belangrijk de grote posten nauwkeurig te kennen (5 à 10%).

Door de gebruikte rekenmethode worden grote afvoerpieken in natte perioden niet meegenomen, ze werken slechts door in het gemiddelde als op zo'n moment toevallig gemonsterd wordt of het debiet bepaald. Een illustratief voorbeeld is de hoge afvoer in maart 1981. Tijdens deze periode werd in het Valleikanaal als proef continue gemonsterd en de afvoer zo goed mogelijk berekend. Het bleek, dat de fosfor- en stikstofconcentraties het eerste deel van de afvoerperiode sterk toenamen, zodat een hoge totaal vracht kon worden berekend, nl. 90.000 kg P-tot en 350.000 kg N-tot, in de periode van 15 t/m 20 maart. Zou de berekeningsmethode zijn gevolgd, zoals in het interimrapport van de commissie is gedaan, dan zou er 28.000 kg P-tot en 100.000 kg N-tot zijn afgevoerd. Hoge afvoeren van de Eem komen meerdere malen per jaar voor (bijv. ook midden januari 1981). De oorzaak van deze vrachtpiek is niet bekend. De commissie denkt aan: opwervelen van bodemslib in het Valleikanaal, beken of sloten, slecht functioneren van RZI's en in werking treden van regeneroverstorten bij ernstige regenval, oppervlakkige afvoer van overbemeste landbouwgronden.

Stellingen:

- Voor een werkelijk goede stoffenbalans is een continue afvoermeting en bemonstering voor concentratiebepaling noodzakelijk.
- Alleen sanering van de puntbronnen is waarschijnlijk in veel gevallen onvoldoende om de streefwaarden te bereiken in het Gooi- en Eemmeer.
- Goede beleidsuitspraken zijn alleen mogelijk bij kleine foutenmarges (5 à 10%) van de belangrijkste posten op de stoffenbalans.
- Sanering van diffuse bronnen is een probleem dat alleen met uitzonderlijke maatregelen is op te lossen.

4.4. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN EN BEPERKINGEN VAN WATER- EN CHLORIDEBALANS-STUDIES IN HET IJSSELMEERGEBIED

Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging, district Noord, Drs. F.A.M. Claessen

1. INLEIDING

Ten behoeve van velerlei studies in het IJsselmeergebied zijn de afgelopen decennia water- en stoffenbalansen opgesteld van de meren.

Een aantal belangrijke studies die genoemd kunnen worden zijn:

- onderzoek naar de variatie in de tijd van perioden met wateroverschot (waterbezwaar), watertekorten en hoge chloridegehalten op de meren in verband met diverse belangen (balansperioden van decaden tot halve jaren);
- statistische analyse van de dagelijkse variatie in het gemiddelde meerpeil van de meren ten behoeve van onderzoek naar extreme waterstanden door groot waterbezwaar en/of extreme windsituaties (balansperiode bijvoorbeeld per dag);
- studie naar gemiddelde verblijf- en verversingstijden van de meren voor water en de stoffen (lange balansperioden; bijvoorbeeld waterkwaliteitsonderzoek);
- studie ten behoeve van op te stellen stoffenbalans (Eutrofiëring; balansperioden maanden of jaren);
- studie ter bepaling van moeilijk direct te meten waterbalansposten (bijvoorbeeld kwel, verdamping; balansperioden van dagen tot een jaar);
- ten behoeve van processtudies in de meren naar gedrag zware metalen, sorptieprocessen, slibtransport (korte en lange balansperioden);
- studie naar gevolgen voor de waterhuishouding door aanleg waterstaatkundige werken in/nabij meren.

2. TOEPASSING EN BEPERKTHEDEN

2.1. Algemeen

Afhankelijk van het te bestuderen vraagstuk zullen aan een waterbalans specifieke eisen worden gesteld, zoals ten aanzien van:

- mate van detail inzake welke posten nog afzonderlijk worden meegenomen in de balans;
- keuze van de periode waarover de balans wordt opgemaakt en voor welke tijdstappen;
- nauwkeurigheid van onderliggende hydrologische gegevens.

In het algemeen geldt, dat de nauwkeurigheid van water- en stoffenbalansen groter wordt (geringere sluitfout heeft) als de periode waarover de balans wordt opgesteld groter wordt (bijvoorbeeld decade versus een jaar). Veelal worden niet alle posten van de waterbalans direct gemeten bijvoorbeeld afvoer en inlaat van kleine polderseenheden langs de meren, kwel, verdamping.

Indien er om bijvoorbeeld meettechnische redenen in meer dan één belangrijke balanspost een grote fout zit, is het vaak weinig zinvol de andere balanstermen met een veel grotere nauwkeurigheid mee te nemen (doorwerken fout in eindresultaten).

Het is derhalve aan te bevelen, alvorend met een balansstudie van een stagnant bekken te beginnen (of met een balansmeting) na te gaan wat met de resultaten van de balansstudie zal moeten worden gedaan.

Welke relaties bestaan er tussen de (nauwkeurigheid, betrouwbaarheid van de) waterbalansresultaten en het te onderzoeken probleem?

Welke nauwkeurigheid is gewenst ten aanzien van deze balansresultaten, zodat ze nog relevant zijn voor de bestreffende studie?

Daarnaast moet worden nagegaan, welke gegevens met welke nauwkeurigheid en betrouwbaarheid ter beschikking zijn (of komen).

Als een dergelijke foutendiscussie à priori wordt uitgevoerd kan worden voorkomen, dat vergeefs veel veld- en rekenwerk wordt uitgevoerd, omdat de resultaten van de balansstudie niet aan de eisen van het onderzoek voldoen.

2.2. Balansen IJsselmeer en randmeren

Het blijkt niet mogelijk om thans op basis van de veldmetingen goedsluitende water- en chloridebalansen op te stellen. Tabellen 1 en 2 geven voorbeelden van recente balansen over een halfjaar en een jaar van het IJsselmeer en Markermeer. Tabel 3 geeft een voorbeeld van jaarbalansen van Wolderwijd en Veluwemeer.

Tabel 4 geeft een beeld van de variatie en de grootte van de sluitpost voor maandbalansen van het Wolderwijd.

De laatste jaren is er, onder meer bij het district Noord van de Rijkswaterstaat enig, statistisch onderzoek uitgevoerd naar de nauwkeurigheid van enkele balansposten (met name beekafvoeren en sluisafvoeren).

Als voorbeelden van moeilijk kwantificeerbare water- en chlorideposten in de wateren van het IJsselmeergebied kunnen worden genoemd (in volgorde van belangrijkheid) (indien enigermate bekend zijn de betreffende posten en hun foutenmarges tussen haakjes aangegeven):

- afvoeren en lek-verliezen door sluizen (Afsluitdijk, Houtribdijk, in Veluwe randmeren; bij klein verval: ± 20 à 75% ; groot verval: ± 5 à 20%);
- afvoeren van beken (± 10 à 35% , met name ingeval geringe meetfrequentie en over korte perioden);
- ondergrondse toe- en afstroming (netto kwel naar randmeer);
- zoute kwel onder Afsluitdijk;
- zoutvrachten via sluizen;
- zoute diffusie vanuit bodem IJsselmeer.

De vraag die in de komende tijd zal moeten worden onderzocht is: Hoe en in welke mate moeten de water- en zoutbalansen worden verbeterd?

Verbetering is mogelijk te realiseren door herziening van het meetnet; verbeterde afvoermethoden, (frequentie, meetwijze); toepassing van numerieke rekentechnieken bij de waterbalansstudies met korte tijdstappen, waarbij windinvloed, stromings- en mengingseffecten kunnen worden meegenomen, bij transport in een meer en tussen meren.

CONCLUSIES EN STELLINGEN

1. Bij toepassing van water- en stoffenbalansstudies voor het waterkwaliteitsonderzoek moet *à priori* worden nagegaan aan welke eisen deze balansstudies moeten voldoen inzake betrouwbaarheid, nauwkeurigheid, tijdschaal, modellering om bij toepassing relevante studieresultaten te verkrijgen.
2. Het blijkt niet mogelijk op basis van veldmetingen goedsluitende water- en chloridebalansen op te stellen, daarom dient de toepassing van water- en stoffenbalansen van meren in het IJsselmeergebied voor onder meer waterkwaliteitsstudies met grote omzichtigheid te gebeuren.
Dit geldt met name indien de resultaten van balansen opgesteld over relatief korte perioden worden toegepast.
Deze (on)betrouwbaarheid in de balansresultaten moeten worden verdisconteerd in de conclusies van het (waterkwaliteits)onderzoek.
3. Nader onderzoek dient plaats te vinden naar de grootte van diverse transportmechanismen binnen stagnante bekkens van het IJsselmeergebied (turbulente diffussie en dispersie). Te gemakkelijk wordt vaak uitgegaan - ongeacht de aangehouden tijd- en ruimteschaal - van de onderstelling dat volledige menging binnen een bekken optreedt.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- | | |
|--|---|
| 1. DISTRICT NOORD
(in bewerking)
(1981) Lelystad
district Noord | Wolderwijd-Nulderneau.
Bepaling maandafvoeren beken uit de
gemeten maandafvoeren van de Schui-
tenbeek |
| 2. DISTRICT NOORD
(in bewerking)
(1981) Lelystad
district Noord | Evaluatie beekafvoeren Noord-West
Veluwe |
| 3. DISTRICT NOORD
WWNO-N-800012
(1980) Lelystad
district Noord | Foutenanalyse ijkmetingen sluizen |
| 4. DISTRICT NOORD
WWNO-N-800004
(1980) Lelystad
district Noord | Eutrofiëringsonderzoek Wolderwijd-
Nulderneau.
Foutenanalyse beekafvoeren |
| 5. DISTRICT NOORD
(in bewerking)
(1981) Lelystad
district Noord | Markermeer-Markerwaard.
Waterhuishoudkundig en waterloop-
kundig onderzoek |
| 6. J.P. MAZURE
bijlage IX van het rapport
der commissie Drinkwater-
voorziening Westen des
lands
(1936) | De water- en zoutbalans van het
IJsselmeer |
| 7. R.I.Z.A.
nummer 80.040
S.H. Hosper
(1980) Lelystad
R.I.Z.A. | Resultaten doorspoeling Veluwemeer
in het winterhalfjaar 1979-1980 |

- | | |
|---|---|
| 8. TECHNISCH WERKGROEP SPAARBEEKEN
IJSSSELMEER
TWSIJ-76
(subwerkgroep Water-
kwaliteit) | Beschrijving waterkwaliteit in
het IJsselmeergebied |
| 9. WERKGROEP SANERING IJSSSELMEER
(in bewerking)
R.I.Z.A., Z.Z.W. e.a.
(1981) Lelystad
R.I.Z.A. | Water- en stoffenbalans voor het
kleine IJsselmeergebied |
| 10. Z.Z.W., R.I.Z.A., R.IJ.P.
(1976) nota 286,
Lelystad, Z.Z.W. | Waterstaatkundige werken en water-
kwaliteit in het IJsselmeergebied |
| 11. Z.Z.W., R.I.Z.A., R.IJ.P.,
DISTRICT NOORD
(1978) Lelystad
R.IJ.P. | Eutrofiëringsonderzoek randmeren
Wolderwijd-Veluwemeer (intern
rapport) |
| 12. Z.Z.W.
nota B-62-22
(1962) Lelystad
Z.Z.W. | De water- en chloridebalans van
het Veluwemeer |

Bron: WERKGROEP SANERING IJSSSELMEER

Voorlopige Waterbalans over het gehele gebied.

(IJsselmeer + Ketel- en Vossemeer + Zwarte-, Vollenhover- en Kadoelermeer)

WATER IN 10 ⁶ m ³														GEMIDDELD JAAR & T.O.V. DE TOTALE AANVOER
POST	WINTER				ZOMER			JAAR 1 oktober - 1 oktober			GEMIDDELD JAAR			
	75/76	76/77	77/78	76	77	78	75/76	76/77	77/78					
	IJssel	4.541	5.340	6.086	3.486	5.258	6.635	8.027	10.598	12.721	1976-1978	10.449	76,5 %	
	Zwolse Diep	681	591	1.102	75	358	429	756	949	1.531	1.078	7,9 %		
	NOP	173	179	199	102	132	135	275	311	334	307	2,2 %		
A	Overijssel-overig	121	128	167	4	37	34	125	165	201	164	1,2 %		
A	Flevoland+Roggebotsl.	75	112	129	28	74	47	103	186	176	155	1,1 %		
N	Friesland	222	171	290	0	5	1	222	176	291	230	1,7 %		
V	Noord-Holland	131	147	167	55	83	82	186	230	249	222	1,6 %		
O	Sluizen Afsluitdijk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 %		
E	Markermeer	186	256	405	0	0	0	186	256	405	282	2,1 %		
R	Neerslag	390	437	548	200	362	376	590	799	924	771	5,6 %		
	Totaal aanvoer	6.520	7.361	9.093	3.950	6.309	7.739	10.470	13.670	16.832	13.657			
	Sluizen Afsluitdijk	7.560	8.259	9.542	915	4.110	4.870	8.475	12.369	14.412	11.752			
	Markermeer	58	327	82	1.177	1.273	1.359	1.235	1.600	1.441	1.425			
	Zwolse Diep	0	0	0	14	0	0	14	0	0	4			
A	NOP	14	15	12	60	43	42	74	58	54	62			
F	Overijssel-overig	0	0	0	31	22	17	31	22	17	23			
V	Flevoland+Roggebotsl.	0	0	0	14	10	3	14	10	3	9			
O	Friesland	47	56	46	658	361	374	705	417	420	514			
E	Noord-Holland	13	12	13	73	98	95	86	110	108	101			
R	Wegzijing+Dijkskwel	174	174	174	174	174	174	348	348	348	348			
	Verdamping	176	172	158	791	658	647	967	830	805	867			
	Totaal afvoer	8.042	9.015	10.027	3.907	6.749	7.581	11.949	15.764	17.608	15.107			
	Berging	- 133	+ 170	- 54	+ 182	- 115	- 7	+ 49	+ 55	- 61	+ 14			
	Restpost verschil	-1.389	-1.824	- 880	- 139	- 325	+ 165	-1.528	-2.149	- 715	-1.464			
	Restpost in % t.o.v. de aanvoer	- 21%	- 23%	- 10%	- 4%	- 5%	+ 2%	- 15%	- 16%	- 4%	-10,7 %			

Voorlopige Chloride-balans over het gehele gebied.
(IJsselmeer + Ketel- en Vossemeer + Zwarte-, Vollenhoyer en Kadoelermeer).

Cl ⁻ in 10 ⁶ KG													
	POST	WINTER			ZOMER			JAAR 1 oktober - 1 oktober			GEMIDDELD JAAR	GEMIDDELD JAAR & T.O.V. DE TOTALE AANVOER	
		75/76	76/77	77/78	76	77	78	75/76	76/77	77/78			
A A N V O E R	IJssel	887	1.169	910	856	733	806	1.743	1.902	1.716	1.787	59,0 %	
	Zwolse Diep	61	71	86	12	28	36	73	99	122	98	3,2 %	
	NOP	76	89	91	49	64	61	125	153	152	143	4,7 %	
	Overijssel-overig	9	12	13	1	3	3	10	15	16	14	0,5 %	
	Flevoland+Roggebotsluis	22	50	45	22	45	30	44	95	75	71	2,3 %	
	Friesland	38	43	66	0	1	0	38	44	66	49	1,6 %	
	Noord-Holland	233	233	289	153	192	228	386	425	517	443	14,6 %	
	Sluizen Afsluitdijk	174	173	173	173	173	173	347	346	346	346	11,4 %	
	Markermeer	39	75	101	0	0	0	39	75	101	72	2,4 %	
Neerslag	5	3	8	1	2	2	6	5	10	7	0,2 %		
	Totaal aanvoer	1.544	1.918	1.782	1.267	1.241	1.339	2.811	3.159	3.121	3.030		
A F V O E R	Sluizen Afsluitdijk	1.598	2.326	1.941	288	875	807	1.886	3.201	2.748	2.611		
	Markermeer	12	55	12	273	219	183	285	274	195	251		
	Zwolse Diep	0	0	0	22	0	0	22	0	0	7		
	NOP	2	3	2	13	6	6	15	9	8	11		
	Overijssel-overig	0	0	0	7	3	2	7	3	2	4		
	Flevoland+Roggebotsluis	0	0	0	3	2	0	3	2	0	2		
	Friesland	9	16	9	163	71	57	172	87	66	108		
	Noord-Holland	3	4	3	20	20	15	23	24	18	22		
	Wegzijging+Dijkskwel	30	37	27	40	26	22	70	63	49	61		
Verdamping	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Totaal afvoer	1.654	2.441	1.994	829	1.222	1.092	2.483	3.663	3.086	3.077		
	Berging	- 121	- 597	- 362	+ 687	+ 71	+ 191	+ 566	- 526	- 171	-43,7		
	Restpost/verschil	+ 11	+ 74	+ 150	- 249	- 52	+ 56	- 238	22	+ 206	- 3,3		
	Restpost in t.o.v. de totale aanvoer	+0,7%	3,9%	+8,4%	-20%	- 4%	+ 4%	- 8%	+0,7%	+ 7%	-0,1%		

TABEL 3

(bron: projectgroep onderzoek eutrofiëring Wolderwijd)

WATER- EN CHLORIDEBALANSEN WOLDERWIJD EN VELUWEMEER

Wolderwijd 1978	Waterhoeveelheden		Veluwemeer juli 1979 t/m juni 1980	Waterhoeveelheden		Chloride	
	$\times 10^6 \text{ m}^3$	in%		$\times 10^6 \text{ m}^3$	in%	$\times 10^6 \text{ kgCl}^-$	in%
aanvoer			aanvoer				
neerslag	18,2	31	neerslag	31,0	13	0,3	1
beken	13	22	beken	41,1	17	1,3	4
Puttershuis (gem)	3,7	6	gemalen Veluwe	10,5	4	0,5	2
lek via sluizen	2,0	3	gemaal Lovink	109,6	45	31,2	87
kwel Knardijk	2,8	5	RWZI's	12,6	5	1,5	4
kwel bodem	18,8	32	kwel	39,6	16	0,7	2
totaal	59,0	100	totaal	244,3	100	35,8	100
afvoer			afvoer				
verdamping	16,0	38	verdamping	28,6	12	0	0
sluizen	9,3	22	sluizen	133,4	57	29,2	61
Puttershuis	0,2	0,5	polders Veluwe	0,6	0	0,1	0
leksluizen	5,3	13	wegzijging	72,0	31	12,0	38
wegzijging	11,4	27	totaal	234,6	100	31,3	
totaal	42,1	100	berging	-3,4		4,1	
berging	-0,8		sluitpost	13,1	5	0,4	1
sluitpost	16,5	28					

TABEL 4

GROOTTE SLUITPOST MAANDBALANSEN WOLDERWIJD IN 1978

Maand	Aanvoer in 10^6 m^3	Afvoer in 10^6 m^3	Berging in 10^6 m^3	Sluitpost	
				in 10^6 m^3	in % aanvoer
januari	7,4	5,4	-1,5	3,5	47
februari	4,4	3,1	1,4	-0,1	-1
maart	8,5	2,6	2,9	3,1	36
april	4,0	3,1	-0,4	1,3	31
mei	3,4	3,6	0,6	-0,7	-21
juni	3,9	4,1	-0,6	0,4	10
juli	3,7	3,9	0,2	-0,4	-11
augustus	4,2	3,5	-0,3	1,0	25
september	4,2	2,9	1,7	-0,3	-8
oktober	3,6	2,8	-1,8	2,6	71
november	3,4	4,0	-2,8	2,2	65
december	8,2	4,3	-0,1	3,9	48
	59,0	42,1	-0,8	16,5	

4.5. UITSPOELING EN AFSPOELING VAN STIKSTOF EN FOSFAAT

J.H.A.M. Steenvoorden

(Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding)

Als onder invloed van neerslagoverschotten voedingsstoffen een zodanige diepte in de bodem hebben bereikt dat terugkeer via capillaire opstijging niet meer mogelijk is, wordt in deze bijdrage gesproken over uitspoeling. In de regel kan hiervoor een diepte van 1,0-1,25 m-mv worden aangehouden.. .

Onder afspoeling wordt verstaan het transport van neerslag over het bodemoppervlak naar oppervlaktewater. Afspoeling doet zich voor in situaties dat de neerslagintensiteit de infiltratiecapaciteit van de bodem overtreft en bovendien alle oneffenheden in het terrein met neerslag zijn opgevuld. In de winterperiode kan door dooi van sneeuw en ijs of door neerslag op een bevroren bodem eveneens afspoeling optreden.

Elke grond heeft een zeker eindig vermogen om anorganische fosfaten vast te leggen. De hiervoor verantwoordelijke processen zijn adsorptie en precipitatie. De mobiliteit van anorganische fosfaten is daardoor beperkt, in tegenstelling tot die van organische fosfaten. Na mineralisatie van de organische P-verbindingen gedragen deze zich als anorganische fosfaten. Fosfaatuitspoeling kan zich dus voordoen als de doseersnelheid van organische fosfaten de mineralisatiesnelheid overtreft of als de fosfaatvastleggingscapaciteit van de bodem volledig is benut.

Als gevolg van voornoemde processen zal uitspoeling van P tot grotere diepten dan ca. 1 meter zich op dit moment alleen in extreme situaties voordoen. De concentraties die in het grondwater in zandgebieden onder zowel landbouwgrond als natuurlijke terreinen worden gevonden liggen doorgaans in het traject van 0,01 tot 0,3 g.m⁻³ totaal-P en soms iets hoger. Vanuit het oogpunt van de huidige P-belasting van het oppervlaktewater in het IJsselmeergebied is afspoeling van landbouwgrond een veel belangrijker proces dan uitspoeling. Een deel van de bodem in het gebied van de Westelijke Veluwe en de Gelderse Vallei bestaat uit minder goed doorlatend lemig, fijn zand en is bovendien soms slecht ontwaterd. In neerslagrijke perioden treedt op deze gronden een afspoeling op die van jaar tot jaar sterk kan wisselen. Modelberekeningen voor de periode september 1961 tot juni 1979 laten een minimum zien van 0 mm, een maximum van 93 mm en een gemiddelde van ca. 25 mm per jaar (STEENVOORDEN, BUITENDIJK, 1980).

De N- en P-concentraties in de afspoelende neerslag zijn afhankelijk van de mestgift en o.a. de periode die verstrijkt tussen mestgift en moment van oppervlakteafvoer. Op een proefveld in Achterveld zijn bij praktijk doseringen van ca. 20 m³ runderdrijfmest per ha grasland één dag na toediening concentraties gemeten van ca. 6 g.m⁻³ totaal-P en ca. 50 g.m⁻³ Kjeld.-N. Na verloop van twee weken, waarin ongeveer 45 mm neerslag was geïnfiltreerd, daalden de gehalten tot ca. 0,5 g.m⁻³ P en 3 g.m⁻³ N. Indien na een bemesting op bevroren grond dooi optreedt kunnen nog hogere gehalten in het afstromende water worden gemeten (OOSTEROM, STEENVOORDEN, 1981).

Uitspoeling van stikstof op landbouwgrond doet zich vrijwel uitsluitend voor in de vorm van NO₃⁻. Dit nitraat is zeer mobiel en verplaatst zich in de ondergrond met een snelheid die vrijwel gelijk is aan die van het grondwater. Van de toegediende stikstof spoelt bij grasland op zandgrond ca. 10-20% uit en bij bouwland op zandgrond, bebouwd met snijmais en uitsluitend bemest met dierlijke meststoffen ca. 25-30%. De gehalten in het bovenste grondwater (1-2 m-mv) lopen bij grasland op tot enkele tientallen g.m⁻³ N en bij bouwland met snijmais tot ca. 150 g.m⁻³ N bij een gift van 300 m⁻³.ha.⁻¹jr⁻¹ runderdrijfmest (STEENVOORDEN, 1981). Tijdens het transport door de ondergrond kan NO₃⁻ verdwijnen door denitrificatie. Over dit proces is nog weinig met zekerheid bekend.

In twee beekgebieden op de Westelijke Veluwe is de P- en N-afvoer nagegaan en de bijdrage van de verschillende bronnen. Bij de Barneveldse Beek is in 1977, een jaar dat gekenmerkt is door een oppervlakteafvoer van ± 20 mm in november, een P-toevoer vanuit de landbouw berekend van 0,3 kg P per ha afwaterend oppervlak en een N-toevoer van ca. 17 kg N (STEENVOORDEN, 1981). De Nattegatsloot, nabij Scherpenzeel, is in de periode april 1979 tot april 1980 onderwerp van studie geweest. De bijdrage door diffuse landbouwbronnen bedroeg per ha afwaterend oppervlak ca. 11 kg P en 40 kg N. Ongeveer de helft van de P-toevoer en één derde van de N-toevoer kwam tot stand in de maand februari die gekenmerkt werd door omvangrijke afspoeling als gevolg van dooi (HOEKSTRA, STEENVOORDEN, 1981).

STELLINGEN

1. Voor de huidige P-belastingssituatie van de randmeren en het IJsselmeer is ten aanzien van de bijdrage door de landbouw afspoeling van veel grotere betekenis dan de uitspoeling. Voor N geldt het omgekeerde.
2. Ter vermindering van de N- en P- bijdrage door afspoeling dienen regels te worden gesteld ten aanzien van de minimum opslagcapaciteit van mest en het uitrijden van mest in de winterperiode. Verbetering van de ontwatering van slecht ontwaterde gebieden zal leiden tot een vermindering van de hoeveelheid oppervlakteafvoer.
3. Nagegaan dient te worden of het mogelijk is om de activiteiten van de Mestbank Gelderland zodanig te sturen dat afvoer van mestoverschotten uit gebieden die gevoelig zijn voor afspoeling, extra wordt bevorderd.
4. Een substantiële vermindering van de N-toevoer uit landbouwgrond is slechts mogelijk door belangrijke beperkingen op te leggen aan de N-bemesting van met name bouwland.
5. Met name de P-belasting van oppervlaktewater door landbouwgrond in het gebied van de Westelijke Veluwe en de Gelderse Vallei wordt veelal gekenmerkt door een van jaar tot jaar sterk fluctuerende bijdrage, samenhangend met de afspoelingssituatie.

LITERATUUR

- HOEKSTRA, J.Th., 1981. Phosphorus load from diffuse sources for the surface water in the watershed Nattegatsloot. Workshop MAB on: Impact of non point sources on water quality in watersheds and lakes, Amsterdam 1981 (Proceedings in progress).
- OOSTEROM, H.P., J.H.A.M. STEENVOORDEN, 1980. Chemische samenstelling van oppervlakkig afstromend water. Nota 1237, ICW, Wageningen.
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1981-a. Phosphate and nitrogen load for the surface water of the Barneveldse Beek in 1977. Workshop MAB on: Impact of non point sources on water quality in watersheds and lakes, Amsterdam 1981. (Proceedings in progress).
- _____, 1981-b. De gevolgen van het landbouwkundig bodemgebruik voor de chemische samenstelling van grond- en oppervlaktewater. Nota 1264, ICW-Wgn.
- _____, J. BUITENDIJK, 1980. Oppervlakteafvoer. In: Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels. Rapporten en nota's no. 5 (87-93), Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, Den Haag.

4.6. WATERHUISHOUDING WESTELIJKE RANDMEREN/MARKERMEER/IJMEER IN RELATIE MET
EEN AANLEG VAN DE MARKERWAARD

Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging,
District Noord,
Ir. J.G. Verlaan.

1. INLEIDING

Het onderzoek staat in verband met de aanleg van de Markerwaard. Door de inpoldering van de Markerwaard wordt het oppervlak van het huidige Markermeer c.a. tot ongeveer de helft gereduceerd. Bovendien komt er een extra water- en chloridebezwaar op een der resterende meren door de uitslag van de Markerwaard, terwijl wordt overwogen tussen de westelijke randmeren en de IJmeerboezem een boezemscheiding te realiseren. Genoemde ingrepen kunnen gevolgen hebben voor de water- en chloridehuishouding van dit gebied.

Voor niet-langwerpige meren (b.v. IJsselmeer, Markermeer, Veluwemeer, Wolderwijd e.d.) kan bij studie naar veranderingen in de ruimte en de tijd van het chloridegehalte volstaan worden met een balansmodel dat uitgaat van volledige menging over de balansperiode en waarin windinvloeden worden verwaarloosd. In een dergelijk model vindt alleen een "netto"-uitwisseling tussen compartimenten plaats, zodat het waterpeil op alle delen gelijk is. Het doel van dit waterhuishoudkundig onderzoek is het ontwikkelen van een water- en chloridebalansmodel, waarin ook effecten zoals uitwisseling tussen de compartimenten als gevolg van opwaaiingsverschijnselen e.d. worden meegenomen.

Dit onderzoek is nog gaande.

2. PROBLEEMSTELLING

Door het maken van oeververbindingen en/of scheidingsdammen zal een toekomstig randmeer van de Markerwaard worden verdeeld in een aantal compartimenten, waarbij het ene compartiment een veel hoger chloridegehalte kan hebben dan het andere.

Het chloridegehalte van het water binnen deze compartimenten zal onder

andere bepaald worden door menging als gevolg van:

- "bruto"-uitwisseling tussen twee compartimenten. Hieronder wordt verstaan de eerdergenoemde "netto"-uitwisseling met daarop gesuperponeerd de heen- en weergaande waterbeweging ten gevolge van op- en afwaaiings-effecten. Met name de invloed van vernauwingen op de heen- en weergaande waterbeweging en het daarmee gepaard gaande netto (chloride flux) chloridetransport is het onderwerp van dit onderzoek.
- menging van water en chloride over het compartiment door transport, dat optreedt als gevolg van door de wind opgewekte circulatiestromen en turbulente diffusie.

Een van het bovenstaande afgeleide probleemstelling is hoe door middel van doorspoeling van de randmeren met water uit het IJsselmeer en door middel van het aanleggen van een scheidingsdam met een smalle opening de "bruto" onderlinge uitwisseling van water en stoffen tussen twee compartimenten gereduceerd kan worden ten opzichte van de situatie zonder compartimentering.

CONCLUSIES EN STELLINGEN

1. Het in de beschouwingen over de waterkwaliteit in de Markerwaard randmeren meenemen van de "bruto"-wateruitwisseling tussen compartimenten is noodzakelijk in verband met het daardoor plaatsvindende diffusief stoffen-transport.
2. Het toepassen van een scheidingsdam met een nauwe open (scheepvaart?) verbinding tussen twee compartimenten beperkt slechts in zeer geringe mate de "bruto"-uitwisseling tussen de twee compartimenten.
3. Het door middel van doorspoeling van de westelijke randmeren met IJsselmeerwater reduceren van het chloridegehalte is effectief bij een doorspoeldebiet van circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$.
4. Het chloridetransport tussen twee compartimenten als gevolg van op- en afwaaiingseffecten is groot ten opzichte van het transport door middel van turbulente menging.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- | | |
|--|--|
| 1. DISTRICT NOORD
(in bewerkingen)
(1981) Lelystad
district Noord | Markermeer-Markerwaard.
Waterhuishoudkundig en water-
loopkundig onderzoek |
| 2. TECHNISCHE WERKGROEP SPAARBEEKEN
IJSSELMEER
TWSIJ-76
(subwerkgroep Waterkwaliteit) | Beschrijving waterkwaliteit
in het IJsselmeergebied |
| 3. Z.Z.W., R.I.Z.A., R.IJ.P.
(1976) nota 286
Lelystad, Z.Z.W. | Waterstaatkundige werken en
waterkwaliteit in het IJssel-
meergebied |

4.7. ZOUTHUISHOUDING IJSSELMEER

Ir. J. Haasnoot,
Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland.

Het IJsselmeer is één van de oppervlaktewateren welke bestemd zijn voor de bereiding van drinkwater. Als zodanig dient het IJsselmeerwater te voldoen aan bepaalde kwaliteitsnormen, waaronder die voor het chloridegehalte. In het ontwerpbesluit Kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren (zie Nederlandse Staatscourant nr. 144, d.d. 31-7-1981) wordt als norm een maximum gehalte van 200 mg Cl'/l genoemd, in overeenstemming met de desbetreffende EG-Richtlijn^x. Uiterlijk 1 januari 1985 moet aan deze normstelling worden voldaan. Tot nu toe wordt een norm van 200 mg/l, gerekend over een langdurige periode, in bijna de helft van de tijd overschreden. Het is dus zaak het kwaliteitsbeheer van het IJsselmeer mede op een terugdringen van het zoutgehalte te richten.

Met de beoogde, en tot heden nog niet gerealiseerde sanering van de Rijn (de uitvoering van het zoutverdrag) zal het chloridegehalte van het IJsselmeer niet tot het gewenste niveau dalen. De zoutbelasting van het IJsselmeer zal door deze maatregelen bij elk van de drie voorgenomen fasen met nog geen 4 kg/sec worden verlaagd. Veel effectiever en - evenzo belangrijk - sneller te realiseren, zijn de maatregelen "in eigen huis". Daarvan kunnen worden genoemd:

- de afleiding van het uitslagwater van de Wieringermeer naar de Waddenzee;
- de aanleg van het Oostvaardersdiep voor afvoer van het uitslagwater van de Flevopolders naar het Noordzeekanaal;
- zoutbestrijdingsmaatregelen bij de sluizen in de Afsluitdijk;
- een mede op de zouthuishouding van het IJsselmeer gericht stuwprogramma van de Nederrijn.

x Deze getalswaarde ligt hoger dan de in discussie zijnde norm, c.q. streefwaarde voor de kwaliteit van drinkwater in de voorgenomen wijziging van de Waterleidingwet, resp. Aanbevelingen van de VEWIN (150, resp. 100 mg/l).

De chloridebelasting door de Wieringermeer bedraagt ruim 500 miljoen kg/jaar (16 kg/sec), dat is 17% van de totale chloridebelasting. Het afleiden van het uitslagwater zal het chloridegehalte van het IJsselmeerwater ter plaatse van de huidige innamepunten (het pompstation Andijk van het PWN en het pompstation Enkhuizen van de WRK) met 20 à 25 mg/l verlagen. Tezamen met andere voorzieningen en beheersmaatregelen wordt het mogelijk geacht met interne maatregelen het chloridegehalte van het IJsselmeerwater met ca. 40 mg/l te verlagen. Met een dergelijke verlaging zal de kwaliteitsnorm van 200 mg Cl'/l nog niet onder elke omstandigheid worden bereikt. Reden te meer om in ieder geval die maatregelen te treffen waarvan vast staat dat die een bepaald gunstig effect hebben.

Als onderzoeksgebied wordt op grond van het bovenstaande een optimalisatie van de zouthuishouding van het IJsselmeer zeer gewenst geacht. Dit zou moeten worden gericht op een kwantificering van de effecten van alle in aanmerking komende voorzieningen en beheersmaatregelen, met inbegrip van een op deze optimalisatie gericht waterhuishoudkundig beheer van Rijn en IJssel.

4.8. VERSCHILLEND VERLOOP VAN CHLOROPHYL-A EN PART-N BIJ EEN VERANDERENDE
ALGENSAMENSTELLING IN EEN FRIES OSCILLATORIA MEER

J.R. Moed en H. De Haan.

Limnologisch Instituut, Tjeukemeer Laboratorium 8536 VD Oosterzee.

INLEIDING

Het Tjeukemeer is een ondiep meer in Zuid-Friesland (gemiddelde diepte ca. 1,5 m; oppervlakte ca. 21 km²) en staat via Groote Brekken en Follegasloot met het IJsselmeer in verbinding. Het maakt deel uit van het Friese boezemsysteem. Met dit systeem wordt door de waterschappen het grondwaterpeil in de polders gereguleerd. Dit betekent dat in de winter het wateroverschot van veenpolders in het meer gepompt wordt. Dit polderwater is humusrijk, de concentratie van fulvinezuren varieert tussen 20 en 50 mg l⁻¹ (De Haan, 1975), en hypertroof (Tot-P ca. 0,5 mg l⁻¹; Tot-N ca. 10 mg l⁻¹). Vanwege de hoge Ca⁺⁺ (tussen 36 en 56 mg l⁻¹) en HCO₃⁻ (tussen 79 en 122 mg l⁻¹) concentraties wordt de pH in het veenachtige Tjeukemeer niet kleiner dan 7,5. Het water dat vanaf april-mei vanuit het IJsselmeer het Tjeukemeer binnenstroomt wordt voor een gedeelte gebruikt voor inlaat in de polders aan het Tjeukemeer. Een ander gedeelte stroomt weg via de Broeresloot en Pier Christiaansloot. Dit water wordt ingelaten in de polders ten oosten van het Tjeukemeer of opgemalen naar de hogere gronden (totaal 30%). Verder wordt een gedeelte doorgevoerd naar Overijssel (50%) en naar de N.O.P (20%). De aangegeven percentages gelden voor 1978 (Geraedts, 1980). IJsselmeerwater is betrekkelijk helder en chloriderijk (ca. 200 mg l⁻¹), daarom kan chloride als hydrologische parameter worden gebruikt. De hoeveelheden IJsselmeerwater die in 1978 maandelijks de Friese boezem werden binnengelaten, zijn in Fig. 1 weergegeven, totaal ca. 400.10⁶ m³. Ongeveer 10% hiervan stroomde door het Tjeukemeer (Geraedts, 1980), hetgeen in een geleidelijke verhoging van de chloride concentratie resulteerde (Fig.2). In een normale zomer is het Tjeukemeer dan ook omstreeks augustus-september met IJsselmeerwater gevuld. Dit geeft aan dat het Tjeukemeer ook tot het IJsselmeergebied gerekend kan worden.

Regelmatig limnologisch onderzoek aan het Tjeukemeer werd in

1966/1967 door Dr. H.L. Golterman, binnen het kader van het Internationaal Biologisch Programma, gestart. Door analyse van algologische gegevens is aangetoond dat in ieder geval sinds 1972 draadvormige blauwalgen gedurende een groot deel van het jaar overheersen. In maart en april kunnen diatomeeën 50-70% bijdragen aan het algenvolume. Vanaf 1972 is er ook sprake van een duidelijke algenperiodiciteit. In 1979 is een vijf-jarenplan opgesteld, volgens welke de Werkgroep Algologie deze periodiciteit tracht te verklaren. (Moed, 1979). De meest opvallende karakteristiek binnen de periodiciteit der blauwalgen is de overheersende positie van Oscillatoria agardhii welke vrijwel ieder jaar omstreeks juli begint. Ook andere Friese meren, randmeren van Flevoland en IJsselmeer worden gekenmerkt door een meer of minder voortdurende bloei van deze blauwalg (Wanders et al, 1980; Werkgroep Spaarbekken IJsselmeer, 1977).

Beschrijving en analyse van de eigenschappen van O. agardhii is dan ook van grote betekenis voor het evalueren van de eutrofiëring en de gevolgen daarvan voor het IJsselmeergebied. In het kader van de discussiebijeenkomst "Waterkwaliteit en Waterkwantiteit in het IJsselmeergebied" willen wij dan ook de aandacht vestigen op een verschijnsel dat mogelijk samenhangt met het dominant worden van een O. agardhii populatie.

Probleemstelling

Bij een veranderende blauwalgensamenstelling, resulterend in hogere dichtheden van O. agardhii werd een afname van chlorophyl-a en een sterke toename van Part-N ($>0,2 \mu\text{m}$) gemeten.

Toelichting

Het verloop van chlorophyl-a vertoont in 1978 de meest uitgesproken maxima in maart en mei (Fig.3), overeenkomend met maximale dichtheden van diatomeeën respectievelijk blauwalgen (uitgezonderd O. agardhii). Alhoewel Part-N in deze maanden ook een sterke toename vertoont, worden de hoogste waarden juist tijdens de zomer gevonden (Fig. 4). De toename van 2 tot 4 mg l^{-1} tussen half juni en half juli is daarom

opvallend en vraagt om een nadere verklaring. In deze periode neemt ook Part-P met 20% toe (Fig. 5), maar een aanzienlijke toename voor het Part- C.O.D. (80%) blijkt pas van half juli tot half augustus op te treden (Fig. 6). Tussen half augustus en half september neemt het Part-N aanzienlijk af. In deze periode verandert het chlorophyl-a gehalte niet veel, aanvankelijk in augustus ook een afname maar in september weer een geringe toename. Mogelijk hangt dit ook samen met een opwarreling van bodemmateriaal tengevolge van windwerking. Half september werd namelijk behalve voor de vertoonde maxima van Part-P en Part-C.O.D. ook een plotseling optredend maximum van Tot-Fe waargenomen. (Fig.7). De toename van Part-N in de zomer komt ook in het verloop van de Tot-N tot uiting (Fig. 8). Tot-N bedraagt in de winter van 1977/1978 8 mg l^{-1} , waarna geleidelijk een afname tot 3 mg l^{-1} optreedt. Uitzakkende algenpopulaties zullen hierbij een belangrijke bijdrage leveren. Omstreeks het tijdstip dat nitraat minimaal is geworden ($< 50 \mu\text{g l}^{-1}$) neemt Tot-N weer toe. Voorlopig wordt aangenomen dat dit mogelijk is vanwege mineralisatieprocessen op de bodem. Daarbij vrijkomende stikstof wordt ingebouwd en geeft weer een stijging van Tot-N in het vrije water.

De vraag rijst nu welke organismen zijn hierbij betrokken. Van 6 - 20 juni werd een toename van O. limnetica, daarna tot augustus een toename van O. agardhii geteld (Tabel 1). Verder is er vrijwel alleen sprake van een aanzienlijke reductie van aantallen. Hieruit blijkt dat van de blauwalgen alleen O. agardhii in aanmerking komt voor de relatief hoge N-consumptie tussen 5 en 18 juli. Hiertegen pleit echter: (o.a.) de sterke daling van Part-N begin september bij gelijk blijvende dichtheid van O. agardhii en globaal hetzelfde chlorophyl-gehalte.

Een voorlopige analyse van zoöplankton gegevens heeft ook nog niet tot een doorbraak geleid. Nader onderzoek met daarbij het accent op fractionering d.m.v. dichtheid gradient centrifugatie lijkt ons gewenst.

SAMENVATTING

Het Tjeukemeer wordt in normale zomers met IJsselmeerwater gevuld en kan daarom tot het IJsselmeergebied worden gerekend.

Tijdens de zomer van 1978 werd in het Tjeukemeer achtereenvolgens een aanzienlijke toename en afname van Part-N gemeten, welke niet of nauwelijks tot uiting kwamen in het chlorophylverloop. De dichtheid van de dominante blauwalg Oscillatoria agardhii nam tijdens de toename van Part-N ook toe, maar bleef gelijk toen Part-N sterk daalde. Nader onderzoek is noodzakelijk.

STELLING

Het Tjeukemeer wordt in normale zomers met IJsselmeerwater gevuld en kan daarom tot het IJsselmeergebied worden gerekend.

Tabel 1. Dichtheden blauwalgen in het Tjeukemeer in 1978 (draden per ml⁻³).

	6-6	20-6	5-7	18-7	1-8	15-8	29-8	12-9	26-9
Aphanizomenon f.a.	22,6	17,5	6,2	4,8	1,0	1,2	2,7	5,3	5,6
Lyngbya sp.	26,7	31,0	5,3	2,7	1,4	1,0	1,0	1,3	1,6
Oscillatoria agardhii	3,9	4,2	6,2	10,7	19,4	21,8	22,8	24,7	20,0
O. limnetica	10,6	16,9	2,2	2,0	0,7	0,4	0,1	0,6	0,2
O. redekei	96,5	55,5	50,4	11,2			1,1	1,1	3,4

LITERATUUR

DE HAAN, H. (1975). Limnologische Aspecten van Humusverbindingen in het Tjeukemeer. Dissertatie; R.U. Groningen; drukkerij Zuid-Friesland, Lemmer.

GERAEDTS, J.M. (1980). Inventarisatie van Gegevens in verband met Hydrologische Studie van het Tjeukemeer. Studentenverslag 1980 - 2.

MOED, J.R. (1979). Onderzoek-programma (1979 - 1983) van de Werkgroep Algologie. Nota 1979 - 12.

WANDERS, B., H. DE NIE, B. RICHTER, A. FRANK-LANDMAN en K. SWART. (1980). Gevolgen van Koelwaterlozing op Groei en Voorkomen van Plankton in het Bergumermeer. Intern Verslag 1980 - 2.

WERKGROEP SPAARBEEKEN IJSSELMEERGEBIED (1977). Ecologische Aspecten van de Aanleg van een Spaarbekken in het IJsselmeergebied. Rapport uitgebracht door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening en Directie van de Visserijen.

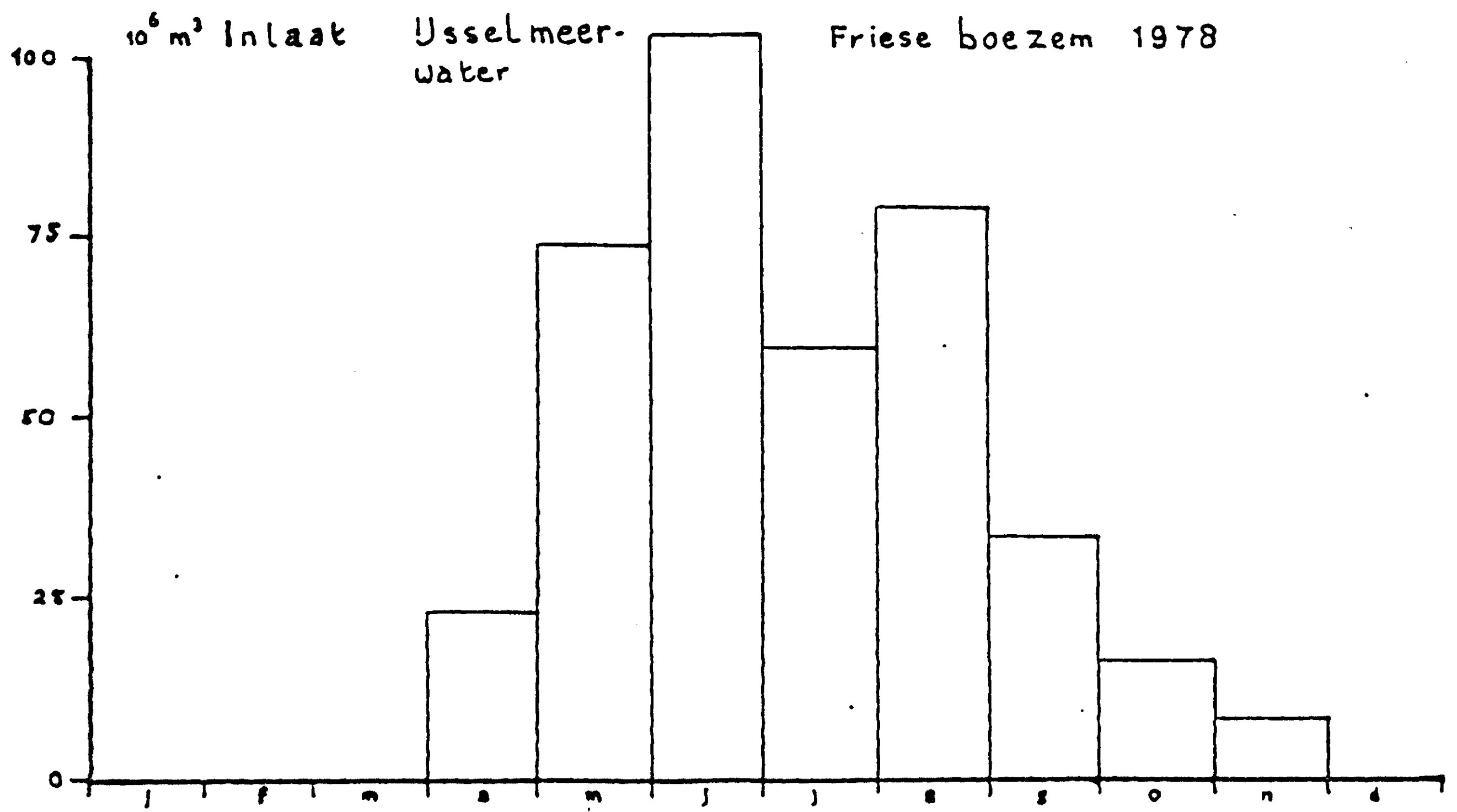


Fig. 1.

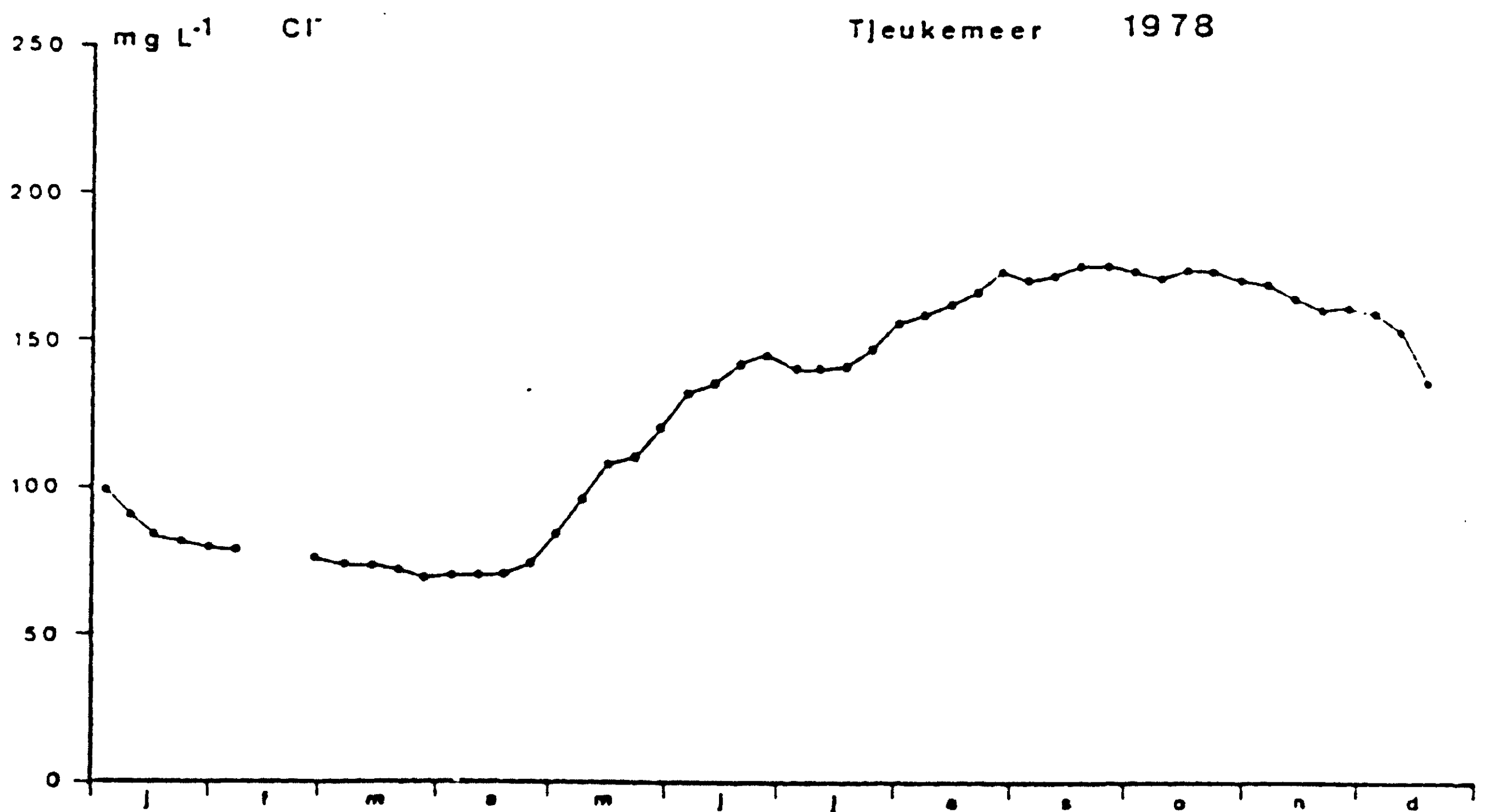


Fig. 2.

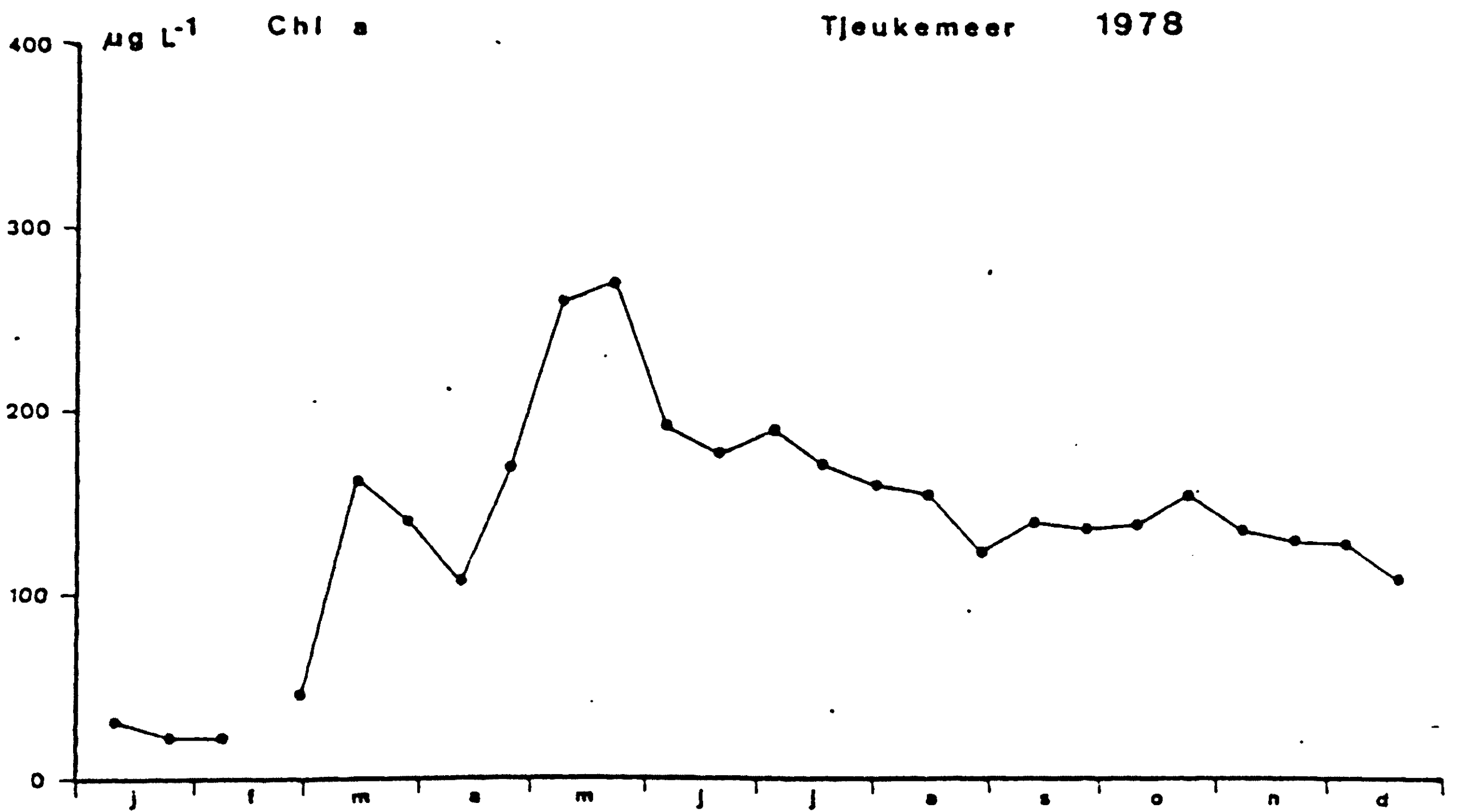


Fig. 3.

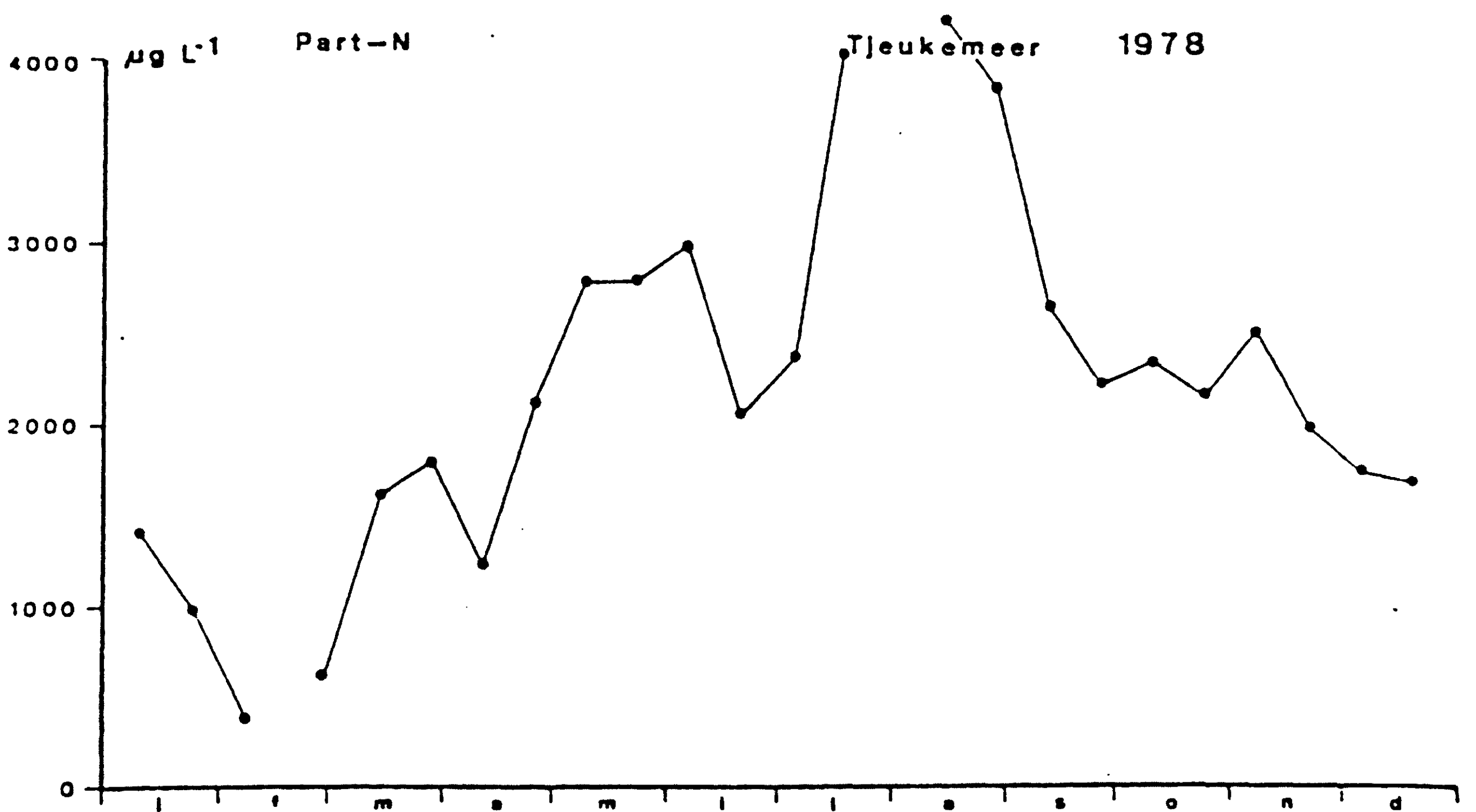


Fig. 4.

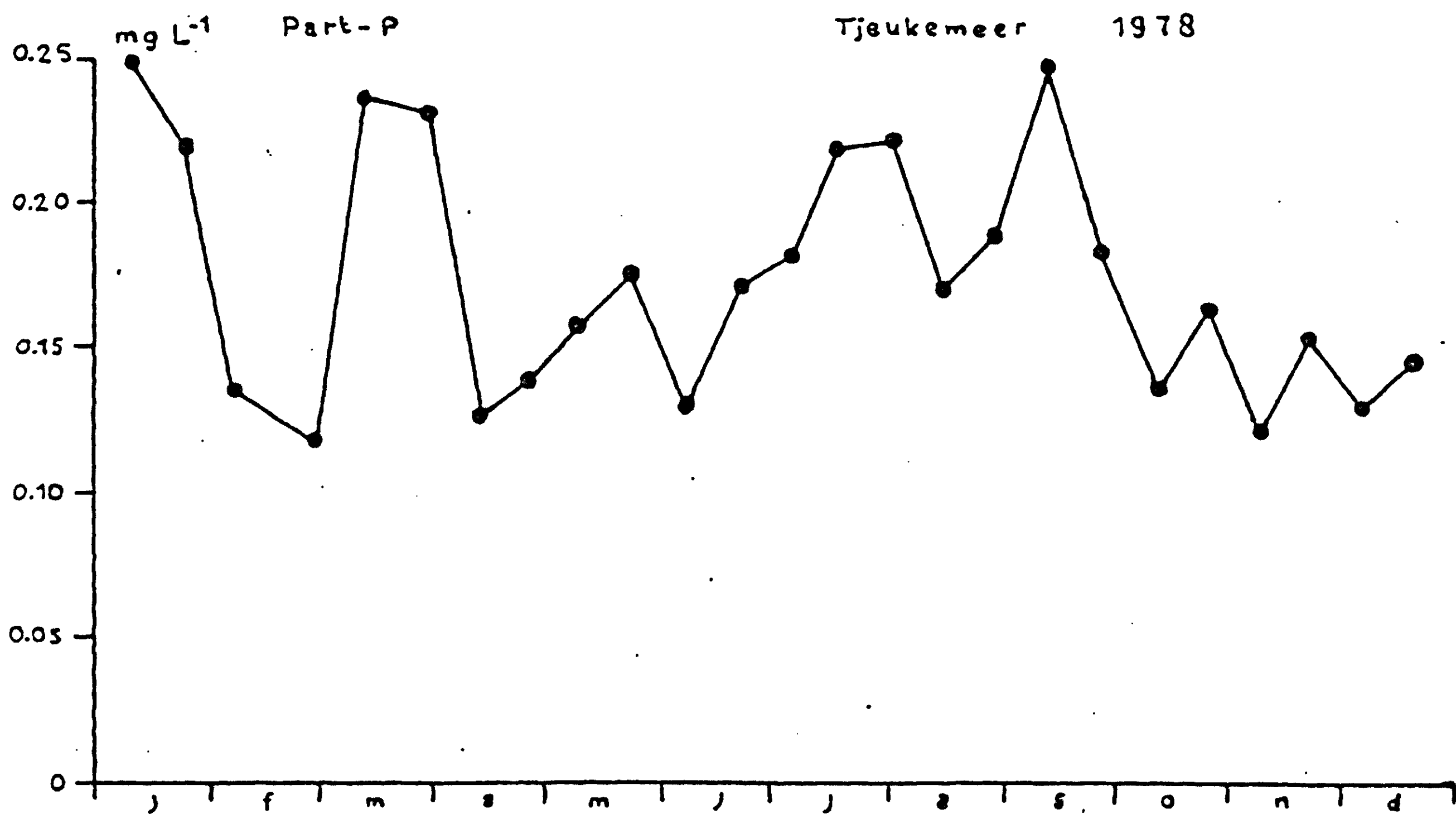


Fig. 5.

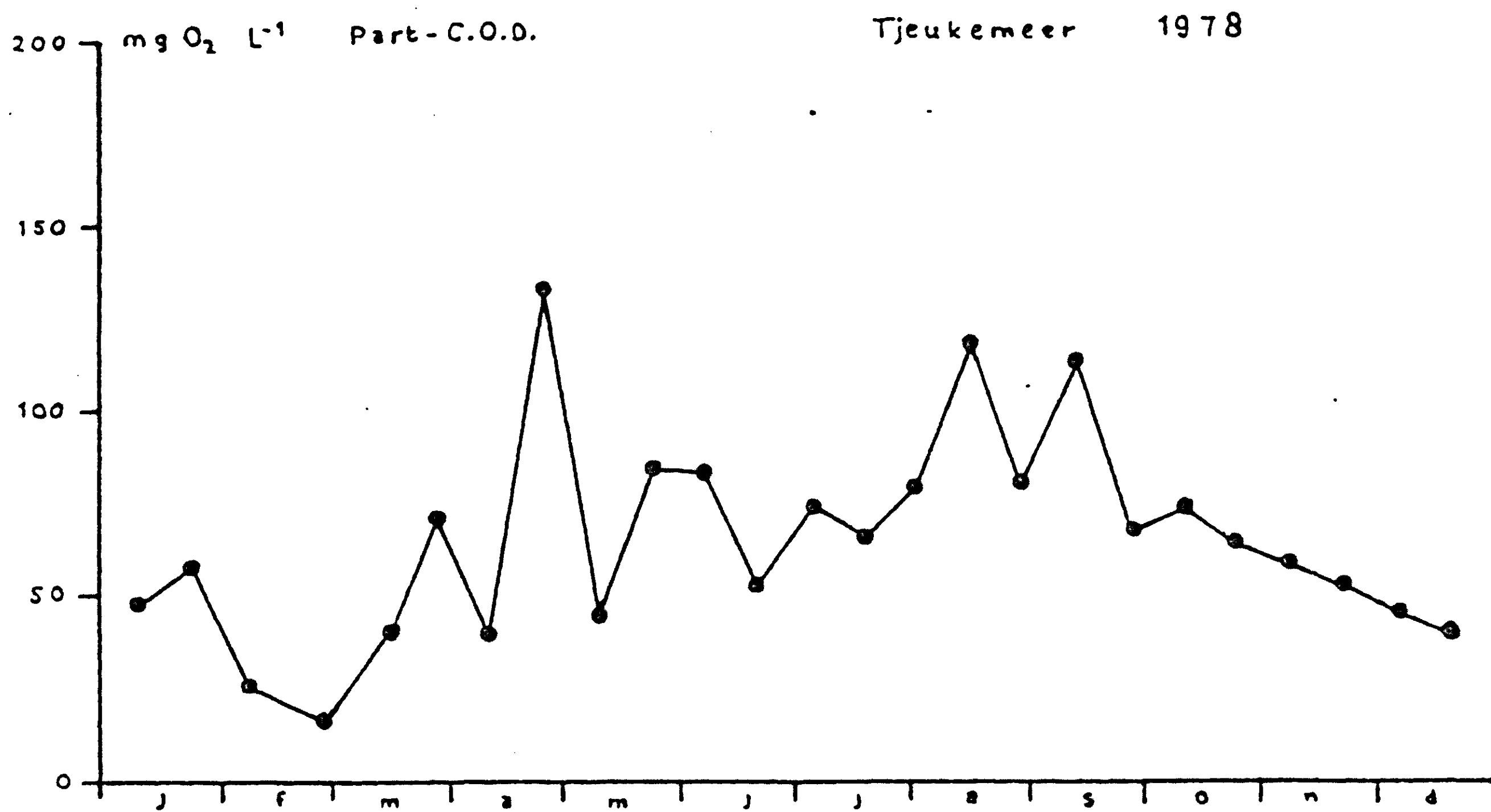


Fig. 6.

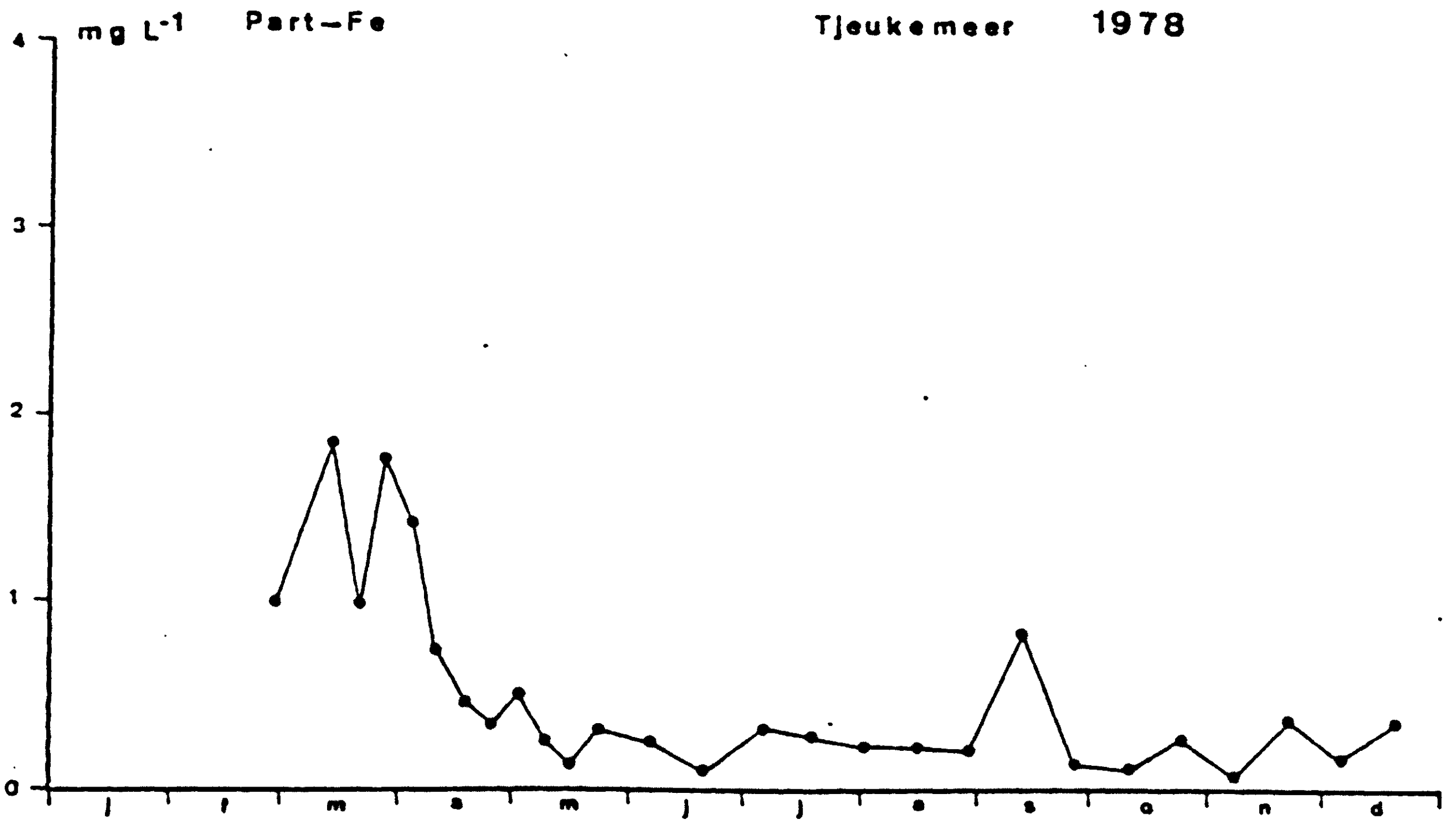


Fig. 7.

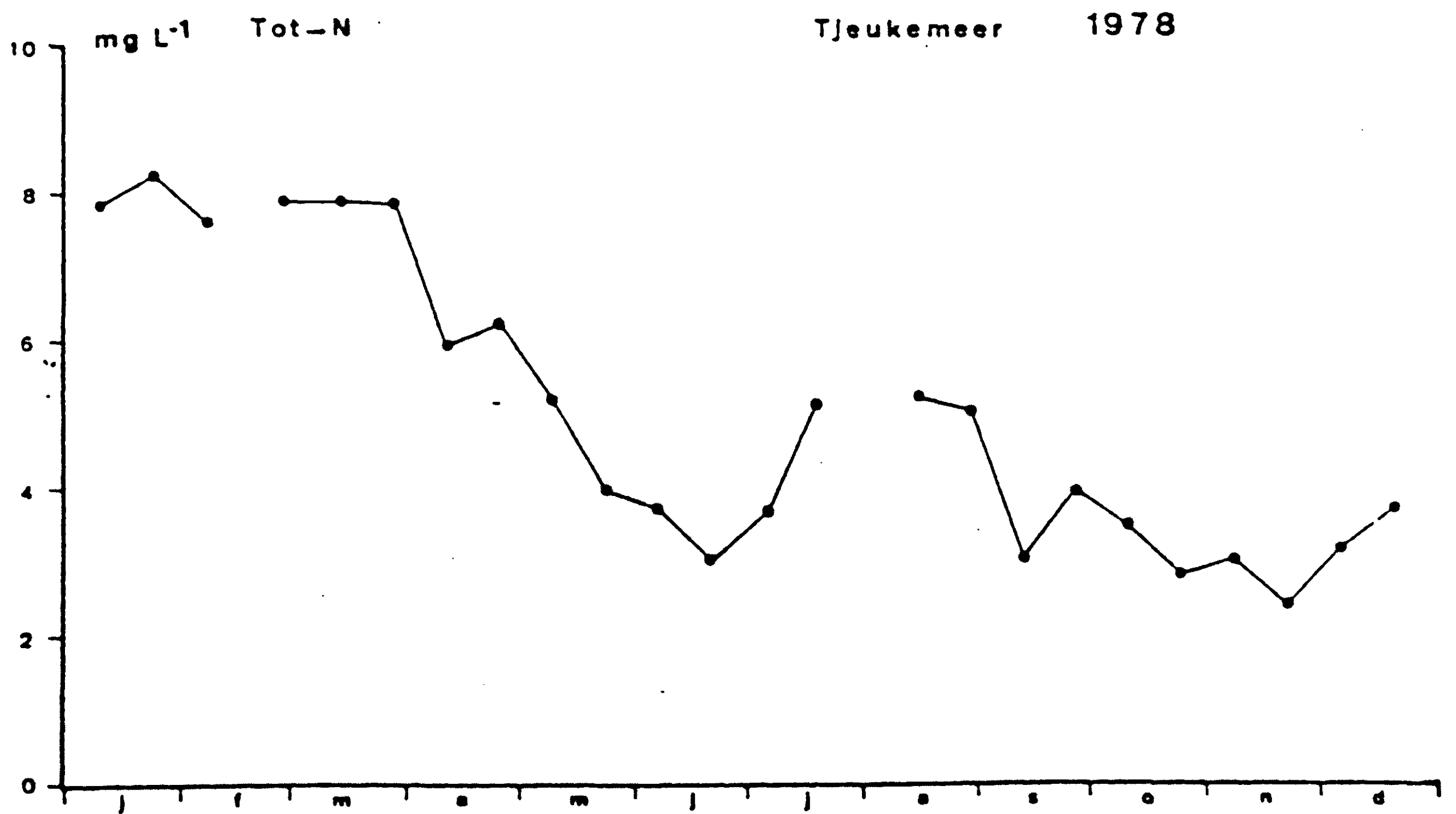


Fig. 8.

4.9. Water- en stoffen-balansen Wolderwijd - Nulderneauw

J.E.G. Bouman, RIJP

In het kader van het eutrofiëringsonderzoek Wolderwijd - Nulderneauw zijn met een daartoe ontwikkeld computerprogramma over de periode mei 1976 t/m september 1979, maandelijks balansen opgesteld voor water, chloride, P-totaal en N-totaal.

De balansen moesten inzicht verschaffen in de nutriëntenbelasting van de meren en de voorraadverandering aan nutriënten in het meerwater over de seizoenen.

Daartoe zijn alle direct of indirect meetbare transporten in het veld gemeten, zoals: neerslag, verdamping, beek-transporten, schut-transporten, spui-transporten, uitslag en inlaat van polders. Een aantal transporten konden niet in het veld gemeten worden, zoals kwel, wegzijging en lekkage bij de sluizen.

In eerste instantie is de chloride-balans in combinatie met de water-balans gebruikt om de kwel en wegzijging te schatten. De maandelijkse variatie in de aldus berekende kwel en wegzijging was echter zo groot dat het vermoeden ontstond dat de lekkage bij de sluizen groot moest zijn.

Nader onderzoek in die richting toonde dat ook aan.

De volgende stap was dan ook via een grondwatermodel, gebaseerd op de eindige elementenmethode, een schatting van de kwel en wegzijging te maken en via allerhande aannamen een redelijke schatting van de lekkage van de sluizen te verkrijgen.

Op de balansen werden vervolgens sluitposten opgevoerd waar voor de water- en chloride-balans alle afwijkingen van de werkelijkheid in terecht kwamen.

Bij de fosfaat- en stikstof-balansen zat hierin ook nog het interne transport van bodem naar water en omgekeerd.

Ondanks verwoede pogingen om de water- en chloride-balans binnen redelijke grenzen sluitend te krijgen, lukte dit niet.

Vervolgens is een uitgebreide foutenanalyse van alle balansposten opgesteld om na te gaan of de variatie in de sluitposten van de water- en chloride-balansen binnen de norm van alle meetfouten viel. Dit bleek niet het geval te zijn. Met name in het winterhalfjaar kwamen sluitposten op deze balansen voor, die ver buiten het waarschijnlijke foutengebied liggen. Tot heden is het niet mogelijk gebleken voldoende gegevens te verzamelen omtrent de lekkage van de sluizen om hiermee een redelijk sluitende water- en chloride-balans op te stellen.

Teneinde na te gaan wat het effect was van deze slechte water-balans op de andere balansen, is per maand de sluitpost op de water-balans op nul gesteld door alle aanvoerposten naar evenredigheid van hun aandeel in de totale aanvoer te vergroten of te verkleinen.

Vanuit deze water-balans zijn opnieuw de chloride-, stikstof- en fosfaat-balansen berekend.

In de bijgevoegde figuren zijn met de brede staaf de sluitposten weergegeven behorend bij een niet sluitende water-balans en met de smalle balk de sluitposten bij een sluitende water-balans.

Uit de figuren blijkt dat de chloride-balans het meest gevoelig is voor een dergelijke ingreep. De fosfaat-balans is vrijwel ongevoelig en de stikstof-balans zit er tussenin. Hieruit blijkt dat de niet in de balans opgenomen processen grotendeels bepalend zijn voor de nutriëntenhuishouding in dit meer.

Vorenstaande ervaringen brengen mij tot de volgende stellingen:

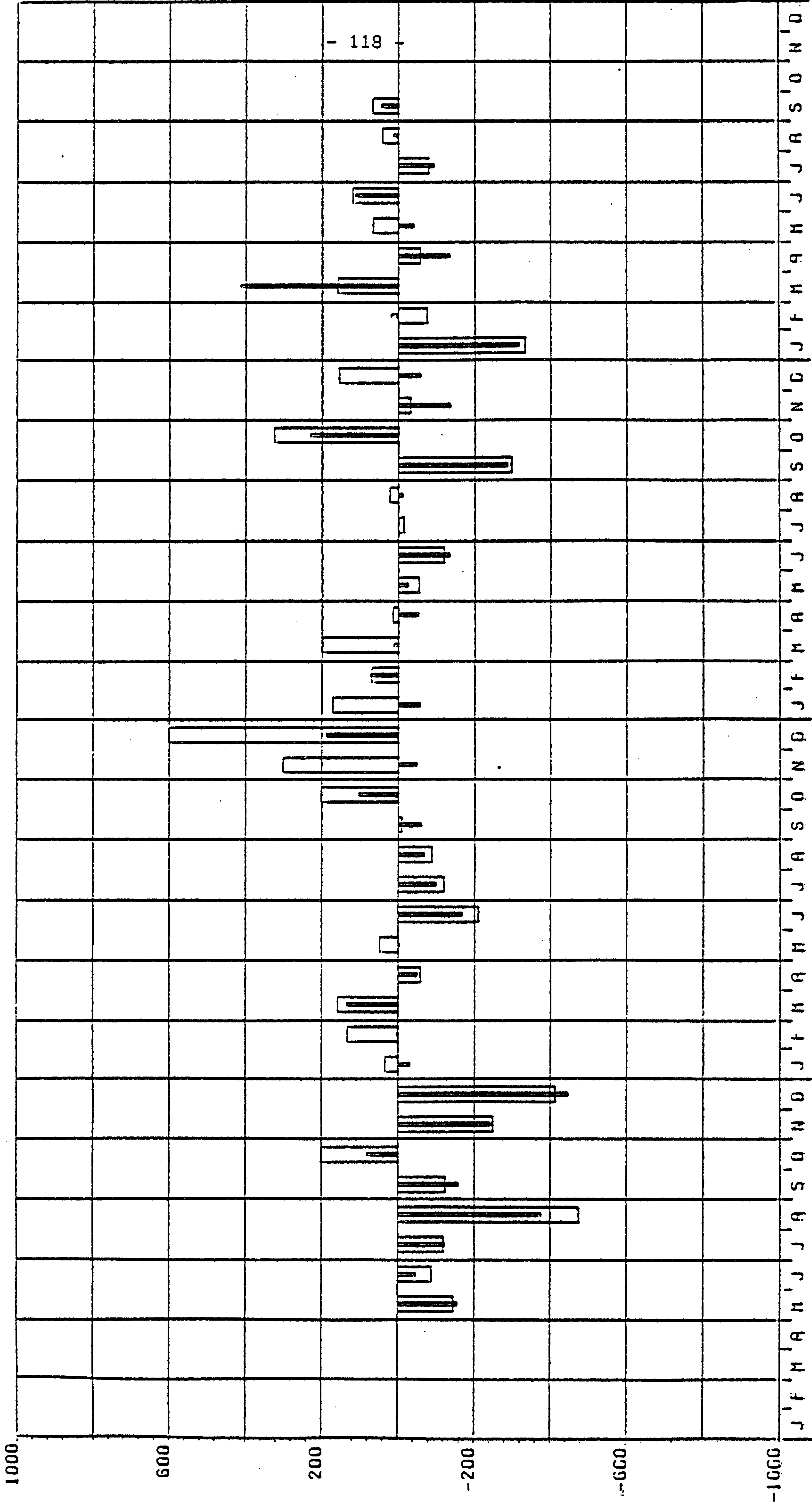
- balansen geven slechts ten dele inzicht in de processen die de nutriëntenhuishouding van een meer bepalen;
 - toekomstig onderzoek moet meer gericht zijn op de biologisch/chemische processen in het meer.
-

PARAMETER :

WOLDERWIJD - NULDERNAUM

SLUITPOST

CHLORIDEBALANS IN 1000 KG CHLORIDE PER MAAND



- 118 -

1976

1977

1978

1979

R.I.7.A.

IFI/STAC

DATUM : 810928

4.10. RESULTATEN FYSISCH ONDERZOEK DIEPE PUTTEN IJSSELMEER EN RANDMEREN

Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging, district Noord, Drs. F.A.M. Claessen

1. INLEIDING

1.1. Wat zijn diepe putten

Hier wordt onder diepe putten verstaan de plaatselijke verdiepingen van het oorspronkelijk ondiepe IJsselmeer of randmeren. De oorspronkelijke diepte varieert van 1 à 3 meter in de randmeren tot 4 à 7 meter in het IJsselmeer. Diepe putten kunnen thans een diepte hebben van 15 tot 45 meter diepte. De putten ontstaan door het wegbaggeren van keileem of het opzuigen van zand ten behoeve van dijk aanleg en vooral tegenwoordig voor de bouw (wegen, ophoging bouwterreinen).

1.2. Lokatie van diepe zandputten

De belangrijkste gebieden met zandwinning zijn gelegen in het Gooimeer, IJmeer en het IJsselmeer nabij Lelystad (zie figuur 1).

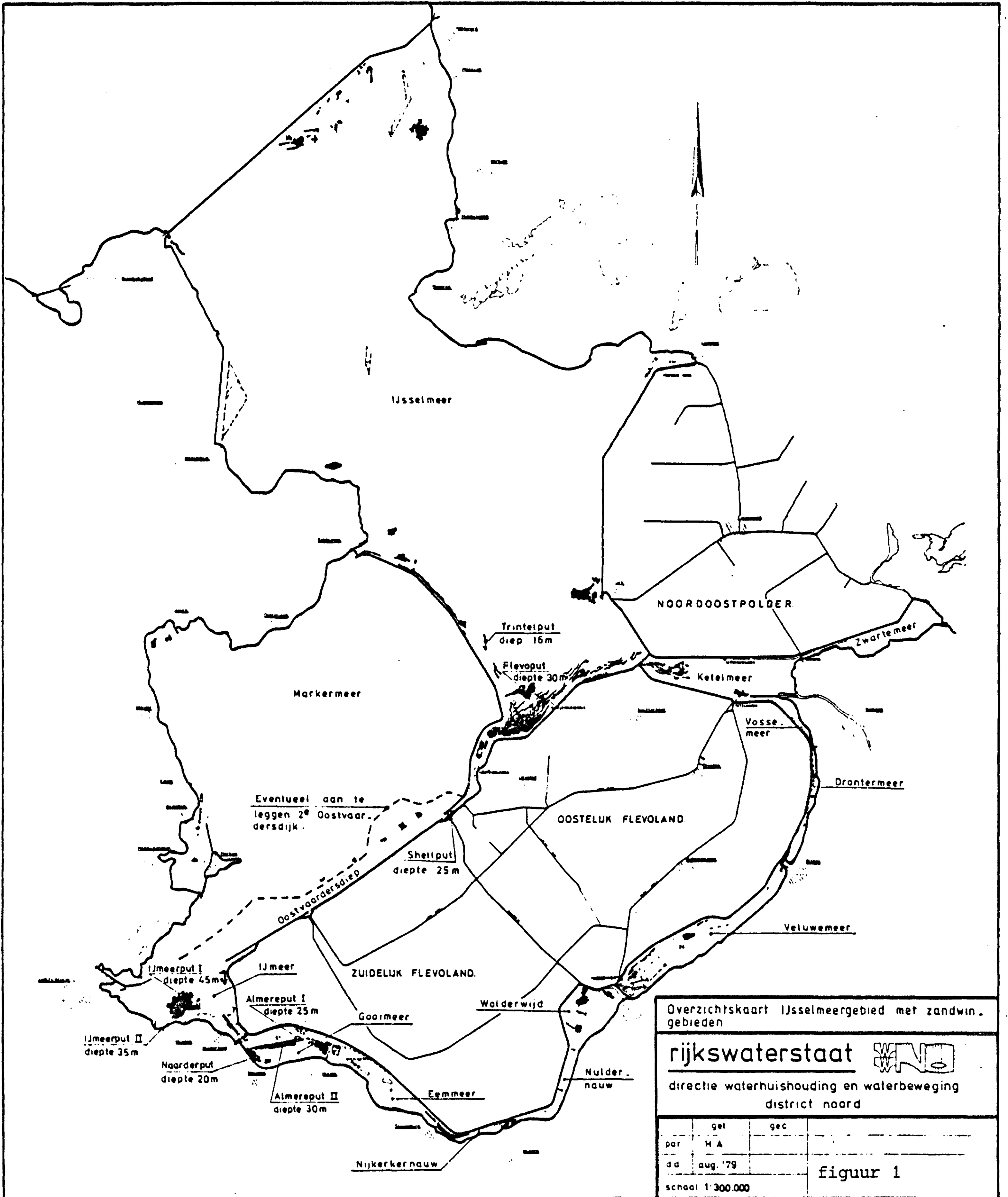
In deze gebieden is de laatste 10 à 15 jaar totaal circa 150 miljoen m³ zand gewonnen. Er zijn door de directie Zuiderzeewerken ramingen gemaakt van de zandbehoefte in het IJsselmeergebied tot het jaar 2000. De behoefte wordt geraamd op circa 350 miljoen m³ zand.

2. PROBLEEMSTELLING

2.1. Vraagstelling onderzoek

Het diepe putten onderzoek wordt uitgevoerd om na te gaan:

- wat zijn de gevolgen van diepe zandwinning voor de waterkwaliteit en het milieu in het IJsselmeergebied (waterkwaliteit, watervogels, vissen, bodemdieren, algen en waterplanten);
- op welke wijze en waar kan men het beste zand winnen, opdat het milieu niet op ontoelaatbare wijze wordt geschaad (vorm, grootte, diepte en plaats van de te maken putten).



2.2. Probleemanalyse

Naarmate men stilstaand water (in een meer of plas) verdiept door ontgroning, wordt de kans groter dat in het zomerhalfjaar zogenaamde temperatuurgelaagdheid of thermische stratificatie optreedt.

Deze stratificatie ontstaat als in voorjaar en zomer het meerwater niet over de gehele diepte in eenzelfde tempo wordt opgewarmd; het water nabij het wateroppervlak wordt dan warmer dan water nabij de bodem.

Dit gebeurt als de door wind opgewekte waterbeweging (wervels) niet krachtig genoeg is om de verwarming van het meerwater (door zonnestraling en geleiding) over de gehele diepte te verspreiden.

Door deze (dichtheids)gelaagdheid wordt verticale waterbeweging tussen boven- en onderlaag tegengegaan. Dit heeft tot gevolg, dat in de koude onderlaag het water een andere kwaliteit krijgt (andere samenstelling en gehalte aan opgeloste stoffen).

Deze onderlaag wordt na enige dagen zuurstofloos en in deze laag neemt het gehalte aan fosfaat, ammoniak en andere stoffen toe.

In deze donkere zuurstofloze laag kunnen geen vissen leven.

Als de stratificatie enige tijd duurt sterven de bodemdieren.

Deze bodemdieren (wormen, muggelarven, schelpdieren e.d.) dienen als voedsel voor diverse vissoorten en enkele soorten duikende watervogels (duikeenden, zwanen e.d.).

Door het vrijkomen van fosfaat en stikstof in de onderlaag, ten dele vanuit de bodem, kan het meerwater extra worden belast met verontreinigende stoffen(eutrofiëring).

3. OPZET ONDERZOEK

Het district Noord onderzocht wanneer en op welke diepte in een 6-tal diepe putten in het IJsselmeer en Gooi- en IJmeer stratificatie voorkwam of verdween als gevolg van de weersomstandigheden. Daartoe heeft men diverse jaren achtereen op de diepste plaatsen in deze putten elke 14 dagen of elke week - vanaf een meetvaartuig - om elke meter diepte de watertemperatuur en het zuurstofgehalte gemeten. De laatste jaren is door het district samen met de KEMA en de Dienst Informatie Verwerking op enkele plaatsen de watertemperatuur op 10 of 20 verschillende diepten permanent gemeten tijdens de zomermaanden met behulp van data-

loggers. Er werden ook windmetingen verricht in samenwerking met beide genoemde diensten.

De gemeten temperatuur- en zuurstofwaarden werden vergeleken met weersgegevens van het K.N.M.I. en de zelf verzamelde windgegevens.

Het afgelopen jaar werd in samenwerking met het Waterloopkundig Laboratorium een één-dimensionaal rekenmodel ontwikkeld (STRABE), dat met behulp van weersgegevens de verandering van de watertemperatuur kan uitrekenen op verschillende diepten in de diepe putten gedurende de zomer.

Het Waterloopkundig Laboratorium heeft principe onderzoek uitgevoerd in een stroomgoot naar de invloed van de grootte van het talud op de stabiliteit van gelaagdheid in diepe putten gelegen in een ondiep meer.

Andere diensten hebben onderzoek verricht naar de waterkwaliteits- en milieu veranderingen als gevolg van stratificatie (Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Rijkinstituut voor Visserij Onderzoek, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders en directie Zuiderzeewerken).

Het onderzoek is thans nog niet afgerond, dit jaar verschijnt er een rapport met de onderzoekresultaten tot en met 1980.

Het onderzoek zal nog zeker twee jaar worden voortgezet.

CONCLUSIES EN STELLING

1. Er is thans een goed gedetailleerd beeld verkregen van het optreden en verdwijnen van stratificatie in diepe putten in IJsselmeer en randmeren. Geconcludeerd kan worden, dat locaties in het IJsselmeer en Markermeer in het algemeen geringere kans op gelaagdheid hebben dan locaties in de randmeren en het IJmeer. Dat locaties langs de (zuid en west) kust van een meer een grotere kans op gelaagdheid hebben dan locaties in het volle meer. Op basis van theoretische overwegingen en verrichte waarnemingen is aannemelijk te maken dat bij een langgerekte vorm van een put, gelegen in de lengterichting van een (rand) meer, de kans op gelaagdheid geringer is dan bij een ronde vorm.
2. In putten dieper dan 30 à 40 m, of minder diepe putten die beschut liggen in ondiepe water, komt gemiddeld in een zomerhalfjaar 3 à 4 maanden lang stratificatie voor (een zeer lage zuurstofgehalten of zuurstofloosheid), terwijl in minder diepe putten en in het open meer liggende putten de perioden met gelaagdheid korter zijn en gesommeerd per put niet langer zijn dan 1 à 2 maanden.
In deze laatste putten verdwijnt regelmatig de gelaagdheid tijdens koel en winderig weer.
3. De helling van het puttalud lijkt op basis van laboratoriumproeven (met zoet/zout gelaagdheid) van weinig invloed op de stabiliteit van de gelaagdheid. Nader veldonderzoek is nog gewenst. (maken van zogenaamde proefputten.)
4. Het voortgezette fysische onderzoek richt zich op het volgende:
 - het verder afregelen en ijken van het STRABE-model om ook goede rekenresultaten te verkrijgen van putten die beschut liggen in een meer;
 - een modelmatige koppeling van het temperatuurmodel met een zuurstof- en mogelijk een nutriëntenmodel voor diepe putten in het IJsselmeer.
5. Veel kennis en inzicht ontbreekt nog op welke wijze en in welke mate de veranderingen in de waterkwaliteit in de putten en de omgeving de ecosystemen in het meer beïnvloeden, omdat de relevante relaties tussen beiden nog vaak onbekend zijn.

Bij het diepe putten onderzoek is het dan ook erg moeilijk gebleken concrete criteria te formuleren vanuit de biologie en het waterkwaliteitsbeheer ten aanzien van wat nog wel en wat niet meer aan gevolgen voor het milieu acceptabel is.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- | | |
|---|--|
| 1. DISTRICT NOORD
nr. WWNO-N-80.0009
(1981), Lelystad
district Noord, directie
Waterhuishouding en Water-
beweging | Rapport onderzoekresultaten tot
en met 1980 van de Onderzoek-
commissie Diepe Putten IJsselmeer
en Randmeren. |
| 2. DISTRICT NOORD
nr. WWNO-N-80.0017
(1981), Lelystad
district Noord, directie
Waterhuishouding en Water-
beweging | Een eerste versie en toetsing van
het rekenmodel STRABE. |
| 3. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
(1979), Delft.
Verslag modelonderzoek nr. 1663 | Principe onderzoek stratificatie
in diepe putten. |

4.11. EFFECTEN VAN DIEPE PUTTEN OP DE WATERKWALITEIT

J.A.W. de Wit, RIZA

1. INLEIDING

Reeds geruime tijd vindt op verschillende plaatsen in het IJsselmeergebied zandwinning plaats. Ook in de toekomst wordt een grote behoefte aan zand voorzien, waarbij het IJsselmeergebied een belangrijke plaats is toegedacht (Rijkswaterstaat, 1980). Met name in de oostelijke en zuidelijke randmeren zijn de oppervlakten en volumina die daarbij in het geding zijn van betekenis. Op initiatief van directie Zuiderzeewerken van Rijkswaterstaat wordt, onder de verantwoordelijkheid van de begeleidingscommissie Onderzoek Diepe Putten in het IJsselmeer en Randmeren, onderzoek verricht naar de effecten op het milieu van de ontgrondingen. Doel van dit onderzoek is te komen tot aanbevelingen m.b.t. toekomstige zandwinningen. De resultaten zijn samengebracht in een tweetal onderzoeksrapporten (Rijkswaterstaat, 1976, 1981).

Als nadelige gevolgen van de ontgrondingen voor het milieu kan onder meer worden gedacht aan de afname van de fourageermogelijkheden voor vissen en vogels als gevolg van de gedeeltelijke verdieping van de meerbodem. Daarnaast kunnen de ontgrondingen zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor de waterkwaliteit in de meren waar de ontgrondingen zijn gesitueerd, welke eveneens van betekenis kunnen zijn voor flora en fauna. Te denken valt hierbij aan de zuurstofhuishouding, de nutriëntbelasting, de verandering van het lichtregiem.

In deze notitie zal ingegaan worden op de mogelijke betekenis van de huidige en toekomstige ontgrondingen in het IJmeer en Gooimeer voor nutriëntbelastingen en de algenbiomassa in deze meren. Daarbij zij opgemerkt dat voor het IJmeer is uitgegaan van een afzonderlijk meer, een situatie welke mogelijk in de toekomst zal ontstaan.

2. HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTGRONDINGEN

Figuur 1. geeft de lokaties waar ontgrondingen plaatsgevonden hebben of in de nabije toekomst worden voorzien. In tabel 1 worden de benodigde hoeveelheden zand voor de korte en lange termijn vermeld.

<u>tabel 1</u>	Benodigde hoeveelheid zand in 10^6 m^3	
	tot 1986	tot 2000
Gooimeer	8	59
IJmeer	22	68

Wanneer uitgaande van ontgronding tot NAP-30 m (huidige praktijk) de ontgrondingen worden gezien in relatie tot totale meeroppervlak en het oorspronkelijk volume van het meer ontstaat het volgende beeld (tabel 2)

tabel 2 Oppervlakten en volumina zandwinningen

Gooimeer (oppervlakte 25 km², oorspronkelijk gemiddelde meerdiepte 2 m)

	% van het meer- oppervlak	% van het oorspron- kelijk meervolume
huidige situatie	18%	110%
1986	19%	130%
2000	27%	240%

IJmeer (oppervlakte 60 km², oorspronkelijk gemiddelde meerdiepte 2,5 m)

	% van het meer- oppervlak	% van het oorspron- kelijk meervolume
huidige situatie	11%	51%
1986	12%	68%
2000	16%	105%

3. NUTRIENTBELASTING

Uit het onderzoek in de bestaande zandwinningen werd een afgiftesnelheid van de putbodem bij zuurstofloosheid voor fosfaat en stikstof afgeleid (Rijkswaterstaat, 1981). Deze bedroeg 0,20 - 0,25 g P m⁻².etm⁻¹, waarbij het oppervlak van de spronglaag als maat werd gehanteerd voor de putbodem. Het werkelijk putbodemoppervlak is vanwege de grillige vorm niet bekend. De stikstofafgiftesnelheid bedroeg 1,2 - 2,5 g.m⁻².etm⁻¹.

Uitgaande van de perioden van stratificatie zoals deze in ongunstige jaren in bestaande putten werden waargenomen, alsmede de duur en de diepten waarbij zuurstofloosheid werd gekonstateerd, kan de nutriëntbelasting bij de toekomstige ontgrondingssituaties worden berekend.

(tabel 3)

tabel 3 Nutrientbelasting als gevolg van de ontgrondingen
(g P en N per m² meerbodem, per jaar)

Gooimeer	fosfaat	stikstof
bestaand	0,37	1,8 - 3,7
1986	0,45	2,2 - 4,5
2000	0,94	4,5 - 9,4

IJmeer		
bestaand	0,16	0,8 - 1,7
1986	0,22	1,1 - 2,2
2000	0,34	1,7 - 3,4

Van belang is ook het moment waarop de P en N terbeschikking komen in het epilimnion en de toename van de concentratie van P en anorgaanisch N in het meer bij opmenging van een met P en N verrijkt hypolimnion binnen enkele dagen. Verondersteld wordt een spronglaag op 15 m diepte en een hypolimnion met een gemiddelde P-concentratie van 1 mg/l en een gemiddelde NH₄-N-concentratie van 2 mg/l. De resulterende concentratieverhogingen voor P en N staan vermeld in tabel 4.

tabel 4 Toename nutrientconcentraties bij volledige opheffing van stratificatie binnen enkele dagen

Gooimeer			
huidige P-concentratie gem.		huidige anorg.-N-concentratie	
zomerhalfjaar	0,6 mg/l	gem. zomerhalfjaar	0,75 mg/l
Δc bestaande ontgronding	0,12 "	Δc bestaande ontgronding	0,24 "
Δc ontgronding 1986	0,23 "	Δc ontgronding 1986	0,46 "
Δc ontgronding 2000	0,73 "	Δc ontgronding 2000	0,76 "

IJmeer			
huidige P-concentratie gem.		huidige anorg.N-concentratie	
zomerhalfjaar	0,15 mg/l	gem. zomerhalfjaar	0,77 mg/l
Δc bestaande ontgronding	0,06 "	Δc bestaande ontgronding	0,12 "
Δc ontgronding 1986	0,13 "	Δc ontgronding 1986	0,26 "
Δc ontgronding 2000	0,26 "	Δc ontgronding 2000	0,54 "

Geconstateerd kon worden dat bij plotselinge doorbreking van de stratificatie, zowel de P als N-concentratie in beide meren fors verhoogd zullen worden. Daarbij moet voor stikstof de aantekening worden gemaakt dat zowel $\text{NO}_3\text{-N}$ als $\text{NH}_4\text{-N}$ in beide meren in de nazomer praktisch afwezig kunnen zijn en op dat moment een beperkende groeifactor kunnen vormen voor de algen.

Volgens het rapport Aanbevelingen tot Sanering van de Randmeren bedraagt de fosfaatbelasting van het Gooimeer, na aanbevolen saneringsmaatregelen, $2,7 - 6,0 \text{ g P.m}^{-2}.\text{jaar}^{-1}$ (rekening is gehouden met retentie van P in het Eemmeer).

De fosfaatbelasting van het IJmeer zal ca. $2 - 4 \text{ g P.m}^{-2}.\text{jaar}^{-1}$ bedragen (in een situatie met boezemscheiding).

De extra stikstofbelasting als gevolg van de ontgrondingen is van dezelfde orde als de stikstofbelasting als gevolg van regenval in het zomerhalfjaar (1 g.N.m^{-2}).

4. DE ALGENBIOMASSA

Relatief ondiepe meren hebben naar verhouding een grote produktiviteit met betrekking tot de algenbiomassa. De lichtintensiteit in een meer neemt exponentieel af met de diepte. Gegeven een bepaalde lichtintensiteit aan het oppervlak zal door vergroting van de gemiddelde meerdiepte, bij een goed gemengd meer, de hoeveelheid beschikbare lichtenergie per eenheid van algenbiomassa afnemen. Dit kan leiden tot groeibeperking van de algen door licht, of, wanneer hiervan al sprake is, dit effect nog verder doen toenemen.

Groeibeperking door licht lijkt nu al een belangrijke rol te spelen in zowel het IJmeer als het Gooimeer.

In een recente nota, uitgebracht door de Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (CUWVO 1980) is onder meer een empirische relatie afgeleid tussen de bovengrens van de algenbiomassa en het onderwaterlichtklimaat. Het onderwaterlichtklimaat wordt bepaald door de gemiddelde waterdiepte of mengdiepte (bij stratificatie) en de extinctie van het water.

De relatie is zowel vastgesteld voor de bovengrens van het gemiddeld chlorophylgehalte in het zomerhalfjaar, als voor het maximale chlorophylgehalte.

De relaties luiden als volgt:

$$\bar{F}.H = 530 - 40,38 \times \frac{H}{S_0}$$

$$F_{\max}.H = 985 - 94,71 \times \frac{H}{S_0}$$

$\bar{F}$ = bovengrens van het gemiddelde chlorophylgehalte in het zomerhalfjaar.

$F_{\max.}$ = maximale chlorophylgehalte in het zomerhalfjaar.

H = gemiddelde waterdiepte of mengdiepte.

S_0 = doorzicht bij afwezigheid van algen.

Het doorzicht zonder algen is voor het IJmeer en Gooimeer afgeleid uit de waarnemingen van de zomerhalfjaren 1976 t/m 1980 van chlorophyl en doorzicht.

M.b.v. de formule.. $\frac{1,9}{S} = \frac{1,9}{S_0} + 0,016 F$ werd S_0 berekend, waarbij

S = doorzicht

S_0 = doorzicht bij afwezigheid van algen

F = algenbiomassa, uitgedrukt in mg chlorophyl/m³

De waarden 1,9 en 0,016 in de formule zijn uit de literatuur afgeleid.

Het doorzicht zonder algen bedraagt gemiddeld 0,87 m in het Gooimeer en 1,17 m in het IJmeer.

Met behulp van bovenstaande empirisch afgeleide relaties kan, met de gemiddelde waterdiepte of mengdiepte als variabele, de bovengrens van het gemiddelde chlorophylgehalte in het zomerhalfjaar worden berekend. Het resultaat is grafisch uitgezet in figuur 2. Het gemiddelde doorzicht zonder algen (S_0) kan van jaar tot jaar variëren.

Hierdoor heeft ook de bovengrens van het zomerhalfjaar gemiddelde chlorophylgehalte een zekere spreiding. Op basis van de spreiding in de gemiddelde S_0 waarden in de zomerhalfjaren 1976 t/m 1980 bedraagt de spreiding in het berekende chlorophylniveau:

$\pm 16 \text{ mg/m}^3$ chlorophyl voor het Gooimeer

$\pm 7 \text{ mg/m}^3$ chlorophyl voor het IJmeer.

Ontgrondingen leiden tot vergroting van de gemiddelde meerdiepte. Door het optreden van stratificatie zal echter een deel van het ontgronde volume een groot deel van het jaar niet meedoen met de menging in het

meer. In deze situatie is het beter het begrip mengdiepte te hanteren voor de bepaling van de te verwachten chlorophylniveau's bij voortgezette ontgronding. In zowel IJmeer als Gooimeer wordt nu de situatie beschouwd, waarbij alleen het ontgronde volume boven NAP -15 m wordt verondersteld tot de mengzone te behoren.

Voor de ontgrondingssituaties 1986 en 2000 kan de gemiddelde effectieve mengdiepte worden berekend. Met behulp van de empirisch afgeleide relatie gemiddelde diepte chlorophylniveau kunnen de volgende bovengrenzen van de te verwachten chlorophylniveau's worden aangegeven. (tabel 5)

tabel 5 Bovengrens chlorophylniveau's als gevolg van ontgrondingen

Gooimeer	gemiddelde mengdiepte incl. volume boven NAP -15 m	bovengrens gemiddeld Chlorophylgehalte zomerhalfjaar	maximaal Chlorophyl gehalte
oorspronkelijk	2 m	218 mg/m ³	383 mg/m ³
thans	3,56	102	168
max. 1986 (Scen. I)	4,0	86	138
max. 2000 (Scen. IV)	4,84	63	95

IJmeer	gemiddelde mengdiepte incl. volume boven NAP -15 m	bovengrens gemiddeld Chlorophylgehalte zomerhalfjaar	maximaal Chlorophyl gehalte
oorspronkelijk	2,5 m	178	313
thans	3,38	122	210
max. 1986 (Scen. VII, IX)	3,66	110	188
max. 2000 (Scen. X)	3,93	100	169

Ten aanzien van de huidige situatie kan voor het Gooimeer worden opgemerkt dat het gemeten gemiddeld chlorophylgehalte in de zomerhalfjaren 1976 t/m 1980 (118 mg/m³) goed overeenkomt met het bovenstaand berekende gehalte van 102 mg/m³. Voor het IJmeer is het gemeten gemiddeld chlorophylgehalte (38 mg/m³) beduidend lager dan bovenstaand berekend. Uitwisseling met het gemiddeld diepere en in het algemeen troebeler Markermeer en beperking van de algengroei door andere factoren dan licht (nutriënten) zijn voor de hand liggende oorzaken. Bij de voorspellingen voor toekomstige ontgrondingssituaties moeten

enkele kanttekeningen worden geplaatst.

Bovenstaand is t.a.v. het volume boven NAP -15 m verondersteld dat dit volledig gemengd is met de ondiepe delen van het meer. Hoewel de mengsituatie in de meren in het algemeen goed is en ook t.a.v. de verticale stratificatie deze aanname wel gerechtvaardigd lijkt, rijst toch de vraag in hoeverre een situatie met diepe en uitgestrekte ondiepe zônes bepalend is voor de uiteindelijke algenbiomassa. De snelheid van de menging in verhouding tot de snelheid van de groei van algen lijkt hierbij van belang. Eveneens van betekenis is een eventuele verandering van de achtergrondextinctie (het doorzicht zonder algen) als gevolg van ontgronding van delen van het meer. Minder slibopwoeling leidt tot een groter doorzicht en dus tot een hogere algenbiomassa. Ook in dit verband rijst de vraag of bij handhaving van grote ondiepe zônes de achtergrondextinctie sterk zal veranderen.

Konkluderend kan gesteld worden dat de ontgrondingen in het IJmeer in de huidige situatie met de open uitwisseling met het Markermeer niet of nauwelijks zullen leiden tot een verlaging van het niveau van de algenbiomassa. Wanneer het IJmeer van het Markermeer wordt afgescheiden door een boezemscheiding zal de betekenis van de ontgrondingen toenemen. In hoeverre zal afhangen van de omvang van het IJmeer in de nieuwe situatie. Bij een groot IJmeer zullen naar wordt verwacht de algenniveau's relatief laag blijven en zal de betekenis van de ontgrondingen eveneens beperkt zijn.

Voor het Gooimeer zijn de ontgrondingen van meer betekenis. Er zijn echter een aantal belangrijke onzekerheden, welke boven zijn genoemd, waardoor de aangegeven algenbiomassaniveau's voor de verschillende ontgrondingssituaties zeker met de nodige terughoudendheid moeten worden gehanteerd.

5. STELLING

Wanneer andere middelen ter bestrijding van overmatige algenbiomassa's onvoldoende resultaten opleveren (verlaging nutriëntbelastingen, doorspoeling) kan ontgronding overwogen worden als middel om de algenbiomassa tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen.

Ontgrondingen op de gewenste schaal brengen echter ook bezwaren met zich mee t.a.v. fourageermogelijkheden voor vogels en vissen. Deze na-

delige gevolgen kunnen beperkt worden wanneer het ontgrondde oppervlak verhoudingsgewijs gering blijft (b.v. 25%). Dat betekent ontgronding tot grote diepte. In welke mate ontgrondingen in die situatie effectief zullen zijn m.b.t. de beoogde verlaging van de algenbiomassa, zal afhangen van een aantal factoren (intensiteit menging diep - ondiep; snelheid toename algenbiomassa versus snelheid menging diep - ondiep; verandering achtergrondextinctie door ontgrondingen). Duidelijkheid hierover is gewenst.

LITERATUUR

RIJKSWATERSTAAT (1980)

Zandwinning IJsselmeer en Randmeren

Directie Zuiderzeewerken nota 292

RIJKSWATERSTAAT (1976)

Onderzoek diepe putten in IJsselmeer en Randmeren

Interimrapport begeleidingscommissie

Directie Zuiderzeewerken

RIJKSWATERSTAAT (1981)

Rapport onderzoekresultaten tot en met 1980 van de Onderzoeksc commissie Diepe Putten IJsselmeer en Randmeren

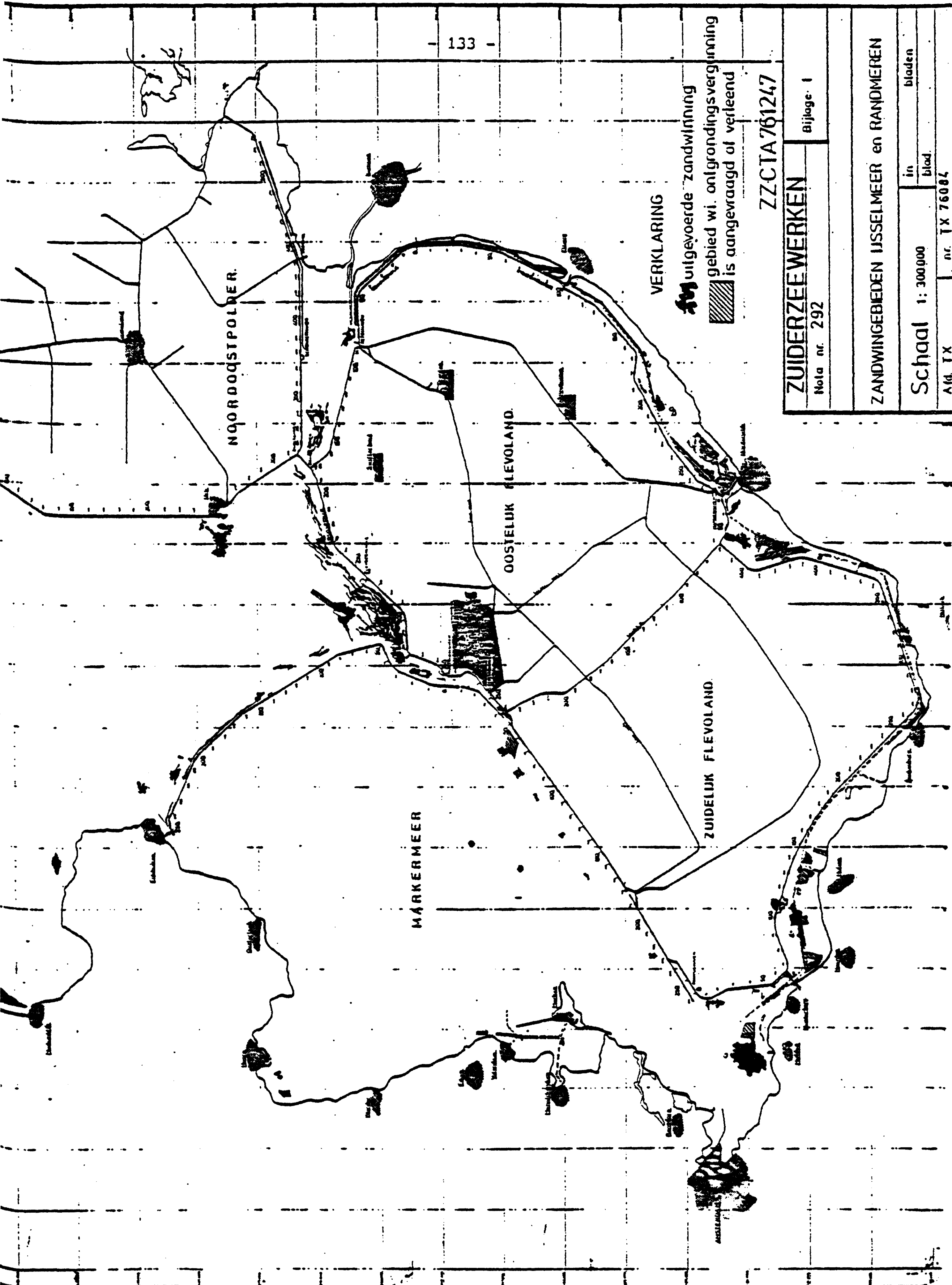
Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, district Noord

nota WWNO-N-80.0009

CUWVO (1980)

Ontwikkeling van grenswaarden voor doorzicht, chlorophyl, fosfaat en stikstof

Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater



VERKLARING

- uitgevoerde zandwinning
- gebied wi. ongrondingsvergunning is aangevraagd of verleend

ZZCTA 761247

ZUIDERZEEWERKEN

Nota nr. 292

Bijlage 1

ZANDWINGEBIEDEN IJSSELMEER en RANDMEREN

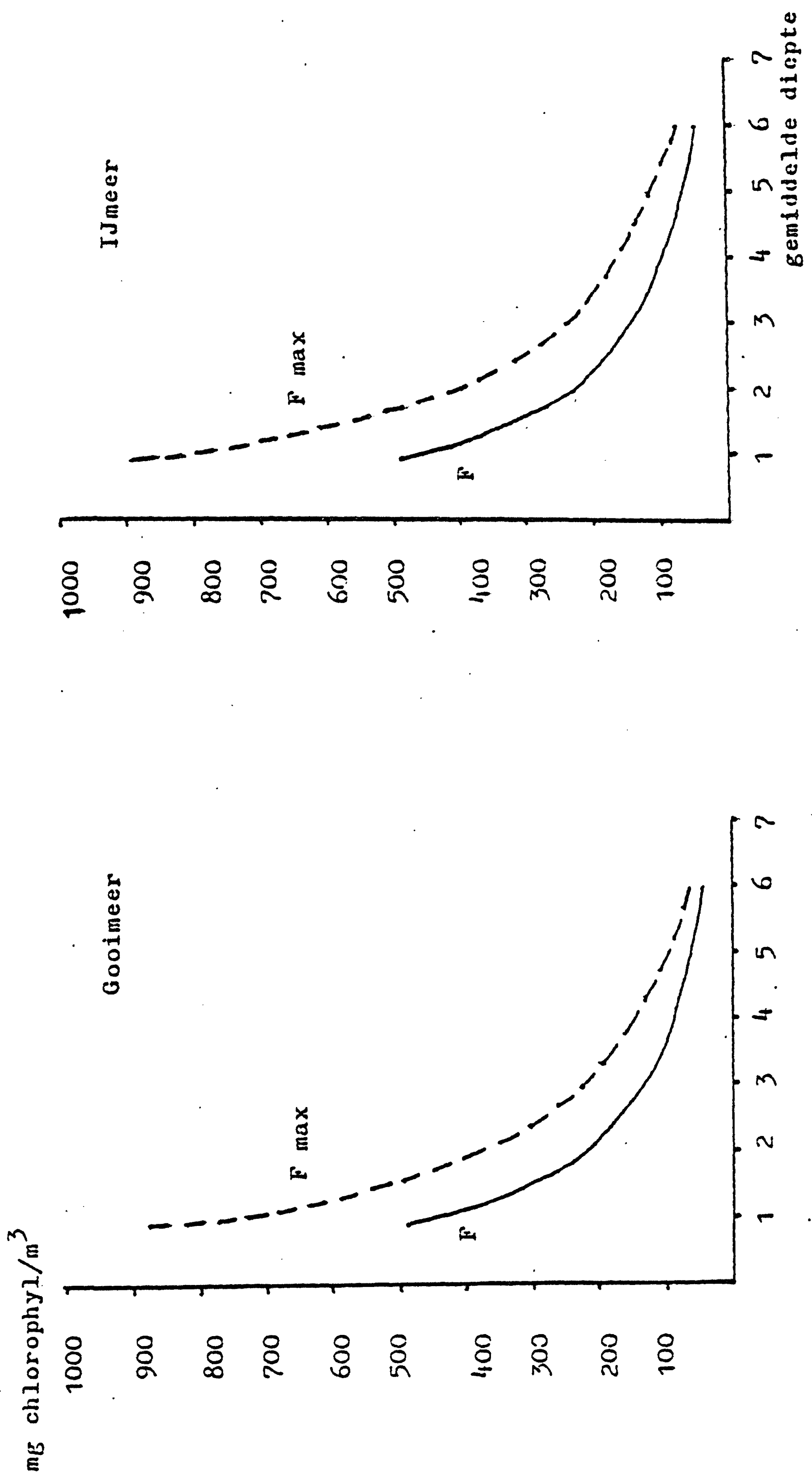
Schaal 1: 300 000

in blad

blad

Afd. IX nr. TX 76084

Bovengrens van het gemiddelde chlorophylgehalte
 in het zomerhalfjaar (F) en het maximale
 chlorophylgehalte (F max), als functies van de
 gemiddelde diepten.



4.12. DIEPE PUTTEN IN IJSSELMEER EN RANDMEREN; WATERKWALITEIT EN MODELVORMING

J.G.C. Smits, Waterloopkundig Laboratorium

1. INLEIDING

Onderstaande discussiebijdrage valt uiteen in een tweetal onderwerpen. Ze betreffen respectievelijk de gevolgen van de aanwezigheid van diepe putten voor de waterkwaliteit van het meer als geheel en de methodiek van waterkwaliteitsmodellering voor diepe putten. Met nadruk wordt vooraf gesteld, dat het begrip waterkwaliteit hier alleen met betrekking tot de nutriënten concentraties en de primaire produktie van fytoplankton wordt beschouwd. Alvorens de twee bovengenoemde onderwerpen afzonderlijk te behandelen, wordt eerst een overzicht gegeven van de processen, die bepalend zijn voor de waterkwaliteit in diepe putten.

2. PROCESBESCHRIJVING

Het door RIZA en RIJP in de diepe putten uitgevoerde meetprogramma heeft uitgewezen, dat in deze putten gedurende perioden in het zomer halfjaar vrij sterke thermische stratifikatie optreedt (WWDN 1976, 1977, 1978). Tengevolge van deze stratifikatie kan uitwisseling van water tussen de warme bovenlaag (epilimnion) en de koude onderlaag (hypolimnion) slechts in zeer beperkte mate plaatsvinden. Dit leidt tot de volgende aaneenschakeling van processen. Sedimentatie van detritus zorgt voor aanvoer van organische stof in het hypolimnion, waar deze wordt afgebroken onder konsumptie van zuurstof. De zuurstof wordt slechts in beperkte mate aangevuld vanuit het epilimnion, terwijl bij de afbraak vrijkomende nutriënten (ammonium, fosfaat) daaraan vertraagd worden afgegeven. De gevolgen zijn; daling van de zuurstofconcentratie en stijging van de nutriëntenconcentraties. Er kan zelfs op den duur in het onderste gedeelte van het hypolimnion zuurstofloosheid optreden. Hier zullen voor de afbraak van het organische materiaal alternatieve elektronen-acceptors gebruikt worden door bacteriën. In plaats van zuurstof worden achtereenvolgens nitraat (denitrifikatie), mangaan (IV), ijzer (III) en sulfaat (sulfaatreduktie) gebruikt. Als terminaal proces geldt de methanogenese, die echter over het algemeen alleen in het

sediment plaatsvindt. De anaerobe afbraakprocessen scheppen een gereduceerde omgeving, waarin de nutriëntenconcentraties nog verder zullen oplopen. Dit geldt met name voor fosfaat, omdat het in het water aanwezige, zeer slecht oplosbare ijzer (III)-fosfaat wordt gereduceerd tot het veel beter oplosbare ijzer (II)-fosfaat. Het in de bovenste bodemsedimentlaag opgeslagen fosfaat kan nu gedeeltelijk vrijkomen in het bovenstaande water. De resultaten van het meetprogramma wijzen uit, dat fosfaat en ammonium concentraties onder in het hypolimnion ruim tienmaal zo hoog kunnen zijn als in het epilimnion, dat ongeveer overeenkomt met de eufotische laag. De in de put vrijgekomen nutriënten en gereduceerde stoffen (Mn (II), Fe (II), H_2S , CH_4) dispergeren in de richting van het epilimnion. Als ammonium en de gereduceerde stoffen de zuurstofhoudende laag bereiken, worden ze biochemisch en chemisch geoxideerd, waarbij zuurstof wordt verbruikt.

De stratifikatie blijkt vrij plotseling te kunnen worden opgeheven tengevolge van afkoeling van het epilimnion en/of toename van de windsnelheid. Tijdens destratifikatie wordt de inhoud van de put opgemengd met de rest van het meer. In het algemeen zijn de gevolgen voor de waterkwaliteit van het meer als geheel; verhoogde nutriëntenconcentraties en verlaagde zuurstofconcentratie en temperatuur. Als het fytoplankton op het moment van destratifikatie nutriënt-gelimiteerd is, zal het vrijkomen van nutriënten onmiddellijk leiden tot verhoogde primaire produktie en dus hogere algenconcentraties.

3. WATERKWALITEITSGEVOLGEN

De mate waarin de bovengeschetste waterkwaliteitsgevolgen ook werkelijk kwantitatief van belang zijn, zal afhangen van de verhoudingen van de volumes van en nutriëntenconcentraties in put en meer. Dit zal worden nagegaan aan de hand van een tweetal extreem gestelde situaties. Het eerst beschouwde geval is de Almere-put in het Gooimeer (stikstof-gelimiteerd). We nemen aan, dat het gedeelte ten westen van Huizen als een homogeen meer is te beschouwen. Dit lijkt niet onredelijk, daar het meer zich ter plaatse van Huizen sterk vernauwt (havenhoofden). Nu verhouden zich de volumes van put en meer zich ongeveer als 2:3. Als we nu bovendien aannemen, dat de ammoniumconcentratie in de put gemiddeld vijfmaal zo hoog is als in het meer, kan worden berekend, dat na

een plotselinge destratifikatie, de ammoniumkoncentratie in het meer ongeveer 2.5 maal zo hoog wordt.

Het tweede geval betreft het IJmeer (afwisselend stikstof- en fosfaat-gelimiteerd) en de daarin aanwezige put. Beschouwd wordt de mogelijke toekomstige situatie, waarbij het IJmeer gescheiden is van het Markermeer. De volumes van put en meer verhouden zich dan ongeveer als 1:1. Als we aannemen, dat de gemiddelde fosfaatkonzentratie in de put vijfmaal die van het meer is, zal na plotselinge destratifikatie de fosfaatkonzentratie in het meer 3 maal zo hoog worden.

De boven gegeven voorbeelden zijn extreem gesteld, zodat er wel kan worden afgedongen op de gevolgen voor de waterkwaliteit. Toch wijzen ze erop, dat deze gevolgen kwantitatief van belang kunnen zijn. Op basis van het bovenstaande kunnen een tweetal stellingen worden geformuleerd ten aanzien van diepe putten in IJsselmeer en randmeren:

- De invloed van diepe putten op de waterkwaliteit in de meren is in de huidige situatie over het algemeen gering. De Almere-put in het Gooimeer vormt hierop waarschijnlijk een uitzondering..
- In de toekomst kunnen de gevolgen van de putten voor de waterkwaliteit kwantitatief van belang worden als
 - . de ontgroningen toenemen
 - . saneringsmaatregelen de eutrofiëring hebben teruggedrongen en nutriënt-limitatie een overheersende rol speelt
 - . verdere kompartimentering van de meren plaatsvindt.

4. METHODIEK WATERKWALITEITSMODELLERING

In opdracht van het RIZA is door het WL een projectvoorstel voor de ontwikkeling van waterkwaliteitsmodellen voor diepe putten gemaakt. Doelstelling van het project is de konstruktie van een modelinstrumentarium, waarmee de waterkwaliteitsgevolgen van de putten in relatie tot de omvang van de ontgroningen, saneringsmaatregelen en waterstaatskundige ingrepen kunnen worden geëvalueerd. Globaal beschrijft het voorstel de volgende gefaseerde aanpak:

- ontwikkeling van een model ter berekening van de verticale dispersie in een put

- ontwikkeling van een zuurstofmodel voor een put
- koppeling van de voor een put ontwikkelde modellen aan een (bestaand) nutriënten- en algenmodel voor een meer.

Het zuurstofmodel voor de put zal een lagen structuur krijgen. In elke laag wordt de gemiddelde concentratie berekend aan de hand van een stofbalans, waarin naast een aantal bron- en puttermen tevens het dispersief uitwisselingstransport met de twee omringende lagen voorkomt. Voorts zal in het model onderscheid worden gemaakt tussen een drietal karakteristieke lagen. In een aerobe laag worden onder andere consumptie van zuurstof voor de afbraak van detritus, voor nitrifikatie en door bodemsediment, en produktie van ammonium beschreven.

Een geoxideerde anaerobe laag beschrijft consumptie van nitraat voor detritusafbraak en door bodemsediment en produktie van ammonium. Een gereduceerde anaerobe laag tenslotte, beschrijft de produktie van ammonium en gereduceerde stoffen (Mn (II) , Fe (II) , H_2S , CH_4).

We gaan hier in op een tweetal aspecten van de modelontwikkeling, die daarin nogal centraal staan en aan discussie onderhevig zijn. Het eerste aspect heeft betrekking op het dispersief transport, het tweede op de gereduceerde stoffen.

Voor de berekening van het dispersief transport moet de dispersiecoëfficiënt als functie van de diepte bekend zijn. Het ligt in de bedoeling deze te berekenen uit de ontwikkeling van het verticale temperatuurprofiel in de put. Uit de vergelijking van de temperatuurprofielen op achtereenvolgende tijdstippen kan worden afgeleid hoeveel thermische energie er van de ene laag op de andere is overgedragen.

Daar dit energietransport nagenoeg volledig is gekoppeld aan het watertransport kan hieruit de dispersiecoëfficiënt worden berekend (Bella, 1970). Kompliserende factoren zijn de produktie van thermische energie tengevolge van instraling en diskontinuiteit van de beschikbare temperatuurprofielen.

De gereduceerde stoffen omvatten minstens een viertal verbindingen, die ieder volgens een eigen kinetiek chemisch en/of biochemisch worden geoxideerd met zuurstof zodra zij in een zuurstofhoudende omgeving komen. Omdat deze stoffen dan een rol spelen in de zuurstofbalans dienen zij in het model te worden opgenomen. Teneinde te voorkomen, dat het model onnodig uitgebreid wordt en de meetgegevens voor kalibratie onvoldoende zouden zijn, is het echter zaak de gereduceerde

stoffen op een zo eenvoudig mogelijke wijze in het model op te nemen. Dit zou als volgt kunnen worden gedaan. Aangenomen wordt, dat de produktie van gereduceerde stoffen volledig stoechiometrisch gekoppeld is aan de bakteriële afbraak van detritus. Voorts wordt verondersteld, dat de gereduceerde stoffen zeer snel biochemisch en chemisch worden geoxideerd met zuurstof als zij in een zuurstofhoudende omgeving komen. In de literatuur zijn hiervoor vele aanwijzingen te vinden (Smits, 1980). Indien dit laatste een juiste aanname is, kunnen de gereduceerde stoffen worden beschouwd als één verbinding, het equivalent van zuurstof, aanwezig in een negatieve concentratie. Deze verbinding is evenals de overige verbindingen onderhevig aan vertikaal dispersief transport. De aanvoer van de gereduceerde stoffen wordt dan als negatieve term in de zuurstofbalans opgenomen.

Uit het bovenstaande is nu een tweetal stellingen te destilleren.

- Dispersiekoëfficiënten voor vertikaal transport kunnen worden berekend met behulp van de thermische energiebalans, toegepast op zich in de tijd ontwikkelende temperatuurprofielen.
- Gereduceerde verbindingen ($Mn(II)$, $Fe(II)$, H_2S , CH_4) worden onder anaerobe omstandigheden in evenredigheid met de afbraak van detritus gevormd en kunnen in een model worden beschouwd als het negatief equivalent van zuurstof.

LITERATUUR

- Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging, Distrikt Noord, Onderzoek diepe putten 1976, 1977, 1978.
- BELLA, D.A., Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 96 (1970) 1129-1146.
- SMITS, J.G.C., Microbial decomposition of organic matter and nutrient regeneration in natural waters and sediments, Report on a literature study, R1310-5, Delft Hydraulics Laboratory, Delft, Sept. 1980.

4.13. ZWARE METALEN IJSSSELMEERGEBIED, VANUIT EEN SEDIMENTOLOGISCH GEZICHTSPUNT

P.J.Ente, RIJP

De afdeling bodemkunde van de Wetenschappelijke afdeling van de RIJP bezit veel kennis over de bodem van de polders, maar ook vaneen eventueel toekomstige polder als de Markerwaard en ook van het Klein IJsselmeer.

Vóór 1932 bestond de bodem van de Zuiderzee uit de z.g. Zuiderzee-afzetting (globaal: zandig in de hals van de Zuiderzee, kleiig in de zuidelijke kom). Na 1932 is op de diepere plaatsen de over het algemeen kleiige IJsselmeer-afzetting gevormd. Het materiaal werd ontleend aan de Zuiderzee-afzetting in de zuidelijke kom (o.m. erosie van de ondiepte "de Knar") terwijl de bijdrage van het IJssel slib gering was (ZZW driemaandelijkse berichten).

Door de compartimentering/dijkbouw werd stapsgewijs de erosie in de zuidelijke kom ingeperkt. Naast erosie van de meestal hogere delen was er ook sedimentatie in de lagere delen in de zuidelijke kom. Tussen de hooggelegen, duidelijk geërodeerde gebieden en de erg laag gelegen inslibbingsgebieden (beneden 5 á 6 m - NAP) komen overgangsgebieden voor waar erosie en sedimentatie elkaar waarschijnlijk afwisselden, bijv. het Markermeer.

Samenvattend kan gesteld worden dat er in de oorspronkelijke geulen in het huidige Klein IJsselmeer uitsluitend sedimentatie heeft plaats gevonden sinds 1932 (soms 4 m IJsselmeer-afzetting) en daarbuiten geen sedimentatie aanwijsbaar is. In het Markermeer en IJmeer is een meer of minder dunne laag (0-30 cm) IJsselmeer-afzetting afgezet en kan nog verplaatsing plaats vinden.

Door de compartimentering/dijkbouw moet de relatieve betekenis van het IJsselslib bij de sedimentatie in de oorspronkelijke geulen in het noorden zijn toegenomen. Ook is tegelijkertijd de kwaliteit van het IJsselslib m.b.t. de zware metalen inhoud verslechterd (de Groot, Salomons).

Een profiel van 4 m IJsselmeer-afzetting, bemonsterd in lagen van 20 cm, nabij de Afsluitdijk, toont van beneden naar boven een duidelijke toename in zware metalen gehalten, vooral bovenin, gepaard aan toename in organische stof en koolzure kalk. Er zijn aanwijzingen die ervoor pleiten de toename in organische stof en koolzure kalk te plaatsen vanaf eind 50-tiger jaren (1956 dijksluiting O.-Flevoland). Salomons heeft een verklaring gegeven van de ook door hem geconstateerde hoge kalkgehalten in het Klein IJsselmeer.

De IJsselmeer-afzetting in zijn totaliteit kan derhalve opgevat worden als in oorsprong Zuiderzee-afzetting-met-een-bepaald-zware-metalen-niveau gemengd met een meer of minder grote hoeveelheid IJsselslib-met-een-zware-metalen-niveau, een niveau dat in de loop der tijden sterk is veranderd. De conclusie moet zijn dat monsters van de IJsselmeer-afzetting alleen onder bepaalde voorwaarden statistisch tot één verzameling kunnen behoren.

Bij uitzetten tegen de voor de RIJP traditionele parameter lutum van de zware metaalgehalten van de elementen Cr, Cu, Pb en Zn voor monsters van de gehele laag IJsselmeer-afzetting in het Markermeer lijken deze nog wel tot een verzameling in bovenbedoelde zin te behoren. Maar dit is een duidelijk andere verzameling dan de bovenlaag van de IJsselmeer-afzetting in de ingeslibde geulen van het Klein IJsselmeer, en deze is ook anders dan die van het Ketelmeer. Het basisniveau van de Zuiderzee-afzetting in het Markermeer is redelijk bekend m.b.t. het gehalte aan zware metalen.

Experimenten met de parameterkeuze (slib op kalkvrije minerale delen) voor de monsters Markermeer, Klein IJsselmeer hebben ons niet overtuigd van de juistheid van die keuze. Wij houden het voorshands op de parameter keuze lutum voor de elementen Cr, Cu, Pb en Zn. De elementen Cd en Hg tonen geen relatie.

De menghypothese zal een halve waarheid zijn. Hoe langer geërodeerd slib onderweg is geweest, destemeeer de eigenschappen veranderd kunnen/zullen zijn door de processen die tijdens het transport en bij de hersedimentatie zullen hebben plaats gevonden. De coprecipitatie van CaCO_3 is daar een voorbeeld van. Ook uit het feit dat het watergehalte en het organische stof gehalte van de IJsselmeer-afzetting steeds hoger is dan dat van de Zuiderzee-afzetting wijst in deze richting.

Stellingen:

1. De onderwaterbodem van het IJsselmeergebied (Ketelmeer, Klein IJsselmeer, Markermeer, IJmeer) speelt een niet onbelangrijke rol m.h.o.o. de waterkwaliteit. Deze onderwaterbodem en zijn eigenschappen dienen daarom zo goed mogelijk bekend te zijn.
2. Een juist inzicht in de betekenis van de onderwaterbodem is slechts mogelijk indien de ontstaanswijze daarvan goed bekend is en tevens de mogelijkheid onder ogen wordt gezien van een eventuele omvorming die heden nog plaats vinden kan.
3. Een belangrijke rol speelt de IJsselmeer-afzetting, gevormd tussen 1932 en heden. Een groot deel van de IJsselmeer-afzetting is afkomstig van lokale erosie van ouder materiaal, de Zuiderzee-afzetting. Een deel bestaat uit door de IJssel aangevoerd slib.
4. De IJsselmeer-afzetting komt als een dikke laag voor in het geulengebied van het Klein IJsselmeer, als een vrij dikke laag in het Ketelmeer, als een betrekkelijk dunne laag in het Markermeer. Ze ontbreekt nagenoeg geheel buiten het geulengebied van het Klein IJsselmeer. In het IJmeer is ze nagenoeg afwezig.
5. De IJsselmeer-afzetting vormt in feite geen eenheid. De eigenschappen variëren in horizontale en in vertikale zin.
6. Een grote rol daarbij heeft de compartimentering gespeeld en tevens de verandering in hoedanigheid van het IJsselslib. Voorts is er de verandering tijdens transport.
7. Bij het zoeken naar correlatieve verbanden tussen metaalgehalten en parameters als lutum, slib e.d. en vanwege de heterogeniteit en wisselende betekenis van de IJsselmeer-afzetting dient gewaakt te worden tegen het ontstaan van schijnrelaties. Metalen als Cr, Cu, Pb en Zn geven voor het Markermeer een redelijke correlatie met lutum of slib; Cd en Hg doen dat niet.
8. Menging (ouder lokaal materiaal en IJsselslib) en coprecipitatie zijn beide delen van de werkelijkheid sinds 1932.

4.14. ALGENSOORTEN SAMENSTELLING

F.J. Los, Waterloopkundig Laboratorium

1. INLEIDING

Eutrofiëring behoort ongetwijfeld tot de belangrijkste en meest opvallende waterkwaliteitsproblemen in het IJsselmeer gebied. Hoewel er naast wateren met extreem hoge fytoplankton concentraties zoals het Veluwemeer ook wateren zijn, waar aanzienlijk geringere hoeveelheden fytoplankton voorkomen zoals het Markermeer, zijn de niveau's in de meeste wateren te hoog voor de ontwikkeling c.q. handhaving van een "gezond" ecosysteem. De totale fytoplankton biomassa is echter slechts een aspect van het eutrofiërings probleem. Hiernaast is de fytoplankton soorten samenstelling van grote betekenis.

Groenalgen of kiezelwieren verschillen sterk in eigenschappen van de groep der blauwalgen. Maar ook binnen een groep komen belangrijke verschillen voor, bijvoorbeeld tussen de blauwalgen Microcystis aeruginosa en Oscillatoria agardhii. Beide soorten komen veel voor in het IJsselmeer gebied. Er zijn esthetische verschillen omdat een gegeven gewichtshoeveelheid blauwalgen een veel grotere troebeling van het water veroorzaakt dan dezelfde hoeveelheid van een groenalg. Het vermogen van sommige blauwalg soorten zich te concentreren in de bovenste waterlagen versterkt deze verschillen nog eens extra. Dit verschil in troebeling heeft echter ook belangrijke ecologische konsekwenties voor de bodemflora (macrofyten).

Verder kunnen ook de effecten op de waterfauna (zooplankton, vissen), sterk afhangen van de fytoplankton soorten samenstelling. Onderlinge verschillen in respiratie kunnen leiden tot verschillen in dagelijkse zuurstof fluktuaties. Tevens speelt de snelheid waarmee een bloei afsterft een voorname rol, aangezien het dode materiaal onder zuurstof opname moet worden gemineraliseerd. Met name Microcystis is nogal berucht omdat een bestaande bloei vaak snel instort. Van betekenis zijn verder nog eigenschappen zoals mogelijke giftigheid (Microcystis) of verstopping van filters bij het inlaten van water voor gebruik door

industrie of ten behoeve van de drinkwaterbereiding. In het kader van het IJsselmeer projekt (zie tevens de bijdrage van de Rooij) wordt door het Waterloopkundig Laboratorium dan ook modelmatig onderzoek gedaan naar zowel de totale biomassa als de soorten samenstelling in het huidige en toekomstig IJsselmeer water.

2. BELANGRIJKE SOORTSKENMERKEN

Volgens de klassieke opvattingen zal, mits de uitwendige omstandigheden maar gelijk blijven, uiteindelijk die fytoplankton (soort(en) dominant worden, die het meest efficiënt gebruik maakt (maken) van de limiterende faktor(en). Uiteraard zijn er in een natuurlijk water duidelijke variaties in milieu omstandigheden, maar dikwijls is dezelfde faktor of combinatie van factoren gedurende langere tijd (weken tot maanden) beperkend. In het volgende zullen een paar eigenschappen van drie soorten: het groenwier Scenedesmus en de blauwalgen Oscillatoria en Microcystis onderling worden vergeleken, waarna aandacht zal worden besteed aan omstandigheden, die de bloei van deze soorten bevorderen of juist belemmeren.

Het sukses van elke algensoort staat of valt met zijn energie balans: de verhouding tussen produktie aan de ene en sterfte en ademhaling aan de andere kant. De produktie snelheid wordt beïnvloed door een groot aantal milieu factoren: de hoeveelheid binnendringend zonlicht, de mate van uitdoving in het water, de daglengte, de temperatuur. Belangrijke soortspecifieke eigenschappen zijn de efficiëntie, waarmee licht wordt gefixeerd (vooral bij lage lichtintensiteiten), de mate van lichtuitdoving door algen ("selfshading", bepaald door het produkt van biomassa en specifieke extinktie). en het al dan niet bezit van verticale transport middelen (drijfvermogen).

Om de diskussie te beperken zullen voornamelijk factoren worden beschouwd, die rechtstreeks met de energiebalans te maken hebben. Nutriënt limitaties zullen slechts zijdelings ter sprake komen. Voor de drie beschouwde soorten worden momenteel de volgende relaties aangenomen ten behoeve van de modelberekeningen:

	<u>Scenedesmus</u>	<u>Microcystis</u>	<u>Oscillatoria</u>
Respiratie	12.5	3.5	3.5
Sterfte	13.4	13.4	13.4
Maximum Prod.	100	70	86
Initiële efficiëntie (*)	hoog	hoog	laag
Specifieke extinktie	1	2	4
Drijfvermogen	niet	wel	niet(?)

(*) gebaseerd op recent laboratoriumonderzoek

De getallen voor respiratie, sterfte en maximale produktie zijn geschaald t.o.v. de maximale produktie snelheid van Scenedesmus.

Voor de specifieke extinktie zijn eveneens relatieve getallen aangegeven. De relaties gelden bij 20 graden Celcius.

Omdat de twee verliestermen sterkere funkties van de temperatuur zijn dan de maximale produktie, geldt voor alle soorten dat energetisch gezien de gunstigste omstandigheden zich in het tweede kwartaal voordoen bij lange daglengtes (12-16 uur), veel zon en relatief lage temperaturen. In het najaar is bij gelijke licht kondities de temperatuur meestal aanzienlijk hoger, waardoor de verliestermen in verhouding groter zijn.

Uit het tabelletje blijkt dat de onderlinge verschillen in respiratie, drijfvermogen en specifieke extinktie erg groot zijn. De relaties tussen de verschillende factoren zijn echter dermate kompleks, dat een analyse welke soort de beste bloei mogelijkheden heeft onder een gegeven set van kondities eigenlijk alleen maar kan worden onderzocht met behulp van grote series laboratoriumexperimenten of met modelsimulaties. Deze laatste hebben het voordeel dat een groter aantal kombinaties van factoren kan worden beschouwd.

Een paar algemene konklusies gebaseerd op de modelberekeningen:

1. De hoge respiratie van Scenedesmus benadeelt deze soort in de tweede helft van de zomer.
2. Onder gunstige startkondities heeft Scenedesmus dikwijls de hoogste groeisnelheid, maar doordat de verliestermen relatief hoog zijn, wordt de netto groei van deze soort negatief onder lichtkondities, waarbij blauwalgen nog verder kunnen groeien. Deze hebben hierdoor wel groeimogelijkheden tijdens een grote groenwier bloei, maar het omgekeerde geldt meestal niet.
3. Het drijfvermogen van Microcystis (en andere, hier niet beschouwde blauwalgen) bevoordeelt deze soort in twee opzichten:
 - a. Licht fotonen kunnen worden geabsorbeerd, voordat deze door homogeen verdeelde partikels (andere algen, detritus, overige stoffen) geabsorbeerd kunnen worden.
 - b. Doordat het door individuele algencellen waargenomen licht niveau grotere fluktuaties vertoont met dan zonder drijfvermogen, kan het licht efficiënter worden gebruikt (de efficiëntie is het grootst na een donkere periode).

Over de betekenis van dit drijfvermogen (uitgedrukt in een extra hoeveelheid biomassa per volume eenheid) is overigens weinig konkreets bekend. Evenmin bestaan er veel kwantitatieve gegevens betreffende de invloed van externe factoren zoals de windsnelheid.

3. BETEKENIS VOOR DE ALGENSOORTEN SAMENSTELLING IN HET IJSSELMEER

Op sommige plaatsen in het IJsselmeer worden door RIZA en RIJP op gezette tijden algen gedetermineerd en geteld. Voor opmerkingen over deze wijze van soorten dominantie bepaling wordt verwezen naar de stellingen. Aannemend dat deze bepalingen juist zijn, komt hieruit een tamelijk klassiek beeld tot uiting, waarbij groen- en kiezelalgen domineren in winter en voorjaar, en blauwwier soorten soms in de zomer (periode mei tot september), waarna de groen- en kiezelalgen zich weer herstellen. In sommige jaren ontbreekt de periode met blauwwieren echter nagenoeg geheel, zoals in 1977, in andere jaren zoals in 1976 is daarentegen de blauwalg dominantie juist uitzonderlijk sterk. Volgens dezelfde tellingen is Oscillatoria agardhii de belangrijkste blauwalg.

Dit beeld is nogal opmerkelijk, omdat de bepalingen van de nutriënt gehaltes in het IJsselmeer water sterk suggereren, dat met uitzondering van silicium, nutriënten vrijwel altijd in ruime mate voorradig zijn. Met andere woorden: energie is de enige belangrijke beperkende faktor. De suksessie tijdens het jaar is in grote lijnen wel verklaarbaar op grond van de soortskarakteristieken volgens bovenstaande tabel, alhoewel de berekeningen in de winter meestal op een Microcystis dominantie uitkomen (vooral vanwege de lage respiratie).

De verschillen tussen afzonderlijke jaren lijken nogal groot, wanneer wordt bedacht dat de sturende factoren: zonlicht en temperatuur weinig variëren in Nederland. (Zelfs in een zeer zonnige zomer als 1976 is de instraling maar zo'n procent of 20 hoger dan normaal). Toch blijkt het mogelijk op grond van deze betrekkelijk geringe klimatologische verschillen een radikaal andere dominantie te berekenen. Dat hierbij niet altijd de juiste soort wordt voorspeld ligt gedeeltelijk aan onvolkomenheden in de modelkoncepties, maar zeker niet alleen.

Zo zal het bij een gedetailleerde vergelijking van Oscillatoria en Microcystis opvallen, dat de laatste eigenlijk in vrijwel alle belangrijke opzichten superieur is aan de eerstgenoemde soort: winst door drijfvermogen, hogere efficiëntie van licht fixatie, lagere lichtuitdoving per biomassa eenheid. Kortom de vraag rijst, hoe het komt dat Oscillatoria in het IJsselmeer belangrijker is dan Microcystis, om over de Randmeren nog maar te zwijgen. Hier komen overigens wel langdurige periodes met nutriënt limitatie voor. Als de soorten samenstellingen goed zijn bepaald moet de konklusie wel luiden dat de fysiologische gegevens van deze twee blauwalg soorten niet in overeenstemming zijn met de veldwaarnemingen.

Tot slot enige stellingen:

1. Een goed, algemeen bruikbare maat voor de fytoplankton biomassa ontbreekt. Daarom dienen verschillende variabelen, die nauw hieraan gerelateerd zijn (POC, drooggewicht, particulaire nutriënten niveau's, chlorofyl) gelijktijdig te worden bepaald.
2. De fluktuaties in algen biomassa's kunnen dermate snel verlopen, dat een algehele bemonsterings-frekwentie van vier weken (zoals op de meeste plaatsen in het IJsselmeer) te laag is. Op zijn minst een deel van variabelen moet twee-wekelijks (of nog vaker) worden bemonsterd.

3. Routinematig worden alle monsters in het IJsselmeer gebied op een halve meter diepte genomen. Met name tijdens de bloei van soorten met drijfvermogen kan hierdoor een sterk vertekend beeld ontstaan.
4. Gezien de grote betekenis van energie als beperkende faktor in het IJsselmeer gebied in het algemeen en het IJsselmeer wel zeer in het bijzonder wordt hieraan veel te weinig aandacht besteed in de bemonsteringen. In elk geval de extinktie zou op zijn minst twee-wekelijks moeten worden gemeten, waarbij tevens een goede indruk van een eventuele algen stratifikatie kan worden verkregen.
5. De relatieve soorten samenstelling moet in elk geval op gewichtsbasis worden opgegeven. Desnoods kan het nat-gewicht als basis diener, veel liever echter het drooggewicht of het gehalte aan koolstof.
6. De volumina van de belangrijkste algen soorten verschillen zo sterk (tot een faktor 100 toe), dat een dominantie bepaling gebaseerd op de telling van aantallen cellen in een klein monster (orde 100 of 200) nauwelijks bruikbaar is om een dominantie op gewichtsbasis uit af te leiden.
7. Een betere integratie van laboratorium-, veld-, en modelonderzoek zal zowel de kwaliteit als snelheid van onderzoek in alle drie gebieden duidelijk vergroten.

4.15.

De eutrofiëring van het IJselmeer

H. Postma, NIOZ, Texel

Gedurende een onderzoek van de schrijver naar de fosfaatbalans van de westelijke Waddenzee in de jaren 1949 en 1950 werd waargenomen dat het totaal P gehalte van het door de sluizen in de Afsluitdijk afgevoerde water veel hoger was dan dat van het door de IJsel aangevoerde water. Eenzelfde effect werd in latere jaren geconstateerd voor totaal stikstof. Op grond van simultane gegevens werd voor omstreeks 1960 onderstaande vergelijking gemaakt.

Watersamenstelling IJsel en IJselmeer

	IJsel	IJselmeer
Zuurstofgehalte, %	60	110
pH	7.4	8.6
zwevend materiaal, mg.l^{-1}	43	10-15
percentage org. stof	30	30
zichtdiepte, cm	50	100-200
totaal P, mg.l^{-1}	0.3	0.06
totaal N, mg.l^{-1}	4.1	2.4
Ratio N/P	14	40
Primaire productie, $\text{mg C.m.}^{-2} \text{Uur}^{-1}$	30	150

Uit deze cijfers werd afgeleid dat in die tijd per jaar 3000 ton P (80% van de aanvoer) en 20.000 ton N (40%) in het meer werden vastgelegd.

De genoemde retentiewaarden waren gebaseerd op een gering aantal IJselgegevens en dus niet op de totale nutriëntenaanvoer. Het zijn dus minimumpercentages.

Aangezien de gewichtsverhouding waarin P en N in het meer achterbleven gelijk bleek te zijn aan de gemiddelde verhouding in een fytoplanktonpopulatie (1:7) werd verder verondersteld dat de vastlegging plaatsvond als organische stof. Hierop wezen o.a. ook het hoge zuurstofgehalte, de hoge pH en de hoge primaire productie in het noordelijk IJselmeer.

Voor na 1965 vond er een stijging van de nutriëntenafvoer van de rivieren plaats. Omstreeks 1975 golden de volgende waarden:

	IJssel	Noordelijk IJsselmeer
totaal P, mg.l ⁻¹	0.54	0.09
totaal N, mg.l ⁻¹	5.32	2.45
ratio N/P	10.-	27.-
opgelost Si-mg.l ⁻¹	2.52	0.65

Hieruit volgen retentiepercentages van P en N van 84 en 54%. Het ziet er dus naar uit dat de stijging van de nutriëntenafvoer (en de verkleining van het IJsselmeer) in 1975 nog niet had geleid tot een snelle vermindering van het accumulerend vermogen van het gebied. De P/N-verhouding bleef vrijwel 1:7. Interessant is verder dat 75% van de aangevoerde Si werd tegengehouden, waarschijnlijk als diatomeeënresten. Dit duidt dan eveneens op organische accumulatie.

Als men het hier gehanteerde "organische model" accepteert moet uit het feit dat het accumulatiepercentage vrijwel gelijk is gebleven worden geconcludeerd dat de phytoplanktonproductie in het IJsselmeer met de nutriëntentoevoer moet zijn gestegen. Aangezien N in zeer grote overmaat aanwezig is betekent dit dat P de grootte van deze productie reguleert. Deze regulatie kan alleen plaatsvinden in die delen van het IJsselmeer waar de fosfaatconcentraties in de zomer zeer laag worden.

De primaire productie in het noordelijk IJsselmeer laat een seizoensverloop zien met een aanzienlijk dal in de zomermaanden (fig. 1, gegevens uit 1972/1973). Als men aanneemt dat dit dal, door verhoging van het fosfaatgehalte in de zomer, zou verdwijnen (stippellijn in fig. 1), zou dit bij benadering leiden tot een verhoging van de productie van 400 naar $\pm 600 \text{ g C m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ en hiermee zou dan in de gegeven omstandigheden het productiemaximum zijn bereikt.

De veranderingen in productie en totaal P- concentratie, die langs het traject IJssel-Afsluitdijk in de loop der jaren optreden, zijn zeer schematisch aangegeven in fig. 2. Aangenomen is dat de fosforretentie in het IJsselmeer zich, bij gestadige stijging van het fosforgehalte in het aangevoerde water, op 80% zal handhaven totdat de maximum primaire productie voor het IJsselmeer is bereikt. Als de fosforaanvoer daarna nog verder stijgt, zal dit percentage uiteraard moeten dalen.

Onafhankelijk van het bereiken van het productiemaximum zal het retentiepercentage ook moeten dalen als er een beter evenwicht tussen bodem en water, dat wil zeggen tussen productie en mineralisatie, wordt bereikt. Hiervoor is een toename van het percentage afbreekbare

organische stof in de bovenlaag van het sediment noodzakelijk. Gebaseerd op IJsselgegevens bevatte vers aangevoerd sediment in 1932 ruw geschat 10% en in 1960 45% organische stof; in 1975 was dit opgelopen tot bijna 60% en in 1978 tot ruim 60%. Het verse materiaal wordt gemengd met ouder aanwezig materiaal zodat de ware percentages in de bovenlaag thans nog veel lager zijn, doch op de duur moet de nieuwe aanvoer leiden tot een aanzienlijke verrijking van de bodem met organische stof.

Uit het bovenstaande volgt dat twee series experimenten van waarde zijn voor inzicht in de snelheid waarmee nieuwe evenwichtssituaties zullen worden bereikt en in de dan optredende (biologische) waterkwaliteit.

(1) De eerste serie zou moeten bestaan uit metingen van de primaire productie in met fosfaat verrijkt IJsselmeerwater, om na te gaan of zo'n toevoeging inderdaad tot hogere productie leidt. De nadruk zou dienen te liggen op het noordelijk IJsselmeer. Voor de hand liggen z.g. "plastic bag" experimenten.

(2) De tweede serie betreft studies van de uitwisselingssnelheden tussen bodem en water bij verschillende percentages organisch materiaal van de bodem en onder zo "natuurlijk" mogelijke omstandigheden. Hiervoor zou, om de gedachten te bepalen, een stukje kunstmatig IJsselmeer van enkele tientallen m² moeten worden geconstrueerd.

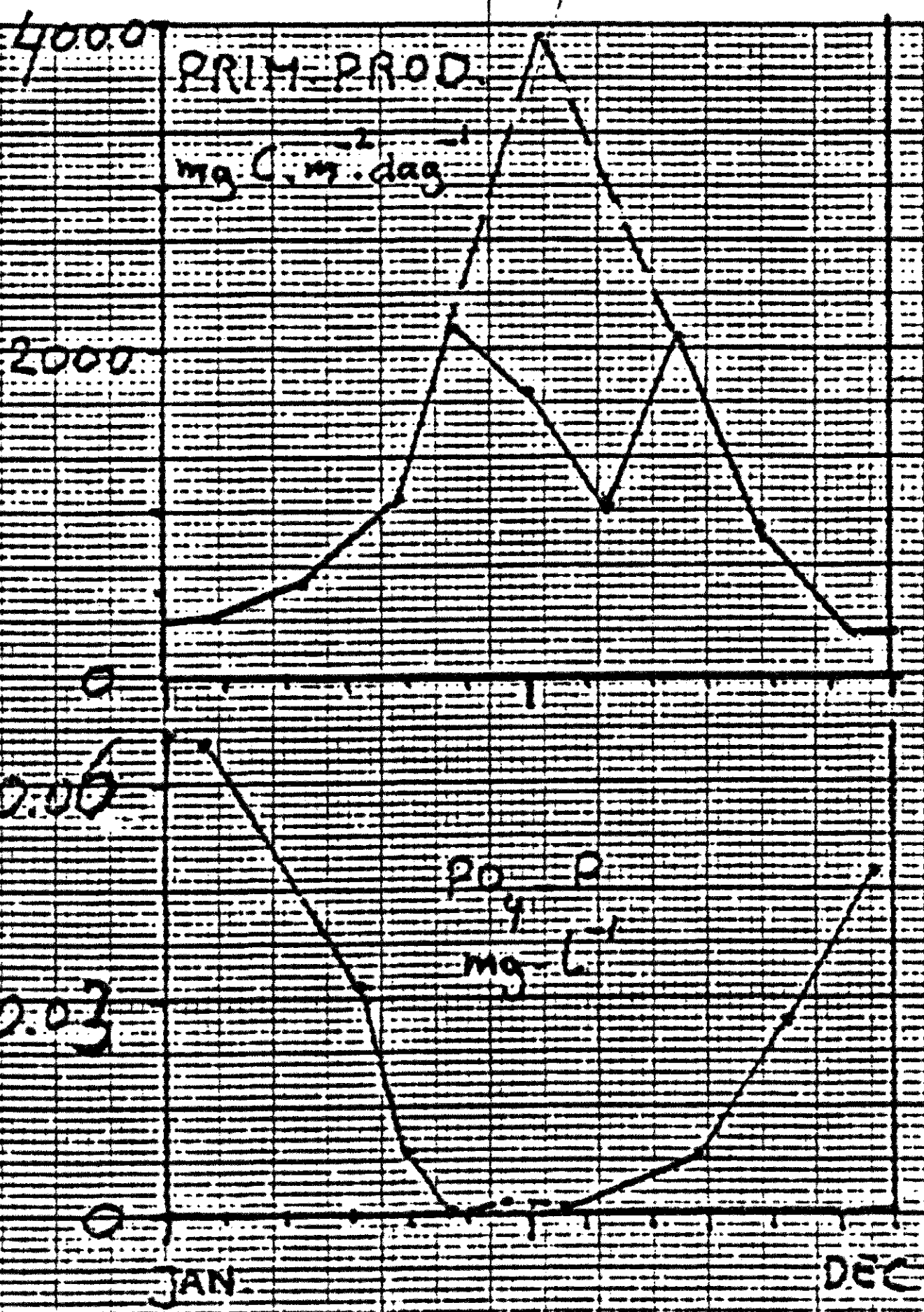


FIG 1

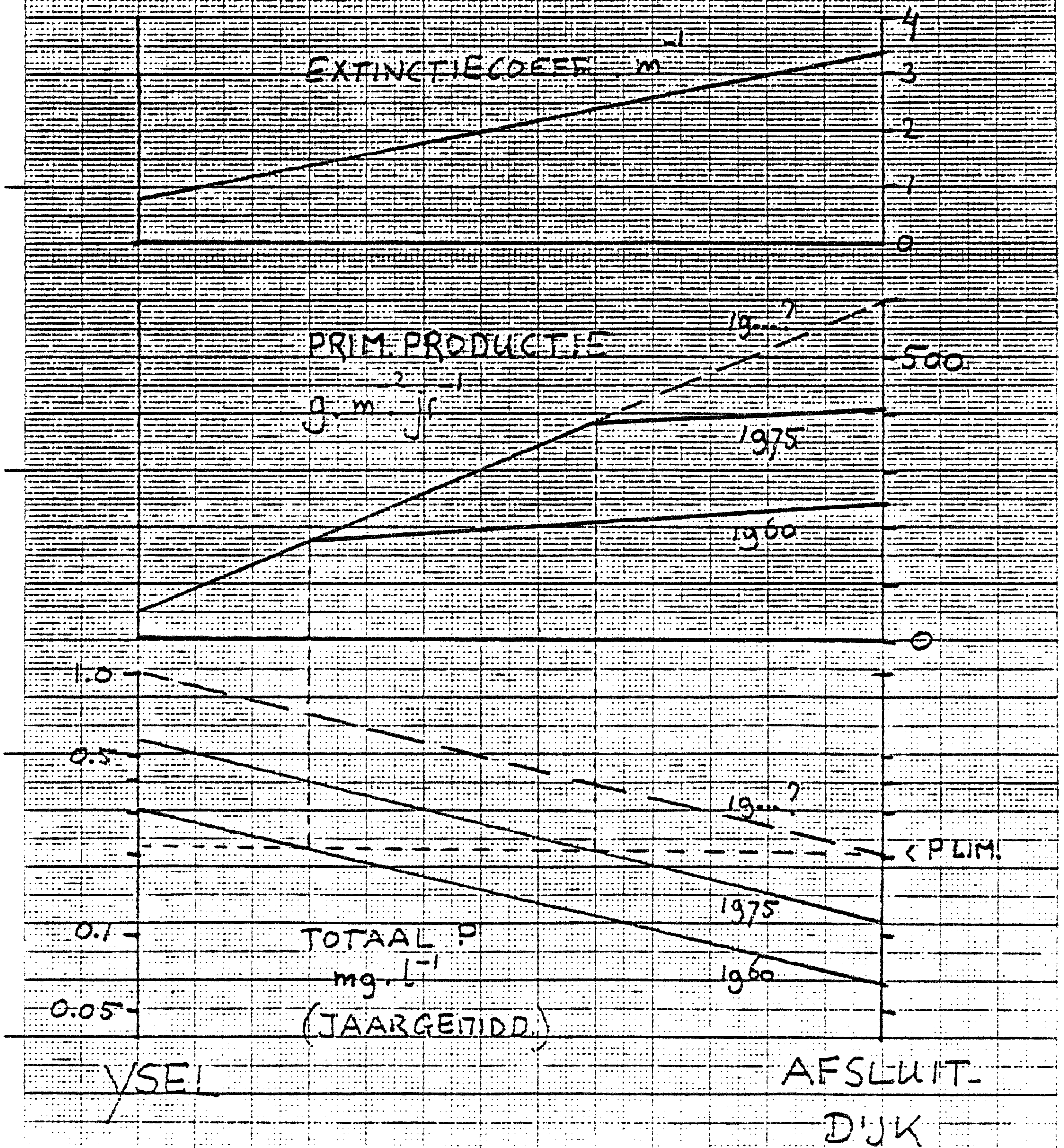


FIG 2

4.16. STABIELE EN NIET-STABIELE OSCILLATORIA-MEREN; FEITEN EN VERONDERSTELLINGEN; ONDERZOEKSRESULTATEN

C. Berger, RIJP

Onderzoeksresultaten

1. De onderhoudsenergie van *O. agardhii* is laag en de P_{max} (P_{max}) is kleiner dan van b.v. *Scenedesmus protuberans* (Mur, c.s.). In het lab. wordt b.v. gevonden: opt.groei tussen 40 en 200 $Em^{-2}s^{-1}$ bij 20°C. In het veld vinden we een grotere range waarbinnen de P_{max} ligt (aannemend dat groei gelijk is aan netto-productie). De ademhaling in het veld wisselt sterk. Er zijn aanwijzingen dat de ademhaling midden op de dag minimaal is en dat nachtelijke meetresultaten nodig zijn naast overdag-metingen om tot een enigszins nauwkeurige schatting van de ademhaling te komen. Ook de incubatieduur bepaalt het resultaat.
2. Het voordeel van *O. agardhii* boven andere meer licht behoevende algen is zijn hogere produktie bij lage lichtintensiteiten. Het produktieprofiel is dan dieper en de dag langer. Beneden 1% I_0 is in het Wolderwijd in 1978 gemiddeld 25% bruto-productie (P_g) gemeten.
3. Bij hogere Secchi-schijfwaarden verliest de alg het vermogen om tot produktie te komen bij lage I 's. Een glijdend verloop $P:I$ lijkt aanwezig. Het gevolg is een eufotische diepte die het gehele jaar door ongeveer op hetzelfde niveau ligt in een bepaald meer.
4. De temperatuur is van groter gewicht op de produktieresultaten dan de instraling.
5. De generatieduur is moeilijk te bepalen omdat de ademhaling zo moeilijk te berekenen is. Het is hier onmogelijk dat 's-winters de generatieduur zeer lang is en 's-zomers lang. Een continu Oscillatoria meer is alleen mogelijk bij bepaalde minimale verblijftijden.
6. De biomassa in de randmeren is slechts 1,5 à 2,0 maal zo groot als de winterbiomassa.
7. Waarschijnlijk zijn meren met meer dan gemiddeld 25 à 30 mg l^{-1} slib een ongeschikte *Oscillatoria* habitat.
8. *O. agardhii* wordt nauwelijks gepredateerd door zoöplankton.

Theorieën en veronderstellingen

Persen we het bovengenoemde samen tot een theorie (met een aantal speculatieve elementen die nog verder doorberekend moeten worden), dan ontstaat het volgende beeld. Eutrofiëring leidt tot een grotere biomassa, dus tot minder licht. Op een gegeven moment wordt het milieu geschikt voor *Oscillatoria*. Omdat in Nederlandse meren voedingsstoffen meestal voldoende aanwezig zijn voor deze omschakeling van groen(kiezel) naar blauwalgen moet er in veel meren iets anders zijn dat een continu-bloei van *O.* tegenhoudt. Als zeer belangrijke factor wordt de diepte gezien.

Er bestaat een relatie biomassa-diepte. Dieper geringere biomassa. Als op een gegeven moment *O.* te lang boven een zekere lichtintensiteit verkeert verliest hij het vermogen om zijn produktiestaart te vormen. In de competitie met andere soorten moet hij het juist van deze staart hebben (naast zijn lage onderhoudsenergie), want bovenin wordt hij verdrongen door lichtminnender soorten die een hogere P_{max} hebben. Te ondiepe meren zijn ongeschikt als *O.* habitat omdat de demping van verschillen in lichtintensiteit (dagen met en zonder zon) te gering is. Verondersteld is dat de generatieduur lang is wat inhoudt dat de verblijftijd een rol speelt.

Deze verblijftijd moet gezien worden in relatie tot de generatieduur. Indien op een bepaald moment de *O. populatie* uitspoelt vindt vervanging plaats met algensoorten die gepredateerd worden door zoöplankton. De vraag is of de biomassatoename dusdanig kan zijn dat *O.* weer dominant wordt. Waarschijnlijk heeft een water waarin gestreefd wordt naar het *O.* niveau door de voortdurende wisseling in algenbiomassa (misschien beter: door de voortdurende consumptie door zoöplankton) meer voedingsstoffen nodig dan een zichzelf regulerend *Oscillatoria*water. Niet *Oscillatoria*wateren verkeren in een soort exponentiële groeifase, terwijl *Oscillatoria*wateren in een stationaire fase verkeren. De continuïteit van de *Oscillatoria*bloei is het moeilijkst vol te houden in maart. Wordt in maart de bloei verbroken dan kan het weer maanden duren voordat de dominantie hersteld is. Deze maanden zijn belangrijk voor de plantengroei en deze plantengroei kan van belang zijn in de voedingsstoffen-competitie met fytoplankton. Bovendien bieden ondergedoken waterplanten een geschikte habitat voor zoöplankton. De bloei wordt in maart het eerst verbroken omdat a) de biomassa van de *O. populatie* dan minimaal is en het licht vrij snel toeneemt b) voedingsstoffen vaak schaars zijn c) de temperatuur laag is wat een remmende factor voor *O. agardhii* is (te lage ademhaling) t.o.v. b.v. kiezelalgen.

Als kritische diepten wordt gezien een ondergrens van 60 à 70 cm en een bovengrens van 2,5 à 3,0 meter. Daarna komen er meren voor die dieper zijn dan 2,5 à 3 m waarin *O.* zich zeer moeilijk kan handhaven. De buitenlandse meren met *O. dominantie* (excl. *O.* soorten met drijfvermogen) hebben een tijdelijke *O. dominantie* in de zomer. Als men de diepte verdeelt in de lagen: lichtremming - lichtverzadiging - lage lichtintensiteit - laagste lichtintensiteit is de tijdsduur die doorgebracht wordt in iedere laag - naast factoren als temperatuur, voedingsstoffen, slibgehalte en verblijftijd - waarschijnlijk erg belangrijk voor het al of niet optreden van *Oscillatoria*. Mogelijk dat meren dieper dan 5 meter dan weer geschikter zijn dan 3 m diepe meren. Homogene verticale menging blijft een vereiste.

Stellingen:

1. *Oscillatoria*wateren zijn zichzelf regulerende systemen waarin het lichtklimaat, dank zij een gunstige diepte van het meer, door de alg zelf gereguleerd wordt. Het zijn eenvoudige systemen, waarin het zoöplankton geen rol speelt. De terugkoppeling vindt plaats als groei → biomassa → licht. Het is een eindfase.
2. In een meer met zandwinputten is de gemiddelde diepte niet maatgevend als habitats parameter maar de verhouding ondiep-diep, voor zover het ondiepe deel binnen de kritische diepte ligt.
3. Het Vollenweider-model is ongeschikt voor het Nederlandse oppervlaktewater omdat:
 - a. het model is opgesteld met gegevens van meestal fosfaat-gelimiteerde diepe meren
 - b. de terugkoppeling fytoplankton - bodem - P leverantie ontbreekt.
 - c. het ontstaan is uit curve-fitting en de juiste causaliteit ontbreekt.
4. Indien het CUWVO-onderzoek anders gericht wordt kan het een schat aan informatie opleveren met betrekking tot de *Oscillatoria*-habitat. De algensamenstelling, de biomassa het lichtklimaat, de groeibepalende factor en de verblijftijd dienen dan bepaald te worden.
5. Het terugleveren van fosfaat uit de bodem berust op een complex geheel van reacties. Het is erg belangrijk om te weten in welke mate b.v. *Oscillatoria* div.sp. zich onderscheidt van *Scenedesmus* div.sp. in hun "terugwinvermogen". De kans op sanering van *Oscillatoria*meren kan zo beter ingeschat worden.

4.17. HYPERTROFIERING VAN HET IJSSELMEER

P. Leentvaar, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum

Als natuurgebied heeft het IJsselmeer grote betekenis in verband met de aanwezige watervogels. Het Rijksinstituut voor Natuurbeheer is in dit opzicht betrokken bij onderzoek in dit gebied. Hydrobiologisch wordt er de laatste jaren geen onderzoek gedaan maar wel deelgenomen in de begeleiding van onderzoek dat door anderen wordt uitgevoerd. De bijdrage aan deze studiebijeenkomst over het IJsselmeergebied is daarom beperkt tot het aspect hypertrofie en zuurstofhuishouding, dat echter gezien de te besteden tijd ook niet uitputtend behandeld kon worden.

Onder hypertrofiëring versta ik het verschijnsel van overmatige planten- of algengroei als gevolg van overdadige bemesting. Door de complexiteit van het verschijnsel is het voor de onderkenning van hypertrofie nodig de volgende criteria in beschouwing te nemen: 1. massale groei van een gering aantal dominante soorten. 2. onderdrukking van de planktonperiodiciteit. 3. het uitblijven van totale uitputting van nutriënten in de vegetatieperiode. 4. hoge zuurstofoververzadigingen overdag en geen onderverzadiging 's nachts. 5. lage concentraties reductieve organische stoffen. 6. hoge biologische troebelings. 7. hoge potentiële zuurstofproductie het gehele jaar door. (Leentvaar, 1979).

In een recent artikel (Leentvaar, 1980) heb ik het IJsselmeer aangehaald als voorbeeld van hypertrofiëring. Dit gegeven werd afgeleid uit de gemiddelden van het 3e kwartaal volgens de verslagen van Rijkswaterstaat waarbij de O_2 verzadigingswaarde, BOD, NO_3 , totaal P en ortho-P in verloop van een aantal jaren werd vergeleken voor het midden van het IJsselmeer (punt Y 23). Hieronder wordt dit nog eens in tabel weergegeven, aangevuld met de gegevens van 1979 en 1980.

Tabel 1

	$O_2\%$ gem.	$O_2\%$ jaar min.	$O_2\%$ jaar max.	BOD	NO_3	tot.P	ortho-P
1975	103	-	-	5.6	0.70	0.28	0.09
1976	106	-	-	9.3	0.17	0.30	0.09
1977	118	94	166	3.4	0.85	0.18	0.08
1978	121	96	146	4.7	0.82	0.20	0.07
1979	101	94	116	3.7	1.01	0.28	0.11
1980	112	91	120	3.9	0.73	0.23	0.10

Gelet op de enigszins afnemende waarde van BOD, enige toename van ortho-P, weinig veranderingen in waarden van NO_3 en totaal P en hoge O_2 - verzadigingswaarden werd afgeleid dat het zuurstofgehalte van het water voornamelijk door de relatie anorganische nutriënten - primair producenten bepaald werd, een aspect van hypertrofie (Leentvaar 1979). Een en ander werd vergeleken met de meren in Rijnland.

In het navolgende heb ik aan de hand van de kwartaalverslagen van 1973 t/m 1980 voor alle monsterpunten en per kwartaal van IJsselmeer en Markermeer de gemiddelde zuurstofverzadigingswaarden in tabel 2 bijeengebracht, waarbij alleen over- en onderverzadigingen door een + of een - werden aangegeven, gebaseerd op de getalswaarden van een computeruittreksel van het RIZA. De ligging van de monsterpunten is op bijgevoegd kaartje aangegeven. De beperking tot alleen zuurstofwaarden is door tijdgebrek ingegeven, maar zij demonstreert voldoende het verschijnsel hypertrofie, zowel in tijd als in ruimtelijke verspreiding zoals uit het volgende mag blijken.

We gaan er van uit dat op een monsterpunt een uitgesproken hypertrofie aanwezig is als de gemiddelde oververzadiging aan zuurstof in alle vier de kwartalen van het jaar aanwezig is. Dit is in Tabel 2 aangegeven door een omkadering. Op dezelfde wijze is dit met onderbroken lijn aangegeven voor onderverzadiging.

Tabel 2 laat dan het volgende zien:

1. de oostkust van het IJsselmeer heeft een duidelijker hypertrofie dan de westkust. Er is derhalve verschil in biologische activiteit.
2. het Keteldiep is altijd onderverzadigd. De reducerende eigenschappen van het water overheersen. De invloed hiervan neemt af op het open IJsselmeer.
3. In het Markermeergebied treedt hypertrofie op die in het noordelijk deel anders is dan in zuiden en westen. Er is overeenkomst met de hypertrofie van het IJsselmeer.
4. Markermeer en IJmeer vertonen in 1976 overal hypertrofie; op het IJsselmeer is 1976 niet bijzonder afwijkend.
5. Opvallend is dat de monsterpunten van het 3e kwartaal in het IJmeer in de laatste jaren hoofdzakelijk onderverzadigingen te zien geven.

Uit het bovenstaande blijkt dat er ruimtelijke verschillen zijn in biologische dynamiek. Hosper (1981) geeft aan dat het chlorophylgehalte naar het noorden in het IJsselmeer toeneemt en het fosfaat gehalte afneemt maar toch nog hoog blijft. In het Ketelmeer is het chlorophylgehalte lager en het fosfaatgehalte hoog. Hij neemt aan dat door de korte verblijftijd in het Ketelmeer de algen-

biomassa nog niet tot ontwikkeling kon komen. Een en ander komt ook tot uiting in de hier gepresenteerde zuurstofverzadigingswaarden, als we aannemen dat een grotere algenbiomassa ook een hogere zuurstofverzadiging geeft, de soorten samenstelling geen essentiële verschillen vertoont en de zuurstofconsumptie op de verschillende monsterpunten ongeveer een zelfde niveau heeft. Over de planktonsamenstelling zijn mij op dit moment geen gegevens bekend, de kwartaalverslagen geven chlorophygehalten. De trend in de loop der jaren voor de zuurstofoververzadiging is in grafiek weergegeven voor de punten IJsselmeer noord (Y1), Kamperhoek(Y11), Markermeer W (Y 108) en het Keteldiep (Y 17). We zien hieruit dat het Keteldiep in alle kwartalen onderverzadigd is, maar dat er een trend is naar hogere waarden. De reductieve eigenschappen nemen af. Bij de Kamperhoek is de invloed van het IJsselwater nog merkbaar in lagere verzadigingswaarden dan het IJsselmeer en is de trend in het 2e en 3e kwartaal min of meer zichtbaar. In het IJsselmeer-noord vinden we de hoogste verzadigingswaarden, waarbij in het 3e kwartaal een trend naar hogere waarden eveneens schijnt door te werken als gevolg van afnemende BOD zoals ook voor Y 23 in tabel 1 werd geïllustreerd. In het Markermeer is de trend afwezig zoals verwacht kan worden en geeft het 3e kwartaal vooral een verschil in zuurstofgehalte in de loop der jaren met het IJsselmeer-noord zien.

De strekking van mijn hier gegeven betoog over zuurstofverzadiging is aan te geven, dat er in het IJsselmeergebied ruimtelijke verschillen zijn in biologische activiteit en dat er voor zover er niet reeds een hypertrofe situatie aanwezig is er een trend aanwezig is naar hypertrofie door afname van reductieve componenten terwijl anorganische nutriënten in overvloed aanwezig blijven. De waterkwaliteit blijft daarom een punt van zorg als geen maatregelen genomen worden de anorganische nutriënten tot een acceptabel niveau terug te dringen.

Literatuur.

Leentvaar, P. (1979) Zeven criteria voor hypertrofie.

H₂O, 17: 368-372 en 387

Leentvaar, P. (1980) Eutrophication, Nature Management and the role of potassium.

Hydrobiol. Bull., 14: 22-29

Hosper, S.H. (1981) Die Eutrophierung der Gewässer im Rheineinzugsgebiet, insbesondere des IJsselmeeres:

Probleme und Lösungsmöglichkeiten.

8. Arbeitstagung der I.A.W.R. Amsterdam,

18-20 Mai 1981. (in press).

Stelling : Het gebruik maken van gegevens die bij routine bepalingen verzameld worden is onmisbaar bij de beoordeling van de structuur en de processen in de werkelijke veldsituatie.

IJsselmeer. Zuurstofoververzadiging (+) en onderverzadiging (-)
gemiddelde per kwartaal o = 100%

IJsselmeer		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	Totaal		
		kwartaal									+	-	o
<u>W-kust</u>													
Y 1 afsl.dijk	I	-	-	+	+	-	o	+	+	o	4	3	2
	II	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	o	o
	III	+	+	+	-	+	+	+	+		7	1	o
	IV	-	-	+	-	+	o	-	-		2	5	1
Y 3		-	-	-	+	-	-	-	+	-	2	7	o
		+	+	+	+	+	+	+	+	o	8	o	1
		+	+	-	-	+	+	-	+		5	3	o
		-	-	-	-	-	+	-	-		1	7	o
Y 5		-	-	-	+	-	-	+	+	o	3	5	1
		-	+	+	+	+	+	+	+	+	8	1	o
		+	+	-	+	+	+	-	+		6	2	o
		-	-	-	-	+	-	-	-		1	7	o
Y 7		+	-	-	-	-	-	+	-	-	2	7	o
		+	+	+	+	+	+	+	+	-	8	1	o
		+	+	-	-	+	+	-	-		4	4	o
		-	-	-	-	+	-	-	-		1	7	o
Y 21 Enkhuizen		-	-	-	+	-	-	+	-	-	2	7	o
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	o	o
		+	+	-	o	+	+	+	+		6	1	1
		+	-	-	-	o	-	-	-		1	6	1
<u>O-kust</u>													
Y 2 afsl.dijk		-	-	+	+	+	o	+	+	+	6	2	1
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	o	o
		+	+	+	+	+	+	+	+		8	o	o
		-	-	+	-	+	+	+	-		4	4	o
Y4		-	-	+	+	+	o	+	+	+	6	2	1
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	o	o
		+	+	+	+	+	+	-	+		7	1	o
		-	-	+	-	+	+	+	-		4	4	o
Y 6		-	-	-	+	-	+	+	-	-	3	6	o
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	o	o
		+	+	-	+	+	+	+	+		7	1	o
		-	-	+	-	+	-	+	-		3	5	o
Y 8		-	-	+	+	-	-	+	+	-	4	5	o
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	o	o
		+	+	+	+	+	+	+	+		8	o	o
		-	-	+	+	o	+	+	-		4	3	1
Y 10		-	-	o	+	-	-	+	-	-	2	6	1
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	o	o
		+	+	+	+	+	+	-	+		7	1	o
		-	-	+	-	+	+	+	-		4	4	o
Y 18 Urk		-	-	-	-	-	-	-	-	-	o	9	o
		-	-	+	+	+	o	+	+	-	5	3	1
		+	+	-	-	+	-	-	-		3	5	o
		-	-	-	-	-	+	+	-		2	6	o
Y 20 Lemmer		-	-	-	+	o	-	+	-	+	2	6	1
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	o	o
		+	+	+	+	+	+	-	+		6	2	o
		+	-	+	+	+	+	-	-		5	3	o

Tabel 2 (1e vervolg)

IJsselmeer	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	Totaal		
										+	-	0
Y 9	-	-	-	+	-	-	+	-	-	2	7	0
midden-Z	+	+	+	+	+	+	0	+	-	7	1	1
	+	+	-	-	+	+	+	+		6	2	0
	0	-	+	-	0	+	0	-		2	2	3
Y 11	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1	8	0
	-	+	+	+	0	+	+	+	-	6	2	1
	+	+	-	-	+	+	0	-		4	3	1
	-	-	-	-	+	-	-	-		1	7	0
Y 22	-	-	-	+	-	-	-	-		1	7	0
zuid dijk	-	+	-	0	-	-	0	+		2	4	2
	+	-	-	-	0	+	-	-		2	5	1
	-	-	-	-	-	-	-	-		0	8	0
Y 12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	9	0
Kamperhoek	-	-	-	-	-	+	+	0	+	3	5	1
Ketelmeer	+	-	+	-	+	-	+	-		4	4	0
	-	-	-	-	-	-	-	-		0	8	0
Y 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	9	0
Keteldiep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	9	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	9	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	9	0
Y 109						-	+	+	0			
Markermeer						+	+	+	+			
Enkhuizen						+	+	+				
						-	0	-				
Y 103					-	0	+	0	-			
					+	+	+	+	+			
					+	+	0	+				
					0	-	+	-				
Y 102					-	-	+	+	0			
					+	+	+	+	+			
					+	+	+	+				
					+	0	+	-				
Y 101 Hoornse Hop					-	-	+	-	0			
					+	+	+	+	+			
					+	+	-	+				
					+	-	+	-				
Y 108	+	+	+	+	-	-	+	-	+	5	3	0
Markerm.W	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	0	0
	+	+	+	+	-	+	-	+		6	2	0
	+	+	+	0	0	-	-	-		3	3	0
Y 107	+	+		+	-	-	+	-	-	4	4	0
Gouwzee	+	+		+	+	+	+	+	+	8	0	0
	+	+		+	0	+	-	+		5	1	1
	-	-	+	+	-	-	-	-		2	6	0

()
()
()

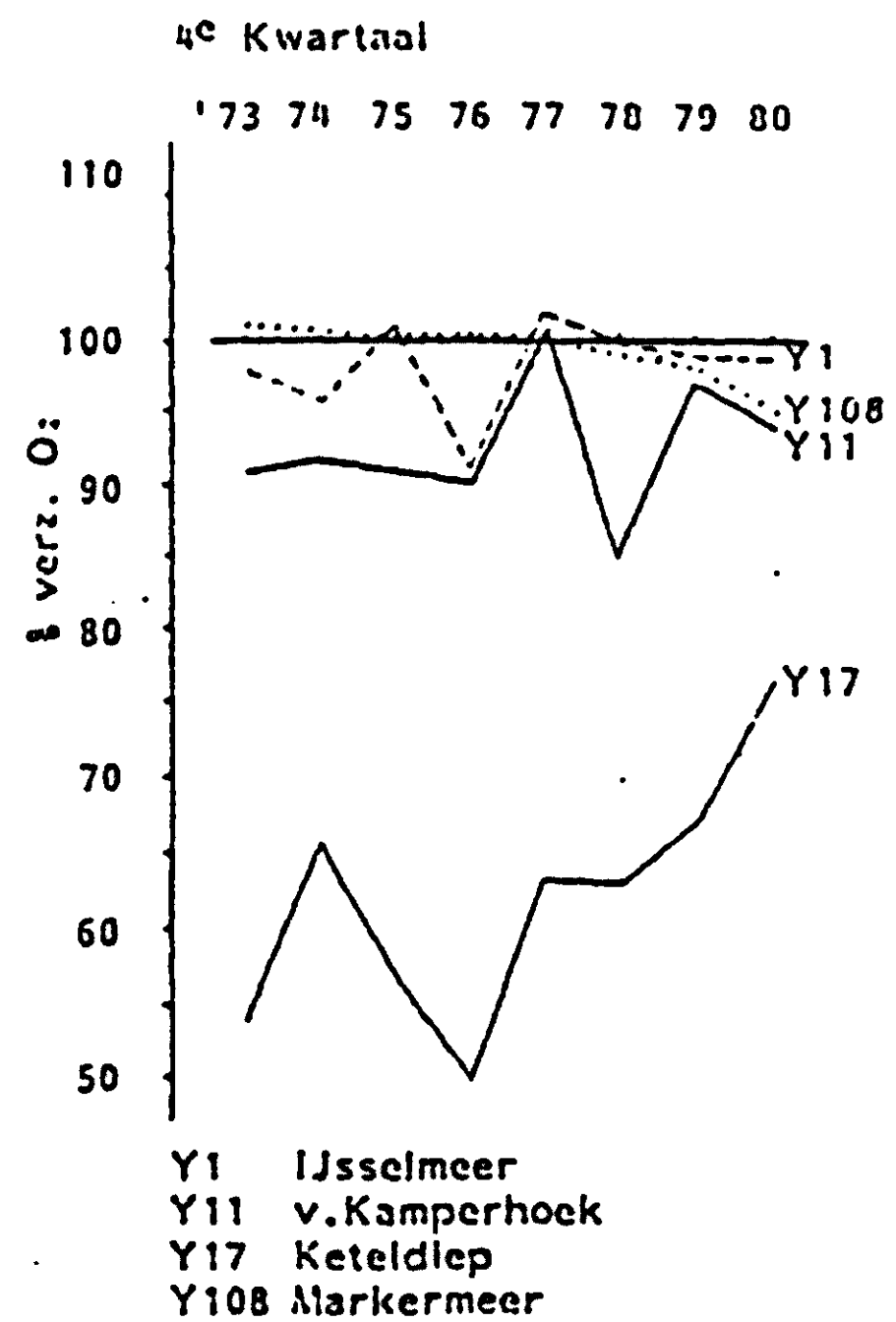
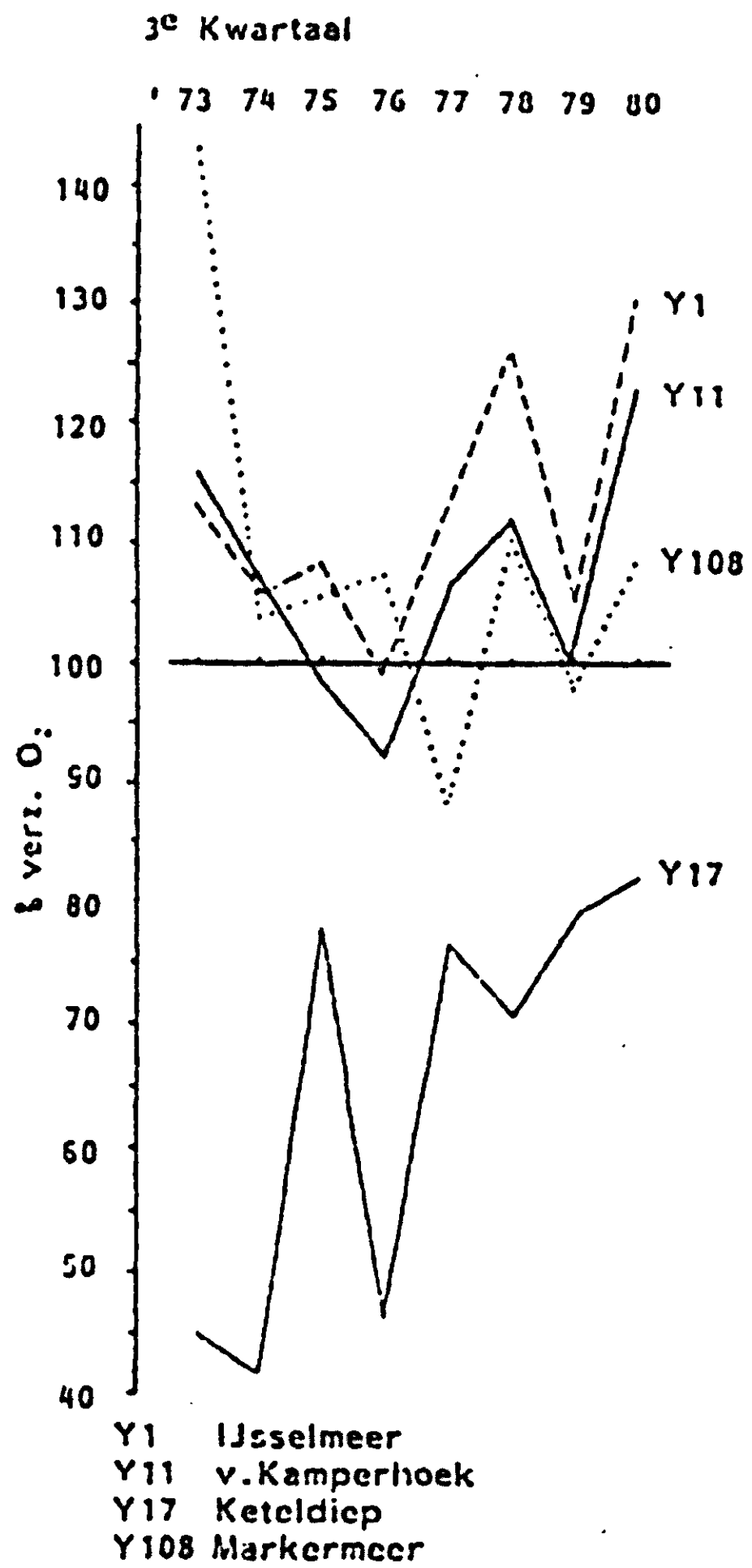
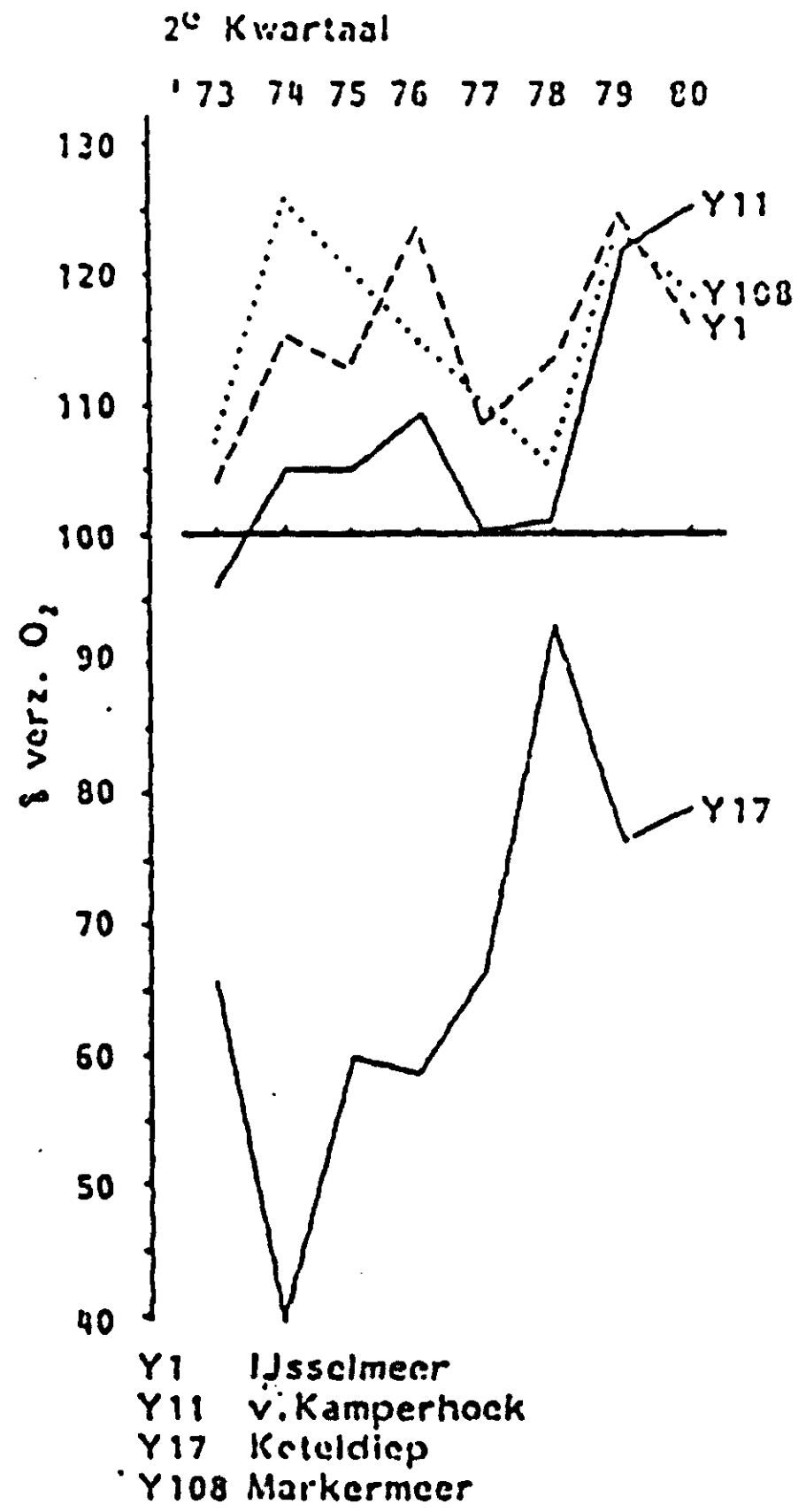
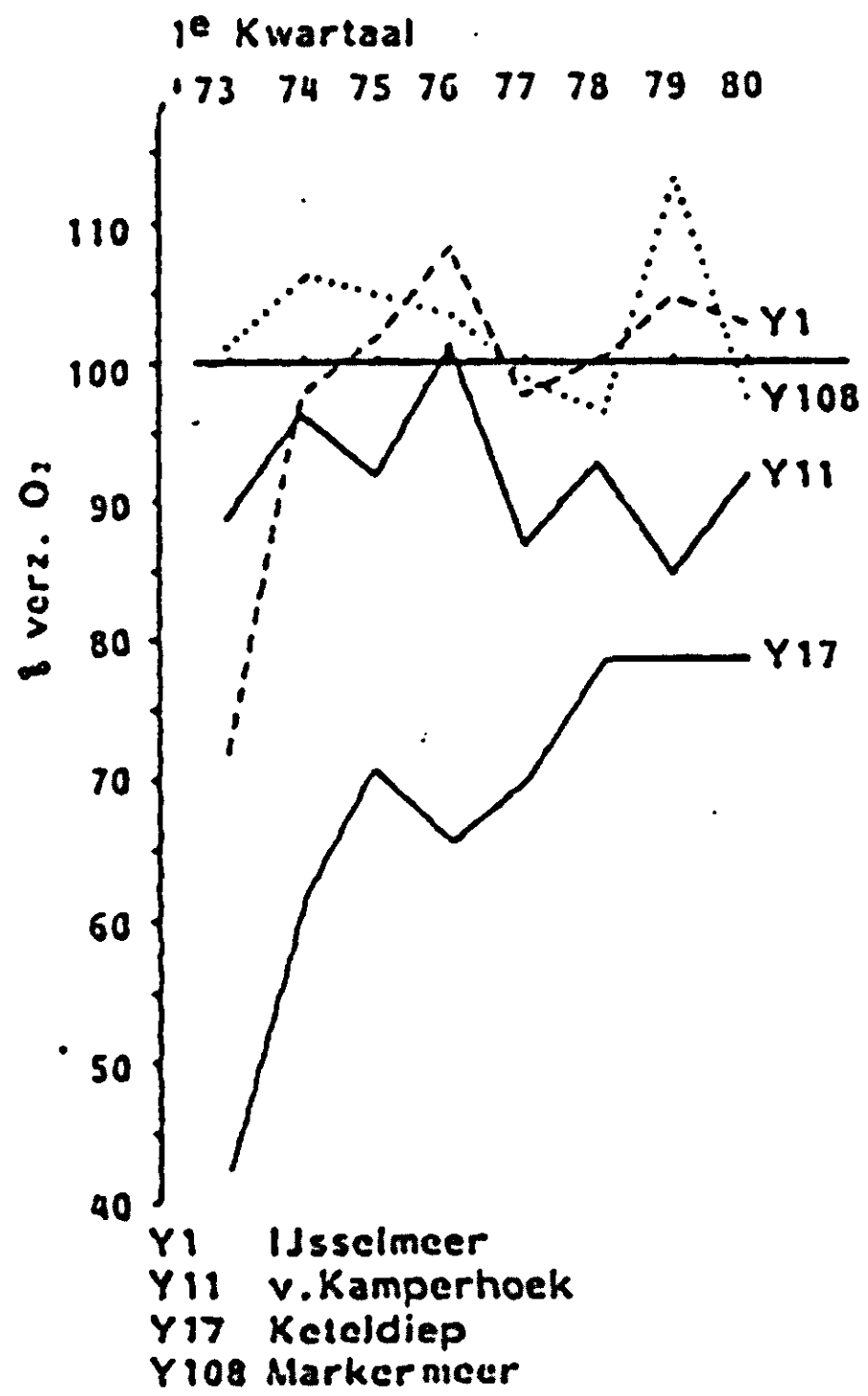
Tabel 2 (2e vervolg)

Markermeer	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	Totaal			
										+	-	0	
Y 106 Marken	+ + + +	+		+ + + +	-	-	+	-	-	4	4	0	()
		+		+	+	+	+	+	+	8	0	0	()
		+		+	+	+	-	+		6	1	0	()
		-	0	+	-	-	-	-		2	5	1	()
Y 105 Markm. Z	+	-		+ + + +	-	-	+	-	-	3	5	0	()
	+	+		+	+	+	+	+	+	8	0	0	()
	+	+		+	+	+	0	-		5	1	1	()
	-	+	+	+	-	0	-	-		3	4	1	()
Y 110						+	-	-	-				
						+	+	+	+				
						+	+	-					
Y 104 Markm. O	+ + + +	+		+ + + +	-	-	+	0	+	5	2	1	()
		+		+	+	+	+	+	+	8	0	0	()
		+		+	+	+	-	+		6	1	0	()
		+	+	+	0	-	0	-		4	2	2	()
Y 122 Pampus	-			+ + + +	-	0	-	+	-	2	4	1	()
	+			+	-	+	+	+	+	6	1	0	()
	+			+	+	-	-	-	-	3	3	0	()
	-		+	+	-	-	-	-	-	2	5	0	()
Y 121 IJmeer	-			0 + + +	-	-	-	-	-	0	6	1	()
	+			+	-	+	+	+	0	5	1	0	()
	+			+	0	-	-	-	-	2	3	1	()
	-		-	+	-	-	-	-	-	1	6	0	()
Y 123 Muiderberg	+ + + +			+ + + 0	0	+	-	-	-	3	3	1	()
				+	+	+	+	+	+	7	0	0	()
				-	-	-	-	-	-	2	4	0	()
			-	0	-	-	-	-	-	1	5	1	()
Y 19 Lelystad	-	-	+	0	-	-	-	+	-	2	6	1	
	+	+	+	+	+	-	+	+	-	7	2	0	
	+	0	-	-	+	+	-	-	-	3	4	1	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8	0	

() = onvolledige serie

= oververzadiging in alle kwartalen

= onderverzadiging in alle kwartalen

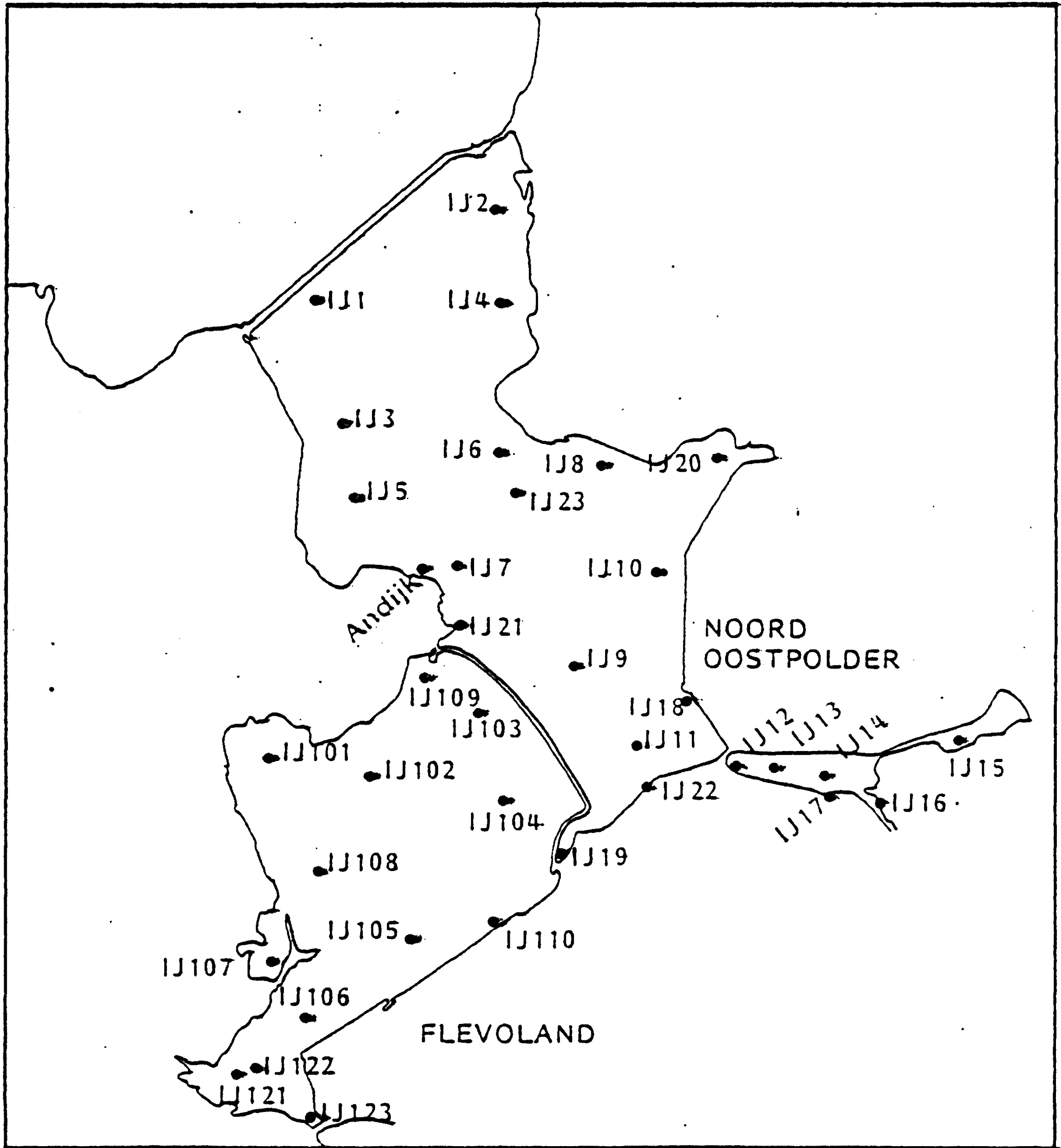


Tabel 3

IJsselmeer
kwartaalgemiddelden
Aantal malen oververzadigingen > 110%

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	totaal
Y 1		1	1	1	1	1	2	1	2		10
Y 3		1	1	0	1	1	1	1	1		7
Y 5	IJsselmeer	1	2	0	1	2	1	1	1		9
Y 7	W-kust	1	2	0	1	2	1	0	0		7
Y 21		1	2	1	1	2	1	1	0		9
Y 2		2	2	1	1	2	2	1	2		13
Y 4		1	2	1	1	2	2	1	2		13
Y 6	IJsselmeer	2	2	1	0	2	3	2	2		14
Y 8	O-kust	2	2	1	1	2	2	1	2		13
Y 10		1	2	1	2	2	1	1	1		11
Y 18	Urk	0	0	0	0	0	1	0	1		2
Y 20	Lemmer	2	2	1	3	3	2	1	2		16
Y 9	Zuid	1	2	0	1	0	1	1	1		7
Y 11		1	0	0	0	0	1	1	1		4
Y 22		0	0	0	0	0	0	0	1		1
Y 12	Ketelmeer	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Y 17		0	0	0	0	0	0	0	0		0
Y 109	Markermeer						2	2	1		
Y 103		1	1		2	2	2	2	1	1	(2)
Y 102		1	1	1	0	2	2	2	2	1	(12)
Y 101	Hoorn Hop	2	2		2	1	1	1	2		(11)
Y 108		1	1		1	1	1	2	1	1	(9)
Y 107	Gouwzee	2	1		0	0	1	1	0		(5)
Y 106	Marken	1	1		2	1	0	2	2		(9)
Y 105	Markerm -z	1	1		2	1	0	2	1		(8)
Y 110							0	1	1		
Y 122	Pampus	0			1	0	0	1	1	1	(4)
Y 121	IJmeer	0			0	0	0	0	0		(0)
Y 123	Muiderberg	0			0	0	0	1	1	1	(3)
Y 104	Mark.m.-o	1	0		1	2	1	1	0		(6)
Y 19	Leystad	1	0	1	1	0	0	0	1		(4)

() = onvolledige serie



4.18. HUIDIGE EN MOGELIJKE TOEKOMSTIGE WARMTELOZINGEN OP HET IJSSELMEER-
GEBIED EN DE BIOLOGISCHE CONSEQUENTIES

F.B.J. Koops en H.E. Sweers

N.V. KEMA, Arnhem

SAMENVATTING

Dit is een discussiestuk geschreven ten behoeve van de studiebijeenkomst op 2 en 3 november 1981 over de waterkwaliteit en -kwantiteit in het IJsselmeergebied georganiseerd door de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek van TNO.

INHOUD

- 1 MOGELIJKE TOEKOMSTIGE KOELWATERLOZINGEN
- 2 WAT IS OPWARMING
- 3 DE VOORLOPIGE RICHTLIJNEN VOOR WARMTELOZINGEN
- 4 BIOLOGISCH ONDERZOEK NAAR DE GEVOLGEN VAN KOELWATERLOZING
 - 4.1 Zuurstof
 - 4.2 Effecten op plaatsgebonden organismen
 - 4.2.1 Vastzittende algen bij in- en uitlaat van de Flevocentrale
 - 4.2.2 Macro-fauna
 - 4.3 Effecten op plankton
 - 4.4 Effecten op vis
- 5 Referenties

1 MOGELIJKE TOEKOMSTIGE KOELWATERLOZINGEN

Het IJsselmeergebied omvat de grootste zoetwatermeren in Nederland. Het Ketelmeer, IJmeer, Markermeer, klein IJsselmeer en de randmeren beslaan gezamenlijk een oppervlak van circa 2000 km^2 , dat is ongeveer de helft van het totale oppervlak van de zoete binnenwateren in ons land. Toch wordt het IJsselmeer nauwelijks gebruikt voor de koeling van elektriciteitscentrales. Van de 15 400 MW in ons land opgesteld vermogen wordt op dit moment slechts 860 MW gekoeld op de wateren van het IJsselmeergebied.

In het structuurschema wordt ruimte gereserveerd voor een op oppervlaktewater gekoeld vermogen van 67 à 72 GW, waarvan 22 GW, oftewel 30%, op vestigingsplaatsen in het IJsselmeergebied (zie tabel 1).

Het structuurschema is ^{een}verkenning van de uitbreidingsmogelijkheden voor de elektriciteitsvoorziening, uitgaande van de beperkingen gesteld door ruimte en milieu. Het is geen prognose noch een beschrijving van de gewenste ontwikkeling. In deel d van het structuurschema wordt wel een prognose gegeven van het in het jaar 2005 benodigde opgestelde vermogen ($22\,400 \text{ MW}_e$) en een bovengrens van een ontwikkeling waarmee redelijkerwijze nog rekening gehouden mag worden ($32\,300 \text{ MW}_e$).

Beiden zijn aanzienlijk lager dan de ruimtelijke reservering, daaruit blijkt wel dat een groot deel van de gereserveerde locaties in de komende jaren niet ontwikkeld zal worden.

Het beleid ten aanzien van de keuze van nieuwe of sterke uitbreidingen op bestaande vestigingsplaatsen zal mede beïnvloed worden door het beleid ten aanzien van brandstofdiversificatie en de bereikbaarheid voor kolentransporten. Vrijwel alle in het structuurschema genoemde grote vestigingsplaatsen zijn in principe goed bereikbaar voor kolentransporten. Indien het nieuw op te stellen vermogen redelijk gespreid wordt over het land, dan zou in het jaar 2005 circa 5000 à 7500 MW_e nieuw kolengestookt vermogen op de vestigingsplaatsen in

het IJsselmeergebied opgesteld kunnen worden (zie ook Sweers, 1980).

De consequentie van de geschetste mogelijke ontwikkeling is ondermeer dat de warmtelozing in dit gebied sterk toeneemt, namelijk tot circa 6200 à 9400 MW_{th}. In verhouding tot het beschikbare koelende oppervlak blijft de warmtelozing echter nog klein. Uitgaande van een oppervlak F van 2000 km² en een afkoelingscoëfficiënt A van 40 W/m²K kan de gemiddelde opwarming θ geschat worden $\theta = W/A \cdot F \approx 0.08^{\circ}\text{C}$. Indien bij de keuze van de vestigingsplaatsen rond het IJsselmeer voldoende rekening gehouden wordt met de ecologische aspecten, zoals bijvoorbeeld de ligging van paaigronden voor de vis, dan lijkt een dergelijke toename van de warmtelozingen in het IJsselmeergebied allerzins acceptabel.

2 WAT IS OPWARMING

Opwarming tengevolge van koelwaterlozingen is gedefiniëerd als het verschil tussen de daadwerkelijk optredende temperatuur en de natuurlijke temperatuur, dat wil zeggen de temperatuur die geheerst zou hebben op dezelfde locatie in afwezigheid van warmtelozingen. Het meten van een opwarming lijkt eenvoudig, maar blijkt in de praktijk vaak erg moeilijk te zijn door de grote ruimtelijke spreiding van de natuurlijke temperatuur (zie Sweers, 1979). In het IJsselmeer kunnen de temperaturen aan het oppervlak ook over relatief korte afstanden enkele graden verschillen. Het water van de IJssel vormt een duidelijk herkenbare pluim in het IJsselmeer, die vaak warmer is dan het omringende IJsselmeerwater.

Over de ecologische consequenties van de temperatuurverschillen tussen het water van IJssel en IJsselmeer is nog weinig bekend, rampzalig zijn ze in elk geval niet. Over de ecologische gevolgen van koelwaterlozingen is iets meer bekend. Ook die blijken niet rampzalig te zijn, zoals in de volgende paragrafen toegelicht zal worden aan de hand van Nederlands onderzoek.

3 DE VOORLOPIGE RICHTLIJNEN VOOR WARMTELOZINGEN

Elektriciteitscentrales gebruiken koelwater voor het afvoeren van afvalwarmte die vrijkomt bij omzetting van brandstof in elektrische energie. De meeste Nederlandse elektriciteitscentrales maken gebruik van doorstroomkoeling, dat wil zeggen dat koelwater aan een meer of rivier wordt onttrokken en na opname van warmte in de condensor wordt geloosd op enige afstand van het inname punt.

De gevolgen van deze warmtelozingen voor het aquatisch milieu zijn afhankelijk van de koelwaterhoeveelheid en van de temperatuurverhoging van het koelwater. Om het aquatisch milieu te beschermen zijn voorlopige koelwaterrichtlijnen geformuleerd. Bij gebruik van oppervlaktewater als koelwater voor elektriciteitscentrales worden deze voorlopige richtlijnen in acht genomen. De voorlopige koelwaterrichtlijnen zijn vermeld in het Indicatief Meerjaren Programma Water 1980-1984 (Min. v. Verkeer en Waterstaat, 1981). Volgens deze voorlopige richtlijnen:

- mag het koelwater in het koelsysteem een maximum temperatuur van 30°C niet overschrijden;
- is het temperatuurverschil tussen ingenomen en geloosd koelwater maximaal 7°C in de zomer en maximaal 15°C in de winter met een geleidelijke overgang tussen de zomer- en wintersituatie.

Voor warmtelozingen op rivieren worden deze richtlijnen aangevuld met de richtlijn dat de opwarming boven de natuurlijke temperatuur bij volledige menging in een rivier maximaal 3°C mag bedragen. Bovendien is in een rivier in principe geen warmtelozing toegestaan bij zuurstofgehaltes van minder dan 5 mg/l tenzij intensieve beluchting wordt toegepast. Voor warmtelozingen op kanalen zijn kortgeleden enige voorstellen voor aanvullende richtlijnen geformuleerd. Over de totale omvang van de warmtelozing op een meer in calorieën per tijdseenheid is nog discussie gaande.

De koelwaterrichtlijnen zijn voorlopige richtlijnen. Zodra resultaten van onderzoek of nieuwe inzichten hiertoe aanleiding geven kunnen de richtlijnen worden gewijzigd.

4 BIOLOGISCH ONDERZOEK NAAR DE GEVOLGEN VAN KOELWATERLOZING

Door de KEMA wordt sinds 1969 onderzoek verricht naar de biologische consequenties van koelwaterlozingen. De onderzoekresultaten zijn in eerste instantie gerapporteerd via interne rapporten. Een deel van het onderzoek is gepubliceerd. Het biologisch koelwateronderzoek van de KEMA tot juni 1978, aangevuld met koelwateronderzoek door enige andere instituten, is samengevat in de Rijkswaterstaat-note's "Hydrobiologisch Koelwateronderzoek in Nederland", de nota's WH-77-14 en WH-78-08. Biologisch onderzoek naar de effecten van koelwaterlozing op meren is verricht bij de Flevocentrale en bij centrale Bergum in Friesland.

4.1 Zuurstof

De zuurstofconcentratie in oppervlaktewater is een belangrijke parameter voor veel aquatische organismen. Door temperatuurverhoging vermindert de oplosbaarheid van zuurstof in water. Bovendien heerst in de condensor een onderdruk die tot enige ontgassing van het passerende koelwater kan leiden.

Zuurstofmetingen bij de Flevocentrale vertonen een verschil in zuurstofconcentratie in het ingenomen en het geloosde koelwater dat van dag tot dag sterk kan variëren. Uit een groot aantal metingen, samengevat in tabel 2, blijkt enige relatie tussen het zuurstofverzadigingspercentage in het ingenomen koelwater en de zuurstofafname in het koelwater tijdens passage door de centrale. Als het ingenomen koelwater sterk onderverzadigd is neemt het zuurstofgehalte in het geloosde koelwater toe door de turbulentie op het lozingspunt. Als het ingenomen koelwater weinig onderverzadigd is of een zuurstofverzadigingspercentage van ongeveer 100% heeft, treedt een gering zuurstofverlies op in de centrale. Bij toenemende zuurstof-oververzadiging van het koelwater neemt het zuurstofverlies in de centrale toe.

4.2 Effecten op plaatsgebonden organismen

4.2.1 Vastzittende algen bij in- en uitlaat van de Flevocentrale

Verhoging van de watertemperatuur stimuleert in het voorjaar de groei van draadalgen maar kan in de zomer remmend werken op de groei van bepaalde soorten (Olthof, 1972). In het uitlaatgebied van de centrale Bergum bleek de groei van watergentiaan

(*Nymphoides peltata*) zowel in het voorjaar als in de zomer door verhoging van de watertemperatuur te worden gestimuleerd (Wanders, e.a., 1980).

4.2.2 Macro-fauna

Effecten van koelwaterlozingen op macro-fauna zijn uitgebreid onderzocht door vergelijking van in- en uitlaatgebied van de Flevocentrale en van de centrale Bergum. Bij de Flevocentrale zijn in een beperkt gebied bij de uitlaat (1.5 ha) veranderingen opgetreden in de aantallen van verschillende soorten, vooral bij enkele slakkensoorten (Boënné, 1977; Hadderingh, 1974a; 1974b; 1977). De diversiteit is echter nauwelijks veranderd, er zijn geen soorten verdwenen en er zijn geen nieuwe soorten gevonden die niet ook elders in het IJsselmeer voorkomen. Het onderzoek bij de centrale Bergum leidde tot soortgelijke conclusies (Hadderingh, 1980).

4.3 Effecten op plankton

Uit planktononderzoek bij de Flevocentrale is gebleken dat fytoplankton (plantaardig plankton) vrijwel ongevoelig is voor mechanische invloeden tijdens passage door het koelwatersysteem (Koops, 1975). Bij lozingstemperatuur tot 30°C, de maximaal toegestane temperatuur van het koelwater, worden geen temperatureffecten op fytoplankton of zoöplankton (dierlijk plankton) waargenomen. Temperatureffecten op plankton beginnen op te treden bij lozingstemperaturen van 34°C of hoger (Donze 1978, Koops, e.a. 1980).

4.4 Effecten op vis

Vislarven worden passief met de waterstroom meegevoerd. Het grootste deel kan de zeven voor de koelwaterpompen passeren. Tijdens passage door het koelwatersysteem treedt sterfte op die afhankelijk van de vissoort 30 tot 95% bedraagt; gemiddeld is de passagesterfte 50%. Mechanische factoren spelen hierbij de belangrijkste rol. Ook jonge vis kan zich nog onvoldoende tegen inzuigen door centrales verzetten. Deze vis kan de zeven niet meer passeren en wordt uitgezeefd en afgevoerd.

Afhankelijk van de wijze van afvoeren is de sterfte hierbij 60 tot 100% (Hadderingh, 1978; 1979). Grotere vissen kunnen zich in het algemeen tegen inzuigen verzetten. Uit onderzoek bij de Flevocentrale blijkt de maaswijdte van de zeven van invloed op het sterftepercentage van passerende vislarven. Bij 5 mm mazen is de overleving vele malen groter dan bij 2 mm mazen (Uilenreef, 1978).

Visssterfte ten gevolge van koelwatergebruik door de Flevocentrale heeft een verwaarloosbare invloed op de vispopulatie in het IJsselmeer. Een toename van het opgesteld vermogen aan het IJsselmeer zou dit beeld kunnen veranderen. Onderzoek wordt verricht naar methoden om vissterfte ten gevolge van koelwatergebruik te verminderen.

Het inzuigen van vis met het koelwater is eerst bestudeerd bij centrales die koelwater onttrekken uit meren (IJsselmeer en Berghumermeer). Voortgezet onderzoek bij centrales aan rivieren heeft aangetoond dat de hoeveelheid ingezogen vis bij riviercentrales veel geringer is dan bij centrales aan meren.

5 REFERENTIES

- BOENNE, E.N.A, (1977). Vergelijkend onderzoek aan macro-fauna op de beschoeiing van het inlaat- en uitlaatgebied van de Flevocentrale. KEMA-rapport IV 6535-77 MO-biol.
- DONZE, M. (1978). Measurements of the effect of heating on survival and growth of natural plankton populations. Verh. Internat. Verein. Limnol. 20 p. 1822-1826.
- HADDERINGH, R.H. (1974^a). Effects of the cooling water discharge on the macro-invertebrates and fish populations around Flevo power station. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19, p. 2214-2218.
- HADDERINGH, R.H. (1974^b). Comparison of macro-fauna on Limestone-filled nets at the cooling water inlet and outlet of Flevo power station. KEMA-rapport IV 7820-74.

- HADDERINGH, R.H. (1977). Resultaten van vier jaar onderzoek (1972-1975) naar de bodemfauna van het inlaat- en het uitlaatgebied van de Flevocentrale. KEMA-rapport IV 10051-76 MO-biol.
- HADDERINGH, R.H. (1978). Mortality of young fish in the cooling water system of Bergum power station. Verh. Internat. Verein. Limnol 20, p 1827-1832.
- HADDERINGH, R.H. (1979). Fish intake mortality at power stations; the problem and its remedy. Hydrobiol. Bull. Vol. 13, nr. 2-3, p. 83-93.
- HADDERINGH, R.H. (1980). Invloed van koelwaterlozing op de dichtheid van bodemfauna in het Bergumermeer en aangrenzende kanalen. KEMA-memorandum VII 80-28 MO-biol.
- KOOPS, F.B.J. (1975). Plankton investigations near Flevo power station. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19, p. 2207-2213.
- KOOPS, F.B.J., M. DONZE and R.H. HADDERINGH (1980). Optimizing the use of cooling water to reduce its impact on the aquatic environment. Proc. 11th W.E.C. Vol. 3, p. 424-439.
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, (1981). Indicatief Meerjaren Programma Water 1980-1984. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage.
- OLTHOF, M. (1972). Biologische gevolgen van de koelwaterlozing bij de Flevocentrale. Ingenieursonderzoek L.H. Wageningen, No. ALH 71/8.
- SWEERS, H.E. (1980). Mogelijk ontwikkeling van kolentransport naar centrales rond het IJsselmeer. KEMA-memorandum VII/80-17/ MO-K d.d. 80-04-16.
- SWEERS, H.E. (1979). De natuurlijke temperatuur.... Wat is dat? H₂O 79(1), p. 2-5, 20.
- UILENREEF, J.M. (1978). Onderzoek in 1977 naar het effect van de maaswijdte van de draaizeven op de sterfte van vislarven die het koelsysteem van de Flevocentrale passeren. KEMA-rapport IV 4039-78 MO-biol.
- WANDERS, B, H. DE NIE, B. RICHTER, A. FRANK en K. SWART, (1980). Gevolgen van koelwaterlozing op groei en voorkomen van plankton in het Bergumermeer. LIN-rapport nr. 1980-2.

Tabel 1 Overzicht van mogelijke vestigingsplaatsen in het IJsselmeergebied (structuurschema elektriciteitsvoorziening, deel d).

locatie	vermogen			max.	oordeel*)	plaats
	huidig	1e fase	2e fase			
west N.O.P dijk	-	1200	4000	4000	I-II	tussen Urk en Lemmer, alternatief voor Ketelmeer
Ketelmeer	-	1200	4000	4000	II	noordelijke oever Ketelmeer, alternatief voor west NOP-dijk
Flevo	860	2000	4000	4000	I	exact
Diemen**)	370	1500	2000	2000	II	exact
Markerwaard	-	-	2000	2000 à 4000	II	globaal
Wieringermeer	-	-	4000	4000	I-II	tussen Medemblik en den Oever aan de dijk
totaal IJsselmeergebied	860	5530	19 630	21 630		
totaal Nederland	15 400	34 650	71 500	66 700 à 72 200		

*) samenvatting van het oordeel ten aanzien van een aantal criteria:

- I geen of weinig bezwaren te verwachten
- II matige bezwaren te verwachten of oordeel nog niet mogelijk
- III ernstige bezwaren te verwachten

**) Lozing thans op het Amsterdam Rijnkanaal, uitbreidingen zullen lozen op het IJmeer.

Tabel 2

Zuurstofafname in koelwater tijdens passage van het koelwatersysteem van de Flevocentrale, in relatie tot het zuurstofverzadigingspercentage in het ingenomen water. Waarnemingen 1972-1979, 2 x per week om 14h00.

zuurstof % bij inlaat	gemiddelde O ₂ -afname	SD	N = aantal waar- nemingen	N als % van totaal aantal waarnemingen
50-59	-3,13	0,64	3	0,4
60-69	-1,00	1,74	8	1
70-79	0,24	0,70	60	8
80-89	0,49	0,55	183	24
90-99	0,64	0,47	330	43
100-109	0,84	0,56	125	16
110-119	0,92	0,65	43	5
120-129	0,94	0,66	14	2
130-139	1,16	1,17	5	0,6
totaal:			771	= 100%

SD = standaarddeviatie van de waarnemingen.

4.19. DOORSPOELING IN DE WINTERPERIODE ALS AANVULLENDE MAATREGEL TER BESTRIJDING VAN DE OVERMATIGE ALGENGROEI IN HET VELUWE - DRONTERMEER

S.H. Hosper, RIZA

1. ONTWIKKELING 1956 - 1979.

Het Veluwemeer en het Drontermeer zijn rond 1956 ontstaan door aanleg van de dijken voor de polder Oostelijk-Flevoland. Een aantal algemene gegevens van het randmeer zijn weergegeven in tabel 1. In de eerste jaren na het ontstaan kenmerkten de meren zich door hun grote helderheid. In de tweede helft van de jaren zestig heeft zich een spectaculaire verslechtering voorgedaan. Door een sterk toenemende belasting met afvalwater in deze periode is een situatie ontstaan met een intensieve bloei van blauwalgen (*Oscillatoria agardhii*) en zeer troebel water (doorzicht in het zomerhalfjaar ca. 20 cm.).

2. AANPAK VAN DE FOSFAATBELASTING.

De aanpak van de eutrofiëring richt zich in de eerste plaats op het terugdringen van de fosfaatbelasting. De fosfaatbelasting van het Veluwemeer-Drontermeer is in 1972 door invoering van de defosfatering op de zuiveringsinstallatie van Elburg afgenomen van naar schatting 4 à 5 g P/m² jaar tot ca. 3 g P/m² jaar en in 1979 door invoering van defosfatering op de zuiveringsinstallatie van Harderwijk tot ca. 1 à 1.5 g P/m² jaar. De huidige relatief lage belasting is op jaarbasis (juli 1979 t/m juni 1980) voor ongeveer 50% afkomstig van de effluentlozingen van beide installaties en voor ca. 30% van de in de meren uitstromende beken.

3. ROL VAN HET BODEMSLIB.

Uit fosfaatbalansen voor de meren Wolderwijd-Nuldernauw en Veluwemeer-Drontermeer is gebleken dat in het zomerhalfjaar grote hoeveelheden fosfaat vrijkomen uit het bodemslib. De oorzaken voor de sterke fosfaatafgifte door het bodemslib hangen waarschijnlijk samen met de algengroei zelf. Algengroei leidt door de opname van koolzuur tot verhoging van de zuurgraad (pH) van het water en het is bekend dat bij zeer hoge pH-waarden (pH 9-10) de oplosbaarheid van ijzerfosfaten, een van de belangrijkste vormen waarin fosfaat in het slib voorkomt, toeneemt. Aldus kan een zichzelf versterkend proces op gang komen van algengroei, pH-verhoging, fosfaatafgifte, meer algengroei enz. De voor dit proces noodzakelijke hoge pH-waarden kunnen echter alleen worden

bereikt indien bij aanvang van het groeiseizoen voldoende voedingsstoffen aanwezig zijn. Aan deze voorwaarde wordt voldaan omdat de heersende blauwalgenbloei in de winterperiode maar in beperkte mate tot afsterving komt. De al relatief hoge algenbiomassa aan het begin van het groeiseizoen kan snel leiden tot hoge pH-waarden en aldus de fosfaatafgifte op gang brengen. De haast permanente bloei van algen bevordert het vrijkomen van fosfaat uit het bodemslib en staat dus het herstel van de waterkwaliteit in de weg.

4. DOORSPOELING ALS AANVULLENDE MAATREGEL.

Uit het bovenstaande kan worden gekonkludeerd dat, indien het mogelijk is om de algenhoeveelheden en de fosfaatgehalten in de winterperiode tot voldoende lage waarden terug te brengen, de vicieuze cirkel van algengroei en fosfaatafgifte zou kunnen worden doorbroken. In de winters 1979/1980 en 1980/1981 is dit geprobeerd door het Veluwemeer-Drontermeer door middel van het gemaal Lovink en de Roggebotsluis door te spoelen met fosfaat- en algenarm polderwater uit Flevoland. (totaal-P 0,09 mg/l, chlorophyl 10-20 mg/m³). Als doel werd gesteld een hoeveelheid polderwater in te brengen gelijk aan 3 maal het volume van het randmeer (3 x 40 mln m³). In beide perioden is doorgespoeld met een hoeveelheid polderwater gelijk aan ongeveer 2,5 maal het volume van het randmeer. Uit de resultaten blijkt dat de doorspoeling een positief effect heeft gehad (fig. 1 t/m 4)*. Het is echter nog niet gelukt om de vrijwel permanente bloei van blauwalgen plaats te laten maken voor een meer gevarieerde algenpopulatie en aan aanmerkelijk lagere algenbiomassa. De afname van de algenbiomassa gedurende de doorspoelperioden bleef achter bij de verwachtingen. Deze verwachtingen waren gebaseerd op de aanname dat de netto-algengroei in de winterperiode gelijk is aan nul. Uit de resultaten is nu gebleken dat zelfs in de winter er bij de heersende lage fosfaatgehalten sprake kan zijn van een nettogroei van algen. Vragen voor het beheer zijn op dit moment:

- In hoeverre kan door vergroting van het doorspoeldebiet in de winterperiode de algenbiomassa bij aanvang van het groeiseizoen worden verlaagd.

* S.H. Hosper. Resultaten doorspoeling Veluwemeer 79-80,
RIZA-nr. 80-040. December 1980.

-- Tot welk niveau dient de algenbiomassa, die op dit moment vnl. uit blauwalgen bestaat, te worden teruggedrongen ten-einde het uiteindelijk doel (gevarieerde samenstelling, lage algenbiomassa) te realiseren.

Op de eerstgenoemde vraag wordt in het onderstaande nader ingegaan. De tweede vraag is vooral van belang geworden omdat een belangrijke vergroting van het doorspoeldebiet praktische problemen zal opleveren (o.a. gebrek aan water). Het verdient aanbeveling nader aandacht te schenken aan de "drempelwaarde" voor *Oscillatoria*.

5. VERGROTING VAN HET DOORSPOELDEBIET.

Op basis van maandelijkse waterbalansgegevens voor het randmeer en het waargenomen verloop van het chlorophylgehalte is een analyse uitgevoerd van de netto-algengroeisnelheden in de wintermaanden. De netto-groeisnelheid is bepaald uit het verschil tussen het berekende en het waargenomen verloop over een maand. Het berekende verloop van het chlorophylgehalte is gebaseerd op de volgende aannamen:

- volledige menging
- netto-groeisnelheid = 0 (konservatief gedrag)
- afvoer van algen uitsluitend door oppervlakkige uitstroming (dus niet door wegzijging en verdamping)
- chlorophylgehalte in de wateraanvoer is 10 mg/m^3 .

In tabel 2 zijn de berekende groeisnelheden weergegeven per eenheid van chlorophyl voor de winterhalfjaren '78/'79, '79/'80 en '80/'81. In alle drie jaren vindt in de maanden november, maart en april netto-groei plaats. In de maanden december, januari en februari is de kans het grootst dat door natuurlijke omstandigheden netto-sterfte optreedt. Het duidelijke verschil in groeisnelheden tussen de winter '78/'79 en vooral de winter '80/'81 hangt waarschijnlijk samen met de langdurige ijsbedekking in eerstgenoemde winter. De winters van '79/'80 en '80/'81 waren relatief zacht.

Met behulp van de berekende specifieke groeisnelheden en de waterbalansen zijn simulaties uitgevoerd, waarbij het effect van extra doorspoeldebieten is benaderd. De resultaten zijn voor de verschillende jaren weergegeven in de figuren 5 t/m 7. Figuur 5 geeft het verloop in het chlorofylgehalte weer in de winterperiode 1978-1979. In deze winter heeft geen doorspoeling plaatsgevonden en gemaal

Lovink heeft slechts incidenteel polderwater uitgeslagen (zie tabel 3). Indien in die periode een doorspoeldebiet van ca. 20 miljoen m³ per maand was gerealiseerd, dan zou de chlorofylkonsentratie in februari-maart ca. 20 µg/l zijn geweest, uitgaande van de berekende groeisnelheden. Deze lage konsentratie en een laag fosfaatgehalte (ca. 0,10 mg P/l) in het water in het voorjaar zou waarschijnlijk een goede uitgangssituatie zijn geweest voor het voorkómen van overmatige algengroei. Dit resultaat is helaas tijdens de doorspoelproeven niet gerealiseerd ten gevolge van relatief zachte winters, waardoor de netto-groei slechts in enkele maanden kleiner dan nul was. De figuren 6 en 7 laten zien dat met een verhoging van het doorspoeldebiet ca. 10 mln. m³/maand in de winterperioden '79/'80 en '80/'81 een chlorophylgehalte zou kunnen worden bereikt van 30-40 mg/m³. In het geval van een minder zachte winter dan in de beide afgelopen jaren zullen deze gehalten nog lager uitkomen. Op basis van deze gegevens is geadviseerd de doorspoeling in de winter '81/'82 te intensiveren door te streven naar een doorspoeldebiet van 25-30 mln. m³/maand in de maanden november t/m februari.

STELLINGEN, DISKUSSIEPUNTEN, VRAGEN.

- Voor een verbetering van de algensituatie op relatief korte termijn in het Veluwemeer-Drontermeer is het noodzakelijk om in aanvulling op het terugdringen van de externe fosfaatbelasting, maatregelen te treffen gericht op het terugdringen van de interne belasting (P-afgifte door het bodemslib).
- In het Veluwemeer-Drontermeer is sprake van een jaarlijks terugkerende cyclus van algengroei, fosfaatafgifte, meer algengroei enz. Deze vicieuze cirkel zou kunnen worden doorbroken door de algenhoeveelheden en de fosfaatgehalten in de winterperiode tot voldoende lage waarden terug te brengen.
- Belangrijke vraag hierbij is tot welk niveau de eenzijdige blauw-algenmassa (vnl. *Oscillatoria*) moet worden teruggedrongen teneinde de vicieuze cirkel van algengroei en fosfaatafgifte te doorbreken en de weg vrij te maken voor een meer gevarieerde algenpopulatie op een relatief laag biomassa-niveau.

Tabel 1 Algemene gegevens Veluwemeer-Drontermeer

Oppervlakte (10^6m^2)	43,3
Gem. diepte (m)	1,0
Gem. peil (m t.o.v. NAP)	-0,20
Hydraulische verblijftijd (jaar, excl. Lovink)	
- V/Q_{outflow} (minus verdamping)	-0,3
- V/Q_{outflow} (minus verdamping en wegzijging)	-0,7

Tabel 2 Specifieke groeisnelheden van de algenpopulatie in het Veluwemeer-Drontermeer

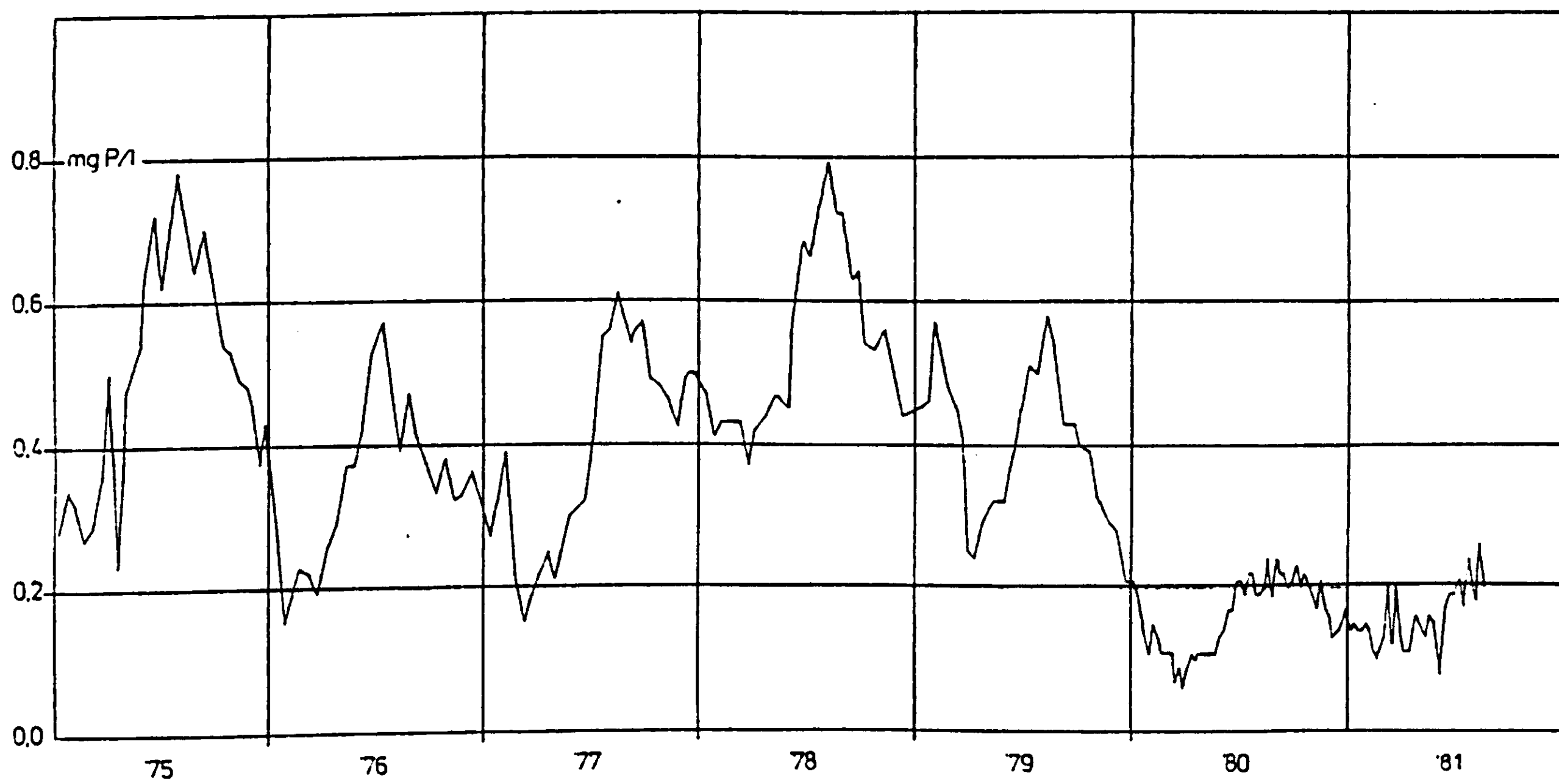
	specifieke groei- snelheid (maand^{-1})	range t.g.v. onnauwkeurig- heid in de waterbalans
november 1978	.18	.18 - .21
december	-.19	-.19 - -.06
januari 1979	.01	-.02 - .01
februari	-.44	-.48 - -.44
maart	.84	.79 - .85
april	.62	.58 - .63
november 1979	.27	.24 - .27
december	-.08	-.09 - .07
januari 1980	-.11	-.12 - -.03
februari	.63	.62 - .68
maart	.29	.28 - .32
april	.82	.82 - .86
november 1980	.16	.15 - .22
december	.28	.28 - .34
januari 1981	.57	.56 - .62
februari	-.08	-.08 - -.05
maart	1.69	1.69 - 1.73
april	.16	.16 - .17

Tabel 3 Waterbelasting van het Veluwemeer-Drontermeer in
miljoen m³ per maand

	gemaal Lovink	overige bronnen	totaal
november 1978	.0	10.974	10.974
december	.0	16.246	16.246
januari 1979	.0	12.320	12.320
februari	.0	13.447	13.447
maart	6.356	20.813	27.169
april	.129	16.166	16.295
november 1979	12.881	16.030	28.911
december	15.132	22.881	38.013
januari 1980	17.733	15.411	33.144
februari	20.876	16.582	37.458
maart	20.154	13.588	33.742
april	11.174	12.783	33.957
november 1980	17.452	16.559	34.011
december	17.467	18.172	35.639
januari 1981	12.206	24.388	36.594
februari	14.765	12.366	27.131
maart	20.065	27.923	47.988
april	.0	8.815	8.815

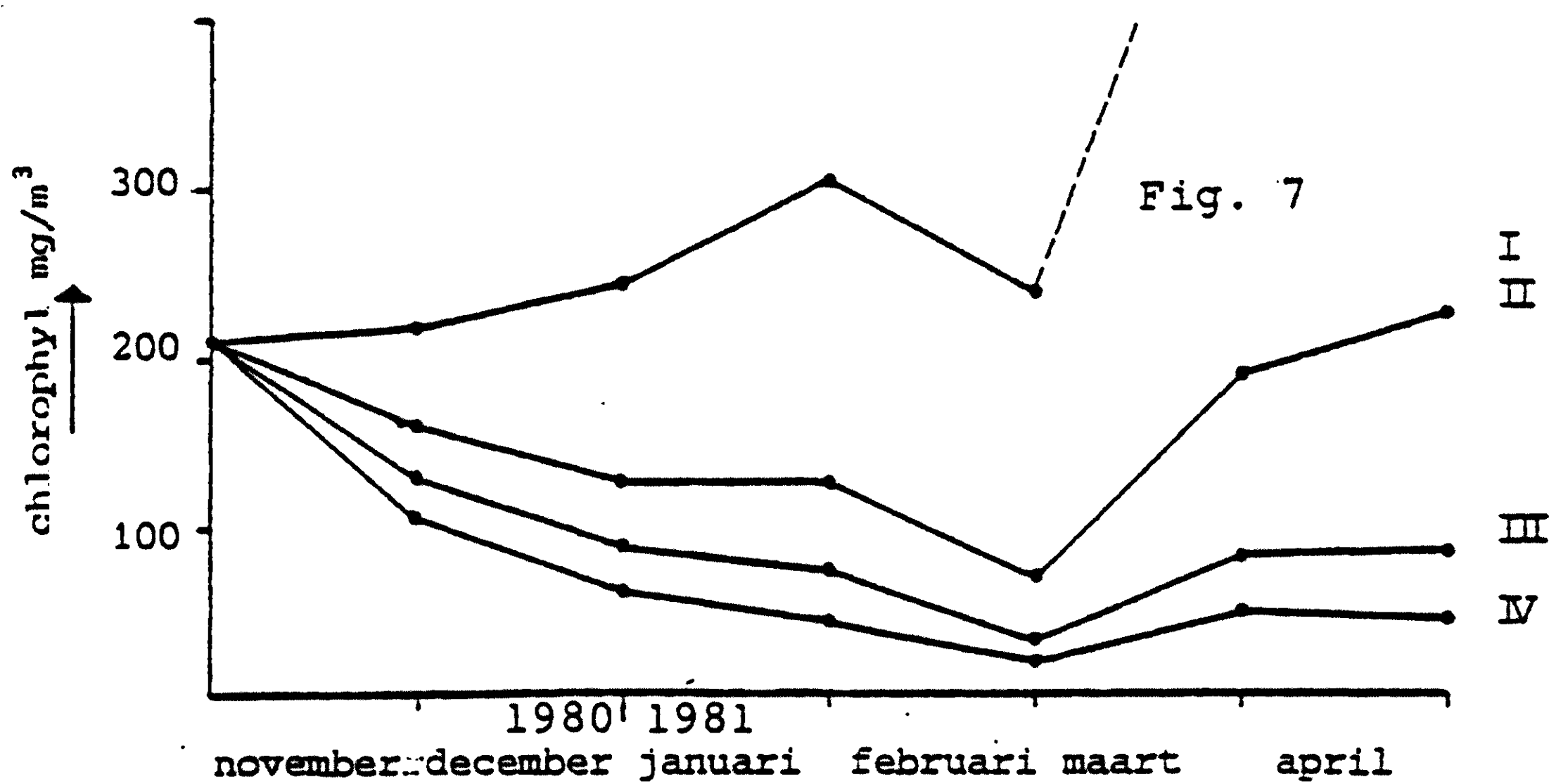
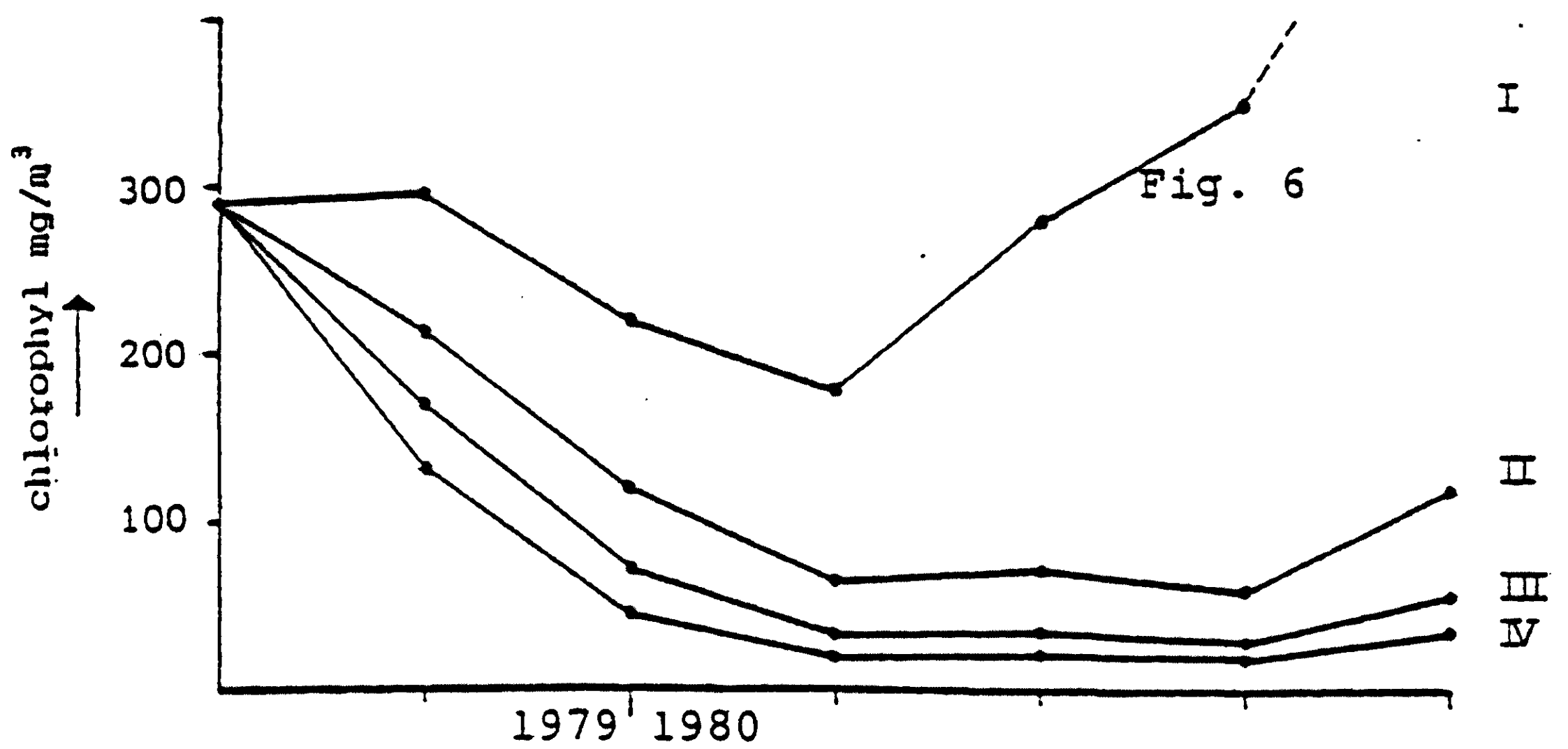
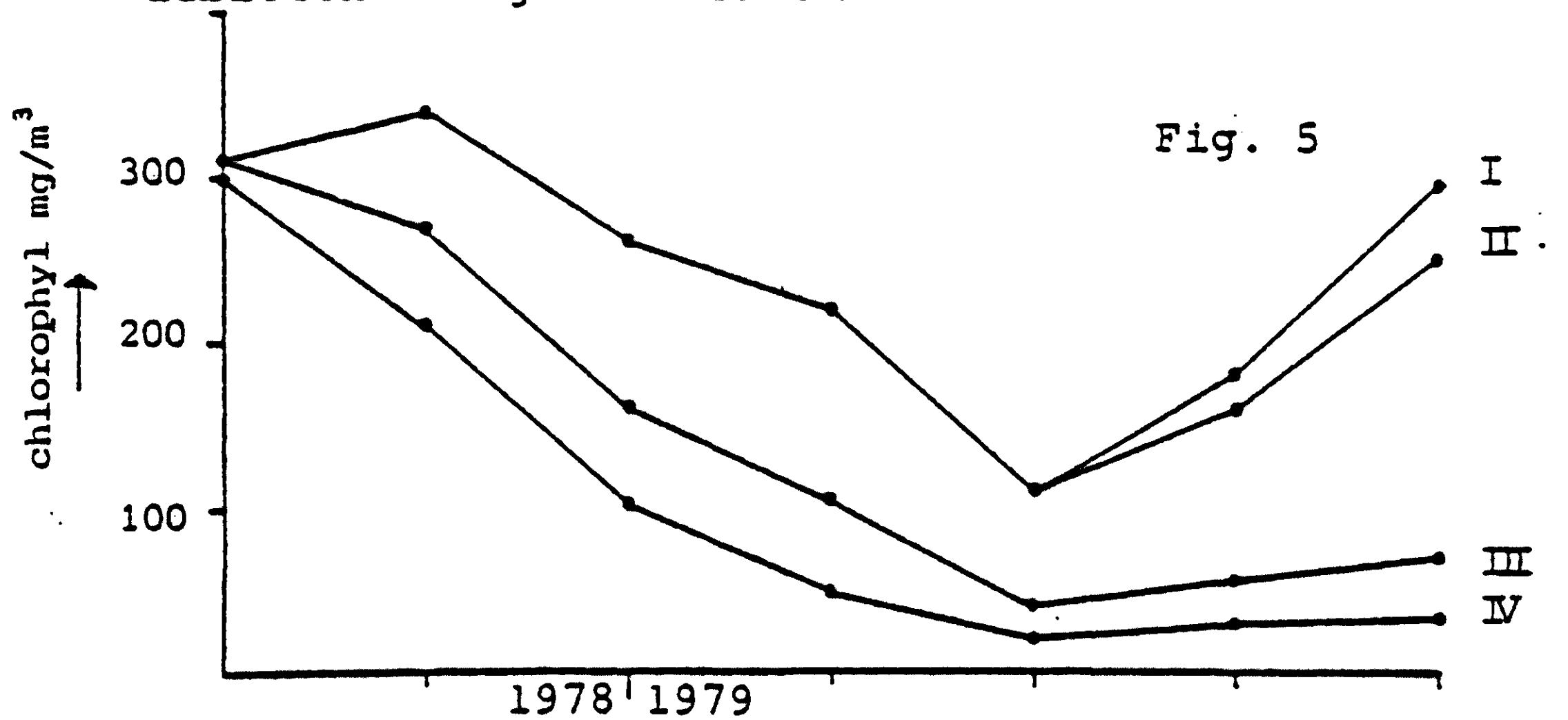
Totaal Fosfaat
Veluwemeer V5

FIG. 1



VELUWEMEER-DRONTERMEER

Simulatie verloop chlorophylgehalte bij verschillende debieten van gemaal Lovink.



I : debiet Lovink = 0 m³/maand .

II : debiet Lovink = zoals gemeten (zie tabel 2)

III : debiet Lovink = II + 10.10⁶m³/maand

IV : debiet Lovink = II + 20.10⁶m³/maand

4.20. STELLINGEN

E.J.B. Uunk, RIJP

1. Voordat tot sanering van de interne fosfaatbelasting van de Randmeren kan worden overgegaan, dient de externe fosfaatbelasting tot een aanvaardbare omvang te worden gereduceerd. Uitgangspunt bij deze sanering moet zijn de sanering aan de bron, ook als deze bron, zoals in het stroomgebied van het Wolderwijd-Nulderneauw denkbaar is, de intensieve veehouderij blijkt te zijn.

Er bestaat in onderzoekkringen te veel de neiging om de interne nutriëntenbelasting van de Randmeren, d.i. de toevoer van nutriënten aan het Randmeerwater vanuit bodem en lucht, te zien als het handvat voor de eutrofiëringsproblematiek. Daarbij wordt vergeten, dat deze interne belasting zonder de jarenlange hoge externe nutriëntenbelasting niet mogelijk was geweest.

Met name in het Wolderwijd-Nulderneauw en in het Eemmeer e.a. heeft nog maar een zeer beperkte sanering van de externe fosfaat- en stikstofbelasting plaatsgehad.

Belangrijkste nutriëntenbronnen van het Wolderwijd-Nulderneauw zijn een aantal beken, die overtollig water uit een gebied met nogal wat intensieve veeteelt aanvoeren. De belasting met huishoudelijk- en industrieel afvalwater is in het stroomgebied van het Wolderwijd-Nulderneauw, voor zover bekend, van weinig betekenis.

De jarenlange bemesting van het Wolderwijd-Nulderneauw, via dit beekwater, heeft geresulteerd in een verrijking van de bodem van dit Randmeer met enkele honderden tonnen fosfor. Een niet onaanzienlijk deel van dit fosfor (mogelijk circa 25 %) is in principe uitwisselbaar met de waterfase en beschikbaar voor algengroei. Zonder sanering van de externe fosfaatbelasting hebben baggeren en vergelijkbare saneringsmaatregelen weinig zin, omdat dan na een aantal jaren opnieuw een (te) vervuild sediment zal ontstaan, van waaruit verrijking van het meer met nutriënten kan optreden. Over de directe invloed van de voortgaande bemesting van het water wordt dan nog niet eens gesproken!

Uit onderzoek van de projectgroep eutrofiëringsonderzoek randmeren (p.e.r.) blijkt dat het water van de in het Wolderwijd-Nulderneauw uitstromende beken over de periode mei 1976 tot en met september 1979 een gemiddeld totaal-fosfaatgehalte had van 1,15 mg P/L.

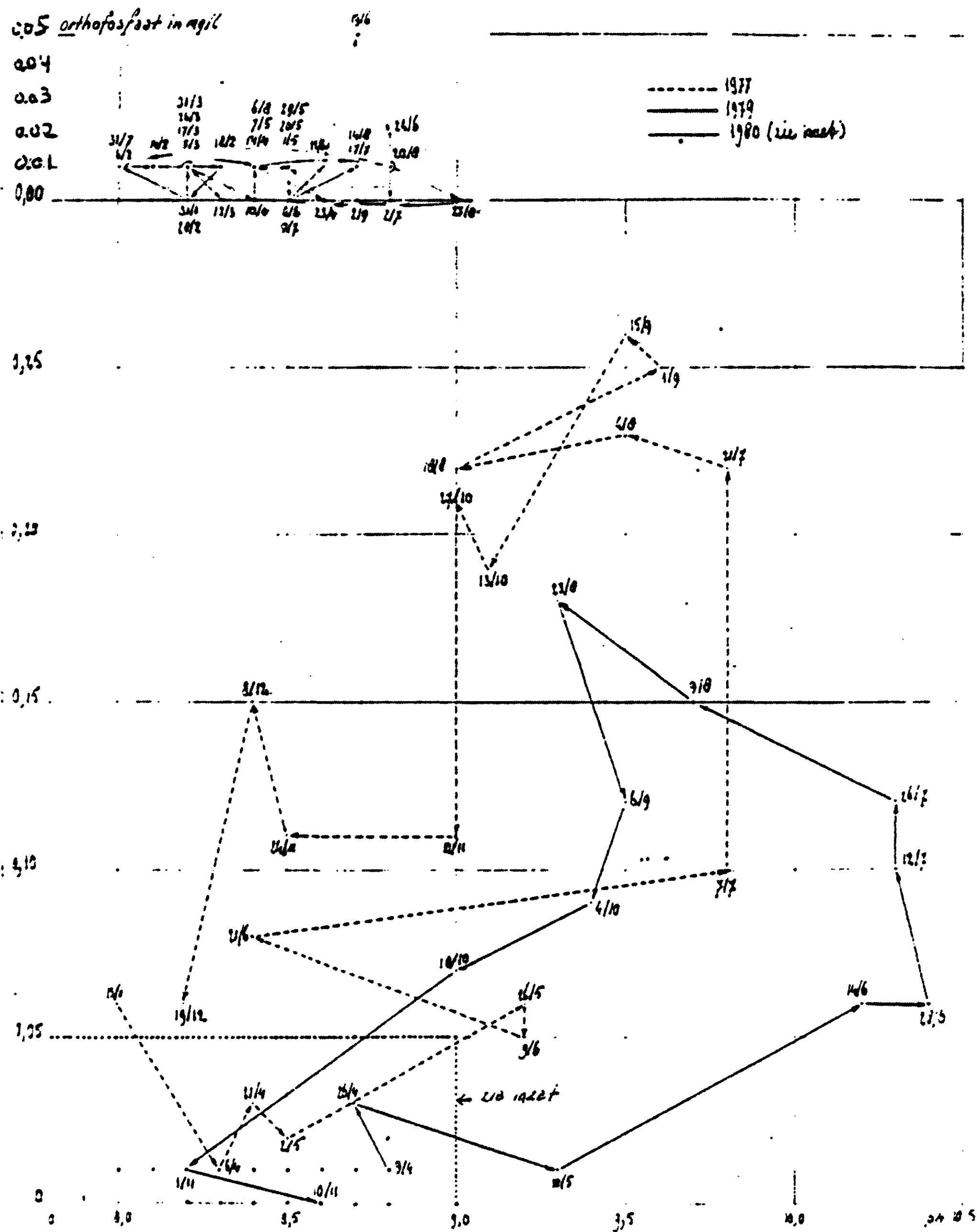
Daar het "natuurlijke"* fosfaatgehalte van deze deels met regen-, deels met zoetgrondwater gevoede beken beslist niet hoger dan 0,2 mg P/Liter kan zijn, moet worden gesproken van een sterk overheersende "niet-natuurlijke" belasting.

De Schuitenbeek voerde alleen al ruim 60% van deze "niet-natuurlijk" belasting af. Is het toeval dat het mestoverschot op fosfaatbasis** in het stroomgebied van de Schuitenbeek ongeveer 65% bedraagt van het mestoverschot in het stroomgebied van alle beken tezamen?

De door de p.e.r. berekende fosfaatbelasting van het Wolderwijd-Nulderนาauw komt globaal overeen met 5% van het mestoverschot in het stroomgebied van dit Randmeer. Vermoedelijk heeft de p.e.r. tot dusver de fosfaatbelasting in zeer natte winterperioden nog enigszins onderschat. Detailonderzoek heeft uitgewezen dat juist dan relatief veel direct voor de algen beschikbaar orthofosfaat wordt aangevoerd met de beken. Op grond van het bovenstaande moge het duidelijk zijn dat de externe belasting van de Randmeren met stoffen nog steeds sanering behoeft. Zonodig moet in dat kader ook de intensieve veehouderij worden aangepakt. Daartoe moet eerst de relatie tussen de afvoer vanuit (beek)stroomgebieden en het bodemgebruik/de hydrologie van deze gebieden zo goed mogelijk worden gekwantificeerd.

* "natuurlijke" = niet of nauwelijks door menselijke ingrepen beïnvloede

** betreft ramingen van de Provinciale Landbouwkundige Dienst van de Provincie Gelderland.



2. De doorspoeling van het Veluwemeer/Drontermeer met polderwater uit Flevoland leidt niet alleen direct tot verlaging van algendichtheden in het Randmeer, maar indirect ook tot blokkering van het vrijkomen van orthofosfaat uit de Randmeerbodem.

Uit onderzoek van de RIP is gebleken dat de doorspoeling van het Veluwemeer/Drontermeer met polderwater uit Flevoland in de winter 1979/1980 niet alleen heeft geleid tot een verlaging van het fosfaatgehalte van het Veluwemeerwater, maar eveneens tot een verhoging van de gehalten van de meeste zogenaamde macro-ionen. Vooral de stijging van het bicarbonaat- en het calciumgehalte van het water is van belang, omdat daardoor de buffercapaciteit van het water ten aanzien van pH (zuurgraad)-veranderingen is vergroot.

De in voorgaande jaren gebruikelijke sterke stijging van de pH van het water in voorjaar en zomer onder invloed van de algengroei is als gevolg van de vergrote buffercapaciteit van het Veluwemeerwater in 1980 niet opgetreden. Vooral het verhoogde calciumgehalte van het meerwater heeft hierbij een belangrijke rol gespeeld.

De in voorgaande jaren plaatsvindende sterke toename van het orthofosfaatgehalte van het meerwater, gepaard gaand met en volgend op bovengenoemde pH-stijging, is in de in 1980 ontstane situatie in het Veluwemeer achterwege gebleven (zie ook bijgaande figuur).

Hiervoor is een combinatie van factoren verantwoordelijk te stellen. Enerzijds is een deel van het uit de meerbodem vrijgekomen fosfaat weer direct neergeslagen (met ijzer); het overige fosfaat is neergeslagen met/in calciumverbindingen.

Uiteindelijk kon de betekenis van de fosfaatreductie, als gevolg van het doorspoelen, voor de Sanering van de Randmeren weleens belangrijker zijn dan de betekenis van de beperking van de algendichtheden, met name wanneer door verdere sanering van de externe P-belasting de algengroei fosfaatgelimiteerd kan worden gemaakt.

3. Intensieve groei van waterplanten kan tot intensieve algengroei leiden.

Deze stelling berust op resultaten van RIP-onderzoek in de zeilplas "Het Bovenwater" nabij Lelystad. De plas, ontstaan in 1976/1977, is ongeveer 135 ha groot en gemiddeld ruim 1 meter diep. De externe nutriëntenbelasting van de plas is gering; de bodem is voedselrijk. In de zomer van 1978 trad in de plas een zeer intensieve ontwikkeling van ondergedoken waterplanten op. In deze periode steeg de pH (zuurgraad) van het water van ongeveer 8 tot ongeveer 9 en nog hoger. Tegelijkertijd nam het orthofosfaatgehalte van het water sterk toe, vermoedelijk als gevolg van het vrijkomen van het fosfaat uit in het sediment aanwezige ijzerhydroxyfosfaatcomplexen. Dit fosfaat werd vervolgens in de periode, waarin de waterplanten afstierven, omgezet in partikulair fosfaat. Gezien de toen eveneens sterk toegenomen algendichtheden is dit fosfaat blijkbaar ten goede gekomen aan de groei van algen.

In 1979 en 1980 was de waterplantenontwikkeling minder intensief dan in 1978. De pH en het orthofosfaatgehalte bleven laag. De algenbiomassa nam dan ook in het najaar veel minder sterk toe dan in 1978. Buiten het groeiseizoen van de ondergedoken waterplanten komen wel hogere gehalten aan partikulair fosfaat voor. Deze hangen samen met de opwerveling van bodemslib.

Een en ander wordt nog eens geïllustreerd aan de hand van de volgende tabel.

datum	pH (pH-eenh.)	orthofosfaat (mg P/m ³)	partikulair fosfaat (mg P/m ³)	chlorofyl-a ₃ (mg chl.a/m ³)
1978:16-05	8,2	7	10	2
14-08	8,8	70	10	8
22-11	7,8	6	120	277
1979:15-05	8,4	7	40	19
22-08	8,4	11	100	56
06-11	8,1	15	110	85
1980:06-05	8,3	13	80	23
29-07	8,2	2	40	17
18-11	8,2	14	120	51

Het is denkbaar dat de causale relatie tussen intensieve waterplantengroei en intensieve algengroei ook een rol heeft gespeeld bij de "opvolging" van ondergedoken waterplanten door (blauw)algen in de Randmeren van Flevoland. Indien dit het geval is, is het perspectief voor een terugkeer van deze waterplanten ten koste van de algen somber. Immers, momenteel kunnen de ondergedoken waterplanten in de Randmeren niet optimaal groeien doordat de algen het daartoe benodigde licht wegnemen. De algengroei is zo intensief dat de pH 's zomers tot hoge waarden stijgt. Evenals in "Het Bovenwater" komt in de perioden met hoge pH's orthofosfaat uit de meerbodem vrij. Gesteld, dat eens (na sanering van de externe fosfaatbelasting!) in de Randmeren weer zodanige lichtomstandigheden zouden heersen dat de ondergedoken waterplanten optimaal kunnen groeien, dan ligt een ontwikkeling zoals in "Het Bovenwater" in 1978 voor de hand: het systeem is voedselrijk genoeg voor een zeer intensieve waterplantengroei; deze kan, net zoals nu de algengroei, tot hoge pH's en fosfaatverrijking leiden; na het afsterven van de waterplanten krijgen de algen weer vrij spel.

Het bovenstaande betekent dat het van belang is om ook na een eventuele "hervestiging" van de waterplanten te zorgen voor een zodanige buffering van het Randmeerwater tegen pH-veranderingen, dat afgifte van fosfaat vanuit de Randmeerbodem achterwege blijft.

4.21. STELLINGEN

A. bij de Vaate, RIJP

- 1e Nu een vermindering van de externe belasting van het Wolderwijd niet heeft geleid tot een daling van de hoeveelheid fytoplankton en een verandering in de soortensamenstelling lijkt het zinvol de sanering te richten op de interne belasting.
- 2e Het verdwijnen van driehoeksmossels uit de randmeren van Flevoland was niet het gevolg van de verandering van het voedselaanbod.
- 3e Een belangrijk aspect van langdurige waterbloeien van blauwwieren is dat er ten gevolge van een voortdurende regen van afgestorven fytoplankton het milieu van bodembewonende organismen zeer belangrijke wijzigingen ondergaat.
- 4e Hoewel het voorkomen van waterbloeien van blauwwieren in het IJsselmeer zou moeten worden gezien als een (nood-)signaal voor het ontstaan van een ongunstig milieu, lijkt dit voor de Nederlandse "beleids-makers" niet ernstig genoeg om gealarmeerd te raken.
- 5e De mate waarin in Nederlandse meren hydrobiologisch onderzoek plaatsvindt, lijkt omgekeerd evenredig te zijn met de grootte.
- 6e Relatie eutrofiëring - inpoldering Markermeer: als het kalf verdronken is dempt men de put!

4.22. Stellingen voor CHO studiebijeenkomst

L.R. Mur - Lab. v. Microbiologie U.v.A.

1. Blauwwieren kunnen 's zomers bij lage concentraties aan mineralen (stikstof en fosfaat) harder groeien dan andere algen. Dit ontstaat door de hoge affiniteit voor deze mineralen.
2. Blauwwieren zijn gevoelig voor hoge lichtintensiteiten, hun groei wordt dan geremd en door beschadiging van het fotosynthese apparaat sterven de organismen af.
3. Bij lage lichtintensiteiten groeien blauwwieren harder dan andere fytoplanktonsoorten. Dit ontstaat door de lage onderhoudsenergie van de organismen en de hoge productie bij lage lichtintensiteiten.
4. De conclusie uit de stellingen 1 t/m 3 is dat de verspreiding van de blauwwieren beperkt wordt door hoge lichtintensiteiten.
5. Het lichtklimaat in het water wordt beheerst door a de diepte van het water en b de hoeveelheid opgeloste en gesuspendeerde materialen.
6. Blauwwieren kunnen voorkomen: a regelmatig verdeeld in het epilimnion van sterk eutrofe wateren (veel gesuspendeerde materialen en daardoor gunstig lichtklimaat) b in een bepaalde laag in diepere meren ($> \pm 2.5$ m) waar het lichtklimaat gunstig is.
7. Oscillatoria agardhii is een organisme dat gesuspendeerd in het epilimnion voorkomt. Oscillatoria meren zijn sterk eutrofe ondiepe meren. Microcystis aeruginosa is een organisme dat zich ontwikkeld op een bepaalde diepte (gestratificeerd) en bij rustig weer drijflagen aan het oppervlak vormt. Microcystis aeruginosa meren zijn diepere meren en het organisme treedt al op bij betrekkelijk lage eutrofiëringsniveau's.

8. Op dit moment is er onvoldoende kennis aanwezig om tot normen te komen voor het beheer van de Nederlandse (ondiepe) wateren inclusief het IJsselmeer. Meer kennis is nodig wat betreft fosfaatbalansen (invloed sediment), relatie lichtklimaat en het voorkomen van Oscillatoria en Microcystis en groeikinetiek van de belangrijkste blauwwieren. Indien het CUWVO-onderzoek en het IJsselmeer-onderzoek juist gericht worden kan het een schat van informatie opleveren die voor de toetsing van de op te stellen hypothesen gebruikt kan worden. De algensamenstelling, de biomassa, het lichtklimaat, de groeibeperkende factor en de verblijftijd dienen dan van elk meer bepaald te worden. .

4.23. MODELLERING WATERKWALITEIT IJSSELMEER

SPIN OFF VOOR STRUCTURERING VAN ONDERZOEK

R. Klomp, Waterloopkundig Laboratorium

1. INLEIDING

In verband met de werkzaamheden van de werkgroep Sanering IJsselmeer werd door Rijkswaterstaat (ZZW) en RIZA aan het Waterloopkundig Laboratorium (WL) opgedragen onderzoek uit te voeren naar de eutrofieringstoestand van het IJsselmeer bij verschillende beleids- en beheersscenario's.

2. DOELSTELLING

Als algemene doelstelling gold het kwantificeren c.q. voorspellen van de resultaten van (alternatieve) saneringsscenario's op de kwaliteit van het IJsselmeer m.b.t. fosfaat- stikstofhuishouding, algenbiomassa (drooggewicht) en chlorofyl, de soortensamenstelling en de beperkende factoren.

3. VOORDELEN MODELAAANPAK

Om zo goed mogelijk tegemoet te komen aan de doelstelling werd gekozen voor een modelmatige aanpak, waarbij het analyseren en kwantificeren van het te onderzoeken verschijnsel "eutrofiëring" centraal staat. De belangrijkste voordelen verbonden aan zo'n aanpak zijn:

- meer kwantitatieve informatie komt ter beschikking voor beleid en beheer zowel m.b.t. de invloed van de belasting en processen als de gevolgen van voorgenomen maatregelen
- goede mogelijkheden zijn aanwezig om alternatieve c.q. additionele beleidsmaatregelen te definiëren en te evalueren
- betere communicatie-mogelijkheden tussen beleidsvoorbereiders/ adviseurs, beheerders en onderzoekers worden geschapen

- gemaakte schematisatie en gedane aannamen worden expliciet gemaakt, waardoor aan een ieder bekend kan zijn, welke de sterke en zwakke punten van de gebruikte methode zijn (vgl. "expert opinion")
- een model bezit reproduceerbaarheid: verschillende gebruikers kunnen bij gebruik van dezelfde invoergegevens dezelfde uitkomsten verkrijgen
- een model is verifieerbaar, niet alleen met betrekking tot schematisatie en aannamen, maar ook wat betreft de mogelijkheid tot het uitbrengen van voorspellingen, door het model toe te passen op een situatie uit het verleden, waarvan zowel invoergegevens als uitkomsten bekend zijn in de vorm van metingen
- door een systematische variatie van belangrijke invoergrootheden uit te voeren, wordt informatie verkregen over de invloed van de mate van onnauwkeurigheid waarmee invoergegevens behept zijn op de voorspellingen
- indien weinig proceskennis omtrent het te modelleren systeem aanwezig is, kan het model allereerst gebruikt worden als instrument om hypothesen m.b.t. processen, aangedragen door onderzoekers, te testen; wetenschappelijk aanvaardbare en veelbelovende hypothesen kunnen vervolgens gericht onderzocht worden in veld- en laboratoriumomstandigheden
- door bekendheid met de meest dominante processen in het systeem kan de informatieverzameling, die voor het verkrijgen van de gewenste invoergegevens nodig is, worden gestructureerd.

Deze bijdrage zal zich beperken tot de spin off van het verrichtte modelonderzoek (fig. 1) voor het structureren van het veld- en experimenteel onderzoek op het gebied van eutrofiëring van het IJsselmeer.

Richtlijnen eutrofiëringsonderzoek IJsselmeer

- . De organische en anorganische koolstofcycli zijn bepalend voor het eutrofiëringsspruces in het IJsselmeer. Zij bepalen in sterke mate de pH van het oppervlaktewater en de bodem alsmede de redoxpotentiaal in de bodem. Op hun beurt bepalen beide toestandsvariabelen desorptie/adsorptie van fosfaat alsmede nalevering van nutriënten uit de bodem. In het onderzoek zal derhalve het meten van alkaliniteit en calcium van grote waarde zijn.

- . Het lichtklimaat van het IJsselmeer is in sterke mate bepalend voor de omvang van de algenbiomassa en soortensamenstelling. Met het meten van Secchi diepte éénmaal per maand, wordt het belang van het lichtklimaat onderschat. Voorgesteld wordt tijdens de routinematige meetprogramma's extinctie- en chlorofylmetingen op een aantal representatieve plaatsen uit te voeren met een frequentie van ten minste 1x per week.
- . De hydrodynamica van het IJsselmeer heeft directe invloed op de omvang van het eutrofiëringsproces; het ontstaan van thermische gradient/stratificatie situaties veroorzaakt niet homogeniteit over de diepte van verschillende eutrofiëringsparameters in met name chlorofyl, pH, zuurstof, lichtklimaat. Bemonstering op 50 cm beneden het wateroppervlak geeft derhalve een vertekend beeld.
Het verdient derhalve aanbeveling om over de verticaal gemiddelde monsters te nemen en op een aantal plaatsen de thermische (en algen) over de verticaal vast te leggen.
- . Gezien de belangrijke rol van de bodem bij de nutriëntenhuishouding van het IJsselmeer dient een systematisch onderzoek naar de kwaliteit van bodemsediment en interstitieel water (als functie van de diepte) geïntensiveerd te worden.

. Stellingen

Naast de geformuleerde richtlijnen een drietal stellingen t.b.v. discussie

1. Voor het aangeven van globale indicaties van te verwachten resultaten van eutrofiëringsbestrijding kunnen de in de zestiger jaren ontwikkelde empirische "Vollenweider" modellen van nut zijn.
Voor het optimaliseren van een gerichte eutrofiëringsbestrijding zijn deze instrumenten niet voldoende. Hiervoor zal gebruik moeten worden gemaakt van simulatiemiddelen gebaseerd op fysisch, chemisch en biologische processen.
2. Fosfaatfluxmodellen en fosfaatbalansen zijn onvoldoende voor het wetenschappelijk onderbouwen van beleidsbeslissing op het gebied van de eutrofiëring. Chemische modellen, waarin opgenomen pH, calcium,

ijzer en nutriëntenmodelleringen in oppervlaktewater en bodem, gekoppeld aan de dynamica van fytoplankton, is hiervoor vereist.

3. Onder de gegeven omstandigheid in de nederlandse meren en bekkens, kunnen zowel licht, fosfor, stikstof als silicium limiterend zijn voor de algengroei. Beheersmaatregelen mogen dan ook niet afgestemd worden op een beschouwing van slechts één enkele beperkende factor.

4.24. WATERKWALITEITSMODELLEN

N.M. de Rooij, Waterloopkundig Laboratorium

1. INLEIDING

Het onderzoek waterkwaliteitsmodellering IJsselmeer wordt uitgevoerd door het W.L. in samenwerking met RIZA, RIJP en ZZW. Doel is het aangeven van effecten van saneringsstrategieën op de waterkwaliteit van het IJsselmeer, waarbij de eutrofiëringstoestand van het IJsselmeer centraal staat. Secundair kan een meer op research gerichte doelstelling geformuleerd worden: het bestuderen van de processen, die in het IJsselmeer invloed hebben op de "waterkwaliteit".

2. WATERKWALITEITSMODEL

Om enerzijds het voorspellend vermogen van de modellen zo hoog mogelijk te laten zijn en anderzijds het onderzoeksaspect naar voren te laten komen, wordt gebruik gemaakt van deterministische modellen. Gebruik wordt gemaakt van modellen, die zo veel mogelijk de huidige kennis omtrent biologische en chemische processen in de procesbeschrijving opnemen. Het model is een gekoppelde versie van een biologisch en chemisch model, waarbij het biologische model de berekening van algenproductie uitvoert en het chemische model de overige algenberekeningen (sterfte, mineralisatie, sedimentatie) alsmede de chemische evenwichtsprocessen en de langzame chemische reacties beschrijft.

De berekeningen worden uitgevoerd tegen de tijd en de resultaten van het model bestaan uit tijdreeksen en plot's van diverse variabelen en fluxen. De variabelen worden met meetgegevens vergeleken (bij calibratie en verificatie) of met normniveau's (bij simulatie), terwijl de fluxen een indruk verschaffen over het relatieve belang van de diverse processen. Hoewel het onderzoek in eerste instantie gericht is op eutrofiërings-"gevoelige" parameters als chlorofyl, licht, fosfor, stikstof, spelen andere variabelen in de modelformulering een veel belangrijker rol. Tot deze variabelen behoort b.v. koolstof. De organische en anorganische koolstofcyclus zijn bepalend voor het systeemgedrag.

De organische C-cyclus is nauw gekoppeld aan de nutriënten P en N; de

overgangen anorganisch C $\leftrightarrow$ organisch C zijn mede bepalend voor pH in oppervlaktewater en bodem, en voor de redoxpotentiaal in de bodem; twee variabelen, die op hun beurt weer bepalend zijn voor het systeemgedrag, omdat zij diverse processen beïnvloeden: adsorptie/desorptie, nalevering bodem.

Een van de grote voordelen van de gekozen modelaanpak is ook dat doordat "alle" variabelen gemodelleerd worden, de calibratie procedure aanmerkelijk minder vrijheidsgraden overlaat, hetgeen de betrouwbaarheid verhoogt en het inzicht in de processen verbetert.

3. AANPAK

Aan de basis van een waterkwaliteitsmodel staat de waterbalans (althans voor die systemen waar de processen mede door de belastingen bepaald worden, hetgeen in alle nederlandse meren helaas het geval is).

Dit op zich levert reeds problemen op, de waterbalans van het IJsselmeer toont een 10% hogere uitlaat dan inlaatdebiet.

Het IJsselmeer is in een 4-tal compartimenten opgesplitst, waarbij voor de waterbeweging alleen advectie wordt meegenomen. De juistheid van deze aanpak is gecontroleerd m.b.v. een chloride balans per compartiment.

Vervolgens is een uitgebreide statistische verwerking van alle meetgegevens gestart om een zo goed mogelijk inzicht te krijgen in het systeem. Tevens zijn voor de nutriënten P en N simpele modellen gedraaid, die snel inzicht geven in gemiddelde afbraaksnelheden per seizoen, per compartiment.

Aangezien C één van de belangrijkste variabelen in de modelformulering is, is tevens een C-balans opgesteld voor het IJsselmeer, hetgeen overigens een hachelijke zaak bleek, door het ontbreken of inconsistent zijn van meetgegevens.

Vervolgens is gestart met de calibratie/verificatie procedure van eerst de afzonderlijke biologische/chemische modellen en vervolgens de gekoppelde versie.

4. RESULTATEN

De uiteindelijke bedoeling van de modelaanpak voor het IJsselmeer is het vaststellen van algen limiterende factoren, en veranderingen ten gevolge van saneringsstrategieën.

Hoewel het thans nog te vroeg is om op de resultaten vooruit te lopen, zijn een aantal opmerkingen al wel te plaatsen.

De metingen zijn de afgelopen jaren te weinig op procesonderzoek gericht geweest; t.a.v. de bodemnalevering is geen procesonderzoek verricht.

Ortho P lijkt een hoge mate van buffercapaciteit te vertonen: d.w.z. de niveau's vertonen jaarlijks gelijke patronen en worden bewerkstelligt door elkaar compenserende processen: organisch P sedimentatie, anorganische sedimentatie van geadsorbeerd P.

Hoewel resuspensie in het IJsselmeer een belangrijke rol speelt, is aan de bijdrage hiervan aan beschikbare nutriëtniveaus niets te merken. Kennelijk sedimenteert het geresuspendeerde materiaal zonder tijd te krijgen om te reageren.

5. SLOTBESCHOUWING

De gekozen aanpak van modelbestudering moet uiteindelijk leiden tot een resultaat waarbij:

- met een zo groot mogelijke zekerheid voorspellingen omtrent toekomstig gedrag kunnen worden gedaan
- meer inzicht in de processen in en het gedrag van het IJsselmeersysteem wordt verkregen
- leemtes in kennis worden blootgelegd, die m.b.v. veld- en laboratoriumonderzoek kunnen worden aangevuld.

Met name v.w.b. het laatste aspect kan een vroegtijdige modelaanpak, naast lopend veld- en laboratoriumonderzoek een grote bijdrage leveren.

Naast het feit dat modellen voor voorspellingen gebruikt kunnen worden, ontlenen zij vooral hun waarde aan de mogelijkheid om hypothesen omtrent procesgedrag expliciet en kwantitatief te toetsen. Een vroegtijdige gecombineerde model/laboratorium/veldaanpak kan derhalve tot een optimaler resultaat leiden.

4.25. STATISCHE EN DYNAMISCHE ANALYSE VAN EENVOUDIGE MODELLEN VOOR EUTROFIERING

G. van Straten, TH Twenthe

Het dynamisch verloop van enkele waterkwaliteitsvariabelen zoals ortho-fosfaat en chlorofyl-gehalte wordt in het algemeen beschreven met tamelijk complexe dynamische modellen. Toch blijkt dat deze modellen vrijwel steeds op dezelfde basisstructuur zijn terug te brengen. In het algemeen is er een nutrient cyclus langs de lijn: opname door algen, afsterven (eventueel via zoöplanktongraas), mineralisatie van detritus (al dan niet in het sediment), en weer vrijkomen als opgelost nutrient. Een deel van het nutrient wordt aan deze cyclus onttrokken door bijv. vastlegging in het sediment, terwijl anderzijds door externe of interne belasting (remobilisatie) nutrient aan de cyclus wordt toegevoerd.

Analyse van de statische en dynamische eigenschappen van deze eenvoudige basisstructuren levert veel inzicht in de rol van de verschillende deelprocessen. Bovendien kan vergelijking van de langs deze weg verkregen resultaten met meetgegevens een eerste oriëntatie opleveren omtrent parameterwaarden of omtrent anomaliteiten in gedrag, welke dan weer kunnen leiden tot model verbetering.

Voorbeelden van een dergelijke analyse zijn:

1. Statische analyse van de totaal fosfaat vergelijking levert als (niet verrassend) resultaat dat het gemiddelde totaal-fosfaat niveau wordt bepaald door de verhouding van belasting en overall sedimentatie. Interessant is echter dat bij vergelijking met gegevens markante verschillen omtrent de sedimentatiesnelheid aan het licht kunnen komen bijv. van jaar tot jaar of bij vergelijking van verschillende bekkens. Hiermee worden indicaties gegeven en randvoorwaarden geschapen voor de verdere modelvorming van de sedimentatiebepalende processen.
2. Voor het eenvoudigste fosfaat-phytoplankton cyclusmodel met Monod formulering en licht limitering leert een statische analyse dat in gevallen waarin zelfschaduwning niet belangrijk is (bijvoorbeeld bij grote eigen troebelheid van het water) het maximum algengehalte evenredig is met de (som de interne en externe) belasting en omgekeerd evenredig met bezinksnelheid en uitspoeling. De algengroei en sterfte parameters spelen hierin geen rol maar zijn wel bepalend voor het fosfaatsniveau. Het fosfaatsniveau zelf blijkt niet van de belasting af te hangen, hetgeen de opmerkelijke constantheid van het fosfaatgehalte in veel productieve meren verklaart. Indien zelfschaduwning wel een rol speelt (zoals vaak in de praktijk) blijkt dezelfde structuur bruikbaar, maar de terugkoppeling veroorzaakt in dit geval een minder dan lineaire stijging van algengehalte, terwijl de vermindering ten goede komt aan het fosfaatsniveau (er is een hoger fosfaatsniveau nodig om het verlies in groeisnelheid door zelfschaduwning te compenseren). In beide gevallen blijft de verliesterm van nutrient naar het sediment (alsmede de omvang de interne belasting) een sleutelparameter.

3. De conclusies onder 2 worden niet wezenlijk anders als ook detritus als aparte variabele in het model wordt opgenomen. De detritus/algen verhouding wordt in hoofdzaak bepaald door de mineralisatie/sterftesnelheid verhouding.
4. In modellen met zowel stikstof als fosfor als nutriënt wordt de standing crop door fosfaat bepaald indien de fosfaatbelasting geringer is dan de P/N verhouding in algen maal de stikstofbelasting en vice versa, althans in eerste (goede) benadering. De *concentraties* spelen dan slechts een ondergeschikte rol (het zijn afhankelijke variabelen). Dit resultaat blijkt pas in tweede orde afhankelijk van de Monod-constanten.
5. In alle gevallen als boven blijkt het nuttig een dynamische analyse uit te voeren, waarmee bij ruwweg bekende parameters de responsietijden en responsiepatronen bij verandering in omstandigheden (belasting, lichtinstraling, temperatuur) kunnen worden berekend. Het blijkt dat deze tijden in het algemeen zodanig zijn dat het niet nodig is deze forcing functies op dag tot dag basis in te voeren. Middelen over één of twee weken is veelal mogelijk zonder veel informatie-verlies. Een dynamische analyse levert ook informatie op t.b.v. de keuze van het minimaal noodzakelijke bemonsterings-interval.

Stellingen

1. *Hoewel complexe dynamische modellen bij het oplossen van meer gedetailleerde beheersvragen niet kunnen worden gemist, is in veel gevallen een goede eerste benadering te geven m.b.v. "papier en potlood" berekeningen aan vereenvoudigde modelversies.*
2. *In ondiepe meren spelen de processen waardoor nutriënten het water verlaten, naast remobilisatie via het sediment, een overheersende rol. Niettemin is de kennis op dit gebied (verhouding mineralisatie/ bezinking van algen en al dan niet door zoöplankton ontstane detritus) nog steeds uiterst beperkt. Onderzoek naar deze verliestermen is dus noodzakelijk wanneer men de voorspellende waarde van modellen wil verbeteren.*
3. *Het is twijfelachtig of de tot nu toe gebruikelijke modellen toereikend zijn om blauwalgenbloei te beschrijven.*

4.26. STRATEGIE VOOR ONDERZOEK EN MODELFORMING VOOR DE VOORSPELLING VAN DE
INTERNE BELASTING BIJ ONDIEPE MEREN

L. Lijklema, A.G. Brinkman en W. van Raaphorst, TH Twenthe

De afgifte van een stof χ door sedimenten zal afhangen van:

- a) de concentratie van deze stof in het sediment;
- b) de fysisch-chemische binding en de daarmee samenhangende verdeling vloeistof-vast;
- c) de milieucondities in het sediment (bv. pH, pE);
- d) de transportmogelijkheden (diffusie, resuspensie, menging).

Voor elk van deze factoren kan een eenvoudige modelvoorstelling een eerste inzicht verschaffen over de grootheden die gemeten moeten worden om deze samenhangen in hun onderlinge verband te kwantificeren. Met name zijn van belang:

ad a)

de mengdiepte van het sediment, de totale accumulatiesnelheid (sedimentatie in m/jr) en de belasting met stof χ door sedimentatie (in g/m², jr). Bij niet conservatieve stoffen is ook de afbraaksnelheid van belang. Conservatieve stoffen hebben een zeer lange insteltijd t.g.v. de geringe verdunningssnelheid van sedimenten. Derhalve komen concentratieveranderingen t.g.v. gewijzigde belasting relatief langzaam tot stand.

Experimenteel én modelmatig wordt de situatie gecompliceerd indien men rekening houdt met b.v.:

- de ruimtelijke variatie in accumulatie en sedimentatie door intern transport van sediment, erosie etc.
- het feit dat de sedimentatie (belasting van het sediment) een functie is van de externe belasting en dat bij sanering niet zonder meer te voorspellen is welk deel van de externe belasting in het meer achterblijft (de terugkoppeling is i.h.a. slechts ten dele bekend).

ad b)

de evenwichtsligging kan als functie van de concentratie én de milieucondities gemeten worden en als empirisch gegeven gehanteerd worden. In beginsel is het aantrekkelijker, zo mogelijk, op basis van chemische analyse en de evenwichtsleer tot een conceptuele beschrijving te komen.

Problemen hierbij geven onder andere

- de bovengenoemde inhomogeniteiten in sedimentsamenstelling;
- de ongedefinieerde en amorfe vormen waarin met name veel (voor het milieu) belangrijke stoffen voorkomen, die zich daardoor slecht lenen voor beschrijving in chemische evenwichtsmodellen door het ontbreken van gegevens over de thermodynamische constanten;
- de mogelijkheid dat langzame diagenetische processen bij gewijzigde concentratieniveau's op langere tijdschaal dan via experimenteel onderzoek i.h.a. realiseerbaar is, tot andere evenwichtsinstellingen leiden;
- de moeilijkheid om de toekomstige totale matrix van het sediment te voorspellen na sanering; i.h.a. zal behalve van stof χ ook voor andere stoffen het gehalte veranderen door sanering.

ad c)

empirisch kan de jaarlijkse gang van de milieucondities (temperatuur, pH, pE) als functie van plaats (diepte) vastgesteld worden en als uitgangspunt voor modellen dienen. Voor verschillende elementen (bv. P en N via de algengroei) is echter te verwachten dat een sterke terugkoppeling bestaat in het systeem die moeilijk te voorspellen is (voorbeeld: verminderd P-gehalte → lagere interne belasting → verminderde primaire productie → afname organische belasting van het sediment → afname van frequentie van anaerobie aan de bodem → afname P-afgifte etc.).

ad d)

diffusie vanuit het poriewater kan benaderd worden door met een gemiddelde concentratie over de gemengde sedimentlaag te rekenen en een -eventueel op meting gebaseerde- effectieve diffusieconstante. Zodra men rekening wenst te houden met de in tijd en diepte variërende concentraties t.g.v. sedimentatie, omwoeling door bodemorganismen, mineralisatie van organische stof, variatie in zuurstofgehalte en zuurgraad, compactering etc., dit alles nog als functie van variaties in temperatuur; wordt de beschrijving zeer complex en neemt de omvang en moeilijkheidsgraad van het funderende experimentele werk zeer sterk toe.

Een soortgelijke positie geldt voor de nalevering via resuspensie van bodemmateriaal door wind gevolgd door een nieuwe evenwichtsinstelling, nu met het bovenstaande water. Een op basis van metingen verkregen semi-empirisch verband tussen wind en zwevende stof-concentratie (resp. resuspensie + sedimentatie) kan, in combinatie met bovengenoemde empirische adsorptie-isothermen (zie b) een ruwe beschrijving geven die ook globaal geverifieerd kan worden. Een nauwkeuriger beschrijving vergt informatie over bodemstructuren, morfologie, schuifspanning in relatie met golfhoogten, golfhoogten als functie van wind (-richting, -kracht, -duur) etc. De in tijd en ruimte variërende concentraties eisen een zeer intensieve meetcampagne om de beschrijving (modellen) te parametriseren, naast de nodige basisgegevens uit laboratoriumonderzoek.

Afhankelijk van de beschikbare tijd en middelen, het betrokken systeem, het belang van de zaak en de achtergrond van de onderzoeker (research-instelling, ingenieursbureau, waterbeheerder) zal men een keuze moeten doen in de opzet van een onderzoeksprogramma wat betreft de mate van complexiteit. Daarbij zal de gang van zaken globaal zo zijn dat men met een eenvoudige modelbeschrijving begint, die gebaseerd is op reeds beschikbare en eenvoudig te verkrijgen meetgegevens. Van daaruit wordt verkend welke aspecten in het bijzonder van belang zijn, bv. door gevoeligheidsanalyse en door welke factoren de grootste onzekerheden in de voorspelling van toekomstig gedrag van het watersysteem worden veroorzaakt. Dit zal het nadere onderzoeksprogramma richten. De hierbij verkregen kennis zal vervolgens tot bijstelling, verfijning en/of precisering in het model kunnen leiden etc. In het algemeen is er een grens aan de doelmatigheid om een bepaald

aspect van het systeem gedetailleerd te onderzoeken en te beschrijven, gegeven de onbetrouwbaarheid in andere aspecten.

STELLING

De stand van de wetenschap is zodanig dat modellen voor de interne belasting en meer in het algemeen voor eutrofiëring vooralsnog tamelijk globaal zijn. Complexe en gedetailleerde modellen kunnen tot nu toe onvoldoende geïdentificeerd worden en geven i.h.a. geen betere voorspellingen dan betrekkelijk eenvoudige beschrijvingswijzen. Hun grote betekenis is vooral dat ze het onderzoek helpen richting te geven.

4.27. De toepassing van systeemanalyse in de planvorming ten behoeve van het IJsselmeerbeheer

R. Koudstaal en G. Miedema, Waterloopkundig Laboratorium

Inleiding en probleemstelling

De beheerder¹⁾ van het IJsselmeer loopt bij het uitvoeren van zijn taak tegen een aantal problemen aan die bij het huidige beheer niet zondermeer oplosbaar zijn:

- onder bepaalde omstandigheden is de vraag naar water groter dan de hoeveelheid die kan worden geleverd;
- de kwaliteit van het water voldoet niet altijd aan de gestelde eisen;
- werkzaamheden waarbij verzet van bodemmateriaal plaats vindt hebben wellicht invloed op de waterkwaliteit en de bodemfauna.

Maatregelen kunnen technisch van aard zijn zoals het bouwen van dijken, het regelen van stuwen, het verhogen van het IJsselmeerpeil; kunnen het gebruik van het water beïnvloeden via bijv. vergunningen of prijsmechanismen; of kunnen betrekking hebben op de bestuurlijke organisatie van het beheer zelf (kwaliteits- en kwantiteitsbeheer in één hand of niet).

Het nemen van beslissingen over de te nemen maatregelen wordt bemoeilijkt door (i) de complexiteit van de problematiek; (ii) het feit dat vaak een keus moet worden gemaakt uit vele alternatieve mogelijkheden; (iii) vele belangen een rol spelen; (iv) onzekere ontwikkelingen in het geding zijn; en (v) de bestuurlijke organisatie en juridische mogelijkheden beperkingen opleggen. Het nemen van beslissingen houdt in het algemeen een proces van afwegen in van maatregelen waarvan de effecten vaak moeilijk in dezelfde grootheden (bijv. geld) zijn uit te drukken.

Beleidsvoorbereidend onderzoek

Beleidsvoorbereidend onderzoek is erop gericht informatie te verschaffen om betere beslissingen mogelijk te maken. Daarbij worden maatregelen onderzocht op hun effecten met betrekking tot de voor de te nemen beslissing van belang zijnde criteria. In toenemende mate wordt het beslisproces gestructureerd door middel van beleidsplannen waarin sprake is van een set van maatregelen. Het

¹⁾ Het beheer van het IJsselmeer berust bij de overheid maar is verdeeld over een aantal instanties of diensten binnen die overheid.

onderzoek dient daarbij tevens gericht te zijn op de onderlinge relatie van de maatregelen en de interactie tussen de gevolgen daarvan.

Het aangeven van mogelijke maatregelen om gesignaleerde problemen te verminderen of zelfs te elimineren vraagt om een creatieve geest, en een goede kennis van de problematiek en van de beperkingen waarbinnen de maatregelen moeten worden gerealiseerd. Een goede samenwerking tussen de beleidsvoerders en de onderzoekers is van belang om tot goede oplossingen te komen en de gewenste informatie te verschaffen voor het onderbouwen van de beslissingen.

Uit de probleemstelling en de voorgestelde algemene oplossingen kunnen bijv. onderwerpen voor onderzoek worden vastgesteld:

- Hoe groot is de wateraanvoer?
- Hoe groot is de waterbehoefte en de vraag naar water (huidige en toekomstige situatie)?
- Hoe groot is de vraag naar produkten zoals vis en zand van het IJsselmeer (nu en in de toekomst)?
- Welke zijn de belangen die worden vertegenwoordigd door de verschillende gebruikerscategorieën van het IJsselmeer: hoeveel schade wordt geleden wanneer geen water wordt toegewezen, het onttrokken water niet voldoet aan de kwaliteitseisen van de betreffende gebruiker, de visvangst of de zandwinning wordt beperkt, etc.?
- Met de voorgaande vraag hangt samen de vraag: welke alternatieve mogelijkheden heeft de gebruiker om beperkingen die door het gebruik van bijvoorbeeld IJsselmeerwater worden geschapen, te compenseren?
- Wat is de kwaliteit van het aangevoerde water en welke kwaliteitseisen worden gesteld bij watergebruik?
- Welke kwaliteitseisen moeten aan de lozingen worden gesteld en hoe gedraagt de waterkwaliteit van het IJsselmeer zich?
- Wat is het gevolg van het instellen van hogere en lagere toelaatbare peilen dan tot nog toe?
- Wat is de interactie tussen de diverse belangen zoals landbouw, industrie, scheepvaart, visserij, recreatie, milieu, energieopwekking en veiligheid?
- Wat zijn de financiële consequenties van voorgestelde veranderingen?
- Wat gebeurt er op korte termijn en wat op lange termijn?

Uit deze onderwerpen kan vervolgens een scala van aspecten (bijv. berekening in de landbouw, lozing van een fabriek, aantasting van een natuurgebied, kans op golfoverslag bij dijken, etc.) naar voren worden gebracht welke aspecten

ieder afzonderlijk geanalyseerd kunnen worden bijv. met behulp van wiskundige modellen. Hierdoor wordt men in staat gesteld snel herhalingen van berekeningen te maken bij geringe of grote wijzigingen in voorgestelde veranderingen. Aangezien geen der aspecten op zichzelf staat zal hun onderlinge relatie duidelijk moeten worden gemaakt. Wiskundige modellen verschaffen de mogelijkheid om effecten van de beïnvloeding te kwantificeren.

Uit het bovenstaande komt naar voren dat bij het beheer uitgegaan moet worden van een werkelijkheid waarin diverse belangen een rol spelen die niet in dezelfde mate problemen kennen en die op verschillende wijze op veranderingen in het beheer zullen reageren. Systeemanalyse heeft tot doel inzicht hierin te verschaffen. Vanwege de interactie tussen de verschillende belangen is het noodzakelijk een totaal overzicht te verschaffen op een wijze waarin iedere belanghebbende zichzelf terug kan vinden, zodanig dat er een oordeel kan worden uitgesproken over de mate van juistheid waarmee dat belang is meegenomen in het totale onderzoek.

Hierdoor worden zware eisen gesteld aan de mate van duidelijkheid waarin de weergave van een bepaald belang in een wiskundige formulering plaats vindt. Dit geldt waar bepaalde processen volledig wiskundig kunnen worden weergegeven maar waarbij de parameters meer of minder juist geschatte grootheden zijn. Nog sterker geldt dit waar de processen slechts gedeeltelijk wiskundig kunnen worden weergegeven en het overige gedeelte als een "black box" wordt meegenomen.

Stellingen

1. Het IJsselmeer dient te worden opgevat als een ecosysteem met een zekere productiecapaciteit van "goederen en diensten" (rekreatie, ontvanger van afval, zandwinning, koeling etc.).
2. Bij het gebruik van het IJsselmeer ten behoeve van het produceren van deze "goederen en diensten" treedt de overheid regelend op binnen een gegeven set van randvoorwaarden zoals de fysieke eigenschappen van het systeem, nationale doelstellingen, structuur van de bestuurlijke organisatie.

3. Een beheerstrategie voor het IJsselmeer is een belangrijk beleidsinstrument om te komen tot een goed afgewogen gebruik van de genoemde productiecapaciteit van goederen en diensten. Naast technische en gebruiks-beïnvloedende maatregelen maakt de bestuurlijke organisatie deel uit van deze strategie. Dit impliceert dat niet uitgegaan dient te worden van de bestaande bestuurlijke organisatie maar dat deze gezien kan worden als mogelijk stuurmechanisme om bij te dragen aan de oplossing van de IJsselmeer problematiek.
4. De werkelijkheid die de beheerder van het IJsselmeer bij het nemen van beheersmaatregelen in beschouwing moet nemen is dusdanig complex dat de weergave van die werkelijkheid in wiskundige modellen onontbeerlijk is voor het verschaffen van inzicht in de problematiek waarmee de beheerder geconfronteerd wordt.
5. De wiskundige formulering van onderwerpen, en facetten daarvan, die bij het IJsselmeerbeheer in beschouwing moeten worden genomen, wordt in ernstige mate bemoeilijkt door onvoldoende kennis van verschijnselen en de onmogelijkheid in alle gevallen juiste parameterwaarde te schatten (bijv. verdamping van gewas, componenten van de waterbalans van het IJsselmeer, etc.).
6. Het is slechts in beperkte mate zinvol om voor diverse aspecten niet dezelfde mate van detail in de modellering toe te passen. In nauwe samenwerking tussen analist en beheerder dient men te komen tot het aangeven van de mate van detail in de systeembenadering, waarbij voor alles het functioneren van het totale systeem wordt zichtbaar gemaakt, samen met de interacties met onderdelen van het systeem die in belangrijke mate het functioneren van het systeem beïnvloeden.
7. Tengevolge van de wiskundige veelal moeilijk reproduceerbare problemen is een nauwe samenwerking vereist tussen analist en beheerder bij de ontwikkeling van wiskundige modellen en de interpretatie van de resultaten. De analist dient goede notie van de beheersproblematiek te hebben of te krijgen en de beheerder dient inzicht te hebben in de mogelijkheden die de modellen hem verschaffen, ook gegeven het beschikbare gegevensmateriaal.

4.28. ZWARE METALEN EN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN IN ORGANISMEN UIT HET IJSSELMEER

J.M. Marquenie en W.Chr. de Kock, MT-TNO, Afdeling Biologie, Den Helder

Deze bijdrage geeft een globaal overzicht van het type activiteiten welke de werkgroep "Veldbiologie" (Den Helder) van MT-TNO in het IJsselmeergebied ontplooit.

Bijlage 1 vermeldt de achtergronden van een driejarig onderzoek naar het gedrag en de verspreiding van zware metalen in de Nederlandse zoetwatergebieden, die onder invloed staan van de rivieren Rijn en Maas (Rapport CL 79/49 MT/TNO).

Bijlage 2 vermeldt voor de metalen cadmium en koper een aantal resultaten uit dit onderzoek (Publicatie P 81/16 MT-TNO).

Bijlage 3 toont aan dat een belasting van het aquatische systeem gevolgen heeft voor organismen die daaruit hun voedsel betrekken (Rapport CL 80/45 MT-TNO).

Wij hebben thans geleerd dat organismen uit het gehele IJsselmeer belast zijn met milieuvreemde verbindingen en dat ook essentiële elementen worden aangetroffen in sterk verhoogde concentraties. Uit het bestaan van gradiënt-situaties kan afgeleid worden, dat deze belasting grotendeels haar oorsprong vindt in de rivier de Rijn. Deze genoemde belasting blijft echter niet beperkt tot organismen in het water. Verhoogde concentraties van metalen en organische verbindingen in driehoeksmosselen bleken te kunnen leiden tot een belasting met deze stoffen van daarvan levende watervogels.

Voor de Rijn is aan de hand van tijdsreeksen van sedimentmonsters bekend, hoe de belasting met metalen zich vanaf 1900 ontwikkeld heeft. De gevolgen van een voortgaande tendens van vervuiling met metalen en organische microverontreinigingen voor IJsselmeerorganismen, zijn moeilijk te voorspellen met behulp van louter abiotische fysisch-chemische meetgegevens. De regelmatige toepassing van biologische monitortechnieken, vormt echter een basis om dergelijke tendensen voor het biologisch beschikbare deel van de verontreiniging vast te kunnen stellen. Uit een gecombineerde kennis van geochemische processen en biologisch opnamemechanismen zou een verklarend model kunnen ontstaan. De mogelijke gevolgen van verhoogde concentraties afvalstoffen in de weefsels van organismen dienen door experimenteel ecotoxicologisch onderzoek te worden opgehelderd.

Stelling: Voortschrijdende belasting met persistente afvalstoffen uit de Rijn, leidt via opname in organismen tot toenemende ecotoxicologische risico's in het IJsselmeersysteem.

BIJLAGE 1. PROJECT ZWARE METALEN IN AQUATISCHE SYSTEMEN (ZMAS)

1.1. ACHTERGROND EN DOELSTELLINGEN

De aanwezigheid van verhoogde concentraties zware metalen kan consequenties hebben voor de levende componenten van aquatische ecosystemen.

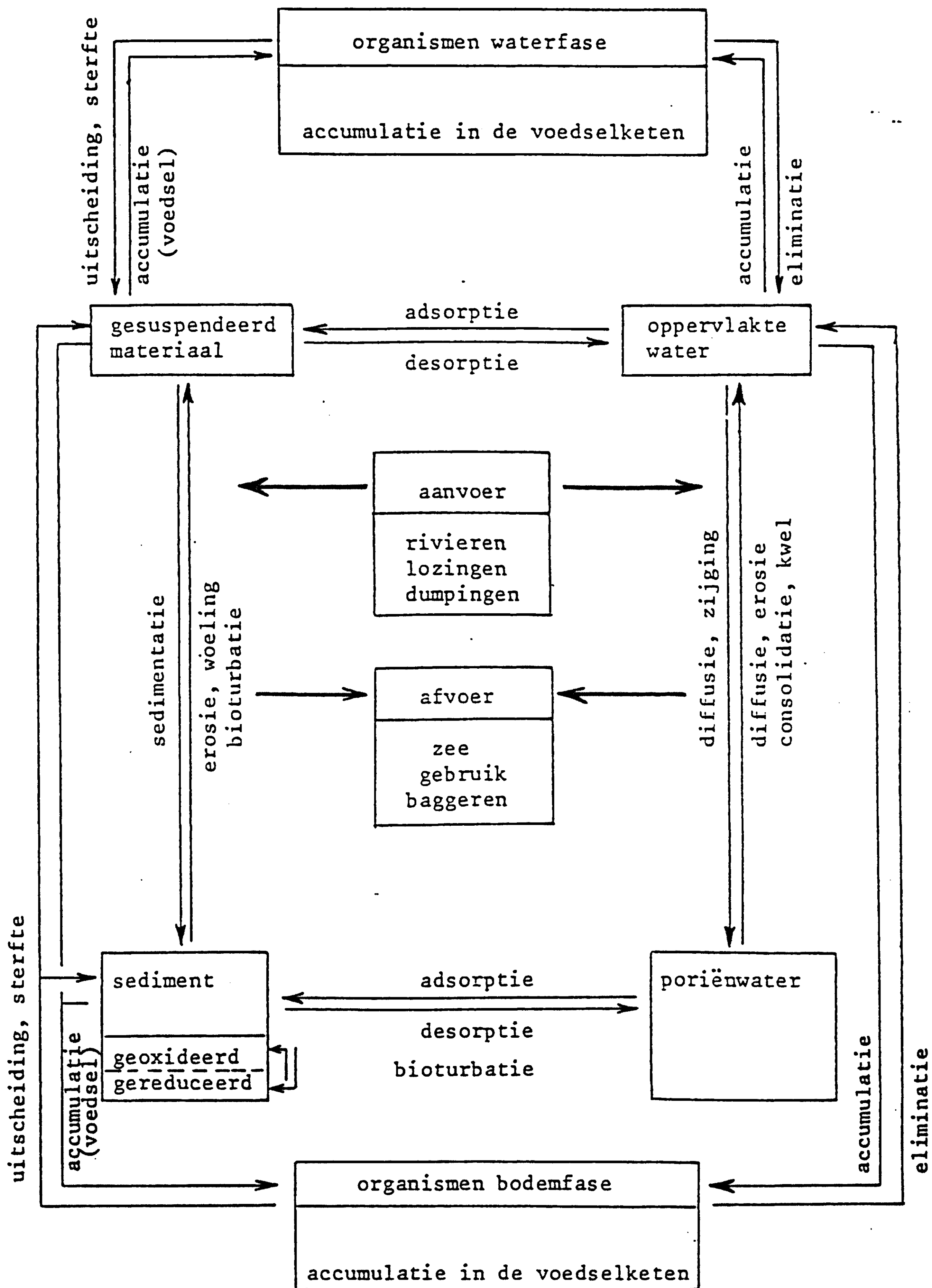
Door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, het Waterloopkundig Laboratorium en de Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO werd in 1976 een gezamenlijke nota uitgebracht, waarin mogelijkheden tot onderzoek naar het voorkomen en het gedrag van zware metalen in Nederlandse wateren werden omschreven. In opdracht van Rijkswaterstaat is daarna door genoemde instituten vanaf 1977 een gezamenlijk project "Zware metalen in aquatische systemen" op gang gebracht. Hiervan zijn de doelstellingen drieërlei:

- a. Het vaststellen van de aanwezigheid en de verspreiding van zware metalen in abiotische en biotische componenten van het aquatische systeem en onderzoek naar het ontstaan van de huidige situatie.
- b. Het leren kennen van de processen, die een rol spelen bij de verspreiding van zware metalen in het aquatische milieu.
- c. Het vaststellen van de effecten van de aanwezigheid van deze stoffen op het biotische deel van de aquatische systemen of onderdelen daarvan.

Dit project beperkt zich tot de rivieren Rijn en Maas en hun benedenstroomse zoete bekkens.

Figuur 1 illustreert schematisch de wijze waarop zware metalen in de Nederlandse wateren voorkomen. In dit schema worden vier abiotische en twee biotische reservoirs van zware metalen onderscheiden. De belangrijkste interacties tussen deze zes reservoirs zijn in de figuur opgenomen. Hieruit blijkt duidelijk dat geochemische processen bij de opname van metalen in aquatische organismen veel invloed hebben.

Een chronische aanwezigheid van verhoogde metaalconcentraties in weefsels van organismen kan fysiologische processen beïnvloeden en daardoor uiteindelijk aanleiding geven tot structurele en functionele verstoringen van ecosystemen.



Figuur 1. Schema van abiotische en biotische reservoirs van zware metalen met de belangrijkste interacties.

1.2. SAMENVATTING VAN BIOLOGISCHE MONITORSTUDIES

In een tweetal studies werd in experimentele veldsituaties, de opname en afgifte van de metalen Cd, Zn, Cu, Pb en Ni door de zoetwatermollusk *Dreissena polymorpha* bestudeerd.

De eerste studie, het accumulatie-eliminatie-experiment, behelsde het overbrengen van dieren van een onbelaste locatie naar een belaste en omgekeerd. Door frequente monsternames gedurende 30 dagen werd een indruk verkregen van de snelheid waarmee metalen worden opgenomen en afgegeven in de weefsels.

Voor het vervolgonderzoek belangrijke conclusies zijn:

a. t.a.v. het proces.

- Op de belaste locatie Kampen nemen de metaalgehalten van de weefsels sterk toe, de gehalten aan Ni nemen af.
- Op de onbelaste locatie Den Oever nemen de gehalten aan metalen af, gehalten aan Ni blijven op hetzelfde niveau.
- Gehalten aan Pb variëren sterk.

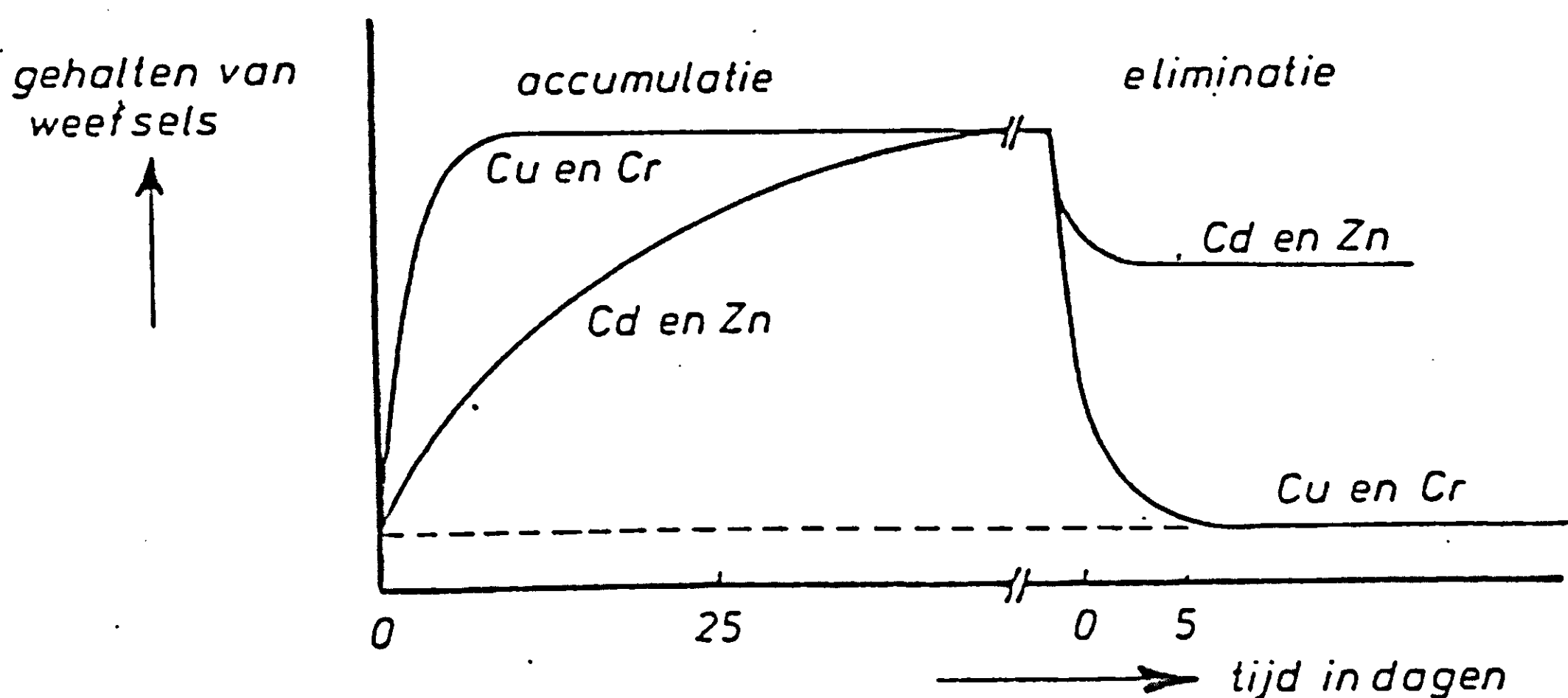
b. t.a.v. de bereikte niveaus.

- Te Kampen nemen vergeleken met de uitgangsgehalten de gehalten aan Cd en Cr met ca. 500 %, die aan Zn met ca 300 % en die aan Cu en Pb met ca 200 % toe. De gehalten aan Ni nemen met ca 50 % af.
- Te Den Oever worden Cu, Cr en Pb volledig geëlimineerd. D.w.z. de uitgehangen dieren bereiken na enige dagen dezelfde gehalten als in de ter plaatse aanwezige natuurlijke populatie. Gehalten aan Cd en Zn blijven sterk verhoogd.

c. t.a.v. de tijd waarin deze niveaus werden bereikt.

- Cu en Cr accumuleren snel tot een evenwicht (uren tot dagen), Cd en Zn langzaam (weken).
- Ni bereikt een eliminatie-evenwicht op de belaste locatie na ca 10 dagen.
- Op de onbelaste locatie duurt het eliminatieproces van Cd, Zn, Cu, Cr en Pb slechts enkele dagen.

Figuur 2 illustreert voor Cd, Zn, Cu en Cr schematisch de belangrijkste verschillen in accumulatie- en eliminatiegedrag.



Figuur 2. Schematische weergave van enige verschillen in accumulatie- en eliminatiegedrag van Cd, Zn, Cu en Cr (zie tekst).

De tweede studie, het voorbereidende meetnet, behelsde het overbrengen van dieren van een onbelaste locatie naar verschillende locaties binnen een vervuilingsgraad van zware metalen (Lobith tot Afsluitdijk). Gedurende een expositieperiode van 100 dagen werden zowel metaalgehalten van weefsels, als gehalten van oppervlakte water en gesuspendeerd materiaal bepaald. Tevens werden op twee locaties de daar aanwezige wilde populaties bemonsterd. De belangrijkste conclusies zijn:

- Het nagaan van metaalbelastingen d.m.v. expositieproeven met *Dreissena polymorpha* is goed uitvoerbaar.
- Gehalten gemeten in water (opgelost en aan gesuspendeerd materiaal gebonden) op verschillende locaties lijken geen uitsluitsel te geven over de hoeveelheden metaal die in de weefsels van *Dreissena polymorpha* terechtkomen.
- Metalen in de weefsels van uitgezette dieren bereiken door accumulatie dezelfde niveaus als in de wilde populaties.
- De tijd waarin evenwichten worden bereikt is groter naarmate meer metaal wordt opgenomen.
- Gehalten aan Cd te Lobith in weefsels gemeten, zijn vergeleken met literatuurgegevens zeer hoog.

THE FRESHWATER MOLLUSC DREISSENA POLYMORPHA AS A POTENTIAL TOOL FOR ASSESSING BIO-AVAILABILITY OF HEAVY METALS IN AQUATIC SYSTEMS

J.M. Marquenie

ABSTRACT

Surveys in the rivers Rhine and Meuse and in their downstream man-made lakes showed the existence of geographic gradients in cadmium and copper in a number of aquatic organisms and their environment. The freshwater bivalve D. polymorpha responded in a similar way to cadmium pollution as other organisms and was used for process and active biomonitoring studies. Results suggest that the metals are bio-available only in specific chemical forms.

INTRODUCTION

The history of the Netherlands is bound up with water. In its struggle against the sea, two large dams were built closing off a coastal lagoon (IJsselmeer, 1932) and an estuary (Haringvliet, 1970). These operations created two large freshwater bodies containing 5.5 km³ and 0.5 km³ of water, respectively, both mainly fed by the river Rhine. The constant input of freshwater destroyed the estuarine ecosystems within three years. The river also discharges large amounts of contaminants into the two lakes. Physical, geochemical and biological processes caused these contaminants to accumulate in bottom sediments, a process which has been greatly worsened by a steep rise in concentrations in river water the past 80 years. For heavy metals this history is well documented (Ref. 1). Faced with the threat of an unacceptable level of contamination of the lakes, the Dutch government in 1977 sponsored an investigation by a team of biologists and geochemists into the route and fate of heavy metals in the rivers Rhine and Meuse and the lakes they feed. Some geochemical findings will be reported by Salomons elsewhere in this issue. This paper will be restricted to the biomonitoring of cadmium (a non-essential element) and copper (an essential element) with emphasis on their occurrence in the Rhine, IJsselmeer and Haringvliet Basin (Fig. 1).

MATERIALS AND METHODS

In a preliminary survey in 1976 only D. polymorpha was sampled. Other widely occurring species were sampled in 1977. Zooplankton was caught in a 200 µm net and freed from debris by phototaxis (Ref. 2). For active biomonitoring D. polymorpha (15-20 mm) was sampled at the Afsluitdijk, randomised to samples of about 100 individuals and exposed at selected locations in nylon baskets. All samples were stored frozen (-20°C). The soft tissues were removed, homogenised with an Ultra Turrax (delrin cutters) and stored in acid-cleaned glassware until analysed. After wet ashing cadmium and copper were determined with a Perkin Elmer 430, HGA-500 carbon atomiser and an AS-1 automatic injector. The percentage of ash-free dry material was determined by drying (105°C) followed by ashing (600°C).

RESULTS AND DISCUSSION

In 1976 and 1977 only few small molluscs were found occurring naturally on river locations, which may reflect the German upstream situation (Ref. 3). Cadmium levels are presented in Table 1. Means were calculated by grouping several locations and samples from one location taken more than a month apart. The table provides a general view of the geographical distribution of cadmium in the groups of organisms. Concentrations of metals in organisms from river locations were high (cadmium levels in *D. polymorpha* of $100 \mu\text{g.g}^{-1}$ were lethal in laboratory studies). In the IJsselmeer they gradually declined towards the Afsluitdijk, but in the Haringvliet Basin no such decline was observed.

Table 1 Cadmium levels in organisms ($\mu\text{g.g}^{-1}$ ash-free dry weight), mean values of several locations or exposure periods longer than 1 month. In brackets number of data and standard deviation

	Sampled in the field.							Exposure	
	Zooplankton	Anodonta	Unio	Sphaerium	Dreissena-77	D-76		D-78	D-79
Lobith	6.4	-	-	-	-	74.1		63.1	19.3
Kampen	6.6 (2,0.7)	22.4 (3,2.4)	36.4	20.3	40.1	31.4		25.9	7.7
Ketelmeer	3.3 (8,2.8)	5.4 (6,2.9)	6.1(3,3.5)	6.6(5,3.7)	4.1 (2,0.1)	6.8(3,2.3)		3.7	2.5
IJsselmeer-S	1.9 (7,0.8)	5.0 (5,1.7)	7.9(3,1.5)	2.9(3,0.6)	4.7 (7,1.2)	4.1(2,1.4)		-	-
IJsselmeer-C	0.7 (3,0.1)	1.0 (3,0.1)	1.7	-	2.8 (3,2.4)	2.2(6,1.8)		2.0	-
Afsluitdijk	0.3 (3,0.2)	0.9 (3,0.2)	1.7	-	0.8 (3,0.1)	1.3(2,1.0)		0.9	-
Nieuwe Merwede	4.3 (3,1.6)	3.5	35.4	-	-	34.6		-	-
Hollandsdiep	2.6 (3,0.4)	9.0 (3,7.0)	11.5(2,7.3)	5.4(6,2.0)	7.5	7.1		-	4.9
Haringvliet	1.7(10,0.4)	7.9(11,3.1)	10.7	4.4(7,2.0)	6.9(10,2.4)	9.0		-	2.1
Dam	1.7 (3,0.8)	6.0 (3,3.2)	12.3	-	7.6 (2,2.7)	-		-	3.3

High correlation coefficients from linear regression analysis showed that all organisms responded similarly to cadmium pollution. The causal relationship with metal concentrations in the direct environment however was found to be much more complex. In Table 2 a comparison is given with *D. polymorpha*.

Table 2 Coefficients of correlation of cadmium and copper in *D. polymorpha* compared to other organisms ($n > 18$) and to its physical environment ($n = 15$)

Organisms						Environment	
		Zooplankton	Anodonta	Unio	Sphaerium	filtrate water	suspended matter
Dreissena	Cd	0.84	0.97	0.80	0.95	0.31	0.30
	Cu	0.52	0.33	0.49	0.00	0.18	0.15

Lower correlations are found for copper, which is an essential element. This may well be related to differences in regulating capacities of the organisms, but other factors also seemed to influence. Detailed analysis of data suggested that the response might depend on the geographic area (Fig. 2), which may reflect an influence of the sediments on the organisms they harbour.

In studying the functional relationship between the animal and its environment, much attention was paid to the processes of accumulation and elimination. *D. polymorpha* was chosen for these studies because of its wide distribution, ease of handling and accumulating capacity (Ref. 4). For copper equilibrium was reached within three days in both processes. Cadmium accumulated much more slowly (about 60 days) and was eliminated

only to a small extent (Fig. 3). This means that cadmium levels in natural populations of D. polymorpha may not reflect those in their environment as they are at the moment of sampling, but are really integrated ones and cumulated over a certain period.

In an extension of the programme active biomonitoring studies (Ref. 5) were performed. The first study (summer 1978) on river locations (Lobith and Kampen) and in the IJsselmeer lasted over 100 days and indicated that periods up to 50 days suffice for cadmium to reach equilibrium levels in tissues. Again, as in 1976, cadmium in tissues reached higher levels in tissues at Lobith than at Kampen.

To investigate this situation a detailed exposure experiment was done (autumn 1979) on several river locations. Within two branches of the Rhine of 120 km, equilibrium levels declined gradually downstream of the Dutch-German border. Simultaneously, adsorption of metals to suspended matter causes a general decline in their concentrations in filtrate water.

High correlations were found between metal levels in D. polymorpha in the succeeding years (1976-1979). This indicates a rather stable gradient for cadmium and copper. The lower levels found in 1979 may have been due to special runoff conditions.

Because metals in tissues show the same accumulation tendencies as in filtrate water in the river sections, whereas correlations between these two are poor (Table 2) it is tentively concluded that only a specific fraction of metals in this abiotic compartment is bio-available. This strong dependence on speciation means that interventions in the system causing a shift in the distribution of metals in water and suspended matter (NTA, pH, desalination) may influence metal levels in tissues.

CONCLUSIONS

1. Metal levels in several species of organisms from the river Rhine and lakes fed by it gradually decrease downstream of the Dutch-German border.
2. Dreissena polymorpha proved to be extremely useful for biomonitoring studies because it responds in a similar way to pollution as a number of aquatic organisms and has good accumulating capacities.
3. Metals in filtrate water are bio-available only in specific chemical forms.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was conducted in cooperation with the Delft Hydraulics Laboratory (The Netherlands) and partly financed by the Department of Public Works. Thanks are due to my colleagues of TNO.

REFERENCES

1. W. Salomons, W.D. Eysink, International meeting on Holocene Sedimentation in the North Sea Basin, Texel, The Netherlands (1979).
2. G. Hoornsman, unpublished (TNO).
3. Umweltprobleme des Rheins (Stuttgart, 1976), p. 64.
4. L. Karbe, N. Antonacopoulos, C. Schnier, Verh. Internat. Verein. Limnol. 19, 2094 (1975).
5. H.J. Hueck, in: Principles and Methods for Determining Ecological Criteria on Hydrobiocenoses (New York, 1976), p. 275.

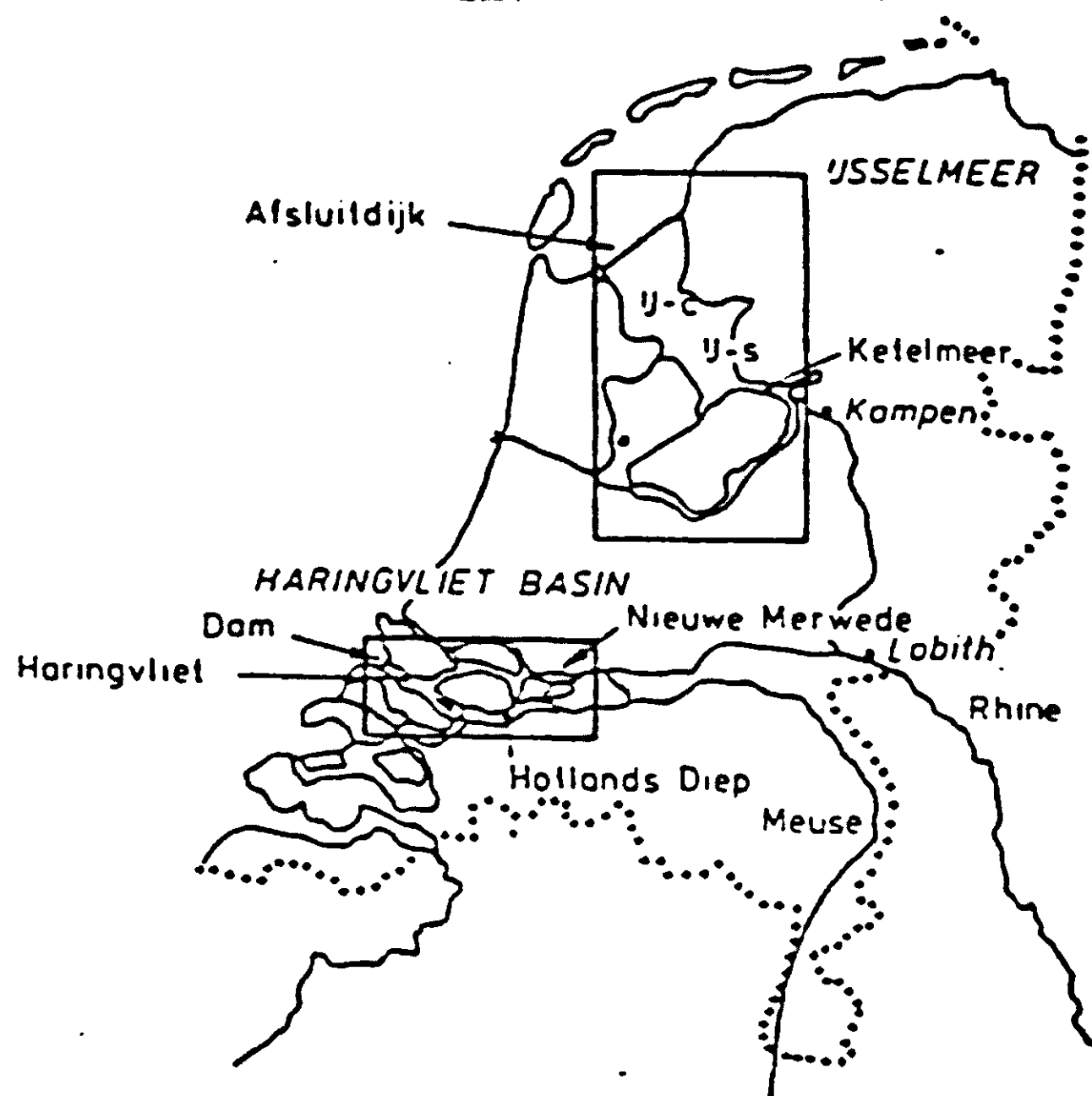


Fig. 1 Map of The Netherlands showing the river Rhine and the downstream man-made lakes.

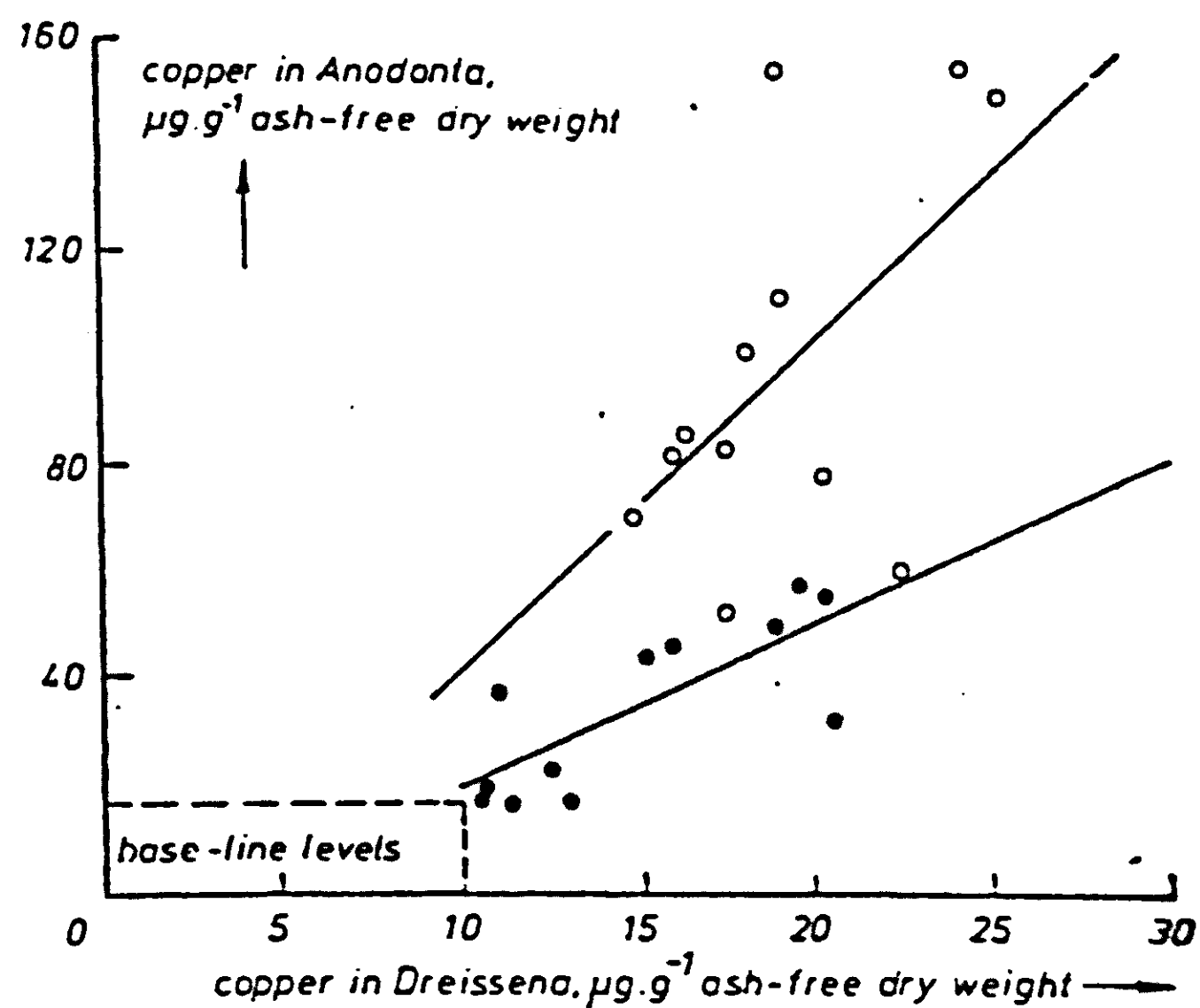


Fig. 2 Relation between copper levels in two species of organisms.
 ○ = data from Haringvliet, $Y = 6.21X - 20.9$ $n = 12$ $r = 0.57$
 ● = data from IJsselmeer, $Y = 3.05X - 10.7$ $n = 12$ $r = 0.78$

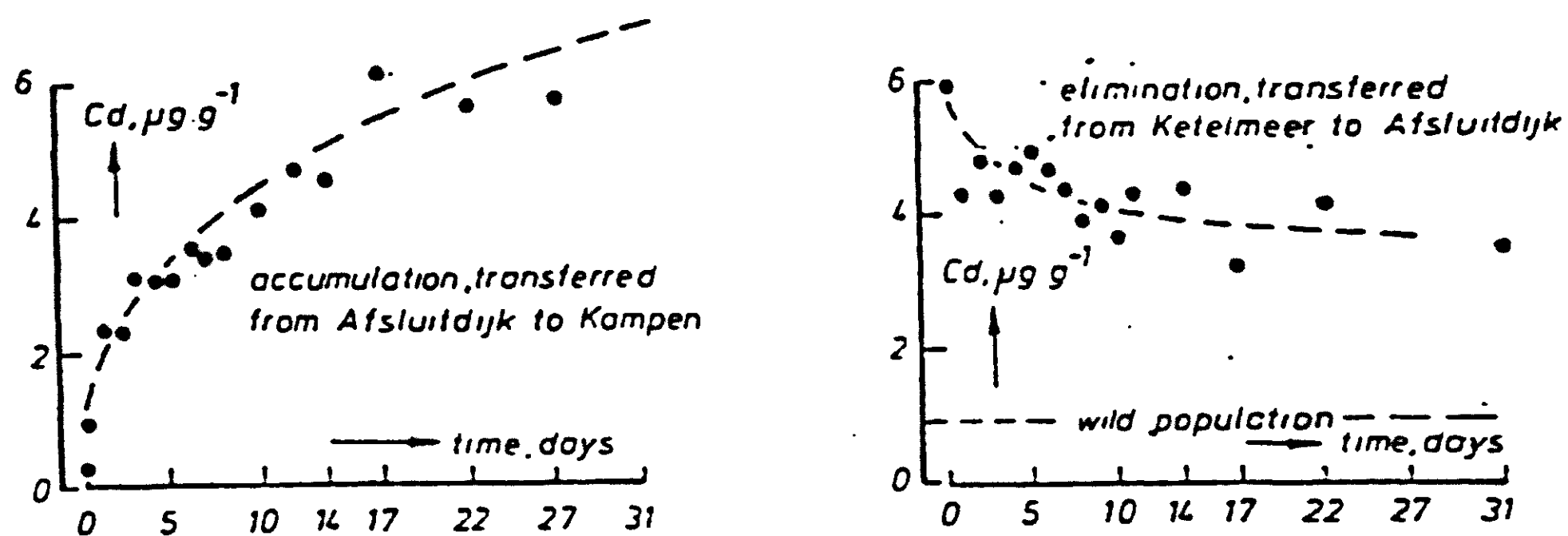


Fig. 3 Accumulation and elimination of cadmium in the soft tissues of D. polymorpha

BIJLAGE 3. OPNAME VAN CONTAMINANTEN DOOR WATERVOGELS

Driehoeksmosselen vormen een belangrijke voedselbron voor duikeenden en andere organismen, zoals vissen. Onderzoek naar de accumulatie van metalen in de voedselketen kan in principe uitgevoerd worden met duikeenden. Van de gehalten aan zware metalen in driehoeksmosselen op de belangrijkste fourageerplaatsen van watervogels, is een duidelijk beeld aanwezig, zoals geschetst in de bijlagen 1 en 2.

De metaalgehalten van mosselen afkomstig van IJsselmeer, Markerwaard en Haringvliet, verschillen onderling zeer sterk: hoog in het IJsselmeer/Haringvliet; laag in de Markerwaard. Indien deze metalen accumuleren in de voedselschakel mossel - eend en de veronderstelling juist is dat deze eenden bovendien betrekkelijk gebonden zijn aan één plaats, dan zullen deze verschillen ook tot uiting moeten komen in de metaalgehalten van deze eenden. De eenden integreren dan de metaalgehalten van de verschillende mosselen uit zo'n gebied, zoals de mosselen metaalgehalten uit hun omgeving integreren in de tijd.

De gehalten aan cadmium van driehoeksmosselen, afkomstig uit het Haringvliet, zijn zo hoog dat toxische effecten in deze voedselschakel niet ondenkbaar zijn. Dit geldt eveneens, hoewel in mindere mate, voor het zuidelijk IJsselmeer.

Ter illustratie diene dat reeds bij een consumptie van 14 gram mosselvlees (ca. 40 mosselen) per dag (ca. 1% van het lichaamsgewicht van een eend) uit het Haringvliet ca. 8.5 microgram cadmium per dag wordt opgenomen. Gedurende het gehele overwinteringsseizoen wordt dan 1.5 milligram cadmium opgenomen. Dit resulteert in een opname van $\pm 6 \mu\text{g Cd/dag/kg}$ lichaamsgewicht. De WHO-norm voor cadmium is gesteld op 500 microgram Cd per week per persoon van 70 kg ($1 \mu\text{g Cd/dag/kg}$ lichaamsgewicht).

Indien toxische niveaus bereikt worden in deze trekvogels kunnen effecten daarvan zowel binnen als buiten onze landsgrenzen tot uiting komen.

Kennis van niveaus van milieucontaminanten in deze vogels, inzicht in de wijze waarop en de gebieden waar deze tot stand komen, is dan van essentieel belang om gebieden op hun waarde als overwinteringsplaats voor bepaalde trekvogels te kunnen beoordelen en vormt daarmee uiteindelijk een onderbouwing voor beheersmaatregelen.

De situatie t.a.v. organische microverontreinigingen (PCB, PAC) verdient evenzeer aandacht als die t.a.v. metalen. Tabel 1. verschaft hierover enige gegevens. Tabel 2 geeft een overzicht van contaminanten in de levers van verschillende soorten van watervogels.

Tabel 1. Gehalten aan contaminaten van driehoeksmosselen afkomstig uit de Rijn (Lobith) en uit het noordelijk IJsselmeer (Afsluitdijk). Gehalten in $\mu\text{g.kg}^{-1}$ op basis van natgewichten (totaal zacht weefsel)

CONTAMINANT	GEHALTE in $\mu\text{g.kg}^{-1}$	
	Rijn	noordelijk IJsselmeer
<u>Metalen</u>		
Cd	5.000	100
Cu	2.500	900
Zn	25.000	10.000
Cr	2.000	400
Ni	3.000	5.000
Hg	50	20
As	600	700
Pb	250	20
<u>PAC-componenten</u>		
antraceen	300	30
fluorantheen	50	10
pyreen	50	10
benzo(e)pyreen	200	30
peryleen	150	20
benzo(k)fluorantheen	15	1
benzo(a)pyreen	50	0.8
coroneen	25	20
PCBs (als DCB)	300	100
HCB	300	1.5
γ HCH	1	2
DDE (op en pp)	3	2
DDD (op en pp)	7	2.5

Tabel 2. Contaminanten in de levers van verschillende soorten watervogels. Gehalten aan PCBs (als DCB) en DDE (op en pp) in g.kg⁻¹. Gehalten aan Cd, Cu en Hg in µg.g⁻¹. Als vetgewicht werd het totaal aan depot- en metabole vetten gebruikt. a = adult, j = juveniel.

Soort	Voedsel	Vangplaats	Leef- tijd	Natgewicht		Vetgewicht		Asvrij-drooggewicht		
				PCB	DDE	PCB	DDE	Cd	Cu	Hg
Toppereend	Driehoeksmossel	Markerm.	a	94	18.7	2709	539	4.68	101.3	1.23
"	"	"	a	259	44.1	8810	1500	5.44	104.6	2.66
"	"	"	j	46	2.3	1925	96	0.76	76.1	4.94
"	"	"	j	0	0	-	-	0.14	84.4	11.38
"	"	IJssel.	j	80	11.0	2500	344	4.15	74.8	1.25
"	"	"	a	271	15.8	10383	605	7.07	137.2	4.08
Kuifeend	"	Markerm.	a	202	48.1	4048	964	1.11	74.3	4.11
"	"	Flevocent.	a	82	16.5	2130	429	1.78	123.1	5.52
Meerkoet	Planten + Driehoeksm.	Markerm.	a	3	13.5	54	236	0.15	20.9	1.58
Fuut	Vis	"	a	407	19.2	12149	57	<0.12	15.0	5.61
Zeeëend	Mosselen	"	j	0	2.1	-	87	3.31	5.0	1.29

4.29. MILIEUKRITISCHE STOFFEN IN VIS UIT HET IJSSELMEER.

Mw. Drs. M.A.T. Kerkhoff

Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden.

1. INLEIDING

Voor het behoud van zowel vis als visserij is een "schoon" aquatisch milieu bijzonder belangrijk. Helaas wordt de kwaliteit van het water door menselijk handelen nog wel eens nadelig beïnvloed met alle gevolgen vandie (vissterfte, oneetbare vis). Voor het nemen van de juiste maatregelen om de milieuverontreiniging terug te dringen zijn gegevens nodig over het voorkomen van milieukritische stoffen, de bronnen waar zij vandaan komen en hun gedrag en verblijftijd in het milieu. Voor het viswaterkwaliteitsbeheer zijn vooral die stoffen van belang welke een bedreiging kunnen vormen voor de consument van visserijprodukten alsmede de stoffen welke de visstand zelf nadelig kunnen beïnvloeden.

2. ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN

De meeste milieuproblemen ondervindt de visserij van de organische microverontreinigingen, die door hun persistentie en accumulatie vermogen in vooral vette vissoorten in hoge gehalten kunnen voorkomen. Binnen deze groep vormen de PCB's momenteel de belangrijkste milieucontaminanten gevolgd door hexachloorbenzeen, pentachloorbenzeen, hexachloorbutadieen, de vertegenwoordigers van de DDT-groep en dieldrin. Door vis te analyseren kan de verspreiding van deze stoffen gevolgd worden, waarbij de gehalten in de visserijprodukten tevens een indicatie geven van de mogelijke betekenis voor de volksgezondheid.

Meer dan de helft van de in Nederlandse aal aangetroffen PCB's zijn afkomstig van grensoverschrijdende verontreiniging. De belangrijkste aanvoer van PCB's in het IJsselmeer geschiedt via Ketelmeer en IJssel, in feite door de Rijn en is grotendeels afkomstig uit West Duitsland. De aanvoer van de PCB's via de lucht is gering in verhouding tot de aanvoer via het water. Sinds 1977 is het niveau van de PCB verontreiniging in rode aal uit het IJsselmeer constant geweest met een waarde rond de 3 mg/kg. De PCB gehalten in rode aal uit het Ketelmeer zijn twee maal zo hoog als die in het IJsselmeer en ook hier blijkt het niveau (7-8

mg/kg) de laatste jaren constant te zijn. PCB gehalten van aal uit de Rijn bij Lobith (10 mg/kg) liggen boven die van het Ketelmeer, terwijl de PCB verontreiniging in de Waddenzee (2,5 mg/kg), het IJmeer (2 mg/kg) en het Drontermeer (1 mg/kg) geringer is dan die in het IJsselmeer. De op 10 juni 1981 van kracht geworden PCB tolerantie voor aal van 5 mg/kg betekent dat aal uit de Rijn, IJssel en Ketelmeer ongeschikt moet worden geacht voor de consumptie (Anon., 1981). Aal uit het IJsselmeer en de randmeren daarentegen voldoet wel aan de gestelde norm.

Onderzoek naar de samenstelling van de PCB verontreiniging, zoals dat in 1980 werd uitgevoerd, toont aan dat het percentage laaggechloreerde bifenylen afneemt in de reeks Rijn (Lobith), Ketelmeer, IJsselmeer (zie Tabel I). Verdamping van de meest vluchtige componenten lijkt hiervoor de meest aannemelijke verklaring te zijn, alhoewel nalevering van aan slib gebonden hoger gechloreerde bifenylen van oudere herkomst ook tot de mogelijkheden behoort (Kerkhoff, 1981).

In de grote rivieren is HCB (hexachloorbenzeen) met gehalten tussen de 2 en 3,5 mg/kg (Lobith) na PCB's de belangrijkste organische microverontreiniging gevolgd door QCB (pentachloorbenzeen) en HCBD (hexachloorbutadieen). Op het Ketelmeer is het effect van deze verontreinigingen duidelijk waarneembaar al zijn de gehalten van deze stoffen daar ongeveer 3 voudig lager (Tabel I). In IJsselmeeraal heeft de HCB, QCB en HCBD vervuiling van de Rijn tot op heden nog niet geleid tot hoge gehalten en onderscheiden de gehalten zich nauwelijks van de elders in Nederlandse wateren gevonden waarden.

Bij de totaal-DDT gehalten is evenals bij de dieldrin gehalten de invloed van de rivieren op de contaminatiegraad van Ketelmeer of IJsselmeer niet zo duidelijk waarneembaar (Tabel I).

3.. ANORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN.

Van de spore-elementen is het kwik waarvan verhoogde totaal gehalten in het oppervlakte water kunnen leiden tot verhoogde gehalten in visen. De bijzondere aandacht die kwik in de zeventiger jaren heeft gekregen heeft geresulteerd in diverse saneringsmaatregelen, waardoor de kwikbelasting in Nederland enorm is afgenomen. Het positieve effect van deze maatregelen was een tienvoudige afname van het kwikgehalte in

Rijnwater in de periode '72-'79. De kwikgehalten in aal uit het IJsselmeer vertonen eveneens een duidelijke trend naar lagere waarden. In 1980 bedroeg het totaal-Hg gehalte in het IJsselmeer 0,28 mg/kg en in het Ketelmeer 0,25 mg/kg (Pieters, 1981).

Het blijkt dus dat door saneringsmaatregelen, zoals bij kwik de milieuverontreiniging kan worden teruggedrongen en sanering is ook voor de organische microverontreinigingen dringend gewenst. In tegenstelling tot kwik zijn PCB's, HCB, enz. echter milieuvreemde stoffen en lozingsbeperking en restrictie bij gebruik bieden het milieu helaas onvoldoende bescherming. De enige werkelijke oplossing valt te verwachten van een mondiaal produktieverbod en zelfs dan nog kan men zich afvragen hoelang het milieu nog met stoffen als PCB's vervuild blijft.

4. LITERATUUR

ANON (1981) Nederlandse Staatscourant, 6 juni.

KERKHOFF, M., DE BOER, J., DE VRIES, A. (1981), RIVO-rapport CA 81-01.

PIETERS, H., WASSENAAR, N., GEERDES, J. (1981), RIVO-rapport CA 81-03.

TABEL I - GEHALTEN VAN ORGANOCHLOORVERBINDINGEN IN RODE AAL UIT NEDERLANDSE WATEREN IN 1980 (mg/kg).

		IJssel- meer	Ketel- meer	Rijn (Lobith)
2,5,2',5'	-tetrachloorbifenyl	0,10	0,34	0,63
2,4,5,2',5'	-pentachloorbifenyl	0,13	0,43	0,67
2,4,5,2',4',5'	-hexachloorbifenyl	0,28	0,51	0,68
2,3,4,2',4',5'	-hexachloorbifenyl	0,25	0,46	0,77
2,3,4,5,2',4',5'	-heptachloorbifenyl	0,16	0,24	0,38
HCB		0,07	1,1	3,5
QCB		0,05	0,30	1,0
HCBD		—	0,29	1,1
ΣDDT		0,1	0,25	0,32
dieldrin		0,04	0,03	0,03

4.30. WATERHUISHOUDING EN VISSTAND IN HET FRIESE MERENGEBIED

drs. W.L.T. van Densen

Limmologisch Instituut, De Akkers 47, Oosterzee (Fr.)

Het friese merengebied wordt 's zomers doorspoeld met IJsselmeerwater. Dit IJsselmeerwater wordt in het zuiden ingelaten via de sluisen bij Lemmer en Tacoziyl en in het noorden afgevoerd naar het Lauwersmeer via de sluisen bij Dokkumer Nieuwe Zijlen en Zoutkamp. Via de sluis bij Lemmer wordt gedurende de zomer een totale hoeveelheid water ingenomen, die bij benadering overeenkomt met het watervolume van het gehele friese merengebied.

Waarnemingen aan de waterbewegingen en aan het verdelingspatroon van vislarven in het merengebied aan het begin van de zomer 1979 en 1980 hebben laten zien dat met het IJsselmeerwater grote hoeveelheden vislarven het merengebied worden binnengelaten. Dit zijn voornamelijk spiering- en baarslarven, die op dat moment als gevolg van hun geringe formaat nog passief met de waterstroom worden meegevoerd. Een typische coïncidentie is de aanwezigheid van een belangrijk paaigebied van de IJsselmeer-spiering voor de Noord-Oost Polderdijk in de buurt van de inlaatsluis bij Lemmer. Dit betekent dat wanneer de sluisen in april-mei voor het eerst opengaan het binnenkomende water grote hoeveelheden juist uitgekomen larven uit dit paaigebied kan meevoeren. Wanneer de recruterings van spieringlarven in de friese meren zelf achterblijft als gevolg van een te geringe hoeveelheid ouderdieren (spiering is na 1 jaar geslachtsrijp) dan is de inbreng van spieringlarven uit het IJsselmeer van wezenlijk belang. Deze inbreng wordt uiteraard beïnvloed door het paaisucces van de spiering in het IJsselmeer, maar tevens door de hoeveelheid ingelaten water.

In het voorjaar van 1979 en 1980 was het ouderbestand van de spiering in de friese meren minimaal. Door de geringe hoeveelheden ingelaten water en daarmee spieringlarven in de natte zomer van 1979 werd deze situatie nauwelijks verbeterd (Tabel 1). In de droge vroege zomer van 1980 werden grote hoeveelheden water en daarmee spiering- en baarslarven binnengelaten. Zowel jonge spiering als baars zijn belangrijke prooivissen voor de grotere snoekbaars in het friese merengebied. De konditie en de groei van de snoekbaars is in de zomer

van 1979 dan ook nauwelijks verbeterd, terwijl in de zomer van 1980 een aanzienlijke verbetering viel waar te nemen.

Gezegd moet worden dat 1979 en 1980 jaren zijn waarin de invloed van de waterhuishouding op de visstand zeer duidelijk was aan te tonen. In het voorjaar van 1981 was de recrutering van spieringlarven in het merengebied zelfs goed mogelijk door de aanwezigheid van veel uit 1980 overgebleven ouderdieren. De bijdrage vanuit het IJsselmeer wordt in deze situatie sterk overschaduwd.

Tabel 1

jaar	waterinvoer bij Lemmer			neerslag bij Joure			somatisch gewicht van de Tjeukemeer snoekbaars van 45 cm in September
	in 10 ⁶ m ³			in mm			
	april	mei	juni	april	mei	juni	
1979	0	18.1	16.5	63.0	71.3	91.6	823 gr
1980	22.4	80.0	62.3	30.7	23.8	77.1	989 gr

5. BIJLAGEN

5.1. Programma studiebijeenkomst

2^e CHO Studiebijeenkomst

"Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied"

2 en 3 november 1981, De Eemhof, Zuidelijk Flevoland

DEFINITIEF PROGRAMMA

Maandag 2 november 1981

16.30 Aankomst

Melden bij receptie Eemhof, i.v.m. betaling/sleutel/informatie

17.15 Ontvangst met aperitief in Bar Bowling

18.00 Diner in Gele Zaal

19.30 Opening Studiebijeenkomst en inleiding door prof. dr. ir. J.C. van Dam,
voorzitter Klein Comité CHO-TNO, in Duindoornzaal

19.45 Betrokken instanties en stand van zaken bij het onderzoek in het IJssel-
meergebied, door ir. M. Snijdelaar (RWS-ZZW)

20.00 Waterkwantiteit in het IJsselmeergebied, door ir. J.W. Pulles (RWS)

20.30 Koffie, buiten de zaal aan het buffet

21.00 Waterkwaliteit in het IJsselmeergebied, door hr. J.A.W. de Wit (RIZA)

21.30 Discussie

21.45 Einde eerste dag

Dinsdag 3 november 1981

08.00 Ontbijt in Gele Zaal

09.00 Discussie a.d.h.v. stellingen (zie bijlage), in Duindoornzaal

10.00 Koffie

10.30 Vervolg discussie

12.00 Conclusies/afrondding

12.30 Lunch in Gele Zaal

13.30 Voortzetting discussie

14.30 Thee/koffie

15.00 Vervolg discussie

15.30 Conclusies/afrondding

16.00 Samenvatting/ sluiting bijeenkomst

16.30 Einde studiebijeenkomst

5.2. DEELNEMERSLIJST

Studiebijeenkomst "Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied"

- | | |
|---|--|
| 1. Drs. T. Aldenberg | - Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening,
Postbus 150, 2260 AD Leidschendam,
070 - 694251. |
| 2. Ing. L. Bakker | - Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken,
Postbus 18, 8200 AA Lelystad,
03200 - 41911. |
| 3. Ir. C. Berger | - Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders,
Postbus 600, 8200 AP Lelystad,
03200 - 99111. |
| 4. Ing. J.E.G. Bouman | - idem. |
| 5. Ir. A.G. Brinkman | - TH Twente, Afdeling Chemische Technologie,
Postbus 217, 7500 AE Enschede,
053 - 891111. |
| 6. Drs. W. Cazemier | - Rijksinstituut voor Visserijonderzoek,
Postbus 68, 1970 AB IJmuiden,
02550 - 19131. |
| 7. Drs. F.A.M. Claessen | - Rijkswaterstaat, Directie W. en W., District
Noord, Postbus 19, 8200 AA Lelystad,
03200 - 41911. |
| 8. Ir. H.J. Colenbrander | - Secretariaatsbureau CHO-TNO,
Postbus 297, 2501 BD Den Haag,
070 - 850198. |
| 9. Prof. dr. ir. J.C. van Dam | - TH Delft, Afdeling Civiele Techniek,
Postbus 5048, 2600 GA Delft,
015 - 781377. |
| 10. Ir. J.G.H.R. Diephuis | - Waterloopkundig Laboratorium,
Postbus 177, 2600 MH Delft,
015 - 569353. |
| 11. Ir. G.T.M. van Eck | - Rijkswaterstaat, Deltadienst, Hoofdafdeling
Milieu en Inrichting, Postbus 439, 4330 AK
Middelburg, 01180 - 11851. |
| 12. Prof. dr. G.B. Engelen | - Instituut voor Aardwetenschappen VU,
Postbus 7161, 1081 HV Amsterdam,
020 - 5482449. |
| 13. Ir. P.J. Ente | - Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders,
Postbus 600, 8200 AP lelystad,
03200 - 99111. |
| 14. Dr. A.J. de Groot | - Instituut voor Bodemvruchtbaarheid,
Postbus 30003, 9750 RA Haren,
050 - 346541. |
| 15. Ir. J. Haasnoot | - Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord
Holland, Postbus 5, 2060 BA Bloemendaal,
023 - 259331. |
| 16. Ir. M.E.W. Harmsen | - Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken,
Postbus 18, 8200 AA Lelystad,
03200 - 41911. |
| 17. Ing. J.C. Hooghart | - Secretariaatsbureau CHO-TNO,
Postbus 297, 2501 BD Den Haag,
070 - 850198. |
| 18. Ir. S.H. Hosper | - Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater,
Postbus 17, 8200 AA Lelystad,
03200 - 40874. |
| 19. Mevr. dr. I.R.M. Hovenkamp-
Obbema | - Hoogheemraadschap van de uitwaterende sluizen
in Kennemerland en Westfriesland, Postbus 15,
1135 ZH Edam, 02993 - 65821. |

- | | |
|---|---|
| 20. Ir. P.B.W. van Iersel | - PW Utrecht,
Postbus 80300, 3508 TH Utrecht,
030 - 524111. |
| 21. Mevr. drs. M.A.T. Kerkhoff | - Rijksinstituut voor Visserijonderzoek,
Postbus 68, 1970 AB IJmuiden,
02550 - 19131. |
| 22. Ir. J. Keuning | - Stichting Natuur en Milieu,
Donkerstraat 17, 3511 KB Utrecht, |
| 23. Ir. R. Klomp | - Waterloopkundig Laboratorium.
Postbus 177, 2600 MH Delft,
015 - 569353. |
| 24. Drs. W. Chr. de Kock | - TNO, hoofdafdeling Maatschappelijke Technologie
Postbus 217, 2600 AE Delft,
015 - 569330. |
| 25. Drs. F.B.J. Koops | - KEMA,
Postbus 9035, 6800 ET Arnhem,
085 - 457057. |
| 26. Prof. ir. D.A. Kraijenhoff
van de Leur | - LH, Afdeling Hydraulica en Afvoerhydrologie,
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen,
08370 - 82897. |
| 27. Drs. P. Leentvaar | - Rijksinstituut voor Natuurbeheer,
Postbus 46, 3956 ZR Leersum,
03434 - 2941. |
| 28. Ir. F.J. Los | - Waterloopkundig Laboratorium,
Postbus 177, 2600 MH Delft,
015 - 569353. |
| 29. Prof. dr. L. Lijklema | - TH Twente, Afdeling Chemische Technologie,
Postbus 217, 7500 AE Enschede,
053 - 891111. |
| 30. Drs. J.M. Marquenie | - TNO, hoofdafdeling Maatschappelijke Technologie
Postbus 217, 2600 AE Delft,
015 - 569330. |
| 31. Ing. J.H.M. van der Meulen | - Rijkswaterstaat, Deltadienst, Hoofdafdeling
Milieu en Inrichting, Postbus 439, 4330 AK
Middelburg, 01180 - 11851. |
| 32. Dr. J.R. Moed | - Limnologisch Instituut, Tjeukermeer Laboratorium
De Akkers 47, 8536 VD Oosterzee,
05144 - 443. |
| 33. Dr. L.R. Mur | - Universiteit van Amsterdam, Laboratorium voor
Microbiologie, Nieuwe Achtergracht 127, 1018
WS Amsterdam, 020 - 5224056/5229111. |
| 34. Ir. P. van Ovost | - Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken,
Postbus 18, 8200 AA Lelystad,
03200 - 41911. |
| 35. Prof. dr. H. Postma | - Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee,
Postbus 59, Den Burg-Texel,
02226 - 541. |
| 36. Ir. J.W. Pulles | - Rijkswaterstaat, hoofddirectie,
Postbus 20906, 2500 EX Den Haag,
070 - 264011. |
| 37. Ir. W. van Raaphorst | - TH Twente, Afdeling Chemische Technologie,
Postbus 217, 7500 AE Enschede,
053 - 569330. |
| 38. Ir. N.M. de Rooij | - Waterloopkundig Laboratorium,
Postbus 177, 2600 MH Delft,
015 - 569330. |

- | | |
|-------------------------------|--|
| 39. Ir. G. Severs | - Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken,
Postbus 18, 8200 AA Lelystad,
03200 - 41911. |
| 40. Ir. J.G.C. Smits | - Waterloopkundig Laboratorium,
Postbus 177, 2600 MH Delft,
015 - 569330. |
| 41. Ir. M. Snijdelaar | - Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken,
Postbus 18, 8200 AA Lelystad,
03200 - 41911. |
| 42. Ir. J.H.A.M. Steenvoorden | - Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuis-
houding, Postbus 35, 6700 AA Wageningen,
08370 - 19100. |
| 43. Ir. G. van Straten | - TH Twente, Afdeling Chemische Technologie,
Postbus 217, 7500 AE Enschede,
053 - 891111. |
| 44. Drs. H.E. Sweers | - KEMA,
Postbus 9035, 6800 ET Arnhem,
085 - 457057. |
| 45. Drs. G. van Urk | - Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater,
Postbus 17, 8200 AA Lelystad,
03200 - 40874. |
| 46. Dr. E.J.B. Uunk | - Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders,
Postbus 600, 8200 AP Lelystad,
03200 - 99111. |
| 47. Hr. A. bij de Vaate | - idem. |
| 48. Ir. J.G. Verlaan | - Rijkswaterstaat, Directie W. en W., District
Noord, Postbus 19, 8200 AA Lelystad,
03200 - 41911. |
| 49. Drs. J.C. van der Vlucht | - Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening,
Postbus 150, 2260 AD Leidschendam,
070 - 694251. |
| 50. Ir. G.P.M. Weerdesteyn | - Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken,
Postbus 18, 8200 AA Lelystad,
03200 - 41911. |
| 51. Ir. J.A.W. de Wit | - Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater,
Postbus 17, 8200 AA Lelystad,
03200 - 40874. |

1. Tweede Rapport en aanbevelingen
van de Contactgroep Archivering en Automatische verwerking
van hydrologische gegevens TNO.
Januari 1977.
2. Verslag en aanbevelingen
van de ad-hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogrammatuur TNO.
Juli 1978.
3. De droogte in 1976.
Een samenvatting en overzicht van de over de droogte van 1976
verschenen literatuur - (Ir. P.K.M. v.d. Heijde).
Augustus 1978.
4. Nederlandse activiteiten in internationaal hydrologisch verband.
Lezingserie, gehouden op 25 april 1978 te Delft, aangevuld
met (schematische) overzichten van internationale organisaties
en een overzicht van hun vertegenwoordigers in Nederland.
Augustus 1978.
5. Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels.
Een verslag van de Workshop op 1 en 2 april 1980 te Wageningen -
(Ing. J.C. Hooghart), aangevuld met discussiebijdragen en een
inventarisatie van het onderzoek in Nederland.
Augustus 1980.
6. Derde Rapport en aanbevelingen
van de Contactgroep Archivering en Automatische verwerking
van hydrologische gegevens TNO.
Februari 1981.
7. Overzicht van de wensen van hydrologen en waterbeheerders ten aan-
zien van het operationele regenwaarnemingsnet van het KNMI -
Ing. J.C. Hooghart.
Oktober 1981.
- 8a. Verklarende Hydrologische Woordenlijst.
I. Water in de onverzadigde zone
II. Water in de verzadigde zone
van de Gespreksgroep Hydrologische Terminologie
Januari 1982.
9. Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied.
Een verslag van de 2^e CHO-studiebijeenkomst op 2 en 3 november 1981,
De Eemhof, Zuidelijk Flevoland - (Ing. J.C. Hooghart), aangevuld
met discussiebijdragen.
Februari 1982.