

Fosfaateutrofiëringsonderzoek in het merengebied van zuid-west Friesland

Inleiding

Tot enkele jaren geleden werd bij de bestrijding van de eutrofiëring voornamelijk een tweesporenbeleid gevolgd, te weten defosfatering van afvalwater en het streven naar fosfaatloze wasmiddelen. De afgelopen tien jaar hebben een stroom aan publicaties opgeleverd, maar de resultaten van defosfatering vallen tegen [17] en de vastgestelde datum (1985) waarop wasmiddelen fosfaatvrij zouden moeten zijn, bleek niet haalbaar. De vraag voor vele waterkwaliteitsbeheerders is nog steeds: hoe nu verder?



H. J. W. J. VAN HUËT
Limnologisch Instituut Oosterzee



H. DE HAAN
Limnologisch Instituut Oosterzee

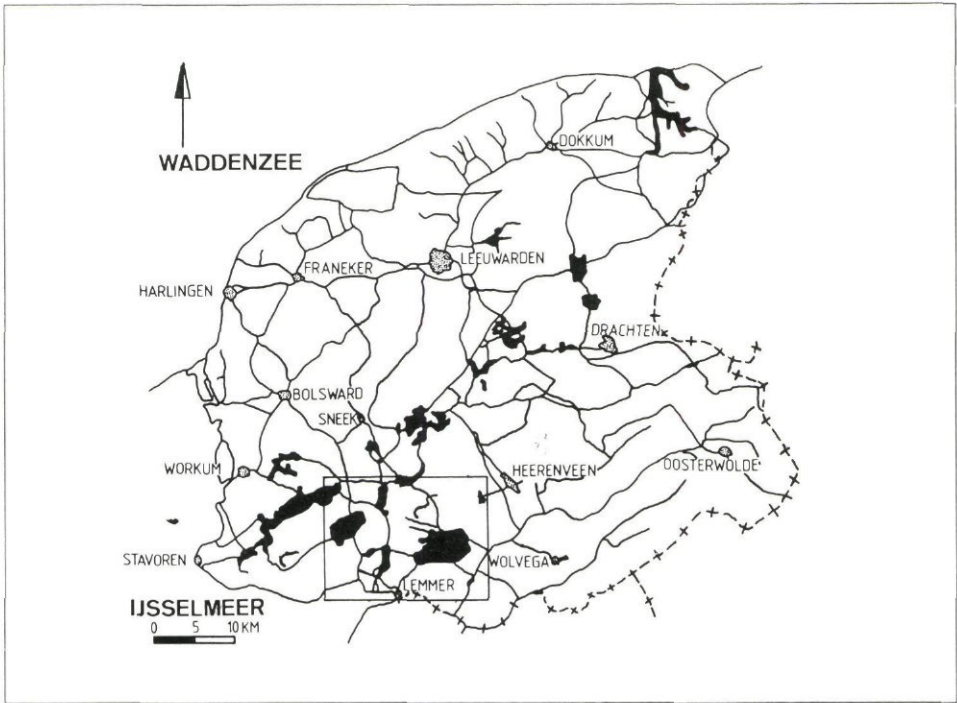


T. H. L. CLAASSEN
Provincie Friesland,
Hoofdgroep Waterstaat
en Milieu

Momenteel is de integrale aanpak van waterkwaliteitsproblemen actueel. Nadat in 1979 in het zuid-westen van Friesland begonnen was met defosfatering [2, 4], startte in 1984 het FOSFRI-project, gericht op integraal beheer, als samenwerkingsproject van de Provincie Friesland, Hoofdgroep Waterstaat en Milieu (voorheen Provinciale Waterstaat), het Limnologisch Instituut te Oosterzee, werkgroep Fytoplankton-Oecologie en de Faculteit der Chemische Technologie van de Universiteit Twente, onderzoeksgroep Technisch Milieubeheer/Milieusysteemtechnologie. Het onderzoek wordt gesubsidieerd door het Ministerie van VROM. Dit artikel is bedoeld ter introductie van het project. Aan bod komen de gebiedsbeschrijving, het te volgen werkplan met de deelonderzoeken, het meetprogramma en enkele eerste belangrijke resultaten.

Gebiedsbeschrijving

De Friese boezem is één van de grootste waterhuishoudkundige eenheden van Nederland met een totale oppervlakte van 305.000 ha, waarvan 14.000 ha water. Het zuid-west Friese merengebied is hiervan een onderdeel (afb. 1). Deze meren en het IJsselmeer worden in de CUWVO-nota van 1983 'Aanbevelingen voor de bestrijding van de eutrofiëring van de Nederlandse



Afb. 1 - Friesland met boezemwater, onderzoeksgebied omkaderd.

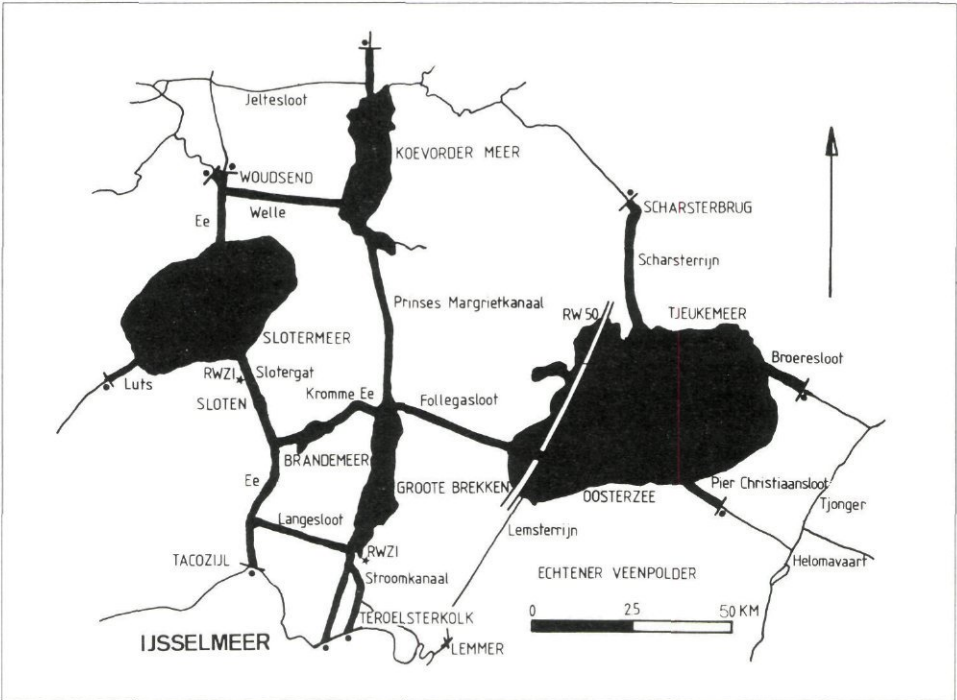
oppervlaktewateren' [5] ingedeeld bij de categorie-1-gebieden: dat wil zeggen gebieden met hoge prioriteit waarvan het effect van de aanpak van fosfaatbelasting veelbelovend lijkt.

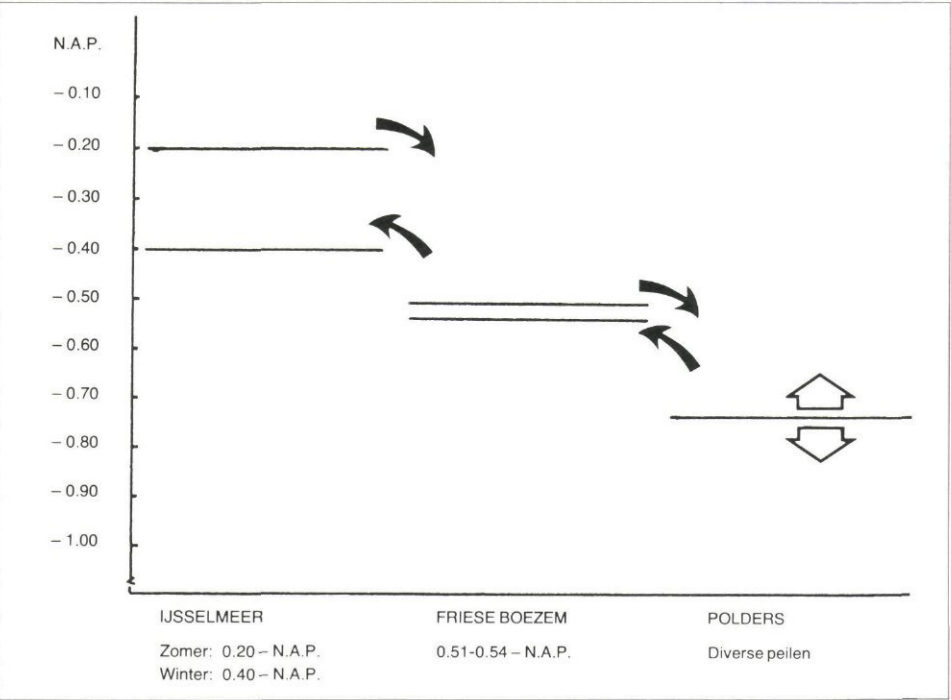
Het onderzoek richt zich op een viertal meren (Tjeukemeer, Slotermeer, Groote Brekken en Koevorder Meer) en tussenliggende vaarten met een totale wateroppervlakte van ± 4000 ha (afb. 2).

De meren worden gekenmerkt door een sterke algenontwikkeling in het voorjaar en de zomer. Gemiddelde zomerwaarden voor chlorofyl waren in 1984 en 1985 hoger dan 150 µg/l. Tot-P-concentraties waren gedurende deze jaren veelal hoger dan 0,2 mg P/l.

De gemiddelde diepte is ca. 1,5 meter. Met het vlakke karakter van het Friese land en de geringe en lage begroeiing betekent dit dat de invloed van de wind op de water-

Afb. 2 - Onderzoeksgebied: -•- = gebiedsgrenzen.





Afb. 3 - Streefpeilen IJsselmeer, boezemwater en peilen in de polders. Schematisering van de waterloop in de zomer en de winter (→: zomer; ←: winter).

stroming en de menging aanzienlijk is [12]. De bodem van het gebied is voornamelijk veenachtig, al komen onder andere in het Slotermeer zandplaten voor. Geohydrologisch wordt het systeem beïnvloed door het Drents Plateau, de Noordoostpolder en Gaasterland. Belangrijk voor het watersysteem is de zomer/wintersituatie: 's zomers bij een neerslagtekort wordt te Lemmer en/of te Tacoziyl water vanuit het IJsselmeer ingelaten, terwijl 's winters bij een neerslagoverschot te Lemmer water uitgemalen kan worden op het IJsselmeer. In dezelfde periodes vindt inlaat plaats naar en uitmaling van de rond het boezemwater liggende polders. Ter illustratie zijn in afbeelding 3 de streefpeilen van het IJsselmeer, de Friese boezem en in de polders weergegeven. In het algemeen hebben we dus gedurende het zomerhalfjaar (april t/m september) te maken met een waterloop IJsselmeer-boezem-polders en gedurende het winterhalfjaar (oktober t/m maart) polders-boezem-IJsselmeer. In het onderzoeksgebied wordt sinds 1979 op twee rioolwaterzuiveringsinstallaties gedefosfateerd [16]: te Lemmer (i.e. = 20.000) en te Sloten (i.e. = 16.500).

Doelstelling

Het doel van de studie is het modelmatig doorrekenen van beheersscenario's. Het project zal door het uitvoeren van modelstudies resulteren in een advisering voor beleid en beheer. De scenario's kunnen zijn:

a. Veranderd inlaatregiem van IJsselmeer-

- water (plaats, tijd, hoeveelheid), eventueel gekoppeld aan een veranderd peilbeheer.
- b. Baggeren van de bovenste sedimentlaag.
 - c. Geheel of gedeeltelijk afsluiten van één of meerdere meren van de boezem.
 - d. Verder defosfateren, bijvoorbeeld bij inlaatpunten of van polderwater.
 - e. Vermindering van de P-belasting door de polders (landbouw), verspreide bebouwing en recreatie.
 - f. Veranderd bemalingsregiem van de polders.
 - g. Reductie van P in wasmiddelen.
 - h. Verbeteren van de kwaliteit van IJsselmeerwater.

Abiotisch en biotisch onderzoek

Gezien de complexiteit van de materie en de beperkte personele bezetting, is besloten tot een gefaseerde opzet en het aanvankelijk scheiden van abiotisch en biotisch onderzoek (afb. 4).

Afb. 4 - Opzet en fasering onderzoek [7].

<i>Deelprojecten</i>	<i>Hoofdprojecten</i>	<i>Eindproject</i>
1. Hydrologisch onderzoek	Balansstudies (ABIOTISCH DEEL)	Uitvoeren modelstudies. Diverse scenario's leiden tot beleidsadvisering. Rapportage.
2. Fosfaataanvoer		
3. Interne fosfaatbelasting		
4. Algologisch onderzoek	Gedrag van algen (BIOTISCH DEEL)	
5. Beschikbaarheid P-verbindingen		
6. Beperkende factor(en)		
FASE I		
FASE II		
FASE III		
1984-----1988		

Bij het abiotische deel (gestart in 1984) hebben de volgende onderwerpen de meeste aandacht: doorrekenen van een mathematisch hydrologisch model, onderzoek naar nalevering van P door sedimenten, kwantificering van de P-belasting door polders, het opstellen van water- en P-balansen en geohydrologisch onderzoek. Het biotisch deel (gestart in 1986) is gericht op het gedrag van algen: modellering van groei, periodiciteit, speciatie, P-opname en daaraan gekoppeld de zuurstofhuishouding in de waterfase. Voor het ijken en verifiëren van de modellen en voor het kwantificeren van de diverse balansposten is een veld- en laboratoriummeetprogramma gestart. De belangrijkste wekelijkse metingen zijn: tot-P- en chlorideconcentraties, elektrisch geleidingsvermogen, temperatuur, pH, doorzicht in boezemwater en tot-P-concentraties in uitgemalen polderwater. Minder frequent worden gemeten tot-P-gehalte en gloeirest in sediment, watersnelheden met behulp van drijvermetingen en tot-P-concentraties in neerslag. Continu worden op een aantal plaatsen waterhoogtes geregistreerd en in het Tjeukemeer zuurstof- en pH-fluctuaties. Laboratoriumexperimenten leveren inzicht op over afgifte van P en opname van zuurstof door het sediment. Verdere gegevens ter bestudering van de processen en modellering komen van derden zoals Waterschappen en KNMI en uit de monitoringsprogramma's van de samenwerkende instanties.

Resultaten

In de volgende alinea's volgt een selectie uit de eerste resultaten van het abiotisch onderzoek.

Hydrologie

De in de inleiding geschetste halfjaarlijkse veranderingen van wateraanvoer is het best terug te vinden in de kleur van het Tjeukemeer. 's Zomers ontvangt het meer chloride- en algenrijk groen IJsselmeerwater via de Follegasloot, 's winters humusrijk

bruin polderwater uit de Tjonger via Broeresloot en Pier Christiaansloot of van de polders rond het meer. Door lozen en spuien van boezemwater gedurende het hele jaar in het noorden van Friesland, is de waterbeweging in het Prinses Margrietkanaal veelal zuid-noord. In een aantal andere vaarten binnen het gebied is de waterbeweging complex door de geschetste aan- en afvoer en de invloed van de wind. De stromingsrichting in de Follegasloot bijvoorbeeld verandert frequent [6, 15].

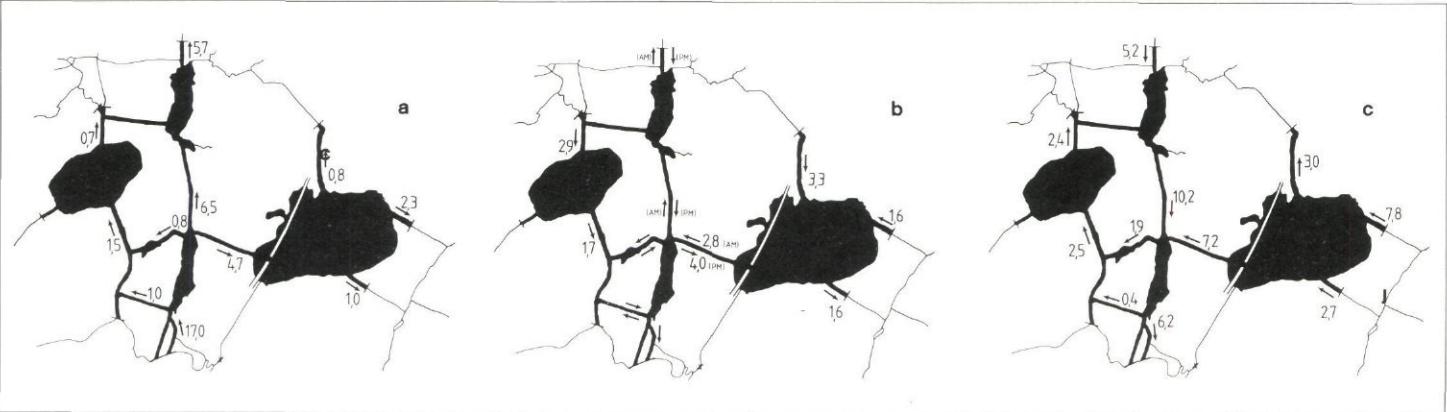
Het is de bedoeling om met behulp van het hydrologisch model de waterbeweging meer in detail te berekenen. Er is gekozen voor het kanalen- en knooppuntenmodel van Orlob, onder andere in Nederland toegepast op het plasseengebied van noord-west Overijssel [13]. Het model moet de volledige waterbalans opleveren. In tegenstelling tot het systeem in noord-west Overijssel, zijn in het Friese systeem de meeste debieten aan de randen niet bekend. Dit probleem wordt opgelost door continue registratie van waterhoogtes op deze punten als invoer van het model. Indien nu balansposten als P-belasting door polders, opname of afgifte van P door sedimenten, opname van P door algen en sterfte bekend zijn, kunnen op basis van het waterbewegingsmodel dynamische P-balansen opgesteld worden. Hier zal verder niet ingegaan worden op de lopende berekeningen.

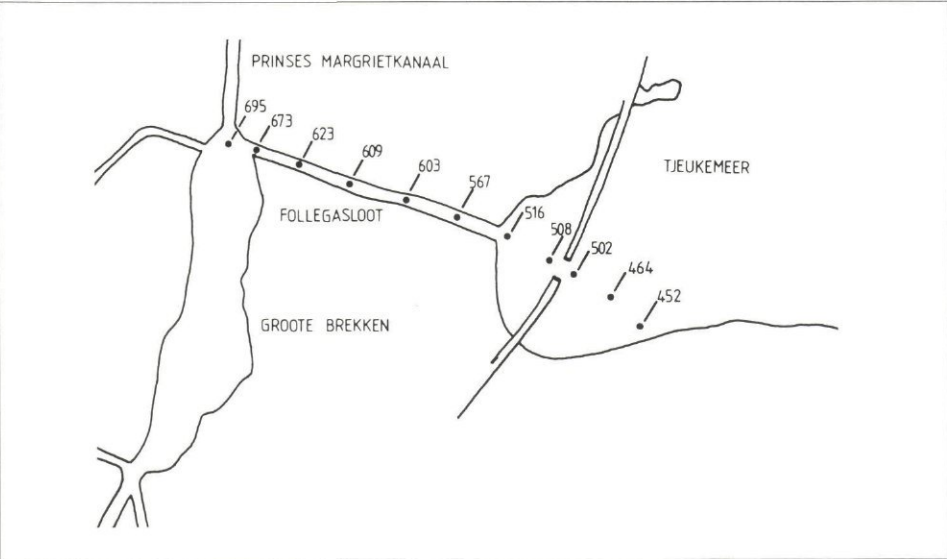
Ter toetsing van het hydrologisch model zijn onder andere watersnelheidsmetingen met behulp van drijvers onder een drietal extreme omstandigheden uitgevoerd. In afbeelding 5 (zie ook afb. 2) zijn de gemeten debieten en stromingsrichtingen weergegeven. We kunnen opcluderen dat in het geval van maximale inlaat van IJsselmeerwater te

Lemmer (27-8-1984) bijna 30% van het inlaatwater richting Tjeukemeer stroomde en ruim 10% richting Slotermeer. In de tweede situatie (22-4-1985) bepaalde de krachtige noord/noord-oosten wind de waterstroming. Dit was het meest duidelijk in de vaarten ten noorden van het Tjeukemeer en het Slotermeer, met relatief hoge watersnelheden (15 cm/s). Onder deze omstandigheden was er nog een ander fenomeen waar te nemen: waar op de twee punten in het Prinses Margrietkanaal 's morgens aanvankelijk een zuid-noord stroming heerste waarschijnlijk ten gevolge van het lozen in het noorden van de boezem de dag ervoor, keerde de stroming in de tweede helft van de morgen om en was de wind de belangrijkste drijvende kracht. Dit omkeren van stromingsrichting was ook waar te nemen in de Follegasloot. Een ten opzichte van 27-8-1984 tegen-gestelde situatie vonden we op 13-11-1985. Er verdween water bij Lemmer uit het systeem. Op het tijdstip van de metingen verminderde de uitmaling, daardoor was het debiet in het stroomkanaal ($6,2 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$) 26% van de maximale uitmaling ($24 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$). Vergelijk wat dit betreft tevens de metingen op het zuidelijke en noordelijke punt in het Prinses Margrietkanaal. Gaan we er van uit dat in het systeem ten noorden, oosten of westen van de Groote Brekken ten gevolge van de traagheid van de watermassa nog debieten gemeten werden die corresponderen met de maximale uitmaling, dan werd 35% van het water aangevoerd vanuit het Tjeukemeer. Tevens zien we de belangrijke invloed van het Hooglandgemaal te Stavoren (ten westen van het gebied) dat met een nog grotere capaciteit in werking was ($33 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$): ten westen van het Prinses Margrietkanaal werd het water via de Langesloot en Kromme Ee (en dus via het Slotermeer) 'weggezogen'. Zelfs de

noordelijke stroming in de Scharster Rijn kan aan het in werking zijn van het Hooglandgemaal toegeschreven worden. Uit deze watersnelheidsmetingen is te berekenen dat de verblijftijden van water in de Groote Brekken en het Koevorder Meer bij maximale inlaat en uitmaling in de orde liggen van enkele dagen en in het Tjeukemeer van één maand. In het Slotermeer bij maximale inlaat en uitmaling respectievelijk twee en één maand. Onder normale omstandigheden zullen de verblijftijden groter zijn. Uit het voorgaande moge blijken dat eenvoudige drijvermetingen een redelijk inzicht geven in de waterverplaatsingen in het onderzoeksgebied. Resumerend kan gesteld worden dat aan- en afvoer naar en vanuit het Tjeukemeer groter zijn dan die van het Slotermeer en dat wind en het westelijker gelegen Hooglandgemaal, dat vooral 's winters in werking is, grote invloed hebben op de waterbeweging. Behalve met behulp van bovengenoemde drijvermetingen kan de waterbeweging gevolgd worden met de in het systeem voorkomende karakteristieke grootheden die als 'natuurlijke' tracers te beschouwen zijn: de chlorideconcentratie (of het daarmee sterk gecorreleerde elektrisch geleidingsvermogen) of de optische dichtheid van het water[8]. Deze laatste (humus, algen en zwevende stoffen) biedt mogelijkheden voor remote sensing technieken. Ter illustratie is in afbeelding 6 de gradiënt in het elektrisch geleidingsvermogen op 25-4-1985 enkele dagen na de eerste inlaat van IJsselmeerwater weergegeven. Over een traject van ongeveer 7 km is de afname bijna $250 \mu\text{S}/\text{cm}$ overeenkomend met ongeveer $90 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$. In tabel I zijn de naar het gebied aangevoerde hoeveelheden water geschat voor normale

Afb. 5 - Debiten in $10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$ en stroomrichting in een aantal vaarten en kanalen in het gebied onder een drietal verschillende omstandigheden. 27- 8-1984: a: Maximale inlaat van IJsselmeerwater ($17 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$) en matige z.w. wind. 22- 4-1985: b: Avond tevoren geloosd in het noorden van Friesland: wind n.-n.o., toenemend tot krachtig. 13- 11-1986: c: Woudagemaal te Lemmer en Hooglandgemaal te Stavoren in werking (resp. $24 \cdot 10^4$ en $33 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$); nagenoeg windstil. Op genoemde dagen is 's morgens gemeten in het Stroomkanaal, het Prinses Margrietkanaal (ten noorden van de Groote Brekken en van het Koevorder Meer), de Langesloot, de Kromme Ee en de Follegasloot. 's Middags is gemeten in de Ee bij Woudsend, het Slotergat, de Luts, de Follegasloot, de Scharsterrijn, de Pier Christiaansloot en de Broeresloot.





Afb. 6 - EGV-waarden in $\mu\text{S/cm}$ op 25/4/85, twee dagen na de eerste inlaat van IJsselmeerwater bij Teroelsterkolk (Lemmer).

TABEL I – Globale toegevoerde hoeveelheden water naar het FOSFRI-gebied in klimatologisch gemiddelde jaren en het afwijkende jaar 1985.

	FOSFRI-gebied				Tjeukemeer			
	normale jaren		1985		normale jaren		1985	
	10^6 m^3	%	10^6 m^3	%	10^6 m^3	%	10^6 m^3	%
Polders	60	16	90	33	20	14	30	18
Tjonger	60	16	120	45	60	43	120	73
IJsselmeer	260	68	60	22	60	43	15	9

jaren en het afwijkende jaar 1985 (natte zomer en droge herfst). Er is uitgegaan van een verhouding 1 : 1 voor aanvoer van IJsselmeerwater en Tjongerwater naar het Tjeukemeer [19]. Verder is gebruik gemaakt van gegevens van de Provincie Friesland wat betreft gemiddelde ingelaten hoeveelheden water te Lemmer en aanvoer van Tjongerwater in 1985. De toevoer van water uit polders in het gebied werd berekend uit eigen onderzoek [10].

Uit de tabel is te concluderen dat de toevoer van polderwater aangevoerd via de Tjonger of uitgemaalend door de polders het grootst is naar het Tjeukemeer. Het aandeel is in 1985 zelfs 91%. Opgemerkt zij dat het ingelaten IJsselmeerwater voor een groot deel via het Prinses Margrietkanaal doorstroomt naar het noorden. De aanvoer van polderwater naar het Slotermeer is geringer door een kleiner afwaterend gebied en een geringere directe belasting door aangrenzende polders. De hydrologie van het Tjeukemeer en het Slotermeer verschilt dus aanzienlijk. De hoeveelheden aan- en afgevoerd water naar het Tjeukemeer zijn groter gedurende het hele jaar, uitgezonderd wellicht tijdens inlaat van water bij Tazocijl.

Waterkwaliteit

Het beschreven hydrologisch patroon zien we bevestigd in het verloop van de chloride-concentraties van de twee meren. In het

Slotermeer is de variatie geringer dan in het Tjeukemeer [9, 11]: zo waren in het verloop van de concentraties in het Slotermeer in tegenstelling tot het Tjeukemeer de inlaatpieken niet of nauwelijks waar te nemen. De tot nu toe gemeten tot-P-concentraties liggen voor de verschillende bemonsteringspunten vrijwel altijd boven de gemiddelde IMP-norm 1985-1989 van 0,15 mg P/l. Voor 1984 gold voor de twee genoemde meren een gemiddelde van 0,25 mg P/l [9]. Een ander belangrijk aspect is dat noordelijker in het boezemwater, waarschijnlijk ten gevolge van de toenemende belasting uit de polders, de tot-P-concentraties oplopen [3].

In het onderzoeksgebied is dit in de afgelopen jaren ook waargenomen. De concentraties gemeten in het stroomkanaal vertegenwoordigen min of meer bij inlaat de concentraties van het IJsselmeerwater. Voor de zomerperiodes van 1984 en 1985 gold een gemiddelde waarde van 0,18 mgP/l. De tot-P-concentraties die gedurende het winterhalfjaar gemeten zijn in het oosten van het Tjeukemeer en die min of meer de concentraties in het polderwater vertegenwoordigen waren in de winterperiodes 1984-1985 en 1985-1986 respectievelijk 0,28 en 0,33 mgP/l. De zichtdiepte varieerde in 1984 en 1985 van 20-60 cm, met een gemiddelde van 30 cm. Behalve aan algengroei is dit toe te schrijven

aan aanwezig humusrijk polderwater en/of resuspensie door wind. Het verzadigingspercentage zuurstof lag voor dezelfde periode in de range 70-130%, de zuurstofconcentratie varieerde van 5-14 mg O₂/l. De pH-waarden lagen in de range 8,5-10,5. De verschillen in hydrologie tussen de twee meren zien we ook bevestigd in het kleurpatroon van het water. De beschreven seizoensafhankelijke kleur van het Tjeukemeerwater werd niet geconstateerd in het Slotermeer waar het water nagenoeg de hele onderzoeksperiode groen was.

P-belasting door polders

In 1984, 1985 en 1986 is getracht de P-vrachten vanuit de polders geloosd op het boezemwater te kwantificeren. Als case-study wordt onderzoek verricht aan de Echtener Veenpolder (2850 ha). Naast deze inventarisatie van de belasting door middel van het dagelijks bijhouden van de draaiuren van de gemaalpomp en het bemonsteren van het uitgemaalend water op tot-P, is een tweede doel het opstellen van water- en P-balansen van deze polder. In 1986 vindt tevens onderzoek plaats naar de ingelaten hoeveelheden water en P vanuit de boezem.

De eerste resultaten wijzen uit dat de belasting vanuit de polders aanzienlijk is (zie tabel I). Zo werd gedurende de maanden september tot en met november 1984 2150 kg P uitgemaalend vanuit de Echtener Veenpolder [14]. Dit is ruim 25% van de gemiddelde hoeveelheid aanwezig P in het Tjeukemeerwater (uitgaande van een gemiddelde tot-P-concentratie van 0,28 mg P/l en een volume van 30*10⁶ m³). In 1985 was de gemiddelde tot-P-concentratie in het uitgemaalend water 0,45 mg P/l.

In de herfst van 1984 en het voorjaar van 1986 waren de tot-P-concentraties in het uitgemaalend water van de Echtener Veenpolder hoger dan die in het ingelaten water. Hieruit is een bijdrage van de polder te concluderen. Bovendien namen de concentraties in het najaar van 1984 toe in de tijd, waarschijnlijk toe te schrijven aan verhoogde uitspoeling, afspoeling en/of nalevering uit het sediment. Uit het onderzoek bleek tevens dat gedurende de maanden april tot en met december 1985 de hoeveelheden uitgemaalend water per hectare voor een veertiental andere (veen)polders in het gebied vrij goed overeenkwamen.

P in sediment

Er vindt een deelstudie plaats naar de P-gehaltes in de onderwaterbodems en de naleveringscapaciteit van het sediment. Het is bekend dat de chemie van P in de bodem zeer complex is [1]. Hier wordt volstaan met enkele belangrijke resultaten. Drie keer per jaar worden op een twintigtal plaatsen in het gebied kolommen gestoken en



Nieuws van het Rijksinstituut voor Volks- gezondheid en Milieuhygiëne

Publikaties

In het vierde kwartaal van 1986 zijn bij het RIVM de volgende rapporten verschenen:

Kempen, G. T.; Buishand, T. A.; Reijnders, H. F. R.; Frantzen, A. J.; Eshof, A. J. van den
Tijdreeksanalyse van de meetgegevens van het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling

Rapportnummer: 218203002

De tijdsafhankelijke variaties in de maandelijkse gemiddelde concentraties en deposities in de periode van 1978 t/m 1984 van stoffen in regenwater, verzameld in een meetnet van twaalf stations, zijn beschreven aan de hand van een multiple-regressiemodel. Vooral is aandacht besteed aan de concentraties en deposities van hydronium, ammonium, nitraat en sulfaat, maar ook, doch minder grondig zijn natrium, kalium, calcium, magnesium, zink, fluoride en chloride bestudeerd. Het model blijkt voor sulfaat het best te voldoen en voor hydronium tamelijk slecht. Logaritmische transformatie leverde uitsluitend voor zink betere resultaten. Een groot deel van de tijdsafhankelijke variatie wordt verklaard uit de invloed van de neerslaghoeveelheid en het seizoen op de resultaten. Trends zijn voor de diverse stoffen berekend. Tevens is berekend welke trend met maandmonsters verzameld gedurende een vijfjaarlijkse periode bepaald kan worden met een waarschijnlijkheid van 80%.

Goewie, C. E.; Broek, H. H. van den; Greve, P. A.

Onderzoek naar het voorkomen van enkele, polaire niet-vluchtige organische microverontreinigingen in grondwater, bestemd voor drinkwaterbereiding

Rapportnummer: 638600001

Grondwaterconcentraties, geïsoleerd via XAD-extractie, bevatten vele componenten die niet met GC-MS te identificeren zijn. Met HPLC is onderzocht of enkele veel toegepaste polaire bestrijdingsmiddelen in de extracten voorkwamen. Dit bleek niet het geval te zijn. In enkele monsters konden zeer lage concentraties aan chloorfenolen en een enkele keer chloroform en/of precursor(s) worden aangetoond. De monsters bevatten onder andere veel hoogmoleculair materiaal.

Knaap, A. G. A. C.; Kramers, P. G. N.; Langebroek, P. G.; Mout, H. C. A.

Onderzoek naar de mutagene werking van o-chlooraniline en m-chlooraniline in testen met zoogdieren in vitro en Drosophila melanogaster in het kader van de Beoordelings Criteria Watervontreiniging

Rapportnummer: 658305001

Dit onderzoek is uitgevoerd om aanvullende gegevens te verkrijgen ten behoeve van de classificatie van de genoemde stoffen in het kader van de Beoordelingscriteria Water-

de bovenste lagen (0-2, 2-5 en 5-10 cm) geanalyseerd op onder andere tot-P en gloeirest-gehalten. Hoewel de spreiding groot is (100-4000 mg P/kg droge stof), is de algemene indruk dat de P-gehalten van de meersedimenten lager zijn dan die van de vaarten. Tot nu toe hebben de meetseries geen duidelijk verband getoond tussen concentratie en de diepte. In vaarten met weinig stroming en daardoor waarschijnlijk een grotere sedimentatie is het P-gehalte hoger dan in vaarten met grotere watersnelheden [9].

De belangrijkste conclusies van de eerste naleveringsexperimenten (winterkolommen 1984-1985) onder laboratoriumcondities zijn dat het afgifteproces gestuurd wordt door mineralisatie, de fosfaatbinding voornamelijk optreedt aan ijzer en de bindingscapaciteit van het sediment groot is. De gemeten fosfaatafgiftesnelheden liggen in de orde van 1 à 2 mg/m² dag [18]. De naleveringsexperimenten zullen in 1986 herhaald worden met zomerkolommen.

Slotbeschouwing

In het bovenstaande is voornamelijk ingegaan op de eerste bevindingen van het nu ruim twee jaar lopende abiotisch deel van het FOSFRI-project dat moet leiden tot het doorrekenen van beheersscenario's en een integrale aanpak van waterkwaliteitsproblemen.

Daarbij zal het in ontwikkeling zijnde hydrologisch model een belangrijke rol spelen. Het model moet uiteindelijk de over een willekeurige periode gemiddelde transporten van water en fosfaat opleveren. Deze uitkomsten vormen de ingangsgegevens voor het algengroeimodel dat in het biotische deel wordt ontwikkeld.

De integratie van deze modellen en de koppeling zal in de laatste fase van het project veel aandacht vergen.

De eerste onderzoeken hebben belangrijke gegevens opgeleverd over de kwantificering van de externe en interne P-belasting. Zo was de aanvoer van IJsselmeerwater en polderwater naar het Tjeukemeer groter dan naar het Slotermeer. Andere belangrijke conclusies zijn dat de P-belasting uit de polders aanzienlijk is, met name op het Tjeukemeer, en dat in het sediment plaatselijk grote hoeveelheden P opgeslagen zijn.

De vraag voor de beheerder, de Provincie Friesland, wat nu te doen, is gezien de complexe problematiek uiteraard nog niet te beantwoorden. Wordt het baggeren, doorspoelen van de boezem met IJsselmeerwater en daarmee adequaat reageren op de kwaliteit van dit water, verleggen van inlaatpunten en juist het merengebied ontzien, intensiever defosfateren, streven naar vermindering van de P-vracht uit de polders of

isoleren van bijvoorbeeld het Slotermeer? Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat in deze regionale studie de aandacht niet gevestigd is op één maatregel. De nadruk ligt op het zoeken naar de voor beleid en beheer juiste combinaties die kunnen leiden tot de terugdringing van de gevolgen van P-eutrofiëring.

Literatuur

1. Brinkman, A. G. en Raaphorst, W. van (1986). *De fosfaathuishouding van het Veluwemeer*. Proefschrift TH Twente.
2. Claassen, T. H. L. (1982). *Eutrofiëring en defosfatering in Friesland*. H₂O (15), 10, 246-251.
3. Claassen, T. H. L. (1984). *De invloed van Rijnwater op het beheer van boezem- en polderwater*. In: Rijnwater in Nederland: 53-79, Oecologische Kring, Arnhem.
4. Claassen, T. H. L. (1986). *Eutrofiëring en algengroei in het Friese boezemwater*. H₂O (19), 12, 268-275 en 279.
5. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (CUWVO) werkgroep VI, (1983). *Aanbevelingen voor de bestrijding van de eutrofiëring van de Nederlandse oppervlaktewateren*.
6. Golterman, H. L., Voerman, J. en Nie, H. W. de (1980). *Fosfaatbelasting van het Tjeukemeer*. H₂O (13), 6, 116-121.
7. Haan, H. de en Claassen, T. H. L. (1983). *Eutrofiëringsonderzoek in het zuid-westelijk merengebied van Friesland*. L. I. Oosterzee, PWS Leeuwarden.
8. Haan, H. de and Moed, J. R. (1984). *Phosphorus, nitrogen and chlorophyll-a concentrations in a typical Dutch polder lake, Tjeukemeer, in relation to its water regime between 1968 and 1982*. Water Science and Technology, 17 (4/5), 733/743.
9. Huet, H. J. W. J. van (1985). *Fosfaateutrofiëringsonderzoek in zuid-west Friesland (FOSFRI-project); verslag over de eerste anderhalf jaar*. Limnologisch Instituut Oosterzee/Nieuwersluis, verslag nr. 1985-10.
10. Huet, H. J. W. J. van (1986). *Gegevens ten behoeve van eutrofiëringsonderzoek in zuid-west Friesland. I. Water- en P-belasting door polders en neerslag/verdampingscijfers, 1985*. Limnologisch Instituut Oosterzee/Nieuwersluis, verslag nr 1986-8.
11. Huet, H. J. W. J. van en Visser, S. (1986). *Gegevens ten behoeve van eutrofiëringsonderzoek in zuid-west Friesland. II. Waterkwaliteitsgegevens 1984 en 1985*. Limnologisch Instituut Oosterzee/Nieuwersluis (in voorbereiding).
12. Leenen, J. D. (1982). *Wind induced diffusion in a shallow lake, a case study*. Hydrobiological Bulletin 16 (2-3), 231-240.
13. Lijklema, L. en Straten, G. van (1977). *De waterbeweging in het plassen gebied van N.W. Overijssel*. H₂O (10), 16, 360-363.
14. Molen, D. van der (1984). *Onderzoek naar de bijdrage van diffuse bronnen, in het bijzonder de landbouw, aan de fosfaatbalans van het Tjeukemeer*. Studentenverslag 1984-16. Limnologisch Instituut Oosterzee/Nieuwersluis.
15. Potma, A. (1985). *Hydrologie in zuid-west Friesland; onderzoek naar de waterbeweging in enkele meren en kanalen, met name rond het Tjeukemeer*. Studentenverslag 1985-25. Limnologisch Instituut Oosterzee/Nieuwersluis.
16. Provinciale Waterstaat van Friesland, (1979). *Waterkwaliteitsplan Provincie Friesland*.
17. Ruiter, M. A. de (1984). *Praktijk van de eutrofiëringbestrijding*. In: Bergen, V. W. J. van den, Rade, J. H. en Wegman, R. C. C. (1984). *Analyse van het fosfaatbeleid*. Proceedings symposium KNCV, Wageningen.
18. Straten, G. van en Visscher, D. A. (1985). *Analyse van fosfaatuitwisseling tussen water en sediment uit het zuid-westelijk Friese merengebied*. TH Twente, Afdeling der Chemische Technologie, Onderzoeksgroep Technisch Milieubeheer.
19. Vossen, G. A. H. (1981). *Fosfaatbalans in het Tjeukemeer voor 1979*. Studentenverslag LH Wageningen, Hydraulica en Alfoerhydrologie.

