

Warme meren, opgewarmde meren en polyfosfaten*)

Op uitnodiging van de Israel Scientific Research Conferences nam ik in september deel aan een symposium 'The interaction between hydrographic, physical and biological factors in warm lakes', waarvoor twintig niet-Israëlische deelnemers waren uitgenodigd. Door de buitenlandse gasten werden dertien voordrachten gehouden met als opdracht aan te geven of men in warme meren afwijkingen kan verwachten van datgene wat bekend is van meren in gematigde streken.

Voorts werden zes voordrachten gehouden door onderzoekers over hun werk aan het



DR. H. L. GOLTERMAN
Limnologisch Instituut
Nieuwersluis

meer van Kinneret (Meer van Galilea) en drie over werk verricht in het Solar Lake, een zout meer nabij Eilat. Een algemene inleiding werd gegeven door C. Serruya, directrice van het Lake Kinneret Laboratorium, en een historische door Rodhe, die vooral het werk van Thienemann en Ruttner op Java belichtte. Talling bracht naar voren dat, hoewel primaire produktie in warme meren per m^3 in dezelfde orde van grootte verloopt als in gematigde meren, dit per m^2 per dag in warme meren hoger is; op jaarbasis wordt het verschil nog groter door het langere groeiseizoen. De correlatie tussen primaire produktie en geografische ligging, zoals die in de voorlopige IBP samenvatting is gepubliceerd, wordt dan ook niet door de grotere lichtintensiteit in de tropen veroorzaakt, maar door de lengte van het groeiseizoen. Ook de respiratie is hoger. Talling toonde aan, dat hoewel voor algen in het algemeen een $Q_{10}=2$ geldt dit voor natuurlijke populaties niet opgaat door een nutriënten tekort. Edmondson besprak voornamelijk de populatie van zoöplankton. Hij vermeldde dat een zelfde soort uit arctische of tropische meren vaak dezelfde temperatuurcoëfficiënt heeft. Voorts meende hij dat in warme meren meestal een grotere standing crop voorkomt en dat concentratie tussen verschillende soorten extreem temperatuurgevoelig is. Mortimer behandelde de fysische invloeden op meren zoals golfvorming, waterbeweging, warmte budget en de hydromechanica van de temperatuur spronglaag. In een film van een simulatie model liet hij zien hoe door resonantie tussen de

interne beweging van de temperatuur spronglaag en storm deze spronglaag zo kan gaan schommelen, dat water uit het hypolimnion kan ontsnappen naar het epilimnion. Heel duidelijk gebeurt dit in het meer van Kinneret, aangezien de eigen frequentie van de beweging van de spronglaag en de frequentie van de wind beide ongeveer eens per 24 uur is. Dergelijke periodieke winden komen in de tropen vaker voor dan in de gematigde zones. Een andere kracht die waterbeweging veroorzaakt wordt geïnduceerd door de rotatie der aarde (Coriolis Kraacht) en is dus afhankelijk van de latitude en de ligging van de as t.o.v. de draaiing der aarde. Lee hield twee voordrachten, een over het nutriënten budget van Lake Madison en een over de hydromechanica van het transport van nutriënten uit de sedimenten naar het epilimnion. Zelf hield ik twee voordrachten, getiteld:

1. The different mechanisms involved in the recycling of organic matter.
2. Phosphorus in sediments of warm lakes.

Met Shilo had ondergetekende een lange discussie over het afsterfmechanisme van algen in tropische meren. Tijdens mijn werk in Oeganda constateerde ik dat de algenpopulaties in de tropen precies even hard afsterven als in de gematigde zones, doch de veranderingen van fysische en chemische factoren kan daar moeilijk de oorzaak van zijn. Shilo meent dat fotooxidatie in combinatie met CO_2 -depletie de oorzaak van successie in de tropen is. Hij vindt in cultures hiervoor sterke aanwijzingen en constateert massaal afsterven van de blauwwier *Anacystis* onder soortgelijke omstandigheden. Een en ander sluit erg goed aan bij mijn experimenten in Lake George. Na afloop van het symposium kon ik nog enige tijd blijven werken. Pogingen om rechtstreeks de mineralisatie van algen te meten mislukte door de geringe dichtheid van de populatie. Wel werd gevonden dat de O_2 -opname in het licht groter was dan die in het donker, wanneer de fotosynthese in het licht geremd werd door DCMU. Voorts startte ik enkele cultures met klei uit de rivier de Jordaan als enige fosfaatbron. Overeenkomstig de verwachting groeide deze cultures uitsluitend als een extra fosfaatbron werd toegevoegd. Ook in deze experimenten bleek het fosfaat dat in de klei zelf voorkomt niet voor algen opneembaar te zijn. Door de politieke gebeurtenissen na mijn vertrek is verdere rapportage over deze experimenten aan mij uiteraard gevallen. De experimenten — onvolledig als zij waren — sloten goed aan bij de tot nog toe geconstateerde

*) Verslag van een studiereis naar Israël, Versailles, de VS en Canada.

geringe algenopbloei in het meer, die niet verklaard kon worden daar een grote fosfaat toevoer met de klei plaatsvindt. Uitsluitend in het vroege voorjaar vindt een massale opbloei van de dinoflagellaat *Peridinium cinctum* plaats. Collega Serruya en ik berekenden een volledige nutriëntenbalans. Het meest opvallend hierin was een sterke denitrificatie in het voorjaar onder aërobie omstandigheden; dit verschijnsel wordt in veel ondiepe meren ook gevonden, o.a. in het Tjeukemeer. In tegenstelling tot collega Serruya meen ik, dat deze denitrificatie aan algen moet worden toegeschreven.

Na afloop van het Israëliësch symposium nam ik deel aan een 'workshop' 'Les équilibres biologiques en face de la Pollution Thermique' op 30 september en 1 oktober 1973, georganiseerd door het Institut de la Vie te Parijs. De bedoeling van het symposium was een 'brain storming' over dit onderwerp en het voorbereiden van een groot symposium in 1974. Ik hield een voordracht over de invloed van temperatuurverhoging op concurrentie in fyto en zoöplankton populaties en mogelijke gevolgen voor de voedselproductie en opname. Hierin werd o.a. veel aandacht aan juist de wintersituatie gegeven. Een fraai voorbeeld van mogelijke verstoringen door opwarming in de winter is de ontwikkeling van larven van *Asellopsis intermedia* in de Clyde Sea in januari in plaats van in mei. Door voedselgebrek sterft de populatie vervolgens snel af. Opmerkelijk was het standpunt van enkele Amerikaanse medewerkers van de EPA, die hebben voorgesteld dat grote centrales niet langer meer mogen worden gebouwd aan zoet water of in estuariën. Uit enkele voordrachten kwam naar voren, dat er altijd weer onvoorziene gevolgen kunnen zijn. Zo bleek een bepaalde vislarve gedurende twee dagen na zijn levenscyclus niet bestand te zijn tegen passage door pompen, hetgeen in experimenten vooraf niet gebleken was. De voordrachten, die in 1973 werden gehouden zullen als discussiestukken gebruikt worden voor het symposium in 1974, terwijl de inleiders zijn gevraagd als rapporteur op hun gebied op te treden. Tenslotte bezocht ik enkele laboratoria in Burlington, Winnipeg en Cincinnati in verband met de gewenste vervanging van polyfosfaten uit wasmiddelen door NTA. In Burlington bezocht ik dr. Bruce en zijn medewerkers. In Canada wordt NTA op grote schaal gebruikt, daar polyfosfaten thans verboden zijn. Bij mijn bezoek werden de volgende punten onder mijn aandacht gebracht:

1. De snelle afbraak, zowel in rioolwaterinstallaties als in het meer zelf.
Zo blijkt de concentratie in Hamilton

Bay van Lake Ontario altijd beneden de detectie grens ($< 10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) te blijven, ondanks de belasting met 0,88 g per m² per jaar.

2. Geen interactie werd geconstateerd met (zware) metalen in rioolwaterzuiveringsinstallaties.
3. Geen mobilisatie van ijzerfosfaat of zware metalen uit sedimenten vindt plaats.

Onderzoek over NTA is in Canada min of meer afgesloten; er loopt alleen nog een monitoring programma.

Ook in Winnipeg is men op NTA min of meer uitgestudeerd. Ook hier blijkt in rivier- of meerwater vrijwel geen NTA aantoonbaar te zijn. (Red en Assiniboine Rivers, die rioolwater uit Winnipeg ontvangt met ongeveer 0,5 NTA per liter.) Uitsluitend in een rioolwater lagoon onder ijs bleek geen afbraak plaats te vinden, maar ook onder deze omstandigheden kan in de rivier geen NTA aangetoond worden. Ook studies over de invloed van NTA op waterfauna waren nu vrijwel afgesloten. Een van de laatste studies betrof de invloed van NTA op vier generaties van de zoetwaterslak *Helisoma trivolvis*. Het bleek dat concentraties boven 25 mg per liter stress op groei en vruchtbaarheid veroorzaakten, die in de opeenvolgende generaties afnam.

Geconstateerd werd dat NTA in concentraties, die in natuurlijk water verwacht kunnen worden geen enkele invloed op *H. trivolvis* kan hebben. In een studie over de invloed van NTA op *Chironomus* larven in aquaria met sediment, dat verontreinigd was met zware metalen bleek NTA (0,2 mg/l) geen grotere mobilisatie te veroorzaken dan het eveneens geteste polyfosfaat. Bij hogere concentraties trad een mobilisatie op, die wel groter was dan die veroorzaakt door polyfosfaat doch geen vergrote opname door muggenlarven kan worden gevonden. Een studie over vervanging met NTA verricht door Shannon en Kamp (Environmental Protection Service, Canada) bevestigde dat NTA in rioolwater snel wordt afgebroken (60 - 70 %) en niet interfereert met zware metalen, noch ook de fosfaatverwijdering uit rioolwater met ijzer of aluminium bemoeilijkt. (Integendeel, er kunnen zelfs kleinere doses worden gebruikt.)

In Cincinnati (VS) werd de drinkwaterafdeling van de EPA bezocht (Roebeck). Hier werd informeel een concentratie van NTA tot $50 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ als acceptabele norm voor drinkwater genoemd. Voorts werd bezocht de 'Environmental Water Quality Research Dept.' van Procter en Gamble. Uitvoerig werd gediscussieerd over de geplande defosfatering van het Veluwe

randmeer en het daarbij horende proefvijveronderzoek, daar dergelijke studies in ondiepe meren nog niet verricht waren. De kritische opmerkingen die werden gemaakt hebben veel bijgedragen tot de verdere planning van dit experiment (discussies met dr. J. Duthie en dr. F. Lee, University Wisconsin).

Er werd een uitgebreid bezoek gebracht aan de afdeling algologie (A. Payne en R. Hall). Mijn kritiek op hun experimenten met water uit het Veluwe randmeer en in het algemeen op de American Standard Tests for Bioassay's werd goed ontvangen. Veel inzicht werd gegeven in de mogelijke eutrofiërende effecten van allerlei potentiële fosfaatvervangende middelen. Een opmerkelijke openheid in de discussie en bij het ter inzage geven van gegevens viel op. Met dr. W. Lange werd uitvoerig gesproken over de koolstof-fosfaat controverse. Lange, die algemeen beschouwd wordt als iemand die meent dat koolstof de beperkende factor is, distantieert zich hiervan uitdrukkelijk. Hij wordt veelal verkeerd geciteerd en heeft alleen bedoeld te zeggen dat organische stof in meren waar koolzuur beperkend is, via bacteriën kan worden afgebroken en zo de groei van algen kan bevorderen. Ook in de laboratoria van Procter en Gamble wordt hard gewerkt aan de defosfatering van rioolwater. R. S. Bowles werkte aan het systeem, waarbij slechts 13 % van het effluent, bevattende echter vrijwel al het fosfaat ($40 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) met kalk behandeld hoeft te worden, waarna de fosfaatrijke slurry via de voorbezinking wordt afgevoerd. Het geheel berust op de waarneming, dat actief slib het fosfaat blijft vasthouden zolang het aëroob is, doch dit laat schieten tijdens de bezinking, waar het nl. snel anaëroob wordt. Hierdoor is geen ijzerprecipitatie meer nodig.

Samenvattend moet worden gezegd, dat de impressies in Canada en de VS opgedaan mij steunen in het streven naar de vervanging van polyfosfaten in wasmiddelen door NTA en dat voorts op het gebied van de defosfatering nog aanzienlijke technische verbeteringen mogelijk zijn. De onzekerheid die ik voel, ondiepe meren te herstellen na een eventueel stoppen van de fosfaattoevoer werd helaas echter versterkt. Een reden temeer om snel met onderzoek in deze richting te beginnen.

