

Onderzoek in de proefvijvers in het Veluwemeer

Inmstreeks 1967 werd het advies van ondergetekende gevraagd door de Dienst Waterzuiveringswerken over de toenemende algengroei in het Veluwerandmeer. Het leek waarschijnlijk, dat deze opbloei veroorzaakt werd door de hoge belasting met voedingsstoffen, en wel voornamelijk fosfaat. Derhalve werd een 14-daags meetprogramma opgezet; met de verkregen resultaten berekende Golterman (1970) een P-belasting van $3 \text{ g m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ voor 1967. Een latere herziening leidde niet tot een grote wijziging (zie tabel I). Berger (1975) vermeldt een

TABEL 1 - Inkomend en uitgaand fosfaat (tonnen $\text{PO}_4\text{-P}$ in het Veluwerandmeer in 1967 en in 1970. (Zie Golterman, 1970 en nog ongepubliceerde resultaten).

| Inkomend fosfaat 1967 | Herschating 1970 | Uitgaand fosfaat 1967 | |
|-----------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Gemalen | 8.4 | Roggebotssluis | 15 |
| Bekende beken | 6.8 | Ondergrondse kwel | 10 - 20 ¹⁾ |
| Onbekende beken | (6.8) | | |
| Harderwijk | 62.6 | | 25 - 35 |
| Elburg | 10.4 | | |
| Ondergrondse kwel | 2 | Opslag derhalve ong. 70 ton | |
| Totaal | 97 | 100 | |

1) Berekend uit watergegevens ZZW en P-gehalte in 8 ondergrondse meetputten.

2) Berekend uit P-gehalte effluent juni 1970, dus topmaand; bij ong. 50 % P-reductie.

3) Berekend uit P-gehalte effluent 11-9-1970 tot 30-9-1970, bij ong. 30 % P-reductie.

(gegevens P. W. Gelderland)

Opmerking: De P-opslag is in feite bepaald als het verschil tussen inkomend en uitgaand fosfaat. Aannemende, dat in de jaren zeventig de opslag ongeveer 13 jaar had plaatsgevonden was de totale opslag toen ongeveer 1000 ton, d.w.z. $250 \text{ mg PO}_4\text{-P per dm}^2$. Aannemende een penetratie diepte van 10 cm geeft dit een gehalte van 0.25 mg cm^{-3} (naast een 'natuurlijk' gehalte van $0.05 - 0.1 \text{ mg cm}^{-3}$).



H. L. GOLTERMAN
Station Biologique de la
Tour du Valat, 1e Sambuc,
13200 ARLES.

-belasting van $4 - 5 \text{ g m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. Het leek derhalve waarschijnlijk, dat de hoge P-belasting verantwoordelijk was voor de algengroei.

ervolgens werden plannen gemaakt voor defosfatering van het afvalwater van Elburg en Harderwijk, om zo aan te tonen, dat een dergelijke maatregel het gewenste effect zou kunnen opleveren. Daarnaast werd er voor mij op gewezen, dat het vrijkomen van in de bodem geaccumuleerde fosfaten een vertragend effect zou kunnen hebben tijdens de eventuele herstelperiode; ik had deze periode toenmaals op 10 jaar derhalve werd voorgesteld een proefvijver te bouwen (z.g. Lund-vijver), waarin onder verschillende natuurlijke omstandigheden een puttingsexperiment verricht kon worden. Voorgesteld werd een ondiepe Lund-vijver van 40 m te bouwen, die echter voldoende opslagcapaciteit moest hebben om niveauverschillen in het meer te kunnen opvangen. (In de praktijk betekent dat een 'ijwand' met een hoogte van ongeveer 1 m!). Daarnaast werden plannen gemaakt om, als de P-belasting zo veel mogelijk gereduceerd zou zijn, te proberen of via doorspoeling met water uit de Hoge Vaart de gehele meer ontlaan zou kunnen worden van de in de bodem opgeslagen fosfaten, namelijk door deze af te voeren en opname uit de bodem door algen. De studie in de proefvijver had tot doel de beantwoording van een tweetal vragen:

- kan het Veluwemeer weer 'schoon' gemaakt worden?
- kan het Veluwemeer na een dergelijke doorspoeling 'schoon' blijven?

In 1975 werd tot bouw van de proefvijver besloten, hetgeen inmiddels nog belangrijker

was geworden, omdat het defosfaterings-experiment gevolgd door doorspoelen van het gehele meer steeds uitgesteld werd en dus langere herstelperiodes verwacht konden worden, aangezien de accumulatie in de bodem onderwijl voortdurend doorging. Doordat de constructie moeilijker was dan voorzien, is de vijver pas in juli 1975 in gebruik genomen.

Tussen 16 juli en 22 oktober 1975 werd de vijver zes maal doorgespoeld met relatief P-arm water uit de Hoge Vaart. Behalve na de eerste keer werd na het spoelen steeds een snelle algengroei gemeten (voor verdere gegevens zie Kouwe en Golterman, 1976).

Uit meting van de afvoer van algen met het daarin gebonden fosfaat kon berekend worden, dat ongeveer $1.2 \text{ g m}^{-2} \text{ PO}_4\text{-P}$ uit de sedimenten was verwijderd. De relatieve afname van 'Fe- en Ca-fosfaten' kon worden gevolgd. Uit de analyses van de bodem (afname P-concentratie per gram drooggewicht maal het droge stofgehalte per volume) berekenden Kouwe en Golterman (1976), dat ruwweg ongeveer $1.0 - 1.6 \text{ g m}^{-2}$ aan $\text{PO}_4\text{-P}$ uit de bodem verdwenen was; wanneer dit getal vermenigvuldigd wordt met het totaal van de in de bodem aanwezige fosfaten ($10 - 30 \text{ g m}^{-2}$) moet geconstateerd worden, dat zelfs met 6 x doorspoelen slechts een geringe hoeveelheid is afgevoerd.

Na de eerste keer doorspoelen bleek, dat algengroei eerst achterwege bleef, vermoedelijk door stikstofgebrek; het Hoge Vaart water is n.l. ook relatief arm aan stikstof (ongeveer 0.5 mg l^{-1} aan $\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{-N}$). Besloten werd met de verdere voortgang van het experiment niet te wachten op het op gang komen van een eventuele N-fixatie, daar zulks wellicht wel 4 - 6 weken zou kunnen duren en het jaar inmiddels al ver gevorderd was. Ook werd besloten in het volgende jaar tevens twee

kleinere bassins te bouwen ($\phi 6 \text{ m}$) om daarin eventuele effecten van al dan niet N-bemesting te bestuderen. Door toevoeging van stikstof aan het hoofdbassin werd bovendien de situatie nagebootst van het gehele meer waarin n.l. na de verwijdering van fosfaat uit het afvalwater nog wel stikstofzouten geloosd zou blijven worden. In 1976 werd derhalve onderzoek verricht in één grote en twee kleine bassins. Eén kleine vijver werd niet doorgespoeld en bleef de gehele zomer groen; dit suggereert, dat als alleen het inkomende water gedefosfateerd wordt geen verbetering optreedt. De andere kleine vijver werd wel doorgespoeld en bleef, doordat geen extra stikstof werd toegevoegd drie maanden helder, waarna een opbloei van *Oscillatoria* volgde. Stikstofafgifte van de bodem en mogelijk de later geconstateerde lekkage kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn geweest. In 1977 werd het eerste kleine bassin op dezelfde wijze behandeld als het grote. Er kon worden geconcludeerd, dat grote en kleine bassins zich nagenoeg overeenkomstig gedroegen. Tot eenzelfde conclusie kwamen ook Takahashi et al (1975), alhoewel zij kleine verschillen opmerkten. Wel viel het op, dat de golfslag in de kleine bassins iets geringer was, waarschijnlijk omdat deze in de 'golfschaduw' van het grote gebouwd waren.

In het kleine bassin waaraan geen stikstofzouten werden toegevoegd bleek ook een duidelijke algengroei plaats te vinden. Stikstofafgifte van de bodem — vooral in de warme periode van 1976, waarin mogelijk stratificatie optrad — zou dit kunnen verklaren. Ook is het mogelijk, dat het N-gehalte van de Hoge Vaart hoger was dan vroeger.

In de loop van 1976 werd het duidelijk, dat rekening gehouden moest worden met de eventuele menging van water van binnen en buiten de ring. Aangezien het Hoge

Vaartwater een ander chloridegehalte heeft dan het Veluwerandmeer kon het chloridegehalte gebruikt worden als maat voor de eventuele menging. Uit de waarnemingen van 1975 bleek dat menging niet optrad. In 1976 werd wel een enkele maal menging geconstateerd. Daarom werden alle waarnemingen na september niet meer in de beschouwingen opgenomen.

Een merkwaardige, doch vermoedelijk gunstige ontwikkeling werd gevonden in de soortensamenstelling in het hoofd bassin. Alhoewel het chlorophyl a gehalte altijd weer snel opliep tot waarden ongeveer gelijk aan het Veluwerandmeer zelf, werd toch al spoedig een grotere soortenrijkdom waargenomen. Gevonden werden n.l. Chlorophyta, Diatomeeën en Cryptomonales, terwijl in het meer alleen Oscillatoria gevonden worden. Eind 1976 kon het volgende worden geconstateerd:

a. De conclusies van 1975 konden worden bevestigd namelijk dat grote hoeveelheden bodemfosfaat beschikbaar zijn voor algen.

b. Gebruik gemaakt kan worden van deze algen om de fosfaten te verwijderen, namelijk door ze via een, gedurende een heel jaar vol te houden, spuiregime af te voeren. De kosten hiervan werden door ZZW in de jaren zeventig al op Fl 10⁶ geschat. Het is duidelijk, dat na de energiecrisis de kosten van een dergelijke behandeling van het oppervlaktewater wellicht prohibitief zullen worden, vooral daar de geaccumuleerde hoeveelheid fosfaat inmiddels aanzienlijk is toegenomen (niettemin zijn deze kosten vermoedelijk lager dan die van het nu wel geopperde baggeren).

c. Er was geen duidelijk verband tussen pH en ortho- of Totaal-fosfaat. Zowel in 1975 als in 1976 werden tijdens perioden met hoge pH niet vaker hoge PO₄-P noch ook Tot-P gehalten gevonden dan tijdens periodes met lagere pH. Als de pH tegen o-fosfaat of Tot-P wordt uitgezet wordt een willekeurige puntenwolk verkregen.

Eén der moeilijkheden in 1976 was, dat het water uit de Hoge Vaart veel meer algen bevatte dan in 1975 en voor de doorspoeling van de vijvers eigenlijk niet geschikt was. Daarom dit in de (zeer droge) zomer van 1976 speciaal het geval was is door ons niet achterhaald. Het blijft bij dit onderzoek een moeilijk, doch belangrijk punt om over voldoende P-arm en alg-arm water te beschikken.

Een enkele maal werden in 1976 de concentraties van enkele zware metalen gemeten. Er werd geen enkele aanwijzing gevonden, dat de gehalten enig effect zouden hebben gehad op de algengroei.

Aangezien voor 1977 en 1978 een full-time academicus door ZZW was toegezegd werd besloten naast het lopende onderzoek meer

aandacht te geven aan de eventuele menging van binnen- en buitenwater. Helaas is door bureaucratische beslommeringen het krediet hiervoor nooit besteed. In 1978 werden door de heer A. G. Wissele nog enkele doorspoelingen verricht, doch daar geen tijd beschikbaar was voor meer analyses dan die van o-fosfaat en chlorophyl a kon geen verder onderzoek verricht worden. Wel werden enkele chloride belastingsproeven uitgevoerd. Het bleek moeilijk een duidelijk antwoord te vinden op de vraag of lekkage optrad of niet. De soepele plastic onderrand van de vijver is indertijd enkele dm's diep in de modder ingegraven en in principe zal hier dus door diffusie via interstitieel water menging kunnen optreden. Verondersteld werd dat door P-adsorptie aan bodem materiaal zulks niet geschiedt met opgelost fosfaat.

In enkele gevallen werd geconstateerd, dat menging pas na een maand volledig was, doch in andere gevallen bleek dat al in een week het geval te zijn. Dergelijke periodes lijken mij in principe respectievelijk 'geen' en 'grote' lekkage aan te duiden. Een meer kwantitatieve uitwerking van dit verschijnsel kan gebeuren met de bij ZZW beschikbare chloridegehalten gedurende het gehele jaar.

Separaat uitgevoerd onderzoek

In 1973 werd een aantal monsters van 10 verschillende meren — waaronder het Veluwerandmeer — op P-gehalte, beschikbaarheid voor algen en extraheerbaarheid door NTA onderzocht (Voor de methodiek zie Golterman, Bakels en Möglin 1969 en Golterman 1977). Het bleek, dat in alle gevallen (zie Tabel II) veel fosfaat voor algenopbloei aanwezig is en dat deze hoeveelheid niet correleerde met de hoeveelheid extraheerbaar fosfaat. (In enkele voorlopige experimenten bleek, dat zulks wel het geval was met door Ca-TNA extraheerbaar fosfaat).

Het P-gehalte in deze meren varieerde van 100 - 365 µg P per gram natte modder. Het gehalte aan potentieel beschikbaar fosfaat varieerde van 20 % - 100 %. Vooruitlopend op nog elders te publiceren resultaten kunnen we uit dit onderzoek concluderen, dat in alle onderzochte meren aanzienlijke hoeveelheden opneembaar fosfaat aanwezig zijn. Het percentage opneembaar fosfaat was speciaal laag in humus-rijke moddermonsters; zelfs vers hieraan toegevoegd fosfaat was al snel niet meer beschikbaar. Uit de gevonden gehalten kan berekend worden (aannemende een 10 cm dikke 'actieve' laag) een potentiële reserve van 10 - 36 g m⁻² PO₄-P, hetgeen in goede overeenstemming is met de door Kouwe gevonden waarden voor het Veluwerandmeer (10 - 30 g m⁻²), en wel mogelijk lijkt

TABEL II - Fosfaat gehalte (µg per g natte modder) en percentage opneembaar fosfaat uit moddermonsters van enkele Nederlandse plassen. Voor methodiek zie Golterman, Bakels en Möglin 1969 en Golterman 1977).

| Naam meer | P-gehalte | Percentage opneembaar | Hoeveheid modd per ex |
|-------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|
| Veluwemeer (bij eiland) | 101 | 13; 20 | 4; 3 |
| Id. midden | 245 | 20 | 3 |
| Id. midden | 203 | 26 | 3 |
| Id. vaargeul 0-6 cm | 300 | 93 | 3 |
| Id. 6 - 11 cm | 225 | 56 | 3 |
| Id. 11 - 16 cm | 342 | 70 | 3 |
| Id. 16 - 21 cm | 365 | 65 | 3 |
| Loosdrecht | 250 | 12 | 4 |
| | 250 | 19 | 8 |
| Grote Brekken | 123 | 55 | 8 |
| | 123 | 100 | 3 |
| Pikmeer | 91 | 36 | 8 |
| | 91 | 63 | 3 |
| Langw. Wielen | 114 | 36 | 8 |
| | 114 | 53 | 3 |
| Brandermeer | 25 | 32 | 3 |
| Tjeukemeer | 242 | 100 | 3 |
| Sneekermeer Z | 76 | 66 | 8 |
| | 76 | 78 | 3 |
| Sneekermeer N | 63 | 48 | 8 |
| | 63 | 58 | 3 |

gezien de gemiddelde fosfaat-belastingwaarde voor Nederland (6 g m⁻² j⁻¹).

Wanneer we mogen aannemen, dat na het eventueel stoppen van de P-toevoer nog 20 x per jaar algenopbloei plaatsvindt (Golterman en Kouwe, 1980) en dat ieder keer 5 % van het gebonden fosfaat niet mineraliseert (Golterman, 1973), dan blijkt dat 10 g PO₄-P per m² voldoende fosfaat kan naleveren voor ongeveer 30 jaar, tenzij andere processen alsnog fosfaat in de bodem onwerkzaam zouden maken, waarvoor overigens alsnog geen aanwijzingen gevonden zijn.

Voor toekomstig onderzoek wordt er op gewezen, dat slechts gemeten wordt in hoe verre fosfaat na 1 - 3 weken beschikbaar is. Wegens de langzame instelling van het evenwicht zou het nuttig zijn de proefduur aanzienlijk te verlengen en een proefduur van 1 - 3 maanden op te zetten, hetgeen bemoeilijkt wordt door o.a. ongewenste bacteriële opbloei. Wellicht is het mogelijk een niet te dikke algensuspensie over een met agar-agar stijf gemaakte bodem te laten stromen. Kort durende proeven, zoals wij wel in continue cultures hebben geprobeerd, leidden niet tot enig resultaat.

Toekomstig gebruik van proefvijvers

Aangezien ook in de toekomst alleen via soortgelijke proefvijvers voorspellingen gemaakt kunnen worden over de eventuele 'opknapperperiode' van te saneren plassen lijkt het nuttig enkele bevindingen vast te leggen. Gerealiseerd moet worden, dat de bouw

ostbaar is (f 100.000 of meer, zie rapport Iota B 74 - 2, 1974, ZZW) en technisch zeer moeilijk. De kwetsbaarheid van dit soort vijvers is veel groter in ondiepe (1,5 - 2 m) an in diepe plassen (> 10 m). Mechanische eschadigingen treden namelijk veel eerder p; soortgelijke ervaringen zijn ook op-edaan door B. Wood (ongepubliceerd) met roefvijvers in Loch Neagh, die door een ratige storm volledig uit het water geblazen werden.

oorts hebben deze vijvers mechanisch eer te lijden als grote reserve in hun 'toogte' moet worden ingebouwd om grote iveauveranderingen van het meer zelf op te vangen. Doek met een gelaagde structuur jkt na onze ervaringen niet meer zinvol. en tweede moeilijk probleem is de winter- tuatie. Het is duidelijk geworden, dat dit soort experimenten niet in een jaar kunnen worden beëindigd. Een beslissing moet daarom altijd tijdig genomen worden of de ijver 's winters gehandhaafd kan worden tets het risico van ernstige vorstschade. 'erwijdering van de vijver leidt tot een mogelijke herbelasting van de gedeeltelijk itgeputte sedimenten. Een nadeel van het winters opruimen is tevens, dat pas om- reeks Pasen met de herstelbouw begonnen an worden en dat de voorjaarsopbloei dus iet in het experiment gebruikt kan worden. e meen derhalve dat het essentieel is, dat e vijvers 's winters in functie blijven; dit ul er wellicht toe leiden, dat de vijvers einer moeten blijven, zodat ze vorstvrij houden kunnen worden.

et gebruik van soepele zijwanden was idelijk een gunstige factor. Het is melijk opgevallen, dat de golven van het eluwemeer door de proefvijvers 'heer- open'. Soepele vijvers zijn derhalve beter in stijve vijvers, waarin sneller sediment- tie optreedt, terwijl ze stormen nog echter doorstaan. Nooit is in de vijvers bij arderwijk sedimentatie van algen gecon- ateed, terwijl slechts eenmaal mogelijk- ijs stratificatie optrad. Dit had door ekelijks roeren overigens gemakkelijk vorkomen kunnen worden, mits tijdig onstateerd.

Acknowledgement

De hulp van de Dienst der Zuiderzeewerken ordt met dank vermeld. Zonder de hulp n de technische en waterloopkundige delingen van deze dienst was het experi- ent nooit geslaagd. Met name wil ik G. P. Felijs en Ir. F. A. M. Claessen nemen.

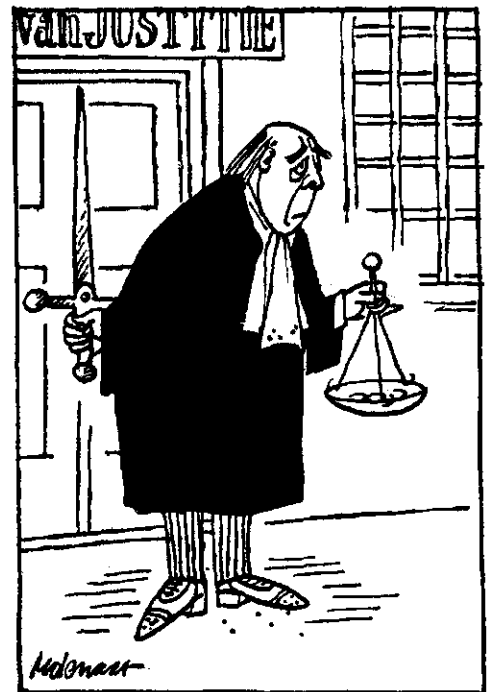
el financiële hulp werd verkregen van de derlandse Vereniging van Zeepfabrikan- 1, waardoor chemicaliën en vervoer regeld konden worden en twee studenten n het project konden deelnemen. De

wetenschappelijke adviezen van Ir. N. T. de Oude werden voortdurend grotelijks gewaardeerd.

Mevr. M. Engel-van 't Hof, Mej. B. J. v. Leeuwen en de heren B. Richter, F. Kouwe en A. Wisselo werkten met groot enthousiasme aan het project; de heer E. Mols verleende enthousiast hulp bij de determinaties der algen.

Literatuur

1. C. Berger, 1975. H₂O 8, 340-350.
2. H. L. Golterman, 1970. H₂O 3, 209-213.
3. H. L. Golterman, 1977. In: *Interactions between sediments and freshwater*. H. L. Golterman (Ed.), p. 286-293.
4. H. L. Golterman, C. C. Bakels en J. Jacobs-Möglin, 1969. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 17, 467-479.
5. H. L. Golterman en F. A. Kouwe, 1980. In: *The functioning of freshwater ecosystems*; E. D. le Cren and R. H. Lowe-McConnell (Ed.). IBP 22. Cambridge University Press. p. 000-000.
6. F. A. Kouwe en H. L. Golterman, 1976. H₂O 9, 84-86.
7. M. Takahashi, W. H. Thomas, D. L. R. Seibert, J. Beers, P. Koeller en T. R. Parsons, 1975. *The replication of biological events in enclosed water columns*. Arch. Hydrobiol. 76, 5-23.
8. Dienst Zuiderzeewerken, 1974. Nota B 74 - 2. Experimenteel onderzoek naar de mogelijkheid om de fosfaattoevoer vanuit het bodemslib van een meer via doorspoelen van dat meer te reduceren.



Leveren aan krakers of niet, dat is de kwestie!

Zeer onlangs nam de auteur kennis van drie recente, nog niet gepubliceerde, rechterlijke uitspraken over het al dan niet leveren van energie en/of water aan krakers. Omdat deze uitspraken niet zonder betekenis zijn voor de lezers van dit blad, volgt hierna een korte weergave van de drie zaken.

1. Op 28 april 1980 besliste de *President* van de *Arrondissementsrechtbank* te *Haarlem* afwijzend op de vordering in kort geding van een huiseigenaar te *Haarlem*, dat hij de provincie Noord-Holland (PEN) zou bevelen om de levering van stroom aan een kraker van zijn woning te staken. De kraker had een leveringsovereenkomst met het PEN gesloten, na eerst een waarborgsom te hebben betaald. De *President* overwoog daarbij dat de provincie krachtens een desbetreffende rijksconcessie de plicht zou hebben stroom te leveren aan elke gegadigde binnen het concessiegebied. Het feit, dat de leveringsvoorwaarden het PEN de bevoegdheid geven een aanvraag voor aansluiting of levering van elektriciteit te weigeren, als de aanvrager niet kan aantonen 'gerechtigd te zijn tot het object waarvoor de aanvraag dient', geeft eiser zijns inziens geen rechten jegens de provincie, temeer daar die bepaling nog nooit was toegepast.

De *President* concludeerde dat niet zonder meer en op voorhand * gesproken kan

* In een kort geding kan alleen maar ruimte voor een 'oordeel op voorhand' en 'een aanvankelijk oordeel' van de rechter bestaan, omdat de gelegenheid van een diepgaand onderzoek 'ten principale' per definitie ontbreekt.