

INSTITUUT VOOR BIOLOGISCH EN SCHEIKUNDIG ONDERZOEK
VAN LANDBOUWGEWASSEN

Wageningen

Verslagen nr. 65, 1972

Verslag van een studiereis naar Engeland
(18 september - 2 oktober 1972)

door

drs. J.C.J. van Zon en H.J. Rinkema

1. *Chlorophyll a* (Chl a)

100%

Chlorophyll a (Chl a) and *Chlorophyll b* (Chl b) are the two main types of chlorophyll found in plants.

I. Inleiding

De reis was opgezet in verband met de wenselijkheid te komen tot een meer bilaterale internationale samenwerking tussen de groepen onderzoekers die zich in Engeland en Nederland met waterplantenbestrijding en alle problemen daaromheen bezighouden. Dergelijke samenwerking kan slechts dan geconcretiseerd worden, wanneer men goed op de hoogte is van de mogelijkheden, de aanpak en de bereikte resultaten in de samenvallende onderzoeksterreinen. Een aantal bezoeken was hierop duidelijk gericht. Daarnaast is van de gelegenheid gebruik gemaakt om enkele andere instituten en industrieën te bezoeken, waarvan we verwachtten dat hun research hetzij rechtstreeks, hetzij via bruikbare technieken voor ons een nuttige steun kon leveren. Bovendien kon dit ons een indruk verschaffen omtrent de integratie van fundamenteel en toegepast denken en doen op het gebied van het aquatisch ecologisch onderzoek.

Een lijst van tijdens de reis verzamelde overdrukken en determinatietabellen voor aquatische organismen zal worden samengesteld.

De reis werd voor H.J. Rinkema financieel gesteund door een bijdrage van TNO (Commissie Nevenwerkingen Bestrijdingsmiddelen).

II. De bezochte personen, instituten en laboratoria

1. 18-9: Shell Research, Sittingbourne

Voor pesticidenonderzoek zijn verschillende afdelingen aanwezig: een fysiologische (waar moet een middel aangrijpen en hoe werkt een middel), een toxicologische en een analytisch-chemische (ontwikkeling van nieuwe middelen, alsmede studies over hun metabolisme en ontwikkeling van detectiemethoden). Er wordt veel onderzoek gedaan naar factoren die de werking van een middel kunnen beïnvloeden, zowel in de kas als in het veld (klimatologische omstandigheden, interactie met andere pesticiden, bodeminteractie). Werkingsonderzoek wordt in vele onderafdelingen in allerlei landen gedaan om de werking onder velerlei condities te kennen.

De rest van het evaluatie-onderzoek gebeurt door nationale marketing-afdelingen, die de plaatselijke eisen in hun werkzaamheden betrekken. Shell Research bepaalt de eigenschappen van een middel; de detaillering van de gebruiksmogelijkheden wordt als een commerciële ontwikkelingszaak gezien.

P.H. Rosher : hoofd afd. ontwikkeling nieuwe middelen
M.J. Webb : evaluering van pesticiden
D.H. Payne : waterplantenbestrijding
Elgar en T. Robbert: analytisch werk en metabolisme

2. 19-9: Salmon and Freshwater Fisheries Laboratory, Min. of Agriculture, Fisheries and Food, Whitehall Place, Londen

Dit laboratorium is voornamelijk geïnteresseerd in problemen en mogelijkheden bij de zalm- en forelvisserij. Er wordt intensief samengewerkt met de River Authorities in het land. Er vindt onderzoek plaats over het gedrag van vissen bij verschillende O₂- en CO₂-spanningen. In kleine afdelingen gebeurt hier ook het onderzoek naar de bruikbaarheid van de graskarper als bestrijder van waterplanten in Engeland, alsmede een studie naar kweekmethoden van deze dieren. Bovendien vindt het officiële vistoxiciteitsonderzoek van aquatische herbiciden hier plaats.

B. Stott : graskarper

T.E. Tooby : toxiciteitproeven

E. Donászy (Fish Culture Research Station, Szarves, Hongarije):
was als gast aanwezig, zijn station produceerde in 1971 14 miljoen graskarperlarven.

3. 22-9: Jealott's Hill Research Station, Bracknell, Berkshire

ICI's onderzoeksinstituut voor landbouwchemicaliën, waar de ook voor aquatische doeleinden gebruikte herbiciden paraquat en diquat ontwikkeld werden. Op het ogenblik is de staf nogal bezig met "slow-release" stikstofmeststoffen en met de produktie van "biomass" uit methanal (Noordzeegas !) met behulp van bacteriën. Aan waterplantenonderzoek wordt niets gedaan. Er is een ecologische afdeling, die met betrekking tot het water voornamelijk dienst doet om het image op te houden en zich verder o.a. bezighoudt met de vogelstand op en rond de proefboerderijen.

J.F. Newman : ecologie

P. Slade : metabolisme en residu-studies

4. 22-9: Applied Horticulture Ltd., Broadford Bridge, Billingham, Sussex

Dit is een privé firma, bestaande uit de ex-ICI-waterplantenspecialist, die zich bezighoudt met het verkopen van adviezen en

middelen voor chemische bestrijding van waterplanten. De firma controleert de uitvoering van de bestrijding.
Mr. en Mrs. M. de Lara.

5. 25-9: Brixham Laboratory (ICI), Freshwater Quarry, Brixham, Devon

Dit laboratorium, oorspronkelijk opgezet voor het testen van verf voor zeeschepen, richt zich grotendeels op problemen rond lozing van ICI-afvalstoffen in zee.

De afdeling "Treatment" tracht de afbreekbare afvalstof zodanig te behandelen dat ze zo min mogelijk giftig de pijpleiding ingaat; de niet-afbreekbare probeert men elders kwijt te raken.

De afdeling "Disposal" tracht een beeld te krijgen van chemische, fysische en vooral ook biologische effecten van de effluënten. Dit laatste door middel van een uitgebreide biologische inventarisatie van de macrofauna, zo mogelijk reeds vóór de bouw van pijpleidingen. Verder houdt men zich op het laboratorium ook bezig met vistoxiciteitstoetsen voor ICI-produkten, terwijl er tenslotte een technische ontwikkelingsafdeling is, die o.a. een toren heeft ontworpen (die goed verkocht wordt) voor het omlaagbrengen van de BOD-waarden in de effluënten van bepaalde industrieën.

B.R.H. Williams : hoofd afdeling "Disposal"
J.F. Tapp : "biological monitoring"
Stevenson : effecten van effluënten op lange termijn op populatie-opbouw, activiteit en bloedchemie

6. 26-9: Freshwater Biological Association, River Laboratory, Wareham, Dorset

Fundamenteel onderzoek aan enkele kalkstromen en hun ecosystemen.

D.F. Westlake : botanie
L.C.V. Pinder : insecten (voornamelijk Chironomidae)
I.M. Orwin : vissen
H. Casey : waterchemie

7. 27-9: Weed Research Organization, Begbroke Hill, Yarnton, Oxford

Het officiële instituut voor onkruidonderzoek. De afdeling waterplanten houdt zich voornamelijk bezig met het testen van veelbelovende chemicaliën in laboratorium-, semipraktijk- en praktijkomstandigheden.

Verder wordt medewerking verleend aan graskarperproeven. Onderzoek

naar neveneffecten van aquatische herbiciden vindt niet plaats. Door de anderssoortige outillage en achtergrondkennis is intensievere samenwerking in de toekomst zeer gewenst.
T.O. Robson : waterplanten

8. 28-9: Monks Wood Experimental Station, Abbots Ripton,
Huntingdon

Dit Instituut is verantwoordelijk voor een groot gedeelte van het toegepaste onderzoek ten dienste van de Nature Conservancy. De "Section Toxic Chemicals and Wildlife" bezit 20 vijvertjes in een veengebied, waarin jarenlang fundamenteel onderzoek is gedaan naar de biologische bezetting en haar fluctuaties. In deze bekende milieu's zijn middelen ter bestrijding van waterplanten geïntroduceerd.

C. Newbold : bovengenoemd onderzoek

9. 29-8: Water Pollution Research Laboratory, Eder Way, Stevenage

Op dit laboratorium wordt onderzoek gedaan met industriële afvalstoffen. Nagegaan worden de effecten van effluënten op vis (toxiciteit en opname) en planten (opname) en de afbraak van de stoffen in water en bodem. Het meeste onderzoek gebeurt in opdracht en dient in een zo kort mogelijke tijd antwoorden op het gevraagde te verschaffen, hetgeen de diepgang niet ten goede komt. Men probeert dan ook, waar mogelijk, fundamenteel werk en onderzoek naar neveneffecten in te passen. Voor zover men daartoe zelf niet in staat is worden anderen (Universiteiten, andere instituten) geïnteresseerd.

Enkele grote projecten worden bekeken, zoals de geschiedenis van inkomende nutriënten in een drink- en recreatiewaterreservoir en de effecten van effluënten van waterzuiveringsinstallaties in enkele lagunes.

J.S. Alabaster : vissen

V. Brown : vistoxiciteit

M. Owens : plankton en voedingsstoffen

10. 2-10. Freshwater Biological Association, Ferry House, Ambleside,
Westmoreland

Fundamenteel biologisch onderzoek wordt verricht in meren, rivieren en beekjes van het Lake-district; veel taxonomisch werk en onderzoek naar milieuvorwaarden voor organismen, maar ook wordt af en toe hulp geboden bij toegepast onder-

zoek. Het instituut heeft een bijzonder uitgebreide en overzichtelijke limnologische bibliotheek.

Miss D.A. Kitching : macrofauna (assistente T.T. Macan)
J.M. Elliott : vissen en macrofauna
J.E.M. Horne : bibliothecaris

III. Samenvatting van de bezoeken

A. Waterplantenbestrijding

1. Stand van zaken in Engeland

Voor de bestrijding van waterplanten in stromend water is nog geen afdoende oplossing gevonden. In "stilstaand" water (sloten, kanalen, vijvers) wordt hetzij mechanisch geschoond, hetzij met herbiciden gewerkt, waarbij diquat wordt gebruikt tegen submersen en dalapon tegen emergenten. Bespuiting met groeistoffen (2,4-D-esters) gebeurt niet vaak. Dichlobenil is volledig vrijgegeven, maar wordt vrijwel alleen door particulieren gebruikt voor tuinvijvers en dan nog in het algemeen slechts één jaar, wegens de opkomst van draadalg na behandeling (De Lara). Philips-Duphar wil de concentratie van dichlobenil opvoeren tot 8 ppm, waardoor algicide werking wordt verkregen, maar hiertegen bestaan ernstige bezwaren (Newbold). Watervlooiën zijn bij 8 ppm in 4 dagen allemaal dood. Visserijmensen zijn toch al bezorgd over dichlobenil, want 1 ppm actieve stof is al erg dicht bij de toxische concentratie voor vis (Toby) en 1 ppm heeft al invloed op de groeistadia van een aantal evertbraten (Newbold). Diuron zal het volgend jaar zeer waarschijnlijk worden vrijgegeven voor gebruik in stilstaand water (0,3 ppm). Het is nog niet zeker of de toestemming, evenals in Nederland het geval is, gekoppeld zal worden aan (draad)algenoverlast.

2. Nieuwe ontwikkelingen bij de chemische bestrijding

Terbutryn wordt zowel door CIBA-GEIGY als door de WRO onderzocht. De resultaten zijn tot nu toe niet uniform. Gegevens van Robson over de langdurigheid van de O₂-daling en van de opbloei van Cladoceren en Diatomeeën stemmen overeen met onze bevindingen. Er wordt getracht om terbutryn in zeer

lage concentraties als groeivertrager te laten werken. Met deze stof bestaan mogelijkheden in dit opzicht, omdat het in de laagst mogelijke concentraties een herbicide blijft, in tegenstelling tot bijv. diuron. Ander werk met groeivertragers is gestopt, ook met het aanvankelijk veelbelovende chloorprofam, omdat de toxiciteit in het algemeen hoog is en de kans op carcinogene werking niet denkbeeldig (Robson).

Shell doet nogal wat onderzoek aan de nieuwe triazine WL-63611, hoewel er nog altijd twijfel bestaat omtrent de te verwerven markt. Voorlopig ziet men alleen een toekomst in tropische gebieden, waar de persistentie van het middel een voordeel kan zijn in de strijd tegen waterhyacinth. Tegen deze plant blijkt de stof bijzonder actief te zijn, hetgeen van terbutryn niet gezegd kon worden. Er is echter nog niet vastgesteld of het sterke effect niet voor een deel via het water wordt verkregen, waardoor de toepassing, zeker in diepere wateren, veel minder interessant zou worden.

Verder hoopt Shell het middel ook in traag stromend water ($< \frac{1}{2}$ mijl/dag) te kunnen gebruiken (Payne). Uit het onderzoek dat tot nu toe is gedaan blijkt dat WL-63611 een geringere persistentie heeft dan terbutryn wegens snellere afbraak door nog onbekende micro-organismen. Of dit een werkelijk voordeel is zal afhangen van het niveau van persistentie dat door de autoriteiten aanvaardbaar wordt geacht en ook van het nog onbekende lot van de metabolieten. Na toepassing in dichtgegroeid water is de daling in zuurstofgehalte beduidend korter dan in het geval van terbutryn en er treedt een snel planktonherstel op (althans in massa) (Payne).

Goudvissen blijken de (gelabelde) stof zelf snel te kunnen metaboliseren; wederom is het lot van de metabolieten nog niet bekend. Na proeven met gelabeld WL-63611 bleek dat de halfwaardetijd in water ca. 2 weken bedraagt en dat na 3 weken 80% van de stof + metabolieten kon worden teruggevonden: 40% in het water, 25% in de modder (met organisch materiaal) en 3% in de resterende plantenmassa. Er is een gaschromatografische detectiemethode in ontwikkeling die zijn onderste bepalingsgrens heeft bij 0,001 ppm.

ICI, tenslotte, zoekt naarstig naar een stof die men aan de dipyridiliumverbindingen kan toevoegen om het vervoer in planten te verhogen (Slade).

3. "Neveneffecten"

De daling in zuurstofgehalte in het water, die na elke chemische bestrijding van waterplanten optreedt blijkt niet in eerste instantie veroorzaakt te worden door een toename van de bacteriële activiteit, maar door het voortgaan van de plantaardige ademhaling na fotosyntheseremming door het herbicide (Robson, Newbold). Deze daling in zuurstofgehalte, die vooral bij de in water persistente herbiciden zeer abrupt (in 3 dagen naar 0,5 mg/l) en zeer langdurig (pas na 4 à 5 maanden weer op fysisch verzadigingspeil) kan zijn, heeft geen verstikkende gevolgen voor de meeste vissoorten. De oorzaak hiervan is nog steeds niet duidelijk, temeer daar geconstateerd is (Payne), dat vissen bij een "natuurlijk" afsterven van een dicht waterplantenbestand wel degelijk in ademhalingsmoeilijkheden komen.

De toxiciteit van de gebruikte concentraties herbiciden is gering, althans voor vissen. Gegevens hiervoor komen uit proeven naar acute toxiciteit zoals die in Londen (Tooby) worden gedaan. De uitvoerders van dergelijke proeven (ook in ander verband: Alabaster, Brown, Williams) zijn zich er van bewust dat een vergelijking met de veldsituatie nauwelijks te trekken valt. De normaal uitgevoerde LD₅₀-toetsen (opgezet om een snel antwoord te kunnen geven) hebben geen enkele voorspellende waarde en de foutenbron is groot door het kleine aantal testdieren. Brown heeft aangetoond dat het gebruiken van zogenaamde "gevoelige vissen" niet zinvol is, omdat gevoeligheid een eigenschap is die sterk individueel en cyclusegebonden is en bovendien geen correlatie vertoont met de chemische verwantschap van herbiciden en zelfs niet met de concentratie ervan.

Over chronische toxiciteit, over gedrags- en activiteitsstoringen, cumulatieve opname van het herbicide via het voedsel en over mutagene invloeden is niets bekend, noch bij vis, noch bij andere waterorganismen. In Brixham probeert men met betrekking tot effluënten van de industrie een antwoord op deze vragen te vinden door aangepaste toetsen. Men gebruikt de soort vis waarom het gaat en water met dezelfde fysische en chemische eigenschappen als het effluent-ontvangende water. In eerste instantie wordt dan de giftigheid van het effluent en van zijn BOD onderzocht (verschillende verdunningen). Na deze meestal korte toets wordt een 96-uur toets uitgevoerd op een populatie van de vis in een geëereerd milieu.

En tenslotte worden langdurige effecten nagegaan met behulp van een doorstroomsysteem waarin de vissen 42 dagen verblijven. Deze vissen worden gevoed en eventuele opname via het voedsel wordt via tracers nagegaan. Daarnaast tracht men geschikte methoden te ontwikkelen om de invloed van het effluent te kunnen vaststellen op de groei, activiteit en voortplanting (gedrag en resultaat). Vooral dit laatste kan van belang worden, aangezien de Amerikaanse Environmental Protection Agency de voortplantingsratio als standaardtoets voor aquatische herbiciden wil invoeren (Brown). Life-history-onderzoek aan herbiciden vindt alleen met paraquat en diquat plaats (voor zover het toepassingen in water betreft). Over accumulatie van deze stoffen en hun metabolieten in organisch materiaal sprak men elkaar bij ICI tegen: Newman, die met gelabelde diquat werkte, noemde het gehalte aan radioactiviteit in vis en planten "verwaarloosbaar", Slade echter deelde mee dat met name de adsorptie in planten (nog niet bekend waaraan) bijzonder hoog is. Het dient nagegaan te worden of deze planten hierdoor vóór hun afbraak toxisch zijn voor herbivoren. De persistentie van de dipyridiliumverbindingen is in water gering. Er zijn een aantal veel voorkomende micro-organismen bekend die de stoffen afbreken (diquat wordt gedeeltelijk door het zonlicht al afgebroken, paraquat daarentegen niet: dat absorbeert UV-licht, dat nauwelijks in water doordringt) en de stoffen worden zeer snel aan vaste deeltjes (kleimineralen) geadsorbeerd en zijn dan biologisch inactief. Het effect van de herbiciden kan natuurlijk wel langdurig zijn, vooral doordat de opslag van reservevoedsel in ondergrondse delen van planten verminderd wordt. Herhalingen van behandeling met diquat hebben dan ook het verdwijnen van deze plantesoorten tot gevolg. Overigens laat de zeer persistente adsorptie van paraquat en diquat aan de grond zich niet verontrustend aanzien. In de eerste plaats is de jaarlijks nieuw afgezette detrituslaag in water in het algemeen dikker dan de adsorberende laag en in de tweede plaats is op het land gebleken dat na een jaar alle planten weer groeien op grond die is behandeld met 4 x de adsorptiecapaciteit van de grond voor diquat. Dit is voornamelijk te danken aan de snelle microbiologische afbraak van de niet geadsorbeerde stof. De ecologische consequenties van chemische waterplantenbestrijding worden in Engeland alleen door Newbold op een verantwoorde wijze onderzocht. Het in Oldenburg gepresenteerde werk van

Newman (invloed van dipyridiliumverbindingen op macrofaunapopulaties) is van twijfelachtige waarde, omdat de representativiteit van zijn bemonsteringspunten niet onderzocht is en omdat hij op een wonderlijke manier de verkregen "resultaten" heeft verwerkt (bv. door het optellen van gemiddelde aantallen exemplaren van een soort of van ecologisch willekeurige soortengroepen uit een groot aantal monsters van het gehele jaar om de invloed van kortwerkende herbiciden na te gaan). Bovendien blijkt, dat hij veranderde milieu-omstandigheden (meer detritus, daling van het zuurstofgehalte, minder planten) niet in de beschouwing heeft betrokken; dat zijn volgens Newman storende zaken die het moeilijk maken om de bemonstering voor en na toepassing van het middel gelijk te houden ! Ook zaken als diversiteit en e- en immigratie werden niet in acht genomen.

Owens heeft een dergelijk onderzoek gedaan met een bemonsteringstechniek die kwantitatief wel, maar kwalitatief niet juist was: hij plaatste buizen in de grond en telde de organismen daarin voor en na herbicidenbehandeling van een meer. De buizen staken echter zo hoog boven de bodem uit dat uitwisseling met de omgeving selectief gebeurde en de invloed van een al of niet aanwezig plantendeek rond de buizen nauwelijks waarneembaar bleek.

Er bestaat wel sterke behoefte aan gegevens over invloeden van het gebruik van herbiciden op het aquatisch ecosysteem om enigszins de effecten van het gebruik te kunnen voorspellen en de plaatsen en momenten van herbicidentoepassing beter te kunnen selecteren (Robson). Temeer daar men zich er van bewust is dat een verandering in de opbouw van een levensgemeenschap niet snel reversibel is. Als voorbeeld mag dienen, dat een éénmalige lozing van niet-toxische verf in de rivier de Frome een verdwijning van alle vis ten gevolge had. Pas na 5 jaar waren alle soorten weer terug en na 8 jaar was de situatie zowel kwalitatief als kwantitatief nog niet als voor de lozing. En dat is dan nog in stromend water ! (Orwin).

Het werk van Newbold bestaat uit een vergelijking van de invloed van diquat (1 ppm) en dichlobenil (1 ppm) op bekende ecosystemen in vijvers. Dit onderzoek, dat gebruikt zal worden voor een dissertatie, is nog lang niet afgesloten, maar heeft toch al een aantal opvallende resultaten opgeleverd. In de eerste plaats bleek er voor de behandeling een zeer duidelijk verschil in zoöplanktonsoorten te bestaan tussen het open gedeelte van de vijver

en de randen. De soorten aan de randen verdwenen na de behandeling, tegelijk met de randbegroeiing, terwijl de soorten in het midden zich uitbreidden. Dit geheel bleek bij diquat een enigszins reversibel proces te zijn: er trad enig herstel op. Bij dichlobenil was het effect blijvend, terwijl bij deze laatste stof het gehele gehalte aan zoöplankton trouwens veel lager bleef dan in de controles en in de diquatvijvers. Een van de vraagpunten blijft, of het herstel van het zoöplankton in de diquatvijvers veroorzaakt wordt door hergroei uit enkele minder gevoelige exemplaren of uit "Dauereier" die in een stress-situatie worden gelegd. Het fytoplankton geeft na behandeling met dichlobenil een sterke verarming te zien, gevolgd door een opbloei van één of enkele soorten. Diquat had een veel geringere invloed op het fytoplankton: de blauwwieren gingen achteruit en de groenwieren enigszins. Opvallend was het gedrag van de draad-algen in de diquatvijvers. In de controles was een stijging te zien van Spirogyra, terwijl Mougeotia wel aanwezig was, maar geen kans kreeg. In de diquatvijvers werd Spirogyra gedood, met als gevolg dat Mougeotia hier wel de kans kreeg. Waarschijnlijk is het een zeer algemeen verschijnsel dat het wegnemen van een "bloeiende" draadwierenmat (of een bestand van hogere planten) met diquat tot gevolg heeft dat een andere, onderdrukte soort (die in sluimerende toestand minder gevoelig is voor het herbicide) de plaats overneemt. Over het geheel genomen waren de ecologische consequenties van diquat acceptabeler dan die van dichlobenil, met dien verstande, dat diquat het gehele systeem schijnt te verschuiven in de richting van de herfst. Met dit effect is wellicht te manipuleren door het toepassingstijdstip zodanig te kiezen dat de invloed gering is. Theoretisch zou uit ecologische overwegingen de herfst zelf het gunstigste tijdstip voor paraquat- of diquatbehandeling zijn, ook al in verband met de daling van het zuurstofgehalte, die dan in een ongestoord systeem ook plaatsvindt. Er zijn aanwijzingen, dat de hoeveelheid te gebruiken herbicide voor een goed effect afhankelijk moet worden gesteld van de hoeveelheid aanwezige plantaardige biomassa. Wellicht zijn deze laatste punten van belang voor een omschrijving van wat uit ecologische gronden een "ideaal" herbicide is. De industrie zou dankbaar zijn voor een dergelijke omschrijving, die het onderzoek naar aquatische herbiciden uit de trial- and errorsfeer zou kunnen halen (Rosher).

4. Graskarper

Het Ministry of Agriculture, Fisheries and Food is uitsluitend in de graskarper geïnteresseerd als een potentiële bestrijder van waterplanten en niet als een visvleesproducent. Zoetwatervis wordt in Engeland niet gegeten (behalve forel en zalm) en het is hengelaars zelfs verboden vissen mee naar huis te nemen.

De proeven met graskarper (import uit Hongarije) zijn veelbelovend. Met hoeveelheden rond de 300 kg/ha werden proefvijvers voldoende van waterplanten ontdaan. Het ligt in de bedoeling in 1973 na te gaan of met een geringere hoeveelheid vis kan worden volstaan als ze vroeg genoeg in het seizoen in het water is. Ook wil men de invloed op de groei en voortplanting van andere vis nagaan.

Graskarper plant zich in het Britse water niet voort. Uit proeven is vast komen te staan, dat de eieren in water dat kouder is dan 20°C afsterven en in water tussen 20 en 22°C vrijwel alle sterk gedeformeerd zijn. De larven zijn wat minder gevoelig: bij 17°C overleeft ca. 70%, maar 35% hiervan is dermate gedeformeerd dat de dood er op volgt.

De ecologische effecten van de graskarper zijn nog niet onderzocht. Er is veel werk besteed aan het berekenen van de voedselconversie, hetgeen wederom aantoonde dat de helft van het opgenomen voedsel half verteerd de vis weer verlaat. Met behulp van chlorofylmeting kon echter geen significante toename van fytoplankton als gevolg hiervan worden aangetoond, zelfs niet bij een gehalte van meer dan 900 kg graskarper/ha.

Er bestaat wellicht een mogelijkheid om de eutrofiërende gevolgen van het onverteerde materiaal te verlagen, door graskarper samen te houden met brasem of karper, die de faecale pellets van eerstgenoemde met graagte eten.

De reden waarom geen praktijkproeven met de vissen zijn genomen is de lintworm Bothriocephalus. Deze parasiet, bekend uit karperkwekerijen in Rusland, zit dermate hoog in de keel van de vis dat hij niet te bestrijden is. De parasiet is onbekend in het Britse gebied en zal er ook geen levenskansen hebben, omdat de larvale stadia, die door Cyclops worden overgebracht, zeer hoge watertemperaturen nodig hebben voor hun ontwikkeling. De lintworm vormt echter een duidelijk politiek probleem: je kunt niet willens en wetens een nieuwe parasiet introduceren. Men probeert nu uit te zoeken of de parasiet al eens in de Engelse wateren is geïmporteerd via karpers uit Oost-Europa. Wanneer dat niet lukt

zal men trachten een systeem te ontwikkelen om eieren of hele jonge larven van de graskarper (die nog geen Cyclops gegeten hebben) in te voeren uit Hongarije, waar men de worm ook in alle graskarperkwekerijen heeft.

In Hongarije zelf worden de graskarpers voornamelijk voor het vlees gekweekt. Men past een vruchtwisselingssysteem toe: op ondergelopen land houdt men 3 jaar eenden en graskarper. Beide bemesten de grond enorm met cellulose-arme mest en eenden veroorzaken bovendien rotatorenbloei, waarvan het graskarperbroed goed groeit. Op de kaalgegeten en bemeste bodem wordt vervolgens 3 jaar rijst verbouwd, enz. (Donàszy). Voor praktijkgebruik van graskarper in sloten of kanalen denkt men in Engeland aan het houden van de vissen in hoge concentraties tussen elektrische schermen, die verplaatsbaar zijn. Een probleem kan nog ontstaan door vervoer van uitgehengelde graskarpers naar andere plaatsen.

B. Waterbiologie en methoden van bemonstering

1. Waterplanten

Zowel in Wareham als in Stevenage houdt men zich intensief bezig met de nutriëntenbehoefte van waterplanten, deels om de consequenties van eutrofiëring (effluenten van waterzuiveringsinstallaties!) na te gaan, deels om de invloed van waterplanten op de waterkwaliteit te bepalen. In eutroof water blijkt het gehalte aan N en P nooit beperkend te zijn voor de waterplanten: er is overmaat aanwezig zowel in de bodem als in het water. Met andere woorden: de hoeveelheid nutriënten die in het biologisch systeem wordt opgenomen is veel kleiner dan de beschikbare. Als er beperkende factoren voor de groei zijn moeten die gezocht worden in de hoeveelheid micro-elementen, licht of ruimte. De hoeveelheid opgenomen voedingsstoffen (gram/eenheid van oppervlakte) varieert sterk per plantesoort en dus ook de hoeveelheid vrijkomende nutriënten bij het afsterven van het plantenbestand. Dit vrijkomen gebeurt bijzonder snel en er blijft slechts een gering deel van de voedingsstoffen langere tijd in de plantaardige detritus achter. Waar deze vrijkomende voedingsstoffen blijven (in de herfst; na herbicidentoepassing) is een probleem.

Owens toonde aan dat er in het algemeen geen planktonbloei optreedt en dat het gehalte aan voedingsstoffen in water en bodem nauwelijks toeneemt. Waarschijnlijk slaat de detritusetende macrofauna een zeer belangrijk gedeelte op, hetgeen Owens door zijn mislukte vangtechniek niet heeft kunnen aantonen.

Voor algen, zowel eencellige als draadvormige, geldt het bovenstaande niet: toevoeging van P geeft altijd een toename van de algen, ook als er al een overmaat P is en bij het afsterven van algen komt meer P vrij dan op grond van de biomassa te verwachten is, omdat zij het element in grote hoeveelheden opslaan.

In Stevenage zoekt men naar een systeem om de fosfor uit het water te verwijderen om geen algenproblemen te krijgen bij het lozen van waterzuiveringseffluenten. Men hoopt dit te bereiken door verhoging van de pH. In ondiep water gebeurt dit automatisch bij een hoog plantenbestand en men denkt ook aan onnatuurlijke verhoging. Bij hoge pH slaat zeer veel P neer in de bodemsedimenten en zit daar onwrikbaar gebonden (althans zolang het zuurstofgehalte in het water niet te laag wordt). De meeste planten blijken bij hoge pH uitstekend te groeien, wellicht door het hoge CO₂-gehalte van het water. De stikstof uit de effluenten verdwijnt door denitrificatieprocessen grotendeels vrij snel uit het water, ook bij hoge pH.

Om een indruk te krijgen van de biomassa aan waterplanten heeft men in Stevenage een methode voor lichtmeting ontwikkeld: de hoeveelheid licht onder een plantendek van een soort wordt gemeten en vergeleken met die in open water. Via een ijklijn heeft men voor elke soort een absorptieconstante bepaald en met behulp daarvan is een redelijk nauwkeurige en snelle schatting van de biomassa te maken zonder dat men het systeem hoeft te verstoren.

Voor een goede groei van waterplanten in laboratoriumomstandigheden voerde Robson aan het water lucht toe, die was verrijkt met 5% CO₂. Om in dergelijke omstandigheden gelijke hoeveelheden plantenmateriaal per aquarium e.d. te verkrijgen is het handig om turionen uit te planten, die in het najaar eenvoudig te verzamelen zijn en bij een temperatuur van + 2°C goed bewaard kunnen worden.

2. Plankton

Planktongehalten worden in het algemeen gemeten via het chlorofylgehalte van het water. De eenvoudigste methode hiervoor is een fluorescentietechniek. Extractie van chlorofyl met behulp van

aceton blijkt voor diatomeeën en blauwwieren uitstekend te zijn, maar niet voor de groenwieren; extractie met methanol geeft het tegenovergestelde effect (Owens). Uit reeksen gegevens in Stevenage is komen vast te staan dat noch het chlorofylgehalte, noch het aantal cellen een gegeven oplevert dat correleert met het nutriëntenniveau (P) van het water. Een uitstekende correlatie wordt verkregen met het algenvolume.

Wanneer men de biomassa van een planktonsoort wil kennen is er vaak werkbeparing mogelijk door enig probeerwerk. Newbold toonde aan, dat de biomassa van Daphnia erg eenvoudig te bepalen is, omdat bij dit dier een correlatie bestaat tussen lengte en gewicht. Deze zelfde Daphnia is een belangrijk organisme bij de biologische beoordeling van de waterkwaliteit met behulp van fytoplankton; wanneer hij talrijk aanwezig is kan hij een aantal typische soorten in het plankton uit polysaprob water volledig onder de knie houden, zodat men ze pas in grote aantallen vindt als het Daphnia-bestand in de herfst terugloopt. Het verzamelen van plankton gebeurt in het algemeen met behulp van cilinders die een kolom water van een gewenste diepte bemonsteren. De verwerking van het plankton is afhankelijk van het doel dat men voor ogen heeft: het kan variëren van een grove chlorofylbepaling tot een zeer nauwkeurige telling van het aantal cellen per soort per volume water met de omgekeerde microscoop. Verschillende technieken en apparaten zijn door ons genoteerd en voor belangstellenden zijn deze gegevens beschikbaar.

3. Macrofauna

Naast het vele taxonomische, morfologische en life-history werk dat met name in de FBA-instituten wordt gedaan (en wat ons een aantal gegevens opleverde omtrent afhankelijkheid van enkele organismen van waterplanten) kwamen we in aanraking met een aantal technieken.

Voor het verzamelen van benthos is niet veel nieuws ontwikkeld: alle mogelijke soorten happers en buizen zijn in gebruik. Macan gebruikt uitvisbare plantenmatten van nylon om een idee te krijgen van het macrofaunabestand en de migraties in meren. Owens wil met behulp van het ingraven van een standaardsubstraat in een platte bak een idee krijgen over verschuivingen in het benthosbestand van zijn proefwateren (hetgeen vrij zinloos lijkt) en we hoorden dat elektrische bemonstering van kleine

organismen niet mogelijk is wegens het te geringe potentiaalverschil "tussen kop en staart" (Orwin).

In Brixham heeft men een bijzonder goed afgewogen systeem in gebruik om de keuze van de te bemonsteren plekken (in zee) verantwoord te bepalen (Tapp). De keuze van het te bemonsteren gebied werd bepaald door a. de hervindbaarheid (afhankelijk van de grootte van een uniforme plek), b. de stabiliteit van de grond (niet té fijne materie die onvoorspelbaar weg kan spoelen) en c. de bemonsterbaarheid van de grond (uniforme verdeling van de deeltjesgrootte; geen rots). Binnen de geselecteerde gebieden wordt een imaginair lijnensysteem uitgezet op een zeer grote schaal en op elk kruispunt van lijnen wordt bemonsterd. Dit geeft een eerste idee over populatiespreiding en levert een aanwijzing over de hoeveelheid monsters die nodig is om een idee te krijgen over de populatie-opbouw. Vervolgens wordt binnen één van de vierkanten een nieuwe verdeling gemaakt en opnieuw een serie monsters verzameld op zoveel kruispunten van lijnen als er monsters nodig bleken. Via de computer wordt bepaald of de hierin gevonden verdelingen gelijk zijn aan die in de "grote" bemonstering, met name voor de dieren die niet in elk punt van bemonstering in gelijke hoeveelheden aanwezig zijn. Deze laatste punten blijven voortaan de punten van bemonstering, terwijl af en toe rond één ervan een aantal monsters extra worden genomen om een idee te krijgen van de agglomeratiegrootte van de dieren die ongelijkmatig verdeeld aanwezig zijn. De verwerking van de verzamelde gegevens is niet eenvoudig, o.a. omdat het aantal af en toe voorkomende soorten veel groter is dan het aantal altijd aanwezige (ca. 170 tegen 30; er blijkt overigens wel een jaarcyclus in de diversiteit te zijn). Met behulp van een computer worden de jaarlijkse schommelingen in soorten- en individuenbestand uitgewerkt, evenals het voorkomen van cycli, correlatie van het voorkomen van soorten met de deeltjesgrootte van de bodem, significantie van het voorkomen op bepaalde plekken, enz.

In hetzelfde laboratorium in Brixham wordt door Stevenson een programma opgezet voor onderzoek naar de invloed van effluenten op de activiteit (indien mogelijk gekoppeld aan de ecologische consequenties daarvan) van mariene evertibraten. Een aantal van de door hem ontworpen toetsmethoden zijn zonder meer bruikbaar voor onderzoek naar dergelijke invloeden bij gebruik van aquatische herbiciden en bij de bepaling van de geschiktheid van de waterkwaliteit voor een bepaald organisme.

C. Waterbeoordeling

De beoordeling van de waterkwaliteit gebeurt ook in Engeland nog grotendeels op grond van fysische en chemische parameters, waarvan het O_2 -gehalte en de BOD de belangrijkste zijn. De gedachte dat een biologische beoordeling, zeker op den duur, noodzakelijk zal zijn heeft de River Authorities, die verantwoordelijk zijn voor landdrainage, visgehalte en controle op watervervuiling, ertoe gebracht om biologen aan te stellen waarvan zij in korte tijd een met biologische parameters meetbare vervuilingsschaal verwachten.

Het gevolg is een nog steeds toenemende lijst van systemen, meestal gebaseerd op macrofaunatellingen en met hoogstens regionale bruikbaarheid. De eisen die de betreffende en andere soorten aan het water stellen (en dus de oorzaak van hun opbloeï of verdwijning) worden niet nagegaan. Dit zou ook een onmogelijke zaak zijn, daar zo'n bioloog gemiddeld 50 riviertjes in zijn gebied heeft en al zijn tijd nodig zou hebben als hij ze alleen maar allemaal één keer per jaar zou willen bemonsteren. Omdat het beoordelingssysteem snel moet worden opgebouwd en meestal bestaat uit een indexering van diversiteiten, komt men in de grootste moeilijkheden met soorten die achteraf een meerjarige cyclus blijken te hebben of soorten die plotseling in een jaar overheersen, hetgeen in ongestoorde wateren ook gebeurt. Opbouw van dergelijke beoordelingssystemen zonder een uitgebreide kennis van de biologie der betreffende organismen en van de mate van hun gebondenheid aan milieusituaties is een utopie, omdat men zich bij een gevonden verandering niet gefundeerd af kan vragen wat de oorzaak van die verandering kan zijn. De systemen geven in hun "geboortegebied" vaak wel een tijdelijk houvast voor het constateren van hele grove milieuverstoringen, maar gebruik voor het aantonen van subtiele veranderingen (wat men er mee probeert) is niet mogelijk, doordat de natuurlijke variatie al zo groot is. Ook het gebruik van zo'n systeem in een ander gebied is vrijwel onmogelijk. Dit laatste is overduidelijk aangetoond door een studente in Stevenage, die een reeks van systemen losliet op één redelijk bekend verontreinigd riviersysteem. In de volledig ongestoorde en in de meest verstoorde tak van het gebied werkten alle systemen goed, maar daar tussenin was alles mogelijk.

Als men toch dergelijke beoordelingssystemen wil ontwikkelen bestaat er wellicht een mogelijkheid wanneer men niet naar soorten organismen kijkt, maar de functionele vervangbaarheid probeert uit te sluiten door te denken aan de plaatsen die de organismen binnen het ecosysteem hebben.

Welke plaatsen men moet onderscheiden is afhankelijk van de functie van het gehele ecosysteem zelf.

