EEN

HANDLEIDING

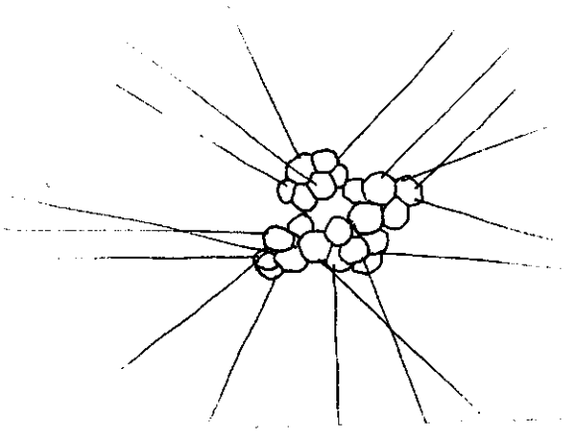
VOOR DE BEOORDELING VAN WATER

VOLGENS BIOLOGISCHE MAATSTAVEN,

GEBASEERD OP ONDERZOEK AAN

PLANTAARDIGE MIKRO-ORGANISMEN.

P. J. SCHROEVERS



RIJKS INSTITUUT VOOR NATUURBEHEER, AFD. HYDROBIOLOGIE

MINISTERIE VAN LANDBOUW EN VISSERIJ · STAATSBOSBEHEER

RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER

LEERSUM, KASTEEL BROEKHUIZEN
TELEFOON (03434) 2941

*

De hierbij gevoegde handleiding beoogt een praktische uitwerking te zijn voor de toepassing van principes, zoals deze ter sprake zijn gebracht in het stuk "Biologisch Waardeoordeel" van 1970, dat aan de handleiding is toegevoegd. Voor een geintegreerd oordeel over de waarde van natuur -een punt van studie, welke sinds 1970 sterk in opkomst is- is gesepareerde studie van water-levensgemeenschappen eigenlijk niet toereikend. In de praktijk kan het echter verhelderend zijn, als de gegeven formule mits met de nodige voorzichtigheid en restriktie wordt toegepast.

De handleiding is niet als een afgerond rapport te beschouwen. Ze is in eerste instantie opgesteld met het doel, studenten op weg te helpen, die zich in het probleem willen verdiepen. Regelmatig verschijnen nieuwe gedeelten, welke dan tegelijk voor gebruik beschikbaar zijn. Als de zaak afgerond is, is het mogelijk, het in een boekje onder te brengen. Het is voor de afnemer raadzaam, om bij tijd en wijle eens na te vragen, of het werk gevorderd is. Het ontbrekende wordt dan met plezier toegezonden.

INLEIDING

Van de meer dan tweeduizend miljoen jaar dat er leven op aarde is is de mens minder dan één miljoen jaar deelgenoot. Toch zijn die 1999 miljoen jaren die de levende natuur zonder hem heeft moeten stellen voor hem van doorslaggevende betekenis geweest: ze hebben de kiem gelegd voor zijn bestaan. Ontelbare soorten, waarvan vele tot nu toe onklassificeerbaar zijn, zijn ontstaan en weer verdwenen. Samen hebben ze een gigantisch rijk en vertakt netwerk opgebouwd van betrekkingen, leidend tot die stabiliteit in levensomstandigheden, die het ontstaan van de mens mogelijk maakte. Omgekeerd kan men stellen dat de komplexiteit van de natuur voorwaarde is voor het voortbestaan van de mens. De vele beroepen die de mens op de natuur doet; eten, drinken, ademen, rekreeren, enzovoorts, zijn mogelijk, dank zij het funktionneren van de natuur als een totaliteit. Minstens even belangrijk als het komen en verdwijnen van soorten is het gedurige proces van verschuivingen der onderlinge relaties, leidend tot dat ontzaglijk ingewikkelde patroon dat de biosfeer vormt, dat op haar beurt weer aanleiding geeft tot de vorming van nieuwe soorten. Men zou kunnen zeggen: "Alles onstaat overal, maar het milieu -en dat is dan het ter plaatse aanwezige relatiepatroon- selekteert".

Hoe dit ook zij: de mens is bij lange na niet bij machte om dit patroon te doorgronden. Het woord "milieubeheersing", dat tegenwoordig nogal opgang doet is uiting van een stukje hoogmoed, waartegen wij ons moeten verzetten.

De ekoloog heeft zich als taak gesteld om een greep te krijgen op deze komplexiteit. Dat is een mooi streven, maar het bergt een gevaar in zich, dat we ons goed bewust moeten zijn. Wie wetenschap bedrijft verplicht zich tot kiezen. Eerst is er de keuze van zijn vak, daarna die van zijn specialisatie daarbinnen; vervolgens die van zijn onderzoek en tenslotte die van de lijnen, waarlangs hij dat onderzoek tot een goed einde wil brengen. Op zichzelf is daar niets tegenin te brengen: hoe scherper men het terrein afbakent, hoe beter het objekt van studie te scheiden is van alle andere dingen; hoe pertinenter de uitspraken kunnen zijn; hoe kwantificeerbaarder, reproduceerbaarder oftewel voorspelbaarder het resultaat is. Dit geldt echter altijd deelaspekten -dat is tenslotte onze eigen keuze. Hoe "deskundiger" we zijn, hoe scherper omgrensd ons deelveld is. Maar zodra ons werk toegepast gaat worden in het maatschappelijk gebeuren -en er is geen wetenschappelijk resultaat te noemen dat niet vroeger of later dit lot te wachten staat- wordt het toegepast in een totaliteit dat wij -men zie het voorgaande- bij lange na niet kunnen overzien. Hoe kan men dan een beroep doen op deskundigheid, als een oordeel nodig is over die totaliteit? Deskundigheid leidt tot deeloplossingen voor deelproblemen en dus

tot ongewilde en onvoorziene effekten. De som van alle ongewilde effekten vatten we samen onder het hoofd "milieuverontreiniging". Deskundigheid in de klassieke betekenis van het woord leidt dus tot milieuverontreiniging. Deze stelling wordt hier niet nader uitgediept, maar ze vormt wel een belangrijk uitgangspunt voor de plaats van de ekologiein de menselijke samenleving. De deskundigheid van de ekoloog kan een stukje zijn van de "milieutechnologie"; het aanpakken van de konkrete problemen waar de wereld van vandaag mee te maken heeft. Maar tegenover de "haalbaarheid" van het ingrijpen (als ik mij een doel stel, hoe kan ik dat dan bereiken?) hoort de "verantwoordelijkheid" van het waarderen (wat verspeel ik, als het anders gaat dan ik mij voorstel?). De waardering van natuur is daarmee meer geworden dan een nieuw vakje binnen het vertrouwde ekologische denkraam. Het is de tegenpool tegenover al het andere, het is de helft van alle ekologische inbreng; een helft, welke in het verleden veel te veel is verwaarloosd en daarom nu zo zwaar weegt.

De waardering van natuur vormt dus de praktische konsekwentie van een totaliteisbenadering, precies zoals het ingrijpen de konsekwentie is van de deelbenadering. Hoe is nu die waardering op een bruikbare wijze te hanteren, met andere woorden, hoe zijn we in staat om tot maatstaven te komen die te gebruiken zijn bij de afweging van allerlei alternatieven, Dat is niet zo gemakkelijk. Ons objekt van waardering is een totaliteit, zo komplex van struktuur, dat wij er moeilijk vat op krijgen. We hebben dus al gekozen zodra we aan het werk gaan.

Iemand die van rode bloemen houdt, zal een dijkhelling met klaprozen hoger aan slaan dan de dijkhelling die deze bloemen mist maar verder identiek is. Als hij nu zijn waardering van bijvoorbeeld tien dijkhellingen in een rangorde wil vastleggen, dan meet hij zich een norm aan, ten opzichte waarvan hij kan interpreteren. Zo kan hij het gemiddelde aantal klaprozen dat per tien vierkante meter wordt aangetroffen voor zijn doel maatgevend laten zijn. Maar het is duidelijk dat de beoordeler die gevoeliger is voor geel tot een waardering komt, die weinig of geen relatie vertoont met het resultaat van de minnaar van rood. Men zal niet zo gauw in de verleiding komen om kleur als een uitgangspunt te nemen voor een waardeoordeel. Maar ieder zal begrijpen dat het onberedeneerd -of ook beredeneerd- uitspreken van een waardekriterium zonder verband met andere kriteria ook kan gebeuren als men met heel andere oogmerken aan het werk gaat. In feite is iedere waardering die men doet het resultaat van een selektie van kriteria.
Het hangt nu maar van deze keuze af, totwelk resultaat onze waardering zal leiden. Behalve de aard van de onderzoeker, zijn konceptie en daaruit voortvloeiende overweging, zijn de volgende groepen van kriteria te noemen, die als basis kunnen gelden voor de keuze van de maatstaven.

1. Doel. Water kan worden beoordeeld om zijn zelfreinigende werking, zijn smaak of reuk, zijn plantenrijkdom, zijn rijkdom aan vis, etc. Voor al deze doelen gelden bepaalde minimumvoorwaarden en het is logisch dat men die voorwaarden als kriterium kiest; bij voorbeeld het zuurstofgehalte met betrekking tot de visstand.
2. Hiermee samenhangend, maar misschien toch beter afzonderlijk te noemen is een selektie naar de maatstaven zelf en hun betekenis. Zo kan "zeldzaamheid" een waardekriterium zijn, of "verscheidenheid". Men gaat dan een waarde toekennen aan de maatstaf zelf, voortvloeiend bijvoorbeeld uit het doel "plantenrijkdom". Als zeldzame soorten in het geding zijn, dan tast de verdwijning de plantenrijkdom aan; het gebied is dus waardevol.

3. Een selektie naar discipline ligt al gauw voor de hand. De geomorfoloog maakt van andere kriteria gebruik dan de hydrobioloog. De hoop is, dat hun resultaten een diskussie mogelijk maken, maar het is heel goed denkbaar dat dit principieel niet kan op grond van de gekozen selektie. Zo zal de vissenspecialist een blauwgrasland laag waarderen, niet omdat zijn wijzer laag uitslaat, maar eenvoudig omdat er geen vis zit; dit in grote tegelstelling tot de vegetatiekunde, die het gebied hoogstwaarschijnlijk hoog zal aanslaan. En wat moet de vegetatiekundige met een plas aan, die van oever tot oever dieper is dan zes meter ?
4. Tenslotte is er nog de mogelijkheid om naar schaal te selecteren. De vegetatiekundige die als opdracht een vegetatiekaart van Zuidwest Nederland moet maken zal daarvoor andere maatstaven aanleggen dan de vegetatiekundige die een kartering verricht in de zoneringen rond het Quackjeswater bij Rockanje. Hierbij is het ook nog heel goed mogelijk dat beide onderzoekers dezelfde kriteria gebruiken; zelfs dezelfde gegevens; maar deze op een geheel verschillende manier interpreteren.

De natuur is zo komplex, dat wij nooit in staat zijn om álle denkbare kriteria te overzien. We zullen dus gedwongen zijn tot een selektie. Maar tegelijk blijkt, dat verschillende vormen van selektie aanleiding zijn tot verschillende resultaten, zodat de vraag rijst: "Waarom doen we het eigenlijk?".

Er kan uiteraard nooit bezwaar tegen zijn om ons met deelvragen bezig te houden, en dus met deelkriteria te werken. Zo zal het voor de visserijspecialist in de eerste plaats van belang zijn, of zijn water aan visserijkundige normen voldoet; de drinkwaterspecialist vraagt zich alleen af of hij in staat is om uit water goed drinkwater te maken. Maar als er moet worden afgewogen dan zijn deze benaderingen niet voldoende. Dan moeten juist de natuurlijke mogelijkheden en beperkingen van deze waterfunkties tegen elkaar worden afgewogen en daarvoor is nu juist die totaalbenadering nodig, die in de inleiding aan de orde werd gesteld. Onze vraag wordt dus nu: is het mogelijk om aan de hand van deelkriteria tot een juiste totaliteitsbeoordeling te komen?

Deze handleiding wil uitgaan van de gedachte, dat dat tenminste voor een deelmogelijk is. De faktor van het waardeoordeel zelf is een subjektieve. In de volgende paragraaf wordt daarop verder ingegaan. Maar de faktor van het oordeel over de totaliteit van een stuk natuur is in zoverre aan te grijpen, dat de kriteria kunnen worden aangegeven. Het gebruik van deze kriteria en hun relatieve betekenis is sterk gebonden aan de schaal, zoals hierboven al werd gesteld.

VOOR EN TEGEN VAN BEOORDELINGSWERK

Het onderzoek dat verlangd wordt, zal beschrijvend- inventariserend- vergelijkend- interpreterend moeten zijn. Deze gids is te beschouwen als een soort pleidooi voor het "kijken naar de bloemetjes en de bijtjes", wat het oude image van de bioloog vormde; in de vorige eeuw ook zijn belangrijkste bezigheid was. Dit beeld is zo langzamerhand door een aantal faktoren verdwenen. Dat is ten onrechte, zoals deze gids duidelijk wil maken: de waarderingsfaktor is een van buitenaf opgelegde, een logisch gevolg van een zich eenzijdig ontwikkelde maatschappij, welke slechts voor een deel van wetenschappelijk werk belangstelling heeft. Maar het gevolg van die eenzijdige wetenschapsontwikkeling is, dat we nu opgescheept zitten met een tekort aan kennis. Misschien kunnen de huidige ontwikkelingen er toe leiden, dat de komende jaren de prikkebenen weer aan prestige kunnen winnen.

"Waarderen" werd als de maatschappelijke konsekwentie gezien van deze beschrijvende benadering. Zo is het ook: door een mening te hebben over het geheel van natuurlijke betrekkingen om je heen krijg je oog voor datgene wat je verspeelt, als het bij ingrepen in de natuur anders mocht verlopen, dan je gewenst had. Juist daarom was het niet in tel: natuur was immers iets, dat je gebruiken kon, waar je uit kon halen, zonder dat je er iets voor terug hoefde te doen. Bij het beoordelen van water is het niet meer: in de hier gepresenteerde benadering wordt natuur als iets gezien, dat ook op zichzelf recht van bestaan heeft.

Maar het woord "waarderen" suggereert wel meer, dan in werkelijkheid te geven is. Waarderen kan nooit waardevrij gebeuren. In de eerste plaats veronderstelt een waarde-uitspraak altijd een oordeel over de plaats van de natuur in de menselijke bedrijvigheid. Dit bepaalt heel sterk onze motieven van waardering, zodat zelfs een strikt biologische werkwijze er niet los van staat. In de tweede plaats zal niemand in staat kunnen zijn om de betekenis van de natuur, onder andere voor de mens, te "meten". We kijken naar zekere eigenschappen, die ons nu eenmaal als belangrijk voorkomen, en die laten we maatgevend zijn voor het geheel. Daarom is de uitdrukking "biologisch waarderen" niet zo gelukkig. Biologisch "beoordelen" klinkt neutraler: een beoordeling levert een uitspraak op, die los van iedere waardegedachte kan worden gezien: het is een omschrijving van een toestand, meer dan een uitspraak over goed of niet meer goed. Uit deze zo objektief mogelijk uit te voeren handeling kan dan achteraf, als het werk gedaan is, een waardeoordeel volgen.

Waarderen van natuur begint in zwang te komen. In het planologische overleg spelen de resultaten van een natuurwaarderingsprojekt een rol van betekenis en instanties, die zich met het beheer van water bezighouden, vragen steeds meer om ekologische informatie.

Het "Indikatief Meerjaren Programma" voor de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater stelt, dat naast iedere specifieke funktie van het water, zoals drinkwater, gietwater, viswater, etc. een "algemeen ekologische funktie" geldt: water heeft als het ware het "recht" om te zijn zoals het is. Deze gang van zaken wijst erop, dat het antitechnologische aspekt meer en meer op de voorgrond gaat treden. Dat is op zichzelf een verheugend verschijnsel. Maar er mogen wel een paar vraagtekens bij worden gezet. Zoals het doen van ingrepen in de ons omringende wereld nooit de konsekwenties kan overzien; de argumenten nooit zo "keihard" kunnen zijn, als meestal gesuggereerd wordt en de toepassing dus afhankelijk is van veel subjektieve overwegingen, zo is ook het waarderen subjektief; zoals we eerder al zagen. Door net te doen, alsof we in staat zouden zijn, wetenschappelijk gefundeerde adviezen aan het waterbeheer of de ruimtelijke ordening te kunnen geven, maken we ons schuldig aan dezelfde technokratie, die we juist willen bestrijden. Het meewerken aan dit soort van projekten heeft dus haar gevaren. Dat is niet zonder meer een reden om het niet te doen, maar wel een reden om eigen doelstellingen goed in het oog te houden en misbruik van de resultaten te voorzien. Zoals in de inleiding werd gesteld moet onze "tegenkennis" niet leiden tot een nieuwe deskundigheid met als konsekwentie een nieuwe aanslag op het milieu. Maar de funktie van tegenpool tegenover het ingrijpen gaat veel verder: ze brengt de wereld het bewustzijn bij, dat de natuur niet te beheersen is; dat we er eigenlijk alleen maar over kunnen oordelen, en, al naar het resultaat, dankbaar kunnen profiteren van wat de natuur ons toestaat. Het is dus een stuk ontmythologiseren van wat altijd als vaststaand is aangenomen. Daarom hoort het biologisch beoordelen van water overal plaats te vinden, waar mensen bezig zijn met beheer van dit voor ons bestaan zo belangrijke medium: bij ruimtelijke ordenaars, bij waterstaten en -schappen; maar net zogoed bij aktiegroepen of op scholen. Wie met "leven" te maken heeft, heeft te maken met het ekosysteem water. Begrip daarvan kan nooit iemand kwaad. Het gaat er nu nog maar om, dit begrip op een verstandige manier toe te passen.

Daarom vereist hun toepassing meerdere overwegingen, welke niet alleen binnen het raam van de hydrobiologie kunnen worden beantwoord. We kunnen ons dan inderdaad de vraag stellen of afscheiding van een schaal (mikro-organismen, dus een zeer kleinschalige afweging), zowel als een discipline (mogen we wel volstaan met alleen water ?), zoals in deze handleiding gebeurt, wel korrekt is. Hierop wordt later teruggekomen.

HET NIEUW PROGRAM ALS BASIS VOOR ONZE GRONDHOUDING

Beoordelen van water volgens kwalitatief biologische maatstaven vat het water op als een ekosysteem, als een totaliteit. Dit is een konceptueel uitgangspunt, het baseert zich op een konceptie, een theorie, welke in laatste instantie terugvoert tot een opvatting over natuur. Alle maatstaven die wij gebruiken, alle waardeoordelen die we daaraan willen toekennen zijn afgeleiden van eennatuurbegrip. Het is dus niet onbelangrijk om, alvorens we aan het werk gaan, ons eerst te realiseren, wat we eigenlijk onder natuur willen verstaan, en daarmee ook onder "water", "milieu", "ekosysteem" en andere van het natuurbegrip afgeleide begrippen.

Het begrip "natuur" bestond voor ons sinds het moment, dat wij ons bewust waren, een onderdeel te zijn van een groter verband. We dachten er toen echter nog niet aan, om zo'n begrip te gaan definieren. Dat kwam pas op het moment dat wij gekonfronteerd weren met de mening van anderen. Op dat moment bleek, dat we beschikten over een opvatting, welke zich in de loop van de jaren gevormd en gewijzigd heeft door ons werk, onze levenservaring, de lektuur van relevante ervaringen van anderen. Die opvatting bestond dus al lang; de noodzaak van een definitie kwam voort uit een botsing met andere meningen. Ook anderen zijn tot een opvatting gekomen, maar omdat de selektie van kriteria bij hen anders is geweest, zal ook die opvatting anders zijn. De vraag, welke definitie nu als de juiste moet worden aangemerkt hangt af van de kontekst, de ideologie, waarin ze gehanteerd wordt. Waterdicht kan zo'n definitie nooit zijn; hoogstens voor de opsteller zelf, als een goede formulering van zijn zienswijze van dat moment. Wat ons in de praktijk te doen staat als we zo'n begrip willen omschrijven komt neer op het zoeken naar een grootste gemene deler: een omschrijving die in ieder geval hanteerbaar is voor die personen, met wie over het begrip gekommuniceerd wordt. Het is dus de gezamenlijke ideologische basis, die de reikwijdte van de definitie zal aangeven. Maar dat betekent wel, dat we op het moment dat we aan het definieren slaan onze ideologie hebben vastgelegd en daarmee bijvoorbeeld ook onze betrekkingen ten opzichte van andere ideologieen.

In het algemeen wordt natuur min of meer als een tegenpool gezien van "kultuur", datgene, dat door menselijk handelen tot stand is gekomen. Dit is een uitgangspunt,dat terugvoert tot de mens-natuur-tegenstelling uit de negentiende eeuw; historisch interessant, maatschappelijk zeker van betekenis, maar als basis voor een ekologische benadering nier relevant, zelfs niet wenselijk, omdat niermee de mens als vijandig aan het ekologische imperatief wordt beschouwd. Het konceptuele uitgangspunt, aan het begin van deze paragraaf ge-

[illegible], zoot [illegible] een factor zijn: een, waarin de mens geen rol speelt in de definitie. Wij hebben ons behoefte aan een ander uitgangspunt en [illegible] dat te vinden is in het "ordenend principe", dat al sinds de oudheid (Heraklitos van Efesus, 500 v.Chr.) ter diskussie staat.

Alles wat de kosmos herbergt is onderhevig aan verandering, maar die verandering is tweeerlei. Er vinden gebeurtenissen plaats. Deze gebeurtenissen hebben allerlei verschuivingen tot gevolg, waardoor binnen een zekere straal de situatie anders is dan voordien. Op de momenten dat er géén direkt vervolgbare gebeurtenissen zijn, dan is schijnbaar een stationnaire toestand ingetreden. In werkelijkheid zal zo'n stationnaire toestand nooit bestaan. Inderdaad is de tendens naar een inwendige rust aan te wijzen, maar die gaat gepaard met de grootste invloed van buitenaf, zodat hier aanleiding ligt voor een cyclisch proces. In de tijden van schijnbare rust worden interrelaties opgebouwd op basis van het voorhanden zijnde materiaal. Een "alles-heeft-met-alles-situatie" komt tot stand, met een ordening die verloopt in de richting van de hoogst denkbare orde, die in het gegeven systeem opgeloten zit. Dit proces duurt zo lang, tot er weer een "gebeurtenis" plaats vindt. Deze verstoort de orde, doet ook elementen verdwijnen en heeft dus een schijnbaar tegengesteld effekt. De "gebeurtenis" is hierbij opgevat als een externe faktor: een ingreep van buitenaf. Maar ze is op haar beurt het gevolg van een ordeningsproces op een grotere schaal. Met andere woorden: zowel in de tijd als in de ruimte is het de begrenzing die uitmaakt of we van een verrijking dan wel van een verarming willen spreken. Of wij zekere verschijnselen als ordening of juist als afbraak van ordening willen opvatten, hangt dus af van de schaal, waarop wij kijken. Aangezien in uiterste konsekwentie de gehele kosmos aan dit principe ondergeschikt is, behoort alles in het universum tot de natuur; bestaat er dus niet iets "tegennatuurlijks". Maar omdat de mens zich maar op een beperkte schaal manifesteert, wordt de omgeving anders ervaren. Wij kijken naar de ordening op onze schaal en zien dan, dat op die schaal processen bestaan, die als stabiliserend zijn op te vatten, naast processen; "gebeurtenissen", die door een grootschaliger orde bepaald zijn, en die we als een verstoring ervaren. De menselijke aktiviteiten van deze dagen zijn voor een belangrijk deel onder deze laatste kategorie te plaatsen en worden daarom als onnatuurlijk of tegennatuurlijk ervaren.

Uit deze korte samenvatting (elders wordt uitvoeriger op de zaak ingegaan) komen definities van het natuurbegrip en van afgeleide begrippen vanzelf naar voren. Natuur in haar breedste zin is te omschrijven als "al het stoffelijke in het universum", waarvan dan als bizonderheid kan worden opgemerkt, dat dit onderhevig is aan het ordenend principe. Zo'n definitie hebben we weinig aan, omdat er niets is, dat zich daaraan onttrekt, er valt niets mee te doen. Daarom is het nodig de natuur enger te definieren: "natuur is datgedeelte van het universum dat in de schaal van tijd en ruimte, waarop geoordeeld wordt, zich voordoet als zichzelf

prenend." Een m ssekwentie van deze omschrijving is nij verwerkt, dat een natuurontbreking als onnatuurlijk kan worden beschouwd; een agrarische bedrijfsvoering zouden we als zeer natuurlijk: het is onderdeel van het ordenend principe binnen de schaal van tijd en ruimte waarop wij kijken. Een natuurgebied kan nu worden redefinieerd als : "een deel van het aardoppervlak, waar het ordenend principe, gezien binnen de schaal van tijd en ruimte ofwel het doel van het menselijk beheer is, ofwel de logeische konsekwentie. Voor "natuurbehoud" en "natuurtechniek" zijn op dezelfde wijze gemakkelijk definieringen op te stellen.

De ordening leidt, zoals gezegd werd tot een toestand, waarin "alles-met-alles-te-maken-heeft". Dat gebeurt al heel snel: als in een nieuw gegraven plas zich een eigen leven ontwikkelt, dan is het relatiepatroon van eten en gegeten worden en van alles dat daarvan afhankelijk is al vastgelegd. Wat in de loop van de ontwikkeling van zo'n plas gebeurt is een gedurige verandering van dit relatiepatroon: het ontstaan van nieuwe relaties en daarmee ook een verandering van de soortensamenstelling. Zo'n stelsel van elementen, die in onderlinge samenhang met elkaar aanleiding geven tot iets nieuws, met eigenschappen die niet zonder meer zijn af te leiden uit de eigenschappen der onderdelen zijn wij gewend met het woord "systeem" aan te duiden. Ook de mens maakt systemen: een radio is in staat om uitgezonden trillingen op te vangen en te vervormen dank zij een ordening van de elementen daarbinnen; een wekker geeft de tijd aan en weet ons op het juiste tijdstip te waarschuwen dank zij een inwendige ordening. Het systeem, dat zich in de genoemde plas bevindt is gekenmerkt doordat het zichzelf maakt en bovendien doordat zich onder de elementen z lfstandige, levende wezens bevinden. Een dergelijk systeem wordt "ekosysteem" genoemd. Een ekosysteem is dus te definieren als een deel van de aarde, waarbinnen alle elementen tesamen een relatiestelsel hebben opgebouwd, en waarin zich onder deze elementen ook levende wezens bevinden. Men zou kunnen zeggen dat het ekosysteem de ruimtelijke manifestatie is van het ordeningsprincipe van de natuur. Er zit wel iets tweeslachtigs in deze manier van zeggen, want die "ruimtelijke manifestatie" is op verschillende wijzen te interpreteren: gaat het hier om een konkreet stuk ruimte of is ze meer konceptueel op te vatten, waarvoor iedere ruimte gelden kan: van een waterdruppel tot aan de gehele biosfeer? Meestal bedoelt men met de term dit laatste. Een ruimtelijk afgegrensd deel van het aardoppervlak, dat min of meer homogeen is en bij wijze van spreken als eenheid voor karteringswerk gebruikt kan worden wordt in het algemeen een "ekotoop" genoemd.

Ekosystemen zijn in principe nooit"gesloten". Het netwerk van betrekkingen op aarde vormt 'én groot kontinuum en het feit, dat we daar binnen grenzen trekkenkomt omdat we vinden, dat binnen die grenzen de betrekkingen intensiever zijn dan naar buiten toe. Zo kunnen we van het "ekosysteem plas" spreken en

[illegible] de relatie, die watervogels [illegible] met de [illegible] en [illegible] van de omgeving, etc. Dit trekken van grenzen blijft [illegible] - [illegible] en vaak [illegible] landbouw onderneming, waarvoor men verplicht is, [illegible] argumenten aan te dragen. Het enige gesloten ekosysteem dat we kennen is de biosfeer als geheel.

Het zal ondertussen vanzelfsprekend zijn, wat we in deze landschapsekologische zin onder "water" willen verstaan. Het vormt het komplex van ekosystemen die we het predikaat "nat" mee kunnen geven: het medium, waarbinnen zich de genoemde betrekkingen afspelen is water, H_2O. Dit feit leidt tot een aantal specifieke kenmerken van dit ekosysteemtype. Zo is het soortenarsenaal niet verplicht om te beschikken over verdamping weremde lagen: veel "primitieve" plant- en diergroepen vindt men juist in water-ekosystemen. Uit landschapsekologisch oogpunt zijn water-ekosystemen interessant omdat ze zich relatief gemakkelijk als ekosysteem laten herkennen. Al in het eerste onderzoek aan water-ekosystemen werd een meer als een "organisme" beschreven. De grenzen naar binnen toe vloeien in elkaar over; de grenzen naar buiten zijn tamelijk scherp. Het is dan ook niet zo verwonderlijk dat veel basiskoncepties van de ekologie juist uit de studie van het water stammen.

Nog enkele woorden over het begrip "milieu". Een ekosysteem is opgebouwd uit levende en levenloze elementen. Het woord milieu is in de vorige eeuw ingevoerd als het geheel van abiotische elementen dat op een organisme inwerkt. Het woord drukt dus in iedere geval een relatief begrip uit: het kan alleen worden benoemd vanuit één individu, populatie, soort of andere eenheid. Dit uitgangspunt bleek moeilijk te handhaven te zijn: zeer veel fysische en chemische eigenschappen van het ekosysteem werken normaliter via omwegen op het organisme in, bij voorbeeld door gevoeligheid van een predator; of -nog subtieler- door verschillen in gevoeligheid tussen twee predatoren van het betreffende organisme. Het gaat in feite nog verder: door dit intensieve relatiepatroon gaan chemische en fysische faktoren invloed uitoefenen, die helemaal niet voortkomt uit hun specifieke chemische of fysische gedrag, maar die inhaerent zijn aan de vorm van beinvloeding. Omdat al deze invloeden zo door elkaar gaan lopen is niemand meer in staat om uit te maken in hoeverre waargenomen verschijnselen nu aan het "abiotische milieu" moeten worden toegedicht. Konsekwentie van deze gedachtengang is, dat we niet alleen naast de genoemde faktoren óók de bitische in het begrip milieu moeten betrekken, maar dat het samenspel van al die organismen het wezen van het milieu uitmaakt, tesamen met de basisfaktoren, waarop de levende have geent is. Het mileieu blijf hiermee een relatief begrip: het kan nog steeds alleen worden bezien vanuit dat ene individu, die ene populatie of soort. Het behelst dan het ekosysteem minus dat ene individu, die ene populatie, die ene soort, etc.

Waarom mikrofyten?

Als een ekosysteem zichzelf vormt, al of niet met invloed van de mens, dan zal het na verloop van tijd veranderd zijn. Soorten verschijnen, andere soorten verdwijnen. Men is zo in staat om aan de hand van wat waargenomen wordt uitspraken te doen over het ekosysteem als totaliteit; dat wil zeggen over de toestand waarin zich een terrestrisch of aquatisch deel van onze omgeving bevindt. We kunnen daarmee het al of niet akceptabel zijn van die toestand motiveren. Aangezien het verschijnen en verdwijnen van iedere soort afhankelijk is van de geldende omstandigheden, is het niet speciaal van belang om naar specifieke groepen van organismen te kijken: alle groepen geven deze informatie, ze zijn alle meer of minder goed te gebruiken voor een totaalwaardering.

Men kan zich met veel recht de vraag stellen of mikrofyten wel de meest geschikte groep vormen om ze voor dit doel te gebruiken. Met de fanerogamenvegetatie heeft men de beschikking over een in het veld zichtbare en analyseerbare soortsdiversiteit; de soorten zijn met enige oefening vrij gauw te kennen en er is een uitgebreide literatuur die de ekologie van plantengemeenschappen kan verhelderen. Mikrofyten daarentegen ziet men niet in het veld. Men moet monsters nemen en deze op bepaalde manieren bewerken alvorens men tot determinatie over kan gaan. Het aantal soorten waarmee men te maken krijgt is veel groter; overzichtelijkheid is veel geringer dan bij makroflora of makrofauna; bovendien is ekologische literatuur als hulp bij de interpretatie veel minder omvangrijk. Is het dan niet verstandiger om de aandacht te richten op grotere planten en dieren en de mikrofyten te laten voor wat ze zijn? Veelal is het inderdaad mogelijk om met makroflora of makrofauna tot een goed oordeel te komen. Maar ontegenzegbaar heeft het gebruik van mikrofyten een aantal voordelen, waardoor ze wel degelijk hun rol meespelen, vaak bij de beoordeling niet gemist kunnen worden.

De kleinheid en de snelheid van de levenscyklus maakt, dat mikrofyten zeer snel reageren op veranderingen in hun omgeving. Ze zijn daarmee de meest gevoelige graadmeters, zowel voor grootschalige natuurbeoordelingen (als de grootschalige stabiliteit wordt opgeofferd, dan zullen de oorspronkelijke mikrofyten de eerste zijn, die gaan verdwijnen) als voor kleinschalige beoordelingen van de waterkwaliteit in engere zin: fluktuaties in de loop van het jaar; stoten van verontreiniging, etc. zijn in de samenstelling van bv. het fytoplankton te vervolgen. Het medium water is daarbij van belang, omdat de

organismen hier des te meer op zijn aangewezen, naarmate ze kleiner en minder ontwikkeld zijn. Het grote aantal soorten dat gevonden wordt is hiervoor als een nadeel beschouwd. Het betekent echter ook, dat de grenzen, waarbinnen een soort wordt aangetroffen , ten opzichte van diverse milieufaktoren, vaak klein is, wat zo'n soort als indikator waardevol maakt.

Het zijn vooral de specifiek kortademige processen, die in wisselingen van het mikrofytenbestand nauwkeurig vervolgd kunnen worden. Het is dan ook niet te verwonderen, dat een vervuilingsindikatorensysteem als het saprobiënsysteem voor een belangrijk deel op deze groep van organismen gebaseerd is.

Plankton zweeft vrij in het water; verplaatst zich dus met het bewegende water. Plankton is indikatorisch voor het "pakket" water, waarin het wordt aangetroffen. Op een substraat vastzittende algen zijn evenals de meeste grotere organismen afhankelijk van de steeds wisselende samenstelling van het water dat zich rond hen beweegt. Dat maakt, dat afhankelijk van de doelstelling van het onderzoek een keuze zal moeten worden gemaakt, welk deel van het ekosysteem in het onderzoek betrokken zal moeten worden.

Uit de kombinatie van de genoemde voorwaarden komt naar voren, dat het gebruik van mikrofyten in stromend water minder mogelijkheden biedt dan in stilstaand. De rust, noodzakelijk voor kleinschalige ontwikkelingen is in stilstaand water immers beter gegarandeerd. Plankton ontwikkelt zich slecht in water met meer of minder sterke turbulentie en wat er voorkomt heeft een mengkarakter, zodat interpretatie zo niet onmogelijk toch heel moeilijk is. Tot op zekere hoogte kunnen draadalgenvegetaties langs de oevers en de mikrocoenosen daartussen een nuttige funktie bij de beoordeling vervullen.Ook in kleine wateren, vooral als deze rijk begroeid zijn met fanerogamen, kan vaak een sterke onderdrukking worden gekonstateerd van vrij zwevende mikroorganismen. Open wateren van stilstaand of zwak stromend karakter lenen zich het beste voor fytoplanktononderzoek. Epiphyten geven plaatselijke resultaten meestal specifieker weer. Deze laatste overweging speelt overigens in Nederland normaliter een belangrijke rol omdat, zeker in West-Nederland, de meeste wateren met elkaar in verbinding staan en onderhevig zijn aan een langzame beweging, hetzij van nature, hetzij door de mens nagestreefd.

Het hier volgende hoofdstuk gaat sterk in op het fytoplanktononderzoek. De reden hiervan is dat met dit werk de meeste ervaring is opgedaan; niet omdat dit onderzoek op enigerlei wijze belangrijker zou moeten worden geacht dan de rest.

Doel en probleemstelling.

Alvorens een onderzoek te beginnen is het nodig om zich duidelijk rekenschap te geven van het resultaat dat men wenst te bereiken en de reden waarom men dat wenst te bereiken.

Het doel kan zuiver wetenschappelijk of toegepast zijn. Onder toegepast word dan verstaan, dat de resultaten direkt worden gebruikt om in een groter verband te worden opgenomen. Dit grote verband kan bijvoorbeeld het planologisch overleg zijn, maar ook een juridische kwestie, een economische waardering, enz. Het onderzoek zoals hier wordt voorgesteld levert maatstaven, waarvan men bij planologisch overleg kan uitgaan, waarmee misstanden kunnen worden aangetoond en waardoor konsekwenties van ingrepen kunnen worden beoordeeld. Dit zijn alle feitelijkheden waarover men moet kunnen beschikken vóórdat een beleid wordt opgesteld. Een politieke keuze is alleen te maken als men weet, wat men kiest.

Daarnaast is veel onderzoek nodig om uit te maken of de gehanteerde maatstaven inderdaad datgene te vertellen hebben, wat wij erin willen zien. En is de konsekwentie van een verandering inderdaad zo, als wij die stellen? Van de causale betrekkingen die er bestaan tussen de verschijnselen die wij waarnemen en de processen die er de oorzaak van zijn weten we nog bijzonder weinig. Voor dit alles is behoefte aan langduriger onderzoek. Dit zou men de "zuiverwetenschappelijke" probleemstelling kunnen noemen.

Het lijkt nuttig om de beide hoofdprobleemstellingen recht te doen wedervaren, dus zowel de planologie van dienst te zijn als te zoeken naar de zuiverheid van de daarbij te hanteren maatstaven. In de praktijk zal het niet zo gemakkelijk zijn om beide te kombineren, maar het is wel goed, dit van te voren te bezien. Dan is het mogelijk het onderzoek in één richting opgezet, te gebruiken voor of te plaatsen in het licht van de andere richting. Het praktische gebruik - de reden waaróm we dit alles doen - dient naar mijn mening wel áltijd op de achtergrond te staan.

Opzet van het onderzoek.

Onderzoek dat zich richt op een doel, zoals hiervoor omschreven is, kan op een aantal manieren een resultaat opleveren, welke uiteraard met elkaar gekombineerd kunnen worden.

1. Periodiek onderzoek per monsterpunt. Naast een nauwkeuriger analyse van de beoordeelde gemeenschap geeft dit onderzoek tegelijk een antwoord op de vraag, in hoeverre een éénmalige monstername kan bijdragen tot een oordeelsvorming.

2. Gradiënten onderzoek. Daar waar een beinvloeding van buitenaf, een kontakt tussen twee watertypen of een endogene faktor leidt tot geleidelijke overgangen, daar is in een serie van monsters de relatie tussen de beinvloeding en de samenstelling der gemeenschap na te gaan. Dit kan gebeuren in correlatie met chemische eigenschappen.

3. Inventarisatie binnen een gebied, een natuurreservaat, een plas, een verlanding. Doel hiervan is, een oordeel te verkrijgen over de inwendige differentiatie. Hierbij is het noodzakelijk zoveel mogelijk de fysiografische verschillen binnen het gebied vast te leggen, op grond waarvan dan een keuze van monsterpunten gemaakt kan worden.

4. Een vergelijkend waardeoordeel van een aantal objecten binnen een geografische eenheid (gemeente, streekplan, landschapseenheid, kaartblad, etc.). Een typologie, gebaseerd op onderlinge vergelijking der wateren wordt opgesteld aan de hand van een representatieve monstername van minimaal één monster per objekt.

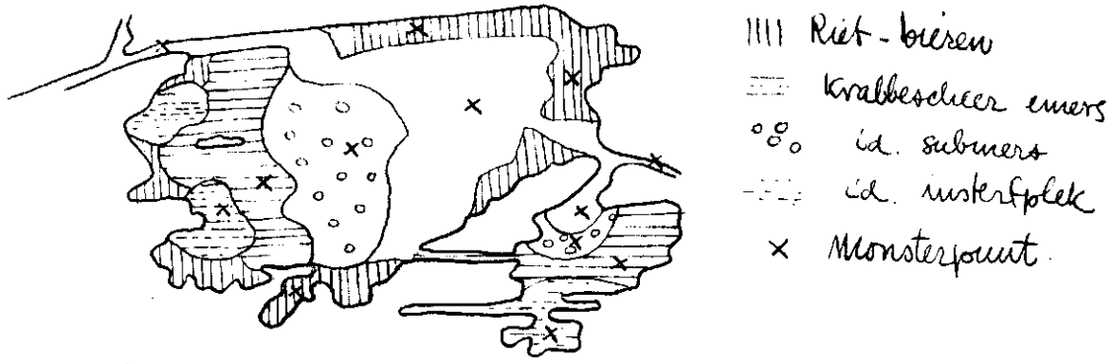
5. Suksessie-onderzoek aan de hand van "permanente proefvlakken". Vooral van nut bij nieuw onstane wateren. In hoeverre is het proces van "rijping" in struktuurmaatstaven te vervolgen? Op vergelijkbare momenten in de jaarcyclus dient gedurende een aantal jaren gemonsterd te worden.

6. Daarnaast zijn er natuurlijk tal van methodische vragen waarop de aandacht gericht kan worden: Hoeveel tellingen moet men verrichten om een goed oordeel over de diversiteit te hebben, wat rekent men daarbij als eenheid, welke methode van opbrengen geeft de minste fouten, enz. men zal deze vragen in de hier volgende tekst vanzelf ontmoeten.

Het hoofdprobleem in punt 6 vormt de wijze van werken. De andere punten hebben betrekking op de bruikbaarheid van het resultaat. Hierbij vertegenwoordigen de punten 1 en 5 het tijdelijke, de punten 2, 3 en 4 het ruimtelijke aspekt. Van deze laatste drie geeft bijgevoegde figuur elk een voorbeeld, ontleend aan eigen onderzoek.

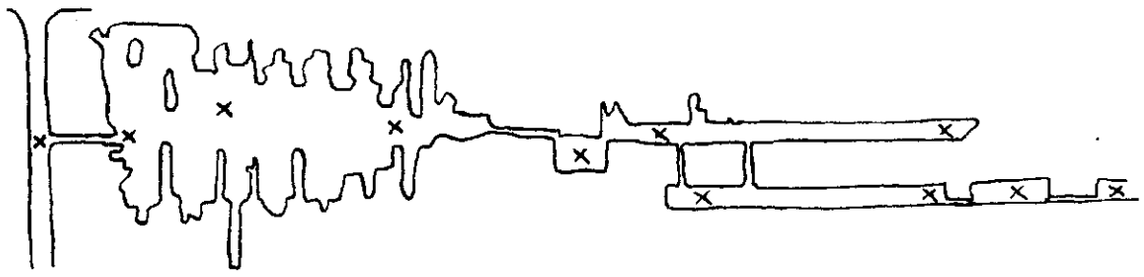
Uiteraard zijn deze vormen van onderzoek op alle mogelijke manieren met elkaar te kombineren.

Venematen, N.W. Overijssel, 1 : 10.000



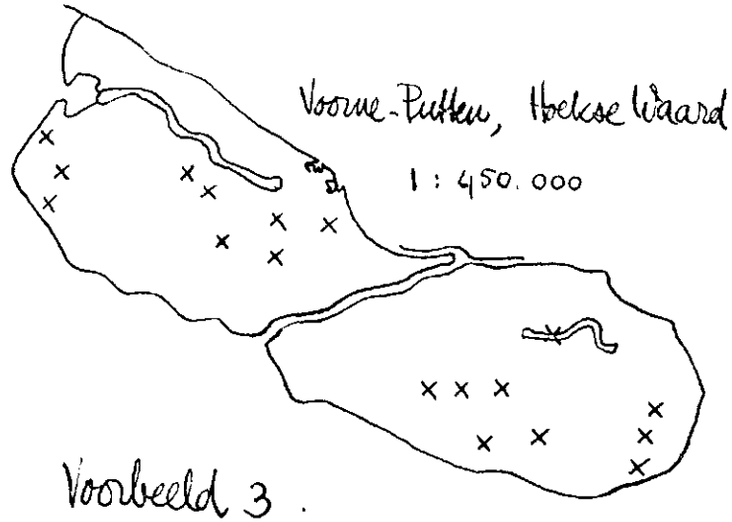
Voorbeeld 1. Inventarisatie Natuurgebied

Mariapeel, gem. Sevenum, 1 : 10.000



Voorbeeld 2. Een gradiënt

(Het kanaal aan linkerzijde voert voedselrijk water in een arm veengebied.)



Voorbeeld 3.

Typeinventarisatie van een streek.

Alle blauwe plekken op de stafkaart zijn opgezocht. Van ieder objekt een monster.

Keuze van het monsterpunt.

De keuze van het monsterpunt bepaald door de probleemstelling. Geldt het de bestudering van een gradiënt; wil men een representatief beeld van een min of meer samengesteld complex of bestudeert men juist de onderdelen van het complex?
De criteria volgens welke men zijn monsterplaatsen kiest zijn in alle genoemde vormen van onderzoek anders, ook is er verschil, of men in bewegend water (rivieren, beken, maar ook getijdengebied en bodemwater) werkt of in stilstaand. Uitgangspunten voor de keuze zijn geomorfologische principes (welke eenheden bestaan?), hydrologische principes (welke watertypen zijn mogelijk?) en biologische principes (relatie met hogere waterplantenvegetaties). Voor de geomorfologische is een kaart noodzakelijk, met gegevens over diepte, aard der ondergrond etc.; voor de hydrologische is het chloridegehalte een goede maatstaf; vooral indien deze in relatie beschouwd wordt met het geleidingsvermogen, terwijl men voor de biologische kennis dient te hebben van de fanerogamen en hun verspreiding in het water.

Als de diepte kleiner wordt dan 1½ meter moet men er rekening mee houden, dat de bodem invloed gaat uitoefenen. Daarom moet men in dat geval op zo diep mogelijke plaatsen monsteren, tenzij de probleemstelling anders voorschrijft.

-.-

Sedimentatie van fytoplankton.

Monstername en verwerking.

1. Het water wordt van zijn omgeving gescheiden met behulp van een (plastic) emmer, welke men met een draaibeweging in het water brengt (fig.1.). Dit om zo weinig mogelijk beroering in de stratifikatie van het water teweeg te brengen.

2. Uit deze emmer kan ál het benodigde water verzameld worden, bv. voor O_2, BOD, totaalanalyse, plankton.

3. Voor dit laatste: overgieten met trechter in glazen literfles van normale afmetingen (8,5 cm. buitenmiddellijn); dit om snel en veilig afhevelen te waarborgen.

4. Deze fles vóór of ná het vullen voorzien van 10 ml. formaline (beter is vooraf; dat voorkomt vergeten).

5. Fles op een stil plekje wegzetten en 14 dagen laten staan. Af en toe fles even draaien om aanhechting aan het glas tegen te gaan.
   NB. Als de monsters snelle temperatuurwisselingen moeten ondergaan (bv. in de winter na het monsteren) dan is het goed, de flessen niet hermetisch gesloten te laten, want dan knappen ze.

6. Na twee weken (het kán korter, maar beter is een veilige marge aan te houden) afhevelen. Dit kan in het veld gebeuren met een plastic slangetje (doorsnede enkele mm.), waarin men het eerste water voorzichtig opzuigt. Voor een permanente opstelling is een simpele hevel te overwegen (fig. 2.). Brengt men de buis voorzichtig in de fles, dan kan het niet gauw fout gaan.
   Als het fout gaat: ophouden en weer opnieuw twee weken wachten.
   Als zich een drijflaag vormt (bv. bij zekere blauw-algen), dan worden deze afgeheveld en gaan dus verloren. Wil men ze tóch behouden, dan moet men het afgestroomde water opvangen en dit filtreren met een planktonnet.

7. Het residu wordt overgebracht in nestlerbuizen of in flesjes van kleiner formaat (doorsnede niet groter dan 5,5 cm. buitenzij) van 200 ml. Na 4 dagen bezinken kan men ook deze afhevelen.

8. Het residu hiervan kan worden opgevangen in een planktonbuisje (20 ml.) en onbeperkt bewaard worden (enkele druppels formaline toevoegen is bij lang bewaren wel raadzaam).
   Het is goed om monsterindikatie (onderzoek, monsterpunt, datum, methode, verzamelaar) met O.I.inkt op transparant papier in het buisje aan te brengen. Dat voorkomt veel narigheid.

9. Voor bestudering op 't oog door afgieten tot ± 1 ml. concenteren.
   Wil men het nauwkeuriger doen, dan kan men de suspensie overgieten in een puntig toelopende centrifugebuis, welke een 1 ml. calibratie heeft. Na enkele uren staan kan men de bovenlaag afpipetteren.

10. In het veld is deze methode dikwijls te tijdrovend. Men kan dan uitgaan van 200 ml., maar moet dan concentreren tot 0,2 ml. om dezelfde duizendvoudige koncentratie te verkrijgen.

FIG. 1

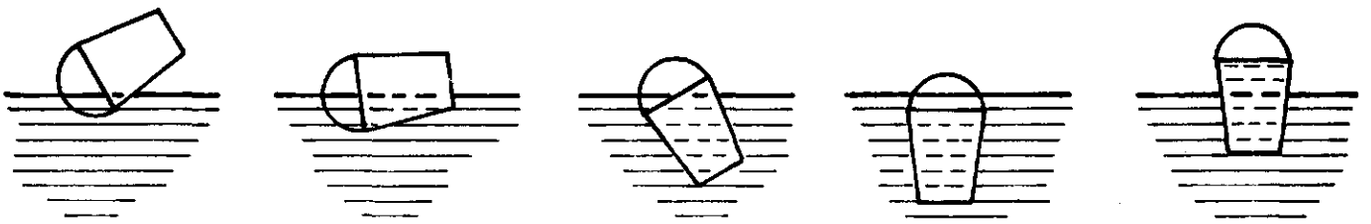
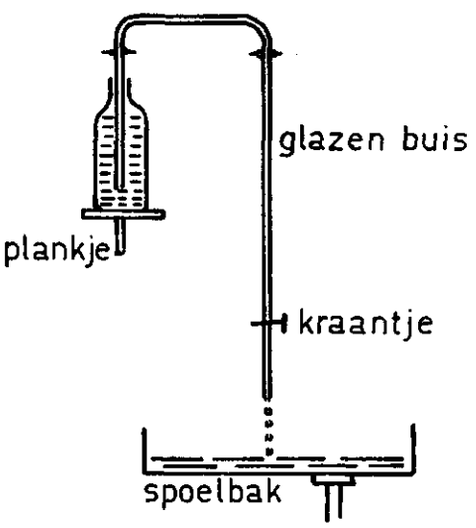


FIG. 2



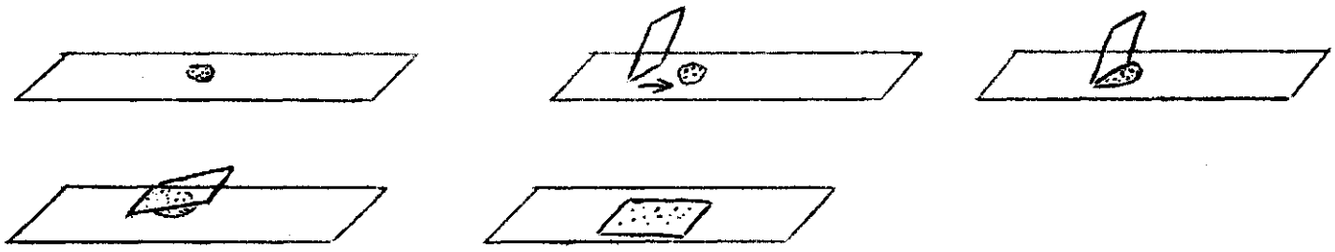
De analyse.

1. Met een pasteurpipet (d.i. een nauwe pipet, voorzien van een speentje) het tot ± 1 ml. geconcentreerde materiaal goed mengen. Daarna opzuigen en voorzichtig 1 of 2 druppels op een voorwerpglas brengen.

2. Dekglaasje erop. De beste methode hiervoor is als volgt:
   Houd het dekglaasje tussen duim en wijsvinger.
   Plaats één rand voorzichtig op het voorwerpglas, parallel aan de kortste zijde en vóór de opgebrachte druppel.
   Beweeg dit nu langzaam naar de druppel toe op het moment, dat het dekglas de druppel raakt, verspreidt deze zich over de hele breedte van het dekglas.
   Laat nu langzaam het dekglas zakken.

   Op deze manier wordt de meest regelmatige verdeling van het plankton verkregen.

   N.B. De beste methode is om de bezinking in speciale kuvetjes te laten plaatsvinden, waarvan de bodem bekeken wordt met een speciaal daarvoor geconstrueerd "omgekeerd microscoop".
   Niet iedereen beschikt echter over zo'n duur apparaat. Het is onze ervaring, dat de fout, door de omslachtiger manier van werken gemaakt, niet groot is, als wij er maar voor zorgen, dat we niet te veel over kleinere afstanden van ons preparaat kijken.



3. Het preparaat wordt onder het mikroskoop gelegd en bekeken met de grote vergroting (objektief no. 7, 40 x) bij een oculair van 10 x.
   Dit geeft een hoekvergroting van 40 x, wat bij tekenen 2 x, dus tot ± 800 x kan worden vergroot. 8 mm. tekenveld komt dan overeen met 10 μ .
   Voor de bij deze handleiding gegeven tekeningen geldt: 8½ mm. komt overeen met 10 μ .

   Verwacht moet nu worden, dat per gezichtsveld een aantal wormen te zien is; niet zo weinig, dat konstant gezocht moet worden (dat is zeer vermoeiend en levert hoofdpijn op), niet zo veel, dat de vorm en gedaante der afzonderlijke individuen niet meer te zien is. Voldoet het preparaat niet aan deze eis, dan is de koncentratie niet juist, en kan men deze bij een volgende behandeling aanpassen.

Het maken van een diatomeeënpreparaat.

Volgens van der Werff.

1. Monster in Erlemeyertje. Goed geconcentreerd; een paar druppels.

2. Enkele cc. waterstofperoxyde erbij. 30%. Even in laten werken. (Beter dan H_2SO_4 : 1e geen gipskristallen, 2e geen ontploffingen).

3. Iets verwarmen (onder zuurkast)

4. Verzadigde oplossing $KMnO_4$ voorzichtig (explosief) erbij druppelen (onder zuurkast op een pitje). Gestaag voortdruppelen. Iedere keer een explosietje. Doorgaan tot dit niet meer gebeurt. Men ziet dan een bruinkleuring door MnO_2 vorming.

5. Neutraliseren met HCl Maar MnO_2 krijg je pas weg, als er H_2O_2 bij is; dus: een paar druppels H peroxyde, en een paar druppels HCl erbij. Nu is kalk opgelost en MnO_2 weg.
Dit doorkoken dan is alles er wel uit.

6. Dit moet gewassen worden: Centrifugeren (eerst water in de buisjes, anders knappen ze door de hoge temperatuur!) Afgieten, water erbij; centrifugeren enz. in principe 3 x.

7. Dekglas op electrisch plaatje (niet te heet) leggen. Monster erop druppelen.(Goed vol: $\frac{\text{bel}}{\text{glas}}$)en laten opdrogen.

8. Inbedden in Clearax van Gurr Ltd., London S.W. 6.
Op dekglas aanbrengen. Snel omdraaien, zo op voorwerpglas.

9. Op kookplaatje. Voorzichtig koken: tolueen + lucht eruit.
Als je het dan snel afkoelt zie je meteen de bellen verdwijnen.
Dit heeft het voordeel, dat de brekingsindex maximaal wordt, terwijl bovendien je preparaat steviger wordt.

-=-=-=-=-=-=-=-

Het onderscheiden van soorten.

De gevolgde methode van selekteren (monstername, fixatie, verwerking) leidt tot een keuze en een toestand van aanwezige soorten, welke mogelijkheden en beperkingen biedt bij de bewerking van het materiaal. Een groot voordeel van praktische betekenis is, dat het materiaal in herkenbare vorm tot in lengte van dagen bewaard kan blijven in een weinig plaats innemende toestand. Een bezwaar is, dat goede herkenbaarheid slechts voorbehouden blijft aan die vormen, die voorzien zijn van stevige celwanden of aparte, bij fixatie niet vervormende omhulsels. Een groot aantal soorten, dat niet aan deze voorwaarde voldoet echter, is wél waar te nemen; de determinatie wordt echter moeilijk of onmogelijk, omdat kenmerken niet of onvoldoende zichtbaar zijn.
Naar mijn mening is dit nadeel van ondergeschikte orde: welke methode ook toegepast wordt; altijd is sprake van selektie van gedeelten uit een totaliteit. Van sommige soorten kunnen alleen statistische kenmerken uitsluitsel geven, zodat veel materiaal bekeken moet worden; andere zijn alleen in speciale fasen van hun ontwikkeling te herkennen, zodat ze gekweekt moeten worden. Doordat konsekwent te doen is het aantal te bewerken monsters zo klein, dat een redelijk typologisch onderzoek niet te doen is, etc., etc.. Onze selektie moet dus bepaald worden door het doel dat wij ons stellen. Is het mogelijk, de verschillen tussen analysen op een bevredigende wijze vast te leggen en voor interpretatie te gebruiken? Is aan die voorwaarde voldaan, dan is onze selektie per definitie juist. Ik heb de ervaring, dat dit inderdaad het geval is.
Er is nog een tweede komplikatie. Dat is het feit, dat soortsonderscheiding in vele gevallen bij lagere algengroepen zo arbitrair is. Men zie hiervoor de paragraaf "soortsonderscheiding". Het betekent, dat determinatie volgens gangbare handboeken áltijd tot diskrepanties aanleiding zal geven, welke door de keuze van een naam op onkontroleerbare wijze gefixeerd worden met alle nare gevolgen van dien.
Beide overwegingen leiden tot de slotsom, dat de onderzoeker tot een eigen indeling van organismen moet komen, aangepast aan zijn eigen selektiemethode en de aard van de bewerkte monsters.
Mijn voorstel luidt dus samengevat: De onderzoeker moet bij de aanvang van een analyse uitgaan van het standpunt, dat alle aan te treffen organismen nieuw en onbekend zijn. Tijdens het werk komt hij door tekenen en vergelijken tot het trekken van grenzen. Voor de ene onderscheiding kan één tekening voldoende zijn; voor de andere zijn veel meer tekeningen nodig. Het tekenen dient bij voorkeur te geschieden bij een bekende vergroting met tekenspiegel of -prisma, waardoor ook onbekende kenmerken in afmeting, verhouding, etc. op verantwoorde wijze worden aangegeven. Het is raadzaam om van deze tekeningen een kaartsysteem aan te

- leggen -

leggen; dit maakt het mogelijk, de indeling steeds aan de nieuwe inzichten aan te passen. Voor het inzicht in de kriteria is het goed om van handboeken gebruik te maken; de indeling mag zich echter nooit baseren op de kriteria die in deze boeken gehanteerd worden, doch hoort teruggevoerd te zijn op het eigen materiaal. Is de afgrenzing op bevredigende wijze afgerond, dan kan worden nagegaan, welke diagnosen aansluiten bij in de literatuur gegeven omschrijvingen. In dat geval is de naam - voorzien van de auteur die de diagnose verzorgd heeft, pas dan weet men wat men bedoelt - over te nemen. In andere gevallen moet men óf de verschillen aangeven; óf een eigen indikatie aanhouden (bv. Scenedesmus spec 1, 2, 3 etc.), eventueel een nieuwe soort beschrijven. Dit is de enige manier die waarborgt, dat alleen vergelijkbare zaken met elkaar vergeleken worden, m.a.w. dat het fundament van de typologie; de analyse, verantwoord is.

Overzicht van de aan te treffen mikro-organismen.

Materiaal dat verkregen is volgens de hier beschreven methode wordt wel omschreven als sedimentatie-plankton of bezinkings-plankton. Onder plankton verstaan we al dat leven, dat vrij in het water zweeft (dus niet drijft of zinkt), en waarvan de verplaatsing niet door eigen beweging geschiedt. Deze omschrijving geeft aanleiding tot enkele vage grenzen. Want wanneer geschiedt verplaatsing wel, wanneer niet door eigen beweging? Dit hangt af van de schaal, waarop we kijken. Een watervlo bijvoorbeeld zal in de oceaan weinig in te brengen hebben ten opzichte van een golfstroom. In een fles thuis zoekt hij echter duidelijk zijn plaats op. Wij laten de methodiek uitmaken wat we eronder willen verstaan. Een watermonster, volgens de beschreven manier verzameld, bevat organismen, die op dat moment in dat water konden zijn en die organismen worden daarom plankton genoemd. Omdat ze door sedimentatie verkregen zijn spreken we van sedimentatie - of bezinkingsplankton. Het woord "nannoplankton" of dwergplankton duidt op de grootte van de organismen en dekt dus onze keuze niet helemaal. De meeste organismen zullen klein (d.w.z. in de grootte orde van 1-100 µ) zijn, maar dat hoeft niet. Zo heeft de methode tot een beperkingsaanleiding gegeven van wat we zullen aantreffen. Er is nog een tweede beperking, en dat is die, die opgetreden is ten gevolge van het fixeren met formaline. Hierdoor treden namelijk verruimingen op in levend weefsel. Als er geen stevige skeletdelen bestaan, die stand houden, dan zal een organisme óf niet meer terug te vinden zijn, óf onherkenbaar verminkt. In het volgende overzicht worden ze wel meebenoemd, maar alleen voor zover ze onderscheidbaar zijn (zie bv. de figuren 33, 181). Dit is niet fout, het beperkt alleen de informatie. Een derde beperking is nog bewust ingevoerd. Dat is het feit, dat hier alléén het plantaardige plankton (fytoplankton) is behandeld. De grens is wel zo ruim genomen, dat alle organismen die bladgroen bevatten en hun naaste verwanten, alsmede zichtbare bakteriën en schimmel hiertoe gerekent zijn. In feite zijn daardoor drie hoofdgroepen buitengesloten, te weten:

1. Crustacea, kreeftachtigen, welke o.m. de Daphinia's, watervlooien en cyclops, de éénoogkreeftjes omvat. Ze zijn enkele 100en µ tot enkele mm. groot en gekenmerkt door hun gelede poten.

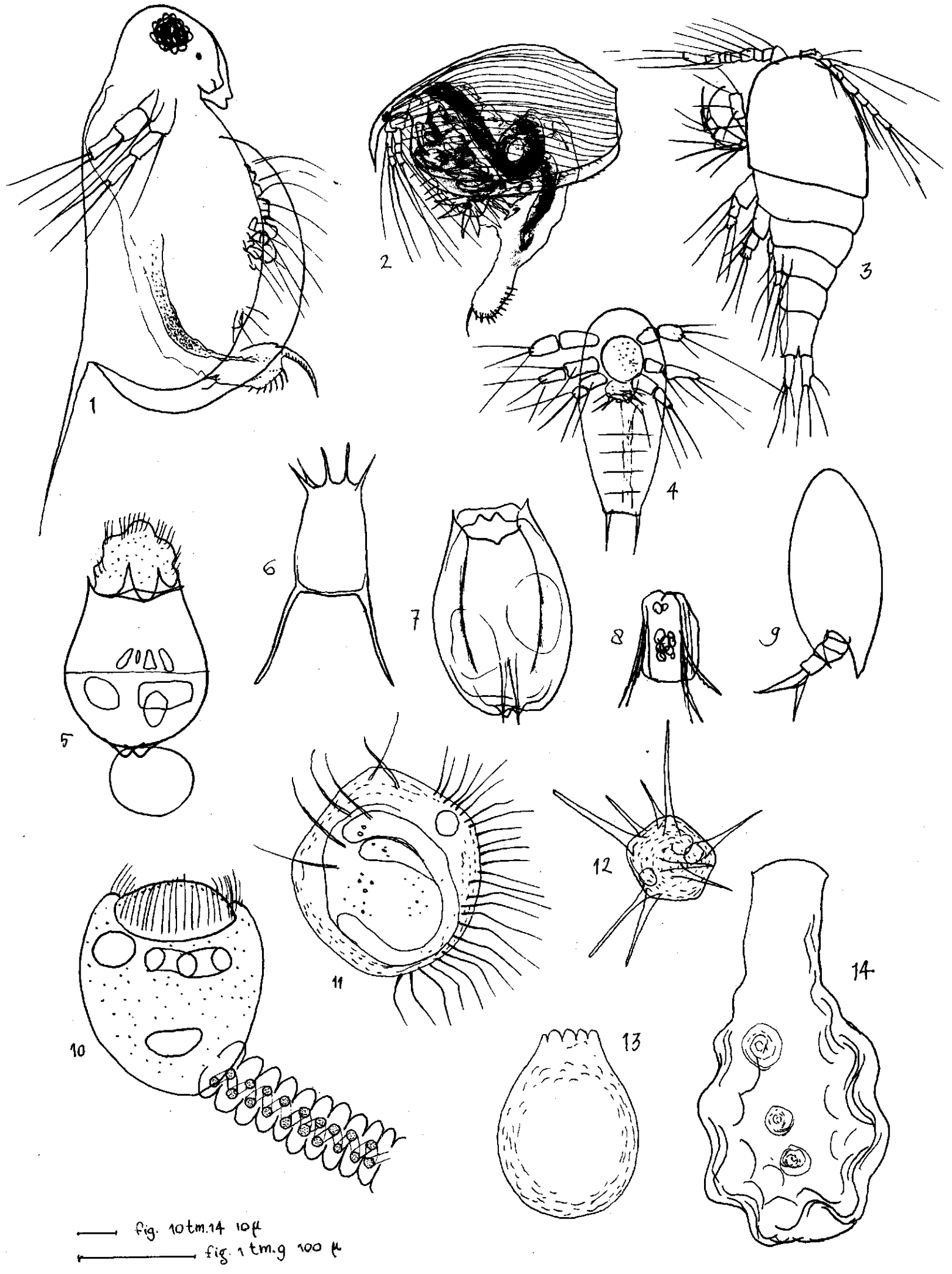
- Rotifera -

2. Rotifera, raderdiertjes of rotatoren, kleine tot de normen behorende organismen, ± 100 tot ± 500 µ groot, gekenmerkt door een "raderorgaantje", waarmee voedsel verzameld kan worden en vaak een fraai gevormd, van allerlei uitsteeksels voorzien pantser.
3. Protozoa, oerdiertjes, ééncelligen, al of niet van pantsers voorziene diertjes. Voor deze bepeking zijn verschillende redenen aan te voeren. De belangrijkste is wel, dat zij niet representatief in het beeld thuishoren. Rotifera en Crustacea zijn te groot om in een liter representatief verzameld te worden. Om een betrouwbare soortenlijst te maken zou dan een tweede monstername verricht moeten worden. Bij de Protozoa kunnen we twee hoofdgroepen onderscheiden: de Ciliaten, die zich d.m.v. een groot aantal trilharen voortbewegen en de Rhizopoda, die dit doen door uitstulpingen van de cel (zgn. "pseudopodiën"). Deze laatste kunnen een pantsertje bewonen dat vaak fraai van vorm is. Alle naakte soorten binnen de groep zullen na fixatie ondeterminoerbaar zijn. De gepantseerde vormen zijn typische moeras- en bodembewoners, die dus in het plankton van nature niet voorkomen.

Wat overblijft vormt nu het fytoplankton, en daarvan wordt op de volgende bladzijden een overzicht gegeven. In werkelijkheid gaat het om duizenden soorten, waarvan vaak de werkelijke afgrenzing niet eens goed bekend is, of waar deze zoveel problemen geeft, dat alleen na kweken een goede determinatie te geven is. In het hiervolgende overzicht is met de volgende punten rekening gehouden:

1. Van alle karakteristieke groepen zijn goede representanten gegeven.
2. Alle algemene soorten zijn getekend.
3. De variatie binnen zekere groeperingen is duidelijk tot uiting gebracht, zodat na te gaan is in hoeverre een aangetroffen vorm voldoet aan de kriteria voor deze groeperingen.

Zo opgevat zal men weinig vormen aantreffen, die in dit overzicht niet gevonden zullen worden. Wil men meer weten, of treden desondanks moeilijkheden op, dan geven literatuurverwijzigingen aan, waar men verder geinformeerd kan worden. Ook kan verwezen worden naar mijn eigen synopsis van waarnemingen in R.I.N.-verband opgedaan, welke in losbladige vorm aanwezig is.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
fig. 10 tm.14 10 μ
fig. 1 tm.9 100 μ

BESCHRIJVING DER HOOFDGROEPEN

1. Bakterien

Plaat I, fig. 1 tm.6. De bakterien vormen een zeer heterogene groep, welke eigenlijk alleen om praktische redenen als één geheel beschouwd wordt; en wel voornamelijk vanwege hun kleinheid. Verreweg de meeste vormen zijn volgens de gewone methoden morfologisch niet te onderscheiden of zelfs maar waar te nemen. Dank zij hun specifieke fysiologische en biochemische eigenschappen is voor die onderscheiding een fysiologische techniek ontwikkeld, welke de basis vormt voor de bakteriologie. Belangrijk daarvoor is vooral het feit, dat normaliter geen bladgroen aanwezig is, maar dat hetzij een heterotrofe levenswijze geleid wordt (oxydatie of rotting),hetzij een "chemo-autotrofe". In dat laatste geval is het organisme wel in staat zijn eigen voedingsstoffen op te bouwen, maar niet met behulp van bladgroen en zonlicht, maar dank zij chemische (oxydatie)reakties. Er bestaan echter ook groene bakterien, waarvan de grens met de blauwwieren zeer vaag is. In het algemeen kan men zeggen, dat bakterien zeer kleincellig zijn (cellen tot 1u in doorsnede), zonder bladgroen of vaag blauwig groen van kleur en waarvan in een aantal gevallen de kolonievorm (vertakte of onvertakte draden, celklompjes met meer of minder karakteristieke celrangschikking) uitsluitsel voor determinatie kan geven.

2. Schimmels of Fungi.

Plaat I, fig. 7,8,9. De groep der schimmels of Fungi vormt een plantenketegorie, welke in zeer veel opzichten van de overige groepen afwijkt. De splitsing moet dan ook lang geleden hebben plaatsgevonden. Als belangrijkste kriteria kunnen genoemd worden de samenstelling van de celwand; waarin niet cellulose, maar pectine het hoofdbestanddeel vormt; en het ontbreken van bladgroen. In de praktijk is het eerste vaak moeilijk te zien; het tweede niet voldoende: niet iedere cel zonder bladgroen is een schimmelcel; en echte schimmelcellen kunnen vaak een bedrieglijk groene kleur aannemen. In de praktijk valt het echter mee, omdat het aantal in het plankton te vinden soorten zo gering is, dat men ze best kan overzien. Vaak vindt men, vooral in moerassen en endiepe wateren, weinig gestruktureerde, meestal dwarswandloze schimmeldraden(Syncitien). Daartussen kan men wel eens duidelijke of onduidelijk fruktifikatielichamen aantreffen. Het gaat dan echter normaliter om vormen, die per ongeluk in dit milieu terecht zijn gekomen en die met de zichtbare kenmerken niet zijn te determineren. Men kan ze noemen, maar daarna beter vergeten. Echt planktonisch

zijn slechts drie groepen:

1. Soorten van het geslacht Planctomyces. Dit is het enige geslacht, dat tijdens zijn gehele cyklus een planktonisch leven leidt: een "bolletje met bolletjes".
2. De sporen van zekere schimmelgroepen, als in fig. 8 is getekend De sporen zijn meercellig en hebben normaliter een dikke buitenwand. Ze zijn vaak bizar gekleurd. Ze zijn samengevoegd onder de naam "teleutosporen". Het gaat hier om niet planktonische groepen, waarvan echter de sporen in het bizonder in ondiep water vrij rond kunnen zweven.
3. De sporen van waterschimmels; Hyphomycetes, die na het loslaten tijdelijk planktonisch kunnen worden. Het zijn vertakte lichamen met een duidelijke hoofdas. Aan deze as is het voetje te herkennen, waarmee het orgaan heeft vastgezeten. De armen zijn min of meer als afgeleide draden te beschouwen en groeien ook als zodanig uit.

3. Blauwwieren of Cyanophyta.

Plaat I, fig. 10 tm.32. De kleur van blauwwieren is eerder blauwgroen dan blauw te noemen. Aangezien hierin veel variatie kan voorkomen; aangezien ongekleurde lichamen vaak onder het mikroskoop een blauwgroene interferentiekleur aan kunnen nemen en aangezien ook de groene kleur der groenwieren vaak verraderlijk blauwgroen kan zijn is het kenmerk minder praktisch dan het lijkt. Vaak (bijvoorbeeld bij de geslachten Dactylococcopsis en Ankistrodesmus) is een definitief uitsluitsel op grond van mikroskopische waarnemingen niet te geven. Verdere kenmerken, waar men houvast mee heeft, zijn: 1° de typische celdeling, die een vorm van "splijting" is, na insnoering in het midden. Een zeer primitieve delingsvorm, welke mogelijk is, omdat de celinhoud niet gedifferentieerd is. Hieruit volgend: 2° er is geen speciaal bladgroenlichaam, geen kern, geen vakuole, geen pyrenoid of ander insluitsel. 3° het enige, dat bij zekere vormen op kan treden zijn de zg. "luchtvakuolen", met gas gevulde holten, soms groot en onregelmatig, soms heel klein, als een soort "granulering" in de cel te zien. 4° Tenslotte zijn de typische draad- of kolonievormen van die aard, dat men er gauw een blauwwier in kan herkennen, in het bizonder als men over enige oefening beschikt.

4. Groenwieren of Chlorophyta.

Plaat I, fig. 33 tm. 40, Plaat II, fig.41 tm. 91. De groene algen worden meestal op grond van hun voortplanting en hun morfologie in twee hoofdgroepen verdeeld: de échte groenwieren of Chlorophyta en de sieralgen of Conjugatophyta. De afbeeldingen van deze laatste groep vindt men op de platen III en IV. De centraal gelegen kern en de symmetrische celhelften ter weerszijden vormen het kenmerk, dat deze laatste groep, in het bizonder in de niet-

draadvormende geslachten, duidelijk apart plaatst van de heterogene groep der Chlorophyta. De echte groenwieren zijn gekenmerkt door hun soms naakte, meestal van een cellulosewand voorziene solitaire, kolonie- of draadvormende cellen, normaliter voorzien van een pyrenoid (zetmeel bevattend lichaam). Binnen de groep is een toenemende specialisatie te vinden van losse vrij rondzwemmende cellen, alle voorzien van twee zweepharen of flagellen, via kolonievorming en tijdelijke onbeweeglijkheid naar van een stevige celwand voorziene één- of meercellige individuen en verder tot draadvormige soorten. Normaliter vindt men alleen de niet-draadvormende soorten in het plankton. Ze laten zich op grond van deze ontwikkeling in drie orden indelen: de vrij zwemmende flageldragende Volvocales, de tijdelijk onbeweeglijke Tetrasporales en de onbeweeglijke Chlorococcales.

Andere groene organismen zijn te vinden bij de Heterocontae of Xanthophyta, welke geen zetmeel maken en de Euglenophyta, die naast dit kenmerk bovendie gekarakteriseerd zijn door het bezit van één flagel. In gefixeerd materiaal kan het echter voorkomen dat ook andere groepen een groene kleur gaan aannemen. Men moet dan letten op de wandstrukturen, zoals bij die groepen is aangegeven.

Kenmerken, welke van belang zijn bij het onderscheiden van Chlorophyta zijn:

1° De inwendige struktuur der cellen: vorm en aantal der bladgroenlichamen of chloroplasten; aanwezigheid van een of meerdere pyrenoiden of zetmeellichamen, eventuele aanwezigheid van pulserende vakuolen(holten, waarin zich exkretievocht verzamelt, welke op gezette tijden geleegd worden) of van een stigma of lichtgevoelige rode oogvlek. Deze laatste twee kenmerken in het bizonder bij de vormen met flagellen.

2°. Aan- of afwezigheid van twee flagellen. Er bestaan ook soorten met een "pseudoflagel", welke geen eigen beweging uit kan voeren!

3°. De aan- of afwezigheid van een celwand; hiermee samenhangend vormveranderlijkheid der cel. Alleen bij de primitiefste vormen van belang. Ook de aan- of afwezigheid van extra hulsels en de vorm daarvan kan van belang zijn

4°. Vaste celwanden kunnen vaak een opvallende oppervlaktestruktuur hebben: punktering, kleine stekeltjes, wallen of strepen, etc. Daarnaast kunnen er ook grotere uitsteeksels of seta's zijn, soms vele malen de lengte van de cel, waarop ze geplaatst zijn. Let ook op de rangschikking daarvan.

5°. De vorm der cellen.

6°. De rangschikking der cellen, indien ze in een kolonie geplaatst zijn. Ook de aan- of afwezigheid van slijmlagen en hun vorm kan van betekenis zijn.

4. Jukwieren - Conjugatophyeae

Zoals onder 3 reeds werd vermeld omvat ook deze groep een verscheidenheid aan groene algen, in het bezit van een stevige celwand, met of zonder versiering; een tweetal chloroplasten; in iedere celhelft een, welke beide voorzien zijn van een of meer pyrenoiden of zetmeelhaarden. Ook deze groep kent alléen levende cellen, kolonievormers en draadvormige geslachten. Deze laatste treden vaak op in het "flap", de massale ontwikkeling van draadalg, die we vaak in de nazomer in sloten vinden. Ze zijn gemakkelijk te herkennen aan de hand van hun chloroplast, welke bandvormig, stervormig of spiraliggedraaid is. In het plankton vinden we normaliter alleen de soorten van de familie der Desmidiaceeen, welke eencellig, soms snoeren vormend zijn.In hoofdzaak zijn deze organismen echter sterk aan substraat gebonden; men vindt ze bijvoorbeeld veelal op de bladeren van waterplanten.

Het is de voortplantingswijze, die het motief voor hun aparte plaatsing heeft gevormd. In vegetatieve zin zijn ze echter goed van de Chlorophyceae te onderscheiden door hun strenge tweezijdige symmetrie. De kern ligt in het midden der cel (onder het mikroskoop gewoonlijk niet te zien); aan weerskanten vinden we een chloroplast.(Van de bovenzijde gezien is de cel twee- of driezijdig; dit kan wel eens verwarring scheppen.) De beide celhelften -al of niet door een gedeeltelijke insnoering van elkaar gescheiden zijn verschillend van leeftijd Deling vindt plaats door uitelkaar gaan dezer helften, waarna nieuwe celhelften zich vormen. Overigens zijn se identiek aan elkaar, met vaak heel mooie regelmatige in- en uitbochtingen of ornamenteringen; vandaar de naam "sieralgen", die ze ook wel hebben.

Kenmerken, op grond waarvan soorten kunnen worden onderscheiden zijn:

1. Solitair of kolonievormend. Enkele soorten vormen snoeren, welke dan vaak een torsie vertonen.
2. Vorm der cel. Van boven gezien kunnen ze in een aantal gevallen driestralig blijken te zijn; meestal echter zijn ze tweezijdig, dus met een voor- en achterkant. Van terzij gezien kunnen ze langwerpig of korter zijn, in een aantal gevallen maanvormig gekromd. In het midden al of niet ingesnoerd. De omtrek kan van golvingen voorzien zijn, welke ook kunnen overgaan in insnijdingen, welke op hun beurt dan enkelvoudig of samengesteld kunnen zijn. De celhelften kunnen naar de uiteinden in armpjes uitlopen met een zeer karakteristieke gedaante
3. Bij soorten met een duidelijk onderscheidbare top(waar de zijlijnen naartoe konvergeren) is de vorm van deze top een belangrijk onderscheidkriterium. Deze kan puntig, rond of afgeknot zijn, soms met extra strukturen (verdikkingen der celwand), soms met een knik in de ruglijn, waardoor ze gebogen lijkt.
4. De oppervlaktestruktuur vormt een belangrijk indelingskriterium. Cellen zijn of geheel glad, of voorzien van een fijnere of grovere streping. Ook kunnen knobbels, granuleringen en stekeltjes voorkomen , alle in zeer karakteristieke patronen.

5. Roodwieren,-Rhodophyceae

In het plankton worden geen roodwieren aangetroffen, wel vindt men een klein aantal soorten in het aangroeisel van stromende en sommige stilstaande wateren. Daarom enkele opmerkingen. Alleen draad- en thallusvormende soorten, dus geen eencellige of kolonievormende. De chloroplasten zijn rood of min of meer violet; niet steenrood of oranjeachtig. Andere roodkleurige organismen danken deze kleur aan speciale kleurstoffen buiten de chloroplasten. De groep is dus gemakkelijk te herkennen.

Draadvormige soorten zijn zeer speciaal. In stilataande wateren worden twee vormen aangetroffen: Bangia, in welker draden de cellen ook dwarse deling vertonen en Batrachospermum, het "kikkerdrilwier", zo genoemd omdat het zich onder de loupe voordoet als een snoer van kleine bolletjes. Het snoer is een bundel van draden en de bolletjes zijn konglomeraten van zijtakken, waarop zich de voortplantingsorganen bevinden. In de beken, in het bizonder in Zuid Limburg, worden nogal eens andere soorten aangetroffen, welke zich vooral door de vorm van hun thallus laten onderscheiden. Sommigen (Hildenbrandtia) leven als korsten op de stenen.

6Kiezelwieren, Diatomeeen of Bacillariophyceae

Een algemene en soortenrijke groep in het plankton.Eéncellige soorten of kolonievormers die pakketjes, stervormige konfiguraties, snoeren of draden kunnen vormen. De celvorm is rond, langwerpig tot naaldvormig, recht of gebogen, met karakteristieke topvormen. Sommige soorten hechten zich vast aan substraten door middel van slijmstelen, die los kunnen laten zodat ze in het plankton terecht komen. Andere zijn echt planktonisch. Deze vormen vaak vleugels, uitsteeksels en andere oppervlaktevergrotende organellen. In de cel bevinden zich meerdere bladgroenlichamen. Die zijn bruin van kleur, maar worden na fixatie bleekgroen. Het meest essentiele kenmerk is het harde pantser dat om iedere cel te vinden is en dat voor geoefende ogen als een direkt herkenbaar kriterium geldt. Het bestaat uit een doos en en deksel; in het bizonder bij zijaanzicht te onderscheiden. Dit pantser is voorzien van karakteristieke oppervlaktestrukturen: streepjes, puntjes, gaatjes, etc. Deze strukturen zijn essentieel voor het determineren, maar in waterige preparaten meestal slecht of niet te zien. Determinatie is dan slechts tot een zekere grens mogelijk. De pantsertjes zijn opgebouwd uit kiezel (de periodiciteit van diatomeeen hangt samen met het aanbod van vrij silicium in het water) en dit is door de kennen onder het mikroskoop als zodanig te herkennen. De beginner zal er nog wel eens moeite mee hebben. Bij het kijken dient men zich er van te vergewissen of de cel op boven(schaal-)- of zij(gordel-)aanzicht gezien wordt. De tekeningen zijn gemaakt naar bewerkte preparaten.Zo mooi ziet men ze meestal niet.

De kenmerken waarop men moet letten bij onderscheiding in soorten zijn alle te vinden in de skeletten der cellen; de celinhoud geeft nauwelijks mogelijkheden.

1. De vraag of er van kolonievorming sprake is en zo ja, welke vorm deze kolonies dan hebben(losse snoeren, draden, stervormige kolonies, etc.
2. De celvorm. Alvorens men daarover oordeelt moet men zich ervan vergewissen of men tegen de bovenzijde of tegen de zijkant aanziet. In het zijaanzicht is weinig variatie (lengte-breedteverhouding, al of niet gebogen as, verbreed uitlopende toppen, asymmetrie). In schaalaanzicht kanmen ronde, driehoekige vormen en vormen met een hoofdas onderscheiden. Deze laatste kunnen recht of gebogen zijn, terwijl in de rechte vormen dan weer symmetrische en asymmetrische te onderscheiden zijn. De hoofdomtrek kan verlopen van naaldvormig tot bijna rond.
3. De toppen der cellen vertonen vaak een karakteristieke gedaante: breed gerond, toegespitst; uitlopend in een uitsteeksel; vaak ook opgezwollen, als een kopje op de cel geplaatst, al of niet teruggebogen (in het bizonder bij vormen met een gekromde hoofdas)
4. De aan- of afwezigheid van een "raphe" en de kenmerken daarvan. Een raphe is een in de lengterichting van de cel verlopende spleet, in het midden van de cel onderbroken, dus als twee streepjes te zien. Ze kan geheel afwezig

zijn of slechts op één der beide schalen voorkomen. Ze kan sterk verkort zijn. Kenmerkend zijn ook de knopvormige verdikking aan de onderbreking in het midden der cel, de vorm en aard van de uiteinden en soms de komplexe struktuur met een golfachtig verloop. Bij een aantal vormen verplaatst zich de raphe naar een der zijkanten. Bij de hoogst ontwikkelde vormen ligt ze op een soort wal ("kiel"), welke aan de cel is verankerd met dwarsbalkjes, als streepjes te zien. Bij enkele soorten is dit geheel vleugelachtig uitgegroeid en rondom de cel ontwikkeld, zodat deze een geweldige oppervlaktevergroting heeft ondergaan

5. De overige oppervlaktestruktuur is gekenmerkt door strepen, punten, etc. welke volgens vaste patronen verlopen (richtin, lengte, plaatsing en dichtheid)
6. Bij sommige soorten vindt men ook inwendige skeletdelen, zg.septen.

7 Flagellaten.

Tot de groep der Flagellaten worden in de oudere literatuur die kategorien van organismen gerekend, die in hun vegetatieve stadium beschikken over een of meer "flagellen". Flagellen zijn zeer beweeglijke zweepharen. Ze stellen het organisme in staat om een eigen beweging te maken. Ze zijn onder het mikroskoop vaak moeilijk of niet te zien: bij levende exemplaren bewegen ze te sterk, terwijl ze na fixatie vaak afbreken. Men moet dan op nevenkenmerken letten, zoals de manier van bewegen, de asymmetrische bouw met een plaats voor inplanting, de aanwezigheid van een porus in het pantser, etc.

De aan- of afwezigheid van flagellen wordt tegenwoordig niet meer gebruikt voor een hoofdindeling van algen. We moeten ons voorstellen, dat in de ontwikkeling van iedere hoofdgroep een fase bestaan heeft, waarin dit kenmerk overheerste; daarom zullen de vormen met flagel in al die groepen worden aangetroffen. Bij de groenwieren hebben we dit ook gezien. Wel blijkt, dat enkele van die hoofdgroepen voornamelijk uit flageldragende vormen bestaan. Deze groepen tesamen omvatten tevens de meerderheid van deze kategorie algen; zodat voor de beginner de onderscheiding van een groep "flagellaten" wel handig is.
In het algemeen zullen we te maken hebben met vertegenwoordigers van drie belangrijke groepen:

1. de Euglenophyta. Deze hebben één stevige flagel. Ze bezitten een helder groene celinhoud, in één of meerdere chloroplasten verzameld, bezitten meestal een rode oogvlek. Het assimilatieprodukt is geen zetmeel, doch een verwante stof "par-amylum", dat in karakteristieke lichamen in de cel gevonden wordt. Soms treedt roodkleuring op , vooral tijdens massale ontwikkelingen ("waterbloei") van sommige soorten ,waarbij dan het water rood gekleurd kan worden. Een aantal soorten heeft een bruin gekleurd huisje, waarin zich de cel verbergt; zodat de inwendige kenmerken dan lastig gezien worden. Deze huisjes zijn echter zeer karakteristiek. Euglenophyta leven altijd solitair, als losse cellen.
2. De Dinphyta of Peridineeen . Ook deze groep kent alleen eencellige vormen. De celinhoud is normaliter donker olijfachtig bruin van kleur, vaak moeilijk te zien door de kleur van de buitenwand. Kenmerkend voor de groep is het minder of meer ontwikkelde pantser, opgebouwd uit hoekige pantserplaten. Dwars over de cel verloopt een groef -waarin zich één van de flagellen bevindt-, met een zijdelingse uitbreiding (dus in de lengterichting van de cel)voor de andereflagel.
3. De Chrysophyta of Goudwieren. Zoals de naam al zegt is de celinhoud goudbruin van kleur. Na fixatie kan dit echter snel overgaan in bleekgroen. De meeste vormen zijn slechts te herkennen aan hun pantsertjes, vaak bruin van kleur. Sommige zijn uit schubben opgebouwd, welke onder een gewoon mikroskoop nog juist te

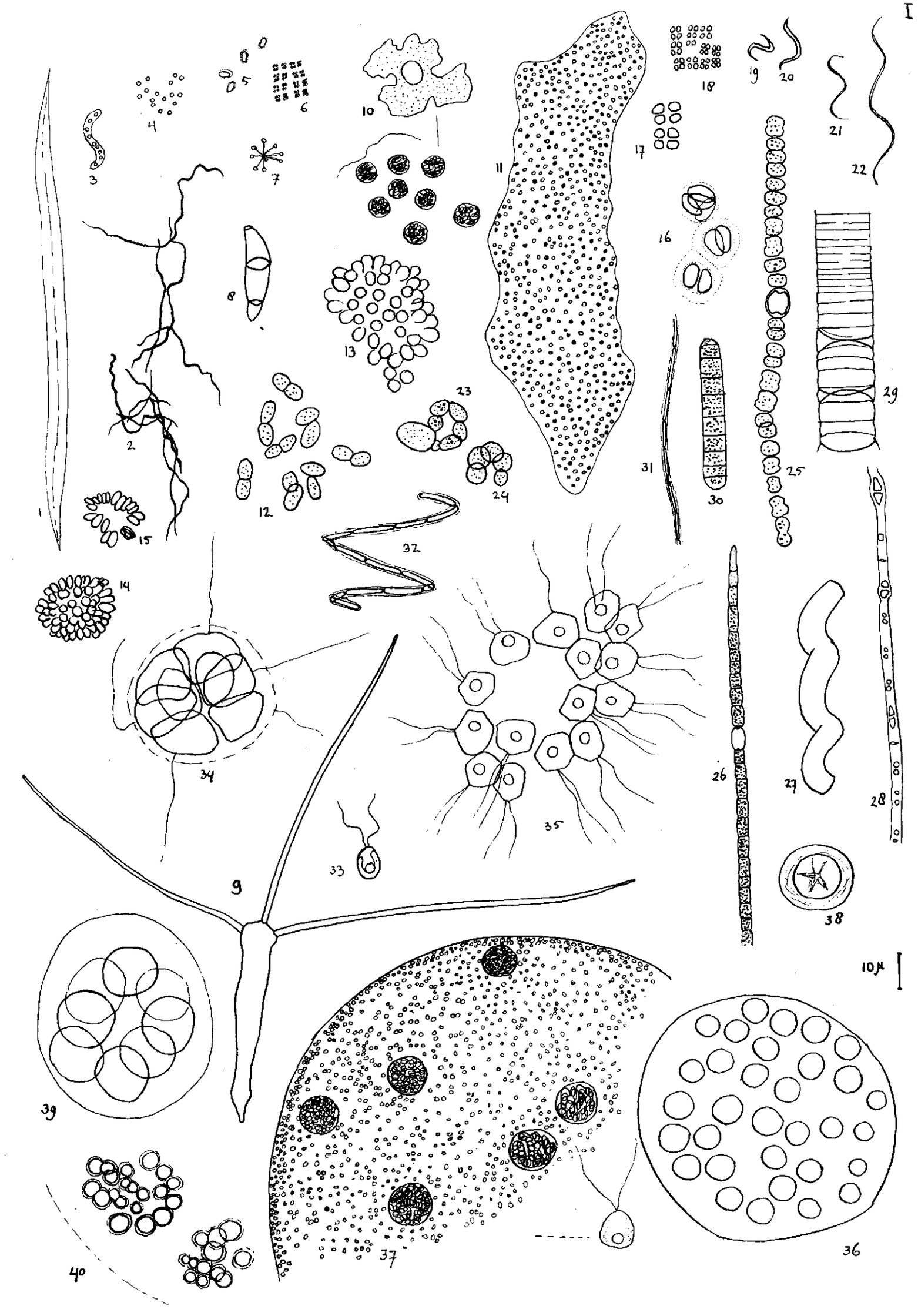
zien zijn. De soorten zijn ééncellig of kolonievormend.

Kenmerken waarmee soortsbepaling mogelijk is:

1. dikte, lengte, inplanting en aantal der flagellen.
2. kolonievorm (in het bizonder bij chrysophyta).
3. celvorm. Vormen zonder een speciaal pantser of een celhuid verschrompelen bij het fixeren en zijn dan niet verder meer te determineren.
4. aard en struktuur der celoppervlakte. Soms is er een echte celwand. Deze is niet altijd als zódanig te herkennen. Maar de starre celvorm en vaak de oppervlaktestruktuur maken duidelijk dat ze er is. Deze beide kenmerken zijn voor determinatie ook van belang. Andere malen is het organisme in het bezit van een pantser of een huisje, waarin de cel zit opgeborgen, al of niet de ruimte vullend. De vorm, kleur, opbouw en versiering van zo'n huisje vormt een van de belangrijkste kenmerken voor onderscheiding.
5. De celinhoud: kleur en aantal der chromatoforen, de aanwezigheid van pyrenoiden of par-amylumkorrels (door goefende ogen te onderscheiden van door de "hardere" struktuur van deze laatste)
6. De af- en aanwezigheid van uitsteeksels, hun vorm en lengte.

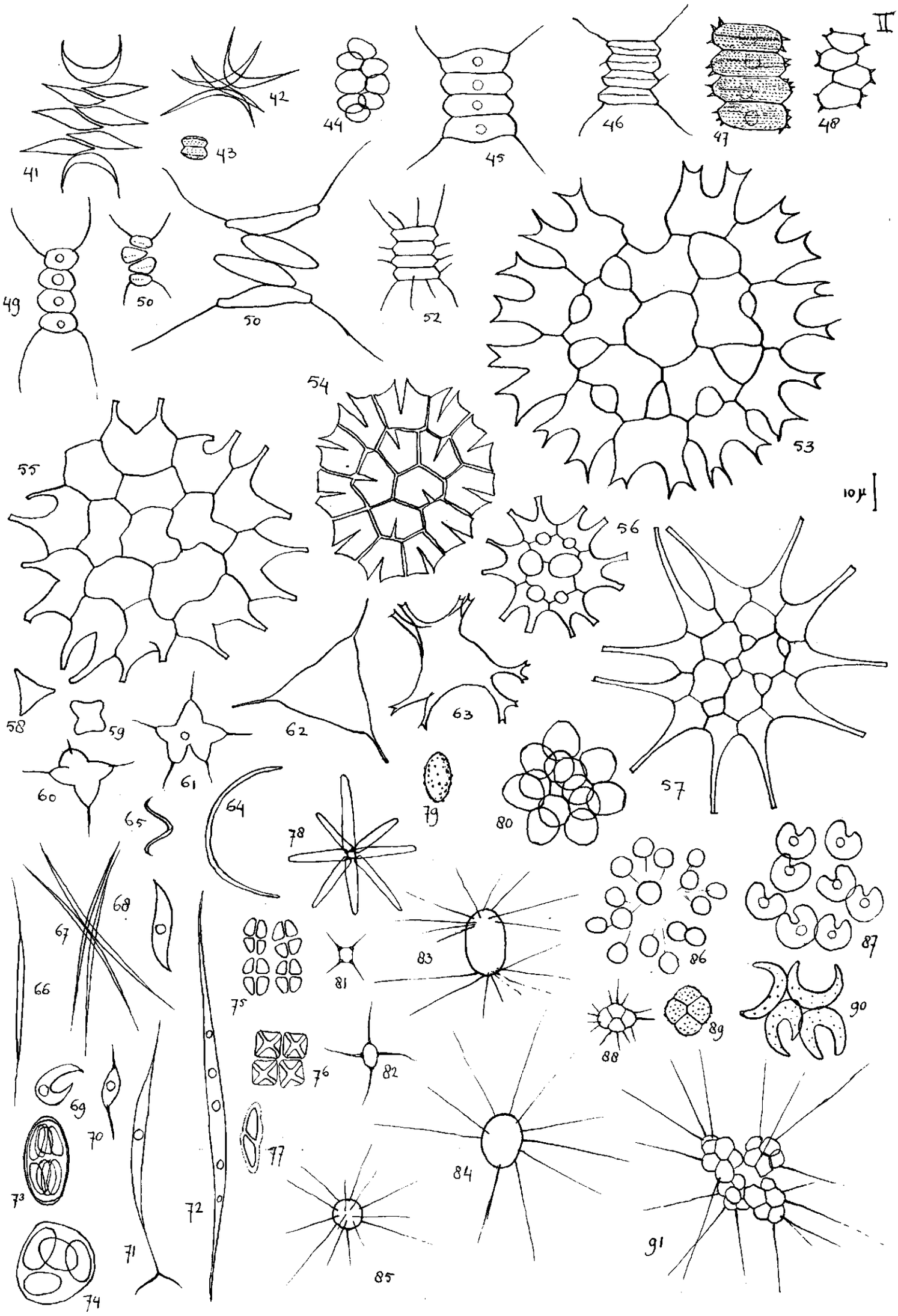
Plaat I.

fig.	1,2	Leptothrix ochracea Ktz.
"	3	Beggiatoa leptomitiformis (Menegh.) Trev.
"	4	Sorochloris spec.
"	5	Chlorobacterie 2
"	6	Tetrachloris merismopedioides Skuja
"	7	Planctomyces bekefii Gimesi
"	8	Teleutospore van een schimmel
"	9	Tetracladium marchalianum De Wild
"	10	Microcystis aeruginosa Ktz.
"	11	Aphanocapsa delicatissima W. et W.
"	12	Aphanothece stagnina (Spreng.) A.Br.
"	13	Coelosphaerium naegelianum Unger
"	14, 15	Gomphosphaeria lacustris Chod.
"	16	Chroococcus minutus (Ktz.) Näg.
"	17	Merismopedia punctata Meyen
"	18	M. tenuissima Lemm.
"	19, 20	Dactylococcopsis raphidioides Hansg.
"	21, 22	D. irregularis G.M. Smith.
"	23, 24	Anabaena spiroides Kleb.
"	25	A. cf. viguieri
"	26	Aphanizomenon flos-aquae
"	27	Spirulina jenneri (Stiz.) Geitler.
"	28	Oscillatoria redekei v. Goor.
"	29	O. limosa Ag.
"	30	O. tenuis Ag.
"	31	Lyngbya limnetica Lemm.
"	32	L. concorta Lemm.
"	33	Chlamydomonas spec.
"	34	Pandorina morum (Müll.) Bory
"	35	Gonium pectorale Müll.
"	36	Eudorina illinoisiensis (Kof.) Pascher
"	37	Volvox aureus Ehrenb.
"	38	Asterococcus superbus (Cienk.) Scherff.
"	39	Gloecocystis gigas (Ktz.)
"	40	Sphaerocystis schroeteri Chod.


I
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
10μ

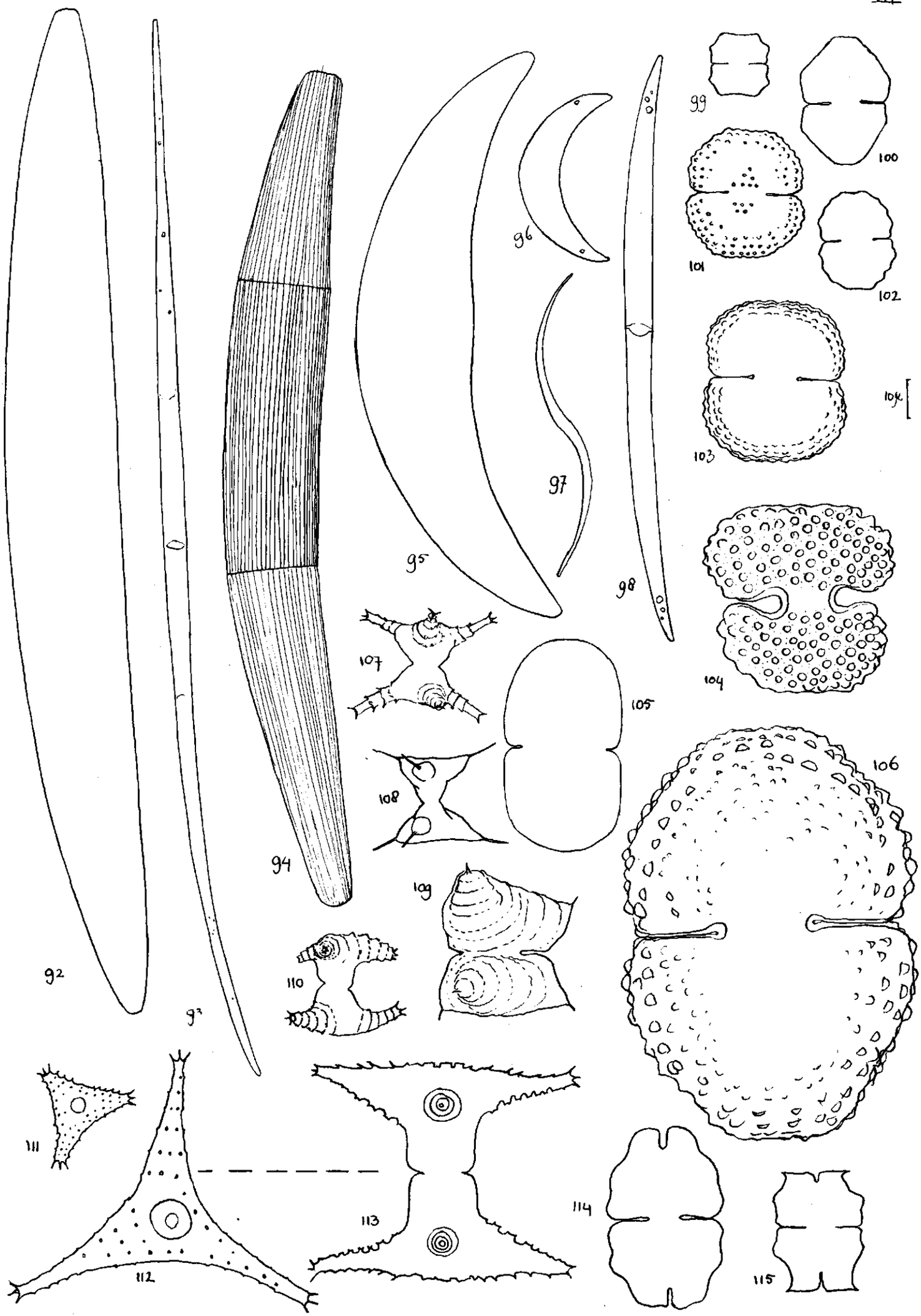
Plaat II.

fig.41 Scenedesmus falcatus Chod.
" 42 S. acuminatus (Lgh.) Chod.
" 43 S.Costato-granulatus Skuja
" 44 S.arcuatus Lemm.
" 45 S.quadricauda (Trp.) Bréb
" 46 S.armatus Chod.
" 47 S.brasiliensis Bohlin.
" 48 S.denticulatus Lgh.
" 49 S. ellipticus Chod.
" 50 S.intermedius Chod.
" 51 S.opoliensis P.Richter
" 52 S.tenuispina Chod.
" 53 Pediastrum biradiatum Meyen.
" 54 P.tetras (Ehr.) Ralfs
" 55 P.boryanum (Trp.) Menegh.
" 56 P.duplex Meyen.
" 57 P. simplex (Meyen) Lemm.
" 58 Tetraedron muticum (A.Br.) Hansg.
" 59 T.minimum (A.Br.) Hansg.
" 60 T. regulare Ktz.
" 61 T.caudatum (Corda) Hansg.
" 62 T. trigonum (Naeg.) Hansg.
" 63 T. limneticum Borge.
" 64 Ankistrodesmus arcuatus Korsh.
" 65 A. spiralis (Turner) Lemm.
" 66 A. acicularis A.Br.
" 67 A. falcatus (Corda) Ralfs
"68,69 A.convolutus Corda
" 70 Schroederia setigera Lemm.
" 71 Lambertia setigera Korsh.
" 72 Closteriopsis longissimus Lemm.
" 73 Ocystis elliptica W.West
" 74 O.lacustris Chod.
" 75 Crucigenia quadrata Morren.
" 76 C.tetrapedia (Kirchner) Wet G.S.West.
77. Elakatothrix viridis (Snow) Printz.
78. Actinastrum hantzschii Lgh.
79. Siderocelis ornata Fott.
80. Coelastrum microporum Naeg.
81. Lagerheimia genevensis Chod.
82. L.wratislaviensis Schroeder.
83,84L.ciliata (Lgh.) Chod.
85. Golenkinia radiata Chod.
86. Dictyosphaerium pulchellum Wood.
87. Kirchneriella obesa (W.West) Schmidle
88. Tetrastum staurogeneiforme (Schröd.) Lemm.
89. T.punctatum Schmidle
90. Selenostrum gracile Reinsch.
91. Micractinium pusillum Fres.


41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
50
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
10μ

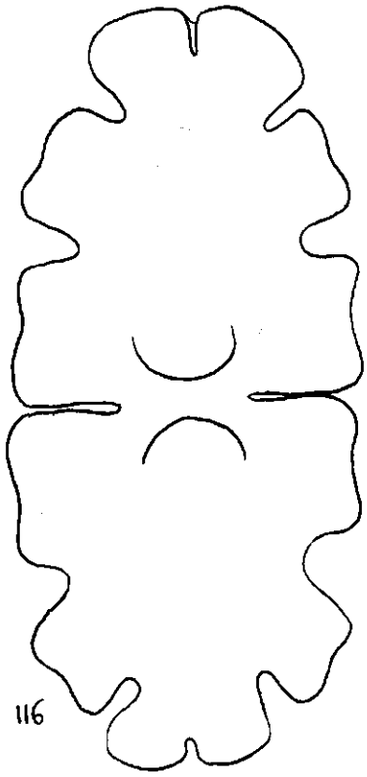
Plaat III.

Fig.	92	Closterium aerosum (Schrank) Ehrenb.
"	93	C. pronum Bréb.
"	94	C. striolatum Ehrenb.
"	95	C. moniliferum (Bory) Ehrenb.
"	96	C. incurvum Bréb.
"	97	C. variabile Krieger.
"	98	C. limneticum Lemm.
"	99	Cosmarium humile (Gay) Nordst.
"	100	C. granatum Bréb.
"	101	C. formosulum Hoffm.
"	102	C. impressulum Elfv.
"	103	C. punctulatum Bréb.
"	104	C. quadrum Lund.
"	105	C. quadratum Ralfs.
"	106	C. tetraophthalmum Bréb.
"	107	Staurastrum paradoxum Meyen.
"	108	S. cuspidatum Bréb.
"	109	S. lunatum Ralfs.
"	110	S. polymorphum Bréb.
"	111	S. spec., bovenaanzicht.
"	112,113	S. gracile Ralfs.
"	114	Euastrum sinuosum Lenorm.
"	115	E. binale (Turp.) Ehrenb.

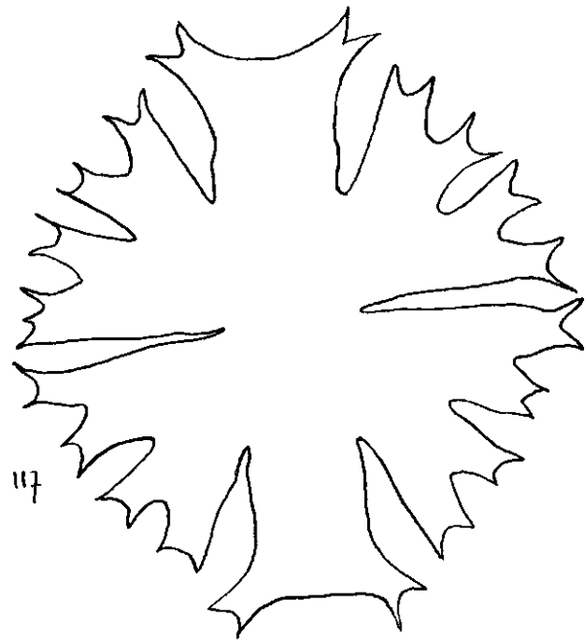

92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115

Plaat IV.

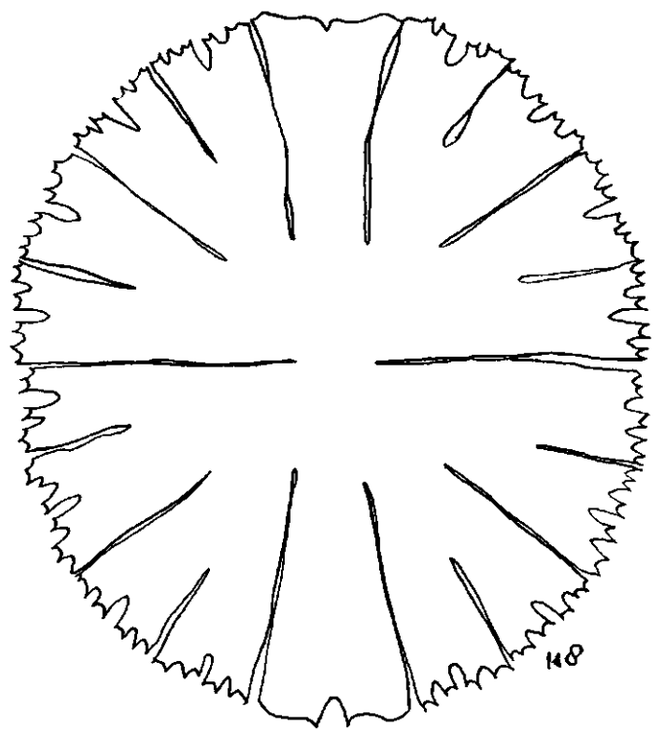
Fig.	116	Euastrum oblongum (Grev.) Ralfs.
"	117	Micrasterias crux-melitensis (Ehrenb.) Hass.
"	118	M. denticulata Bréb.
"	119	Pleurotaenium trabecula (Ehrenb.) Näg.
"	120	Netrium digitus (Ehrenb.) Itz. et Roth.
"	121	Xanthidium antilopaeum (Bréb.) Ktz.
"	122	Spondylosium pulchellum Arch.
"	123	Desmidium swartzii Ag.



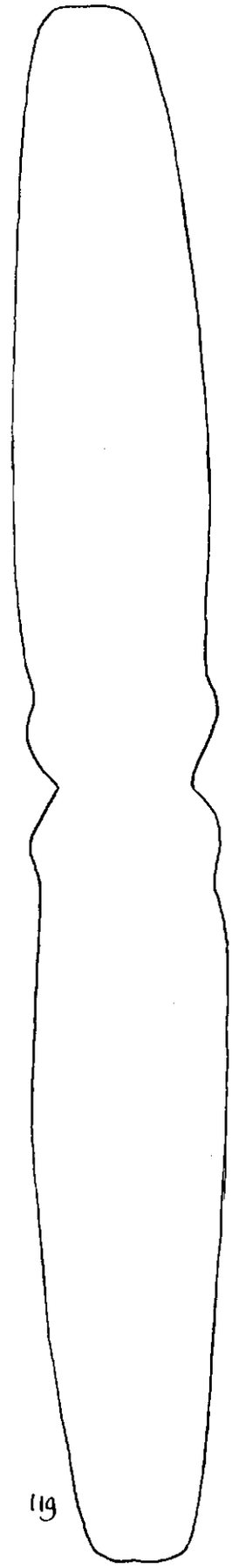
116



117

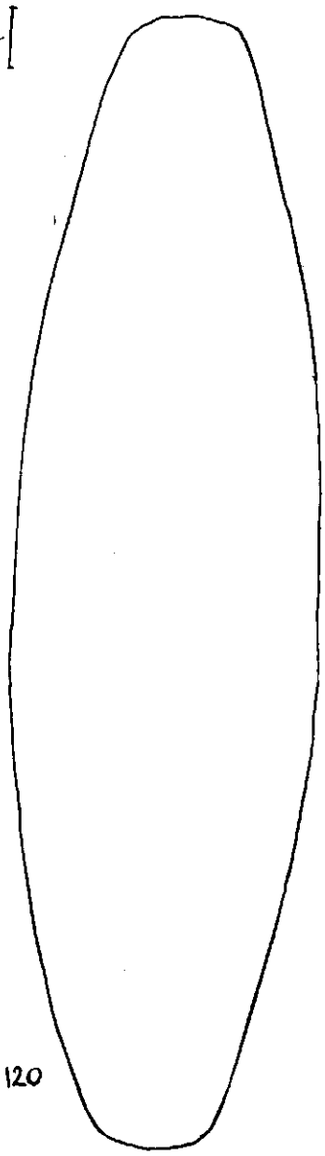


118

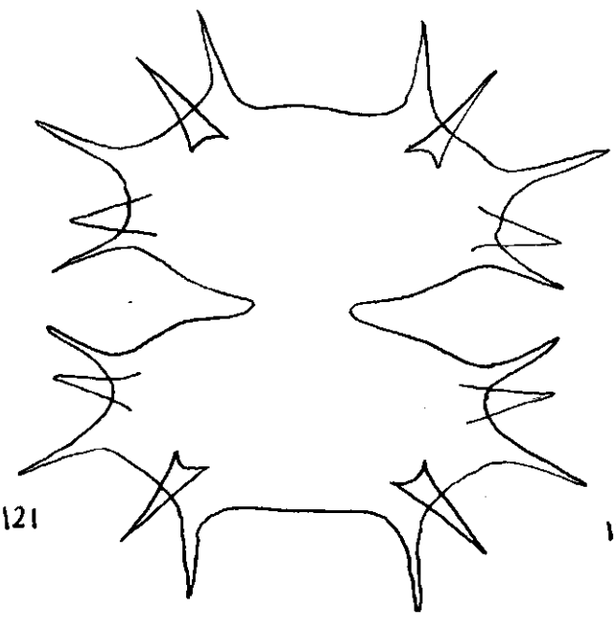


119

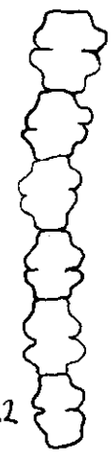
10μ



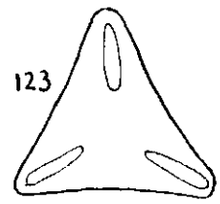
120



121



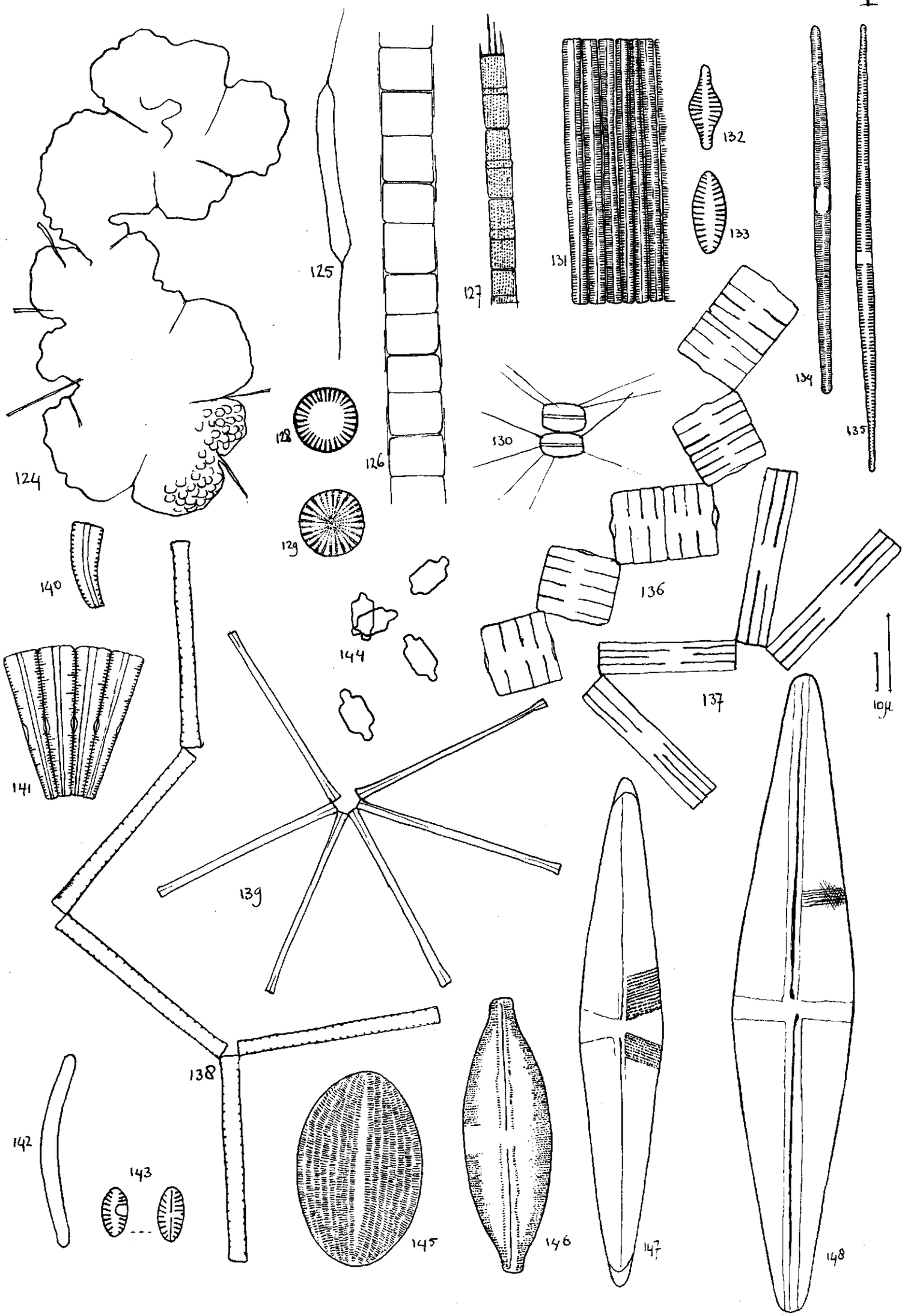
122



123

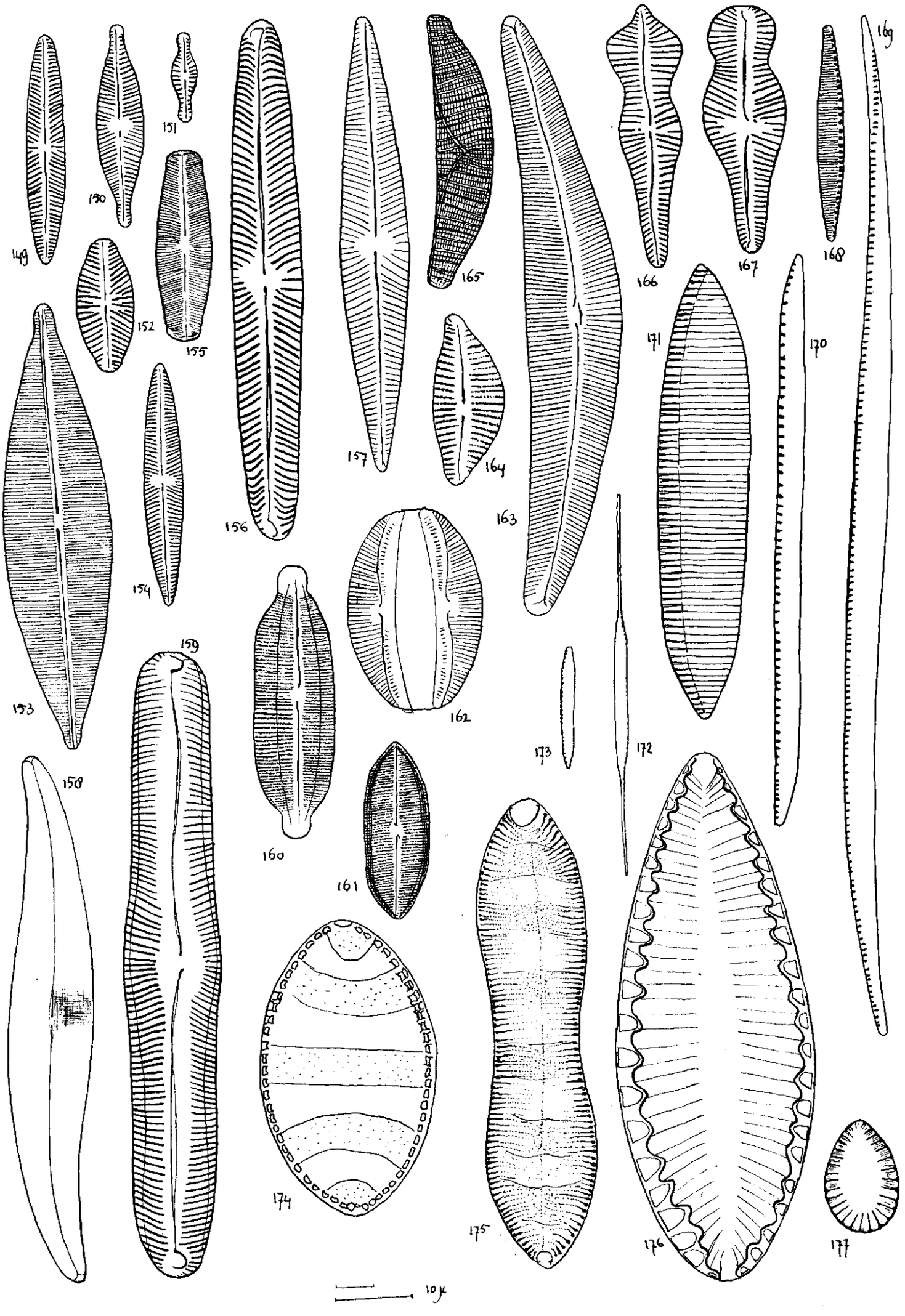
Plaat V.

Fig.	124	Botryococcus braunii Kütz.
"	125	Ophiocytium capitatum Wolle.
"	126	Melosira varians Ag.
"	127	M. granulata (Ehrenb.) Ralfs.
"	128	Cyclotella meneghiniana Ktz.
"	129	Stephanodliscus hantzschii Grum.
"	130	S. spec., zijaanzicht.
"	131	Fragilaria spec.
"	132	F. construens Grun.
"	133	F. construens var. venter (Ehrenb.) Grun.
"	134	Synedra pulchella Kütz.
"	135	S. ulna (Nitzsch) Ehrenb.
"	136	Tabellaria flocculosa (Roth.) Ktz.
"	137	T. fenestrata (Lyngb.) Ktz.
"	138	Diatoma elongatum Ag.
"	139	Asterionella formosa Hassall.
"	140	Rhoicosphenia curvata (Ktz.) Grun.
"	141	Meridion circulare Ag.
"	142	Eunotia lunaris (Ehr.) Grun.
"	143	Achnantes lanceolata Bréb.
"	144	A. exigua Grun.
"	145	Cocconeis placentula Ehrenb.
"	146	Anomoeoneis sphaeroplaca (Ktz.) Pfitzer.
"	147	Stauroneis acuta W. Smith.
"	148	S. phoenicenteron Ehrenb.


124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
10μ

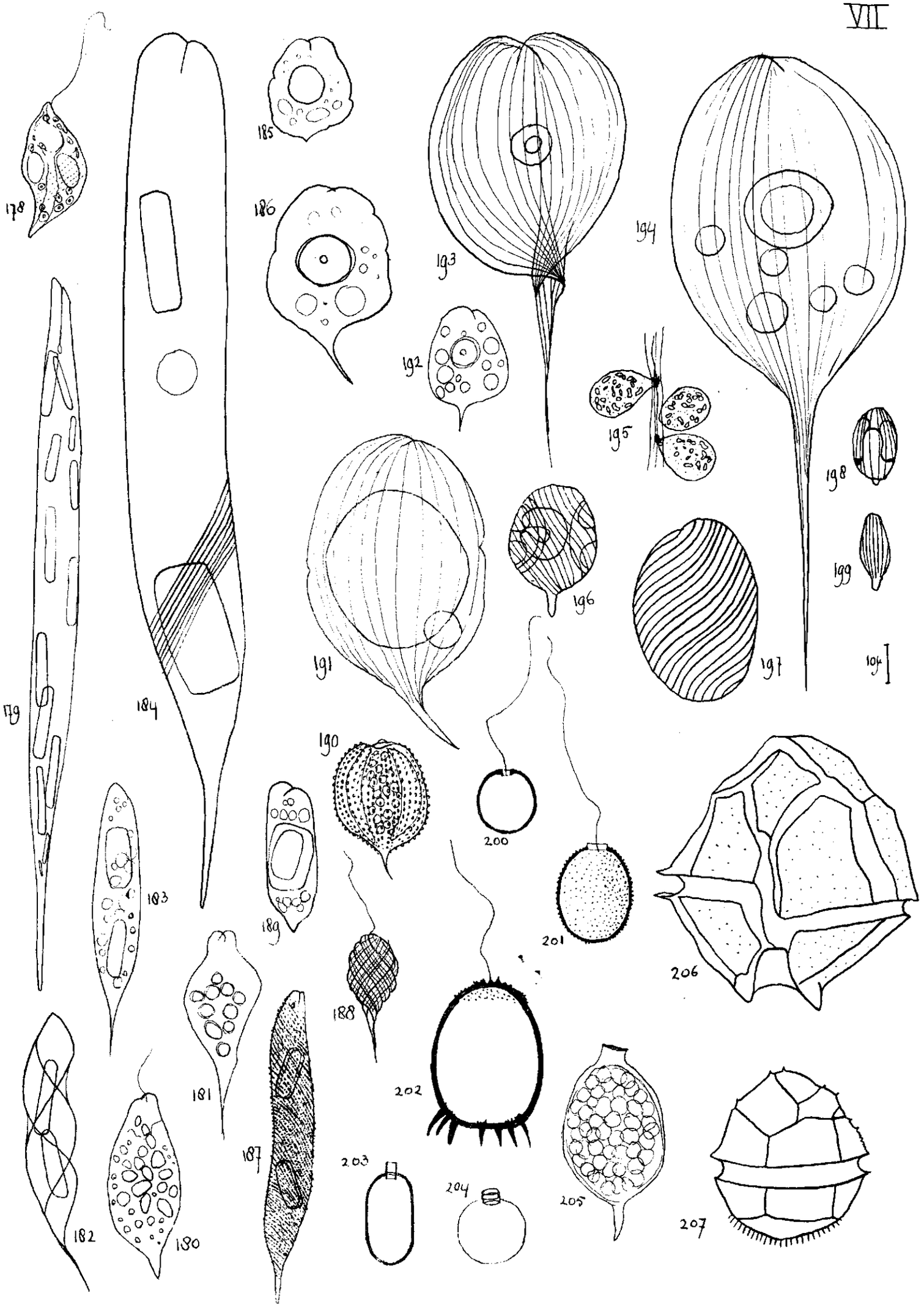
Plaat VI.

Fig.	149	Navicula cincta (Ehr.) Ktz.
"	150	N. rhynchocephala Ktz.
"	151	N. hungaria var. capitata (Ehrenb.) Cleve.
"	152	N. gastrum Ehr.
"	153	N. cuspidata Ktz.
"	154	N. cari Ehrenb.
"	155	N. pupula Ktz.
"	156	N. oblonga Ktz.
"	157	N. radiosa Ktz.
"	158	Gyrosigma acuminatum (Ktz.) Rabenh.
"	159	Pinnularia major (Ktz.) Cleve.
"	160	Caloneis silicula (Ehr.) Cleve.
"	161	Neidium iridis (Ehr.) Cleve.
"	162	Amphora ovalis Ktz.
"	163	Cymbella lanceolata (Ehr.) van Heurck.
"	164	C. cf. ehrenbergii Ktz.
"	165	Epithemia turgida (Ehr.) Ktz.
"	166	Gomphonema acuminatum Ehr.
"	167	G. constrictum Ehr.
"	168	Nitzschia amphibia Grunow.
"	169	N. sigma (Ktz.) W. Smith.
"	170	N. filiformis (W.Smith) Hustedt.
"	171	N. tryblionella Hantzsch.
"	172	N. acicularis W. Smith.
"	173	N. spec.
"	174	Cymatopleura elliptica (Bréb.) W. Smith.
"	175	C. solea (Bréb) W. Smith.
"	176	Surirella robusta Ehr.
"	177	S. ovata Ktz.


149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
10μ

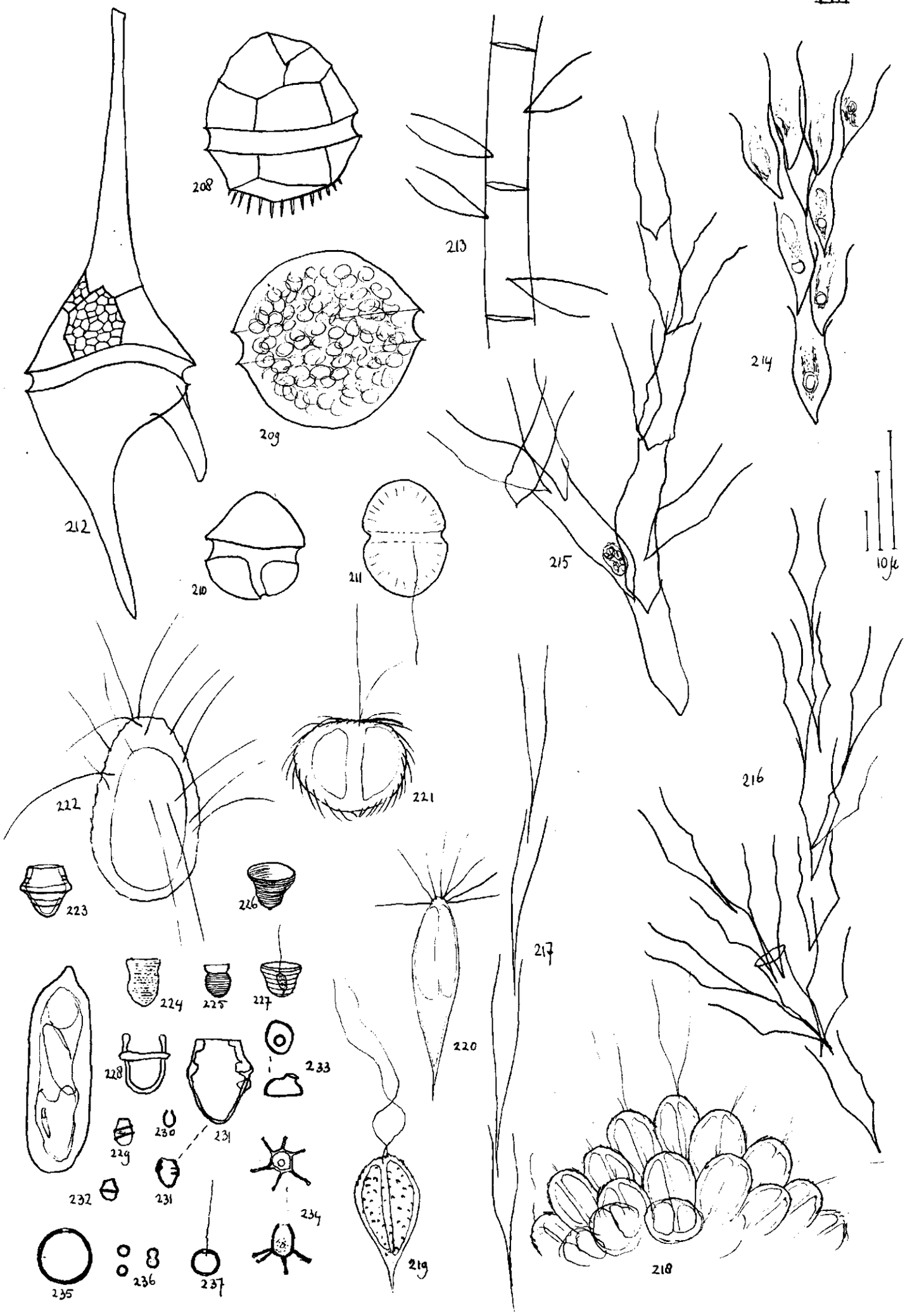
Plaat VII.

Fig.	178	Euglena pisciformis Klebs.
"	179	E. acus Ehrenb.
"	180	E. viridus Ehrenb.
"	181	E. spec.
"	182	E. tripteris (Duj.) Klebs.
"	183	E. gaumei All. et lef.
"	184	E. oxyuris Schmarda.
"	185	Phacus acuminatis Stokes.
"	186	P. pleuronectes (O.F. Müll.) Duj.
"	187	Euglena spirogyra Ehrenb.
"	188	Phacus pyrum (Ehrenb.) Stein.
"	189	P. granum Drez.
"	190	P. suecicus Lemm.
"	191	P. orbicularis Hübner.
"	192	P. caudatus Hübner
"	193	P. tortus (Lemm.) Skuja.
"	194	P. longicauda (Ehrenb.) Duj.
"	195	Colacium cyclopicola (Gicklh.) Bourr.
"	196	Lepocinclis ovum (Ehrenb.) Lemm.
"	197	L. salina Fritsch.
"	198	L. steinii Lemm.
"	199	L. cymbiformis Playfair.
"	200	Trachelomonas volvocina Ehrenb.
"	201	T. hispida (Perty) Stein.
"	202	T. armatus var. steinii Lemm.
"	203	T. dubia Swir.
"	204	T. recticollis Defl.
"	205	Strombomonas arceolata (Stokes) Defl.
"	206	Peridinium bipes Stein.
"	207	P. palatinum Lauterb.


178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207

Plaat VIII.

Fig.	208	Peridinium palatinum Lauterb.
"	209	P. spec.
"	210	Glenodinium spec.
"	211	Gymnodinium spec.
"	212	Ceratium hirundinella (O.F. Müll.) Schrank.
"	213	Dinobryon utriculus Stein.
"	214	D. sertularia Ehrenb.
"	215	D. pediforme (Lemm.) Steinecke.
"	216	D. divergens Imhof.
"	217	D. bavaricum Imhof.
"	218	Synura uvella Ehrenb.
"	219	id. losse cel.
"	220	Mallomonas akrokomos Ruttner.
"	221	M. spec.
"	222	M. acaroides Perty.
"	223	Kephyrion rubri-claustri Conr.
"	224	Calycomonas cylindrica (Conr. et Kuff.) Lund.
"	225	Kephyrion spec.
"	226	Bicosoeca multiannulata Skuja.
"	227	B. lacustris Clark.
"	228	Kephyrion spec.
"	229	Pseudokephyrion pseudospirale Bourr.
"	230	P. entzii Conr.
"	231	Kephyrion inconstans (Schmid) Starmach.
"	232	K. moniliferum (Schmid) Bourr.
"	233	Diploeca flava (Korsh) Bourr.
"	234	Lagenoeca ruttneri Bourr.
"	235	Chrysococcus rufescens.
"	236	C. punctiformis Pascher.
"	237	C. biporus Skuja.
"	238	Cryptomonas spec.


208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
10μ

Interpretatie van de gegevens.

Met de gegevens, die bij de analyse volgens de paragrafen 2 en 3 verricht kan inzicht verkregen worden in struktuur en samenstelling van een levensgemeenschap als deel van het ekosysteem. Deze gegevens zijn als bouwsteen te gebruiken voor een typologie van wateren. Om tot een óórdeel te komen; d.w.z een kategorisering naar essentieel geachte kriteria, moeten wij overgaan tot abstraktie van de waargenomen verschijnselen tot op een niveau, waarop onderlinge vergelijking mogelijk is. In principe gaat het hierbij om het vinden van die kriteria, die het wezen van het ekosysteem uitmaken, de zg."unifying principles" van energie en informatie. Struktuurrijkdom als het resultaat van een ontwikkeling in de tijd kan een maat zijn voor de "rijping" van een ekosysteem; met de voortschrijdende ontwikkeling verandert ook de aard van de struktuur. Ook de afbraak van deze struktuur; overgang van een hoog ontwikkelde in een laag ontwikkelde fase, als "storing" te boek staand, laat zich uit de gegevens afleiden. Naast inwendige struktuurkenmerken zijn ook de soorten indikatorisch, zowel voor het ontwikkelingsstadium, als voor de storing. Het opstellen van soortenlijsten naar hun indikatorische waarde is echter nog lang niet voltooid.

Van direkter belang in de praktijk van het waterbeheer en daarmee in de doelstelling van de biologische waterbeoordeling blijken de energetische kriteria te zijn, bekend onder de woorden "trofie" en "saprobie". Trofie of voedselrijkdom kan omschreven worden als de "intensiteit die het systeem bezit voor de vorming van organische stof". Als veel geproduceerd kan worden is ze hoog, als het weinig is, is ze laag. Dit is in principe een natuurlijk gegeven: er bestaan wateren met van nature een hoge trofiegraad, in andere is ze van nature laag. Door invloed op de beperkende faktoren (fosfaatbemesting bv.) heeft de mens dit wel veranderd (eutrofiering). Uitwendoge beinvloding van een ekosysteem (= verstoring, zie boven); in het bizonder door de mens, doet de balans in de energiehuishouding verbreken; vooral als er sprak is van veel organische stof. Men spreekt dan van saprobieverschijnselen. In het algemeen kan men de verontreinigingstoestand van een water tot dit fenomeen terugvoeren: een te grote konsumptie ten opzichte van de produktiemogelijkheden. Saprobieverschijnselen komen in de natuur ook voor, maar ze zijn door toedoen van de mens in steeds sterkere mate het aspekt van ons oppervlaktewater gaan bepalen. Een maatstaf voor dit fenomeen heeft dus een zeer praktische betekenis.

Naast deze algemene maatstaven van struktuur en energie is het ook mogelijk om op specifieke invloeden te letten, zoals de reakties van het ekosysteem op opwarming, op toevoer va zware metalen; gevoeligheid voor zout,

voor de zuurgraad, etc. Het gaat hier natuurlijk om die invloeden, die zich manifesteren los van de hiervoor beschouwdekriteria , die als stabiliteits- resp. instabiliteitsverschijnselen kunnen worden opgevat.

In de volgende bespreking worden in het bizonder de voedselrijkdom, de verontreiniging nader beschouwd.

Voedselrijkdom (trofie).

Reeds in hoofdstuk is uiteengezet, waarom voor de bepaling van een zo kwantitatieve maatstaf toch een kwalitatieve beoordeling van belang geacht wordt. Deze beoordeling kan op drie wijzen tot stand komen:

a. Men kan de mikrofytenkombinaties indelen volgens principes uit de vegetatiekunde. Daarna kan men in deze gemeenschappen een lineair verband trachten aan te wijzen, verlopend van voedselarm of oligotroof naar voedselrijk of eutroof. Zo is omgekeerd de aanwezigheid van een gemeenschap indikatorisch voor de mate van voedselrijkdom. In feite is dit de best mogelijke methode. De gemeenschap weerspiegelt de aard van het ekosysteem op de beste manier. Het opstellen van een dergelijk systeem is echter slechts op zeer beperkte schaal geschied. Bovendien is voor een verantwoordt gebruik van dit systeem een uitgebreide soortenkennis vereist, wat dit geruik voor incidenteel werk of voor toepassing binnen het raam van andere werkzaamheden minder geschikt maakt. Men zie Coesel, 1974.

b. Men kan de indikatorische waarde per soort aangeven. Door de bij de monsteranalyse verkregen soortenlijsten aan een dergelijk systeem te toetsen kan men een indruk verkrijgen van de voedselrijkdom van het betreffende milieu. Incidenteel is volgens een dergelijk systeem te werken, bv. voor Diatomeeen naar de indikaties, zoals door Van der Werff gegeven zijn. Behalve de vereiste soortenkennis is ook de gebrekkige beschikbare kennis van de ekologie van de soorten vaak een handikap voor het gebruik van deze methode.

c. Een simpele, handige en voor niet al te gespecialiseerd onderzoek bruikbare methode, welke van de struktuur der gemeenschap uitgaat is de zg. "quotientmethode", voor het eerst toegepast door Pearsall(1914), later uitgewerkt door Thunmark(1945) en Nygaard(1949). Deze gaat er van uit, dat zekere taxonomische algengroepen hun optimum hebben binnen zekere grenzen van voedselrijkdom, wat tot uiting komt in de diversiteit van hun soortenaandeel. Nygaard maakt daarbij een onderscheid in oligotrofie- en eutrofie-indicerende soorten. De Desmidiales worden in het bizonder tot de eerste kategorie gerekend, terwijl voor de tweede kategorie de Chlorococcales, de centrische Diatomeeen, de Euglenophyceae en de Blauwwieren worden gerekend. Deze karakteristiek is niet geheel juist: in de meest oligotrofe wateren kunnen de soortsaantallen weer teruglopen, zodat Desmidiaceeen meer als

mesotrofie-indikatoren kunnen worden aangemerkt. Maar omdat de relatieve overheersing van één der beide groepen in de beide uitersten van de reeks niet in het geding komt, kan men toch stellen, dat het quotient dezer soortsaantallen een redelijke basis kan zijn voor een trofiebeoordeling. Nygaard stelt dus het volgende quotient voor:

$$Q = \frac{M + Ch + C + E}{D}$$

waarin M het aantal Blauwwiersoorten, Ch,C,E en D resp. de soortenaantallen van Chlorococcales, Centrische Diatomeeen, Euglenophyceae en Desmidiaceeen voorstellen. In grote trekken kunnen de volgende waarden worden aangehouden:

Q kleiner dan 1	oligotroof milieu
Q 1 tot 5	mesotroof milieu
Q groter dan 5	eutroof milieu

In het licht van de kritische opmerking hierboven is deze indeling niet zo gelukkig, en zou bijvoorbeeld de volgende indeling beter voldoen:

Q kleiner dan 0,3	oligotroof milieu
Q 0,3 - 3	mesotroof milieu
Q 3 - 7	matig eutroof milieu
Q groter dan 7	sterk eutroof milieu

Door Schroevers (1965) wordt een grotere spreiding van waarden bepleit, welke bovendien niet gebonden is aan absolute soortsaantallen, dank zij een som-verschil-quotient. Bovendien grijpt hij terug op het uitgangspunt van Thunmark door voorkeur voor het gebruik van twee groepen:Chlorococcales en Desmidiales. Hij komt zo tot het volgende quotient:

$$Q = 100 \frac{Ch - D}{Ch + D} ,$$

waarbij

Q kleiner dan -20	oligotroof milieu
Q -20 tot +20	mesotroof milieu
Q groter dan 20	eutroof milieu

Ook deze grenzen zijn natuurlijk arbitrair. Men kan in plaats van deze beide

groepen ook andere gebruiken, ook voor het opsporen van andere maatstaven, zoals "storing" aan de hand van de relatie Clorococcales- Blauwwieren, etc. De groep der Chrysophyta is met meer of minder zekerheid ook als oligotrofie (mesotrofie)indicerend te beschouwen (Fott, 1970). Het gebruik van quotienten is overigens alleen aan te bevelen voor vrij plankton in open water, en dan nog alleen, als een voldoende aantal van de in aanmerking komende soorten kan worden waargenomen.

Verontreiniging.

Door de menselijke aktiviteiten komen in vele gevallen zo grote hoeveelheden organische en anorganische stoffen in het oppervlaktewater terecht, dat we van "verontreiniging" als ongewenst fenomeen spreken.Naast hun specifieke effekt, zoals toxiciteit voor zekere soorten, eutrofiering, etc., is er een eenduidige verandering, als saprobiering bekend, die het gevolg is van het overheersen van konsumptie over produktie (cf. Caspers en Karbe, 1965). Evenals bij wat over trofie gezegd is geldt hier, dat een kwalitatieve beoordeling gewenst is, welke zich dan weer kan haseren op a. analyse der gemeenschappen; b. gebruik van de indikatorische waarde van soorten en c. strukturele kenmerken.
In het algemeen wordt een indeling in vijf klassen voorgestaan volgens dit schema:

Klasse	1	xenosaproob	niet verontreinigd water
"	2	oligosaproob	zwak verontreinigd water
"	3	β-mesosaproob	matig verontreinigd water
"	4	α-mesosaproob	sterk verontreinigd water
"	5	polysaproob	zeer sterk verontreinigd water

Een benadering langs de weg van gemeenschappenanalyse wordt vooral door Fjerdingstad (19)bepleit. Ze heeft te kampen met dezelfde moeilijkheden als onder trofie genoemd zijn. In de praktijk is vooral de onder (b) genoemde methode, gebaseerd op de indikatorische waarde der soorten gemeengoed. Ze berust op empirische gegevens, waarvoor de grondslag gelegd werd door Kolkwitz en Marsson, die het zogenaamde saprobiensysteem -ontwierpen. Daarna droegen meerdere onderzoekers aan een verdere uitwerking van de methoden voor beoordeling van de verontreinigingsgraad van oppervlaktewater bij. Vaak werden struktuureigenschappen der biocoenose mee in de beoordeling betrokken (abundantieverschillen, kwantitatieve verhoudingen, etc.) De basis is echter altijd de indikatorische waarde der soorten. Enkele voorbeelden van uitwerking worden hier kort samenvattend besproken.

Saprobie.

Al sinds de eeuwwisseling (Kolwitz en Marsson, 1890) poogt men de verontreinigingstoestand van het water langs biologische weg te "meten".
Gekonstateerd werd, dat rivieren, nadat ze een verontreiniging hadden ondergaan (lozing van een grote stad) geleidelijk aan het karakter van vóór de verontreinigingsbron gingen aannemen. De rivier reinigde zichzelf en de verschillende fasen konden gekarakteriseerd worden door het optreden van soorten, die dan omgekeerd weer als indikator konden worden gebruikt om de toestand van verontreiniging elders aan te duiden. In latere jaren (Liebmann, 1916) werd de samenhang tussen verontreiniging en het optreden van specifieke soorten fysiologisch gefundeerd. Als belangrijkste factor werd hierbij de belasting met organische stof beschouwd, welke door zijn bacteriële afbraak tegelijk tot lage zuurstofwaarden aanleiding gaf. Dat desondanks de biologische analyse naast bepaling van zuurstof- en BOD-waarden toch van belang geacht werd, vond zijn oorzaak in het feit, dat een biologische analyse niet een status quo voorstelt maar een weerslag van een ontwikkeling: een soort die door verontreiniging verdwenen is wordt ook de volgende dag niet aangetroffen.
Liebmann gebruikte zowel de zuurstofwaarden als de biocoenose-analyse voor een eindbeoordeling bekend als de "Münchener Methode".
Toch is een dergelijke "fysiologische" benadering niet voldoende. Een biocoenose die meer konsumptie te verwerken krijgt, zal, als deze belasting van organische oorsprong is - en dus N en P bevat - tot een identieke produktie aanleiding geven, met zuurstofproduktie en daarmee aerobe afbraak. De aanwezigheid van saprobie-indicerende organismen ligt dus in het feit, dat deze relatie niet bestaat, bijvoorbeeld in open systemen met in- en output van organische stof. De aanwezigheid van deze organismen indiceert dus een afwijkende situatie, waarin konsumptie (saprobie) overheerst over de produktie (trofie), zoals dit gesteld is door Caspers en Karbe, 1965, behelst dus meer dan incidentele aanpassingen van incidentele soorten.
Naar mijn gevoel is hier sprake van een nogal verwarrende aangelegenheid, doordat hier in één maatstaf twéé zaken dooreengeroerd worden. Een open systeem, waarvan sprake is in de voorstelling van Caspers en Karbe, is in veel gevallen een onrijp systeem in de opvatting als eerder is aangegeven.

In dat geval is de struktuur der biocoenose én door de overmaat aan afbraak én door de mate van onrijpheid bepaald. De input is meestal door instabiliteit gekenmerkt. Het hoeft echter niet het geval te zijn. Een stabiele in- en output leidt tot een stabiele situatie, waarbij desondanks de totale afbraak groter is. Daartegenover kan in een gesloten systeem dat een invloed van buitenaf te verwerken heeft gehad, een instabiliteit het gevolg zijn in de produktie - konsumptieverhoudingen, met sterke wisseling in zuurstofkoncentraties, waarvan dan de minimumwaarde bepalend is voor het al of niet voorkomen van veel soorten. Deze toestand gaat echter gepaard met allerlei andere instabiliteits-verschijnselen, als snelle wisseling in dominantie der soorten, lage diversiteit, etc. De saprobie-beoordeling omvat dus twee kenmerken van de biocoenose, nl. overheersing van de afbraak ten opzichte van de opbouw in de biologische kring-loop én de gevolgen van verstoring der kringloop.
Voor ons biologische waarde-oordeel, dat zich in principe tot min of meer gesloten systemen bepaalt - althans de geslotenheid als uitgangspunt voor het waarde-oordeel gebruikt - is de verstoring, de indikatie van het effekt van plotselinge veranderingen belangrijker. Voor deze faktor bestaat echter geen goed indikatorensysteem. Aan een dergelijk systeem wordt gewerkt. Zolang deze echter nog niet operationeel is, gebruiken we het "klassieke" saprobiën-systeem, dat tenslotte veel aangrijpingspunten vertoont met dat wat wij beogen.

Bepaling der saprobiegraad.

Een aantal kwalitatieve en kwantitatieve eigenschappen der biocoenose zijn dus weerslag van die toestand, die we als een min of meer saprobe plegen aan te duiden. Hoe verhouden zich nu deze eigenschappen en op welke wijze zijn we in staat om deze tesamen in één waarde onder te brengen?
Het principe van Naumann voor oecologische indeling, namelijk in een oligo- een meso- en een polytype heeft als basis voor klassificering gediend. Het mesotype is in tweeën gesplitst, terwijl latere auteurs vóór het zwak verontreinigde oligotype nog een xenotype hebben onderscheiden als niet verontreinigd.
De fasen van verontreiniging zijn dus:

xenosaproob - niet verontreinigd
oligosaproob - zwak verontreinigd
β-mesosaproob - matig verontreinigd
α-mesosaproob - sterk verontreinigd
polysaproob - zeer sterk verontreinigd.

Zo beschikken we over een vijfdelige schaal, waarin het voorkomen van iedere soort kan worden vastgesteld, als we aan de hand van buiten het beoordeelde vallende parameters de toestand kunnen karakteriseren. In stromend water met duidelijke gradiënten voorbij een verontreinigingsbron is dit goed te doen. Op empirische wijze worden nu de tolerantiegrenzen der soorten vastgesteld.

Hoe is deze kennis te gebruiken, als we aan de hand van een planktonanalyse een water op zijn saprobiewaarde moeten toetsen? Hoe belangrijk is het specifieke aandeel van een soort? Hoeveel waarde moeten we hechten aan de mate van voorkomen? In hoeverre kunnen we soorten als gelijke beschouwen, die volgens de waarnemingen als gelijkwaardig worden aangemerkt?
Dit zijn vragen waar verschillende auteurs een verschillend antwoord op geven. Een essentieel punt van tegenstrijdigheid vormt hierbij de vraag naar de betekenis van het kwantitatieve aandeel van een soort. Naar mijn persoonlijke idee is het absolute aantal individuen als aandeel in de totaliteit van een biocoenose weinig relevant, en wel om verschillende redenen:

1°. Een soort die ergens niet voor kán komen zal ook niet worden aangetroffen. Van een soort die daartoe wél in staat is, wordt het kwantitatieve aandeel door een groot komplex van faktoren bepaald, die bij een verontreinigingsgraad zo verschillend kunnen zijn, dat het zinloos wordt, daar waarde aan toe te kennen. Soms kan vervuiling tot een explosie van een "schone" soort leiden. De "verbetering" van kwaliteit die een kwantitatieve beoordeling zou suggereren, zou onjuist zijn.

- 2°. -

2°. Het voorkomen van een soort in kleine aantallen kan vaak van grote oecologische betekenis zijn, vooral bij indikatoren van "schoner" milieu.

3°. Eénmalige monstername geeft informatie over het systeem als eenheid, door historische processen ontstaan. Een in de tijd zo sterk veranderende maatstaf als het kwantitatieve aandeel van een soort is daarvoor een slecht gegeven. Van vandaag op morgen kan de gehele situatie veranderd zijn, terwijl desondanks de historie - en daarmee de vorming van "niches" dezelfde is gebleven.

Natuurlijk wil ik daarmee niet zeggen, dat kwantitatief onderzoek geen zin zou hebben; óók met betrekking tot de saprobiebeoordeling. In een periodiek onderzoek kan de fluktuatie der soorten ons iets zeggen over het verloop van de beïnvloeding en over de specifieke aanpassing daaraan. Daarnaast leert het optreden van massa-ontwikkelingen iets over de waarde als indikator van de betreffende soorten. Deze kenmerken raken echter andere basisvragen; zijn meer gericht op deelaspekten, daarom blijf ik geneigd om een waarde-oordeel eerder te zoeken in aantallen indicerende soorten dan in aantallen indicerende individuen.

Een planktongemeenschap zal een aantal soorten omvatten, welke alle een oecologische amplitude hebben ten opzichte van de saprobietoestand van het water, of dit nu gaat om de mate van storing, wisseling in kwantitatieve verhoudingen van voedsel-vraag en -aanbod, minimale zuurstof-waarde, etc. Iedere soort heeft dus een zekere indikatorische waarde; de ene scherper, de ander vager omgrensd.
De kans, dat álle soorten óén der genoemde klassen, b.v. β-mesosaproob zullen indiceren is maar heel klein. Een planktongemeenschap is nimmer onderdeel van een kontinuum, zelf onderverdeeld in "subsystemen", zelf weer deel uitmakend van grotere systemen. De kwestie van vraag en aanbod kan in ieder van die onder-delen verschillend liggen. Zo kan een dode Daphnia bij wijze van spreken een klein stukje α-mesosaprobie betekenen in een overigens schoon water. Het is de grootst-schalige aanpassing, die wij beogen te beoordelen en daar/voor zoeken we naar die toestand, waar/voor de mééste der soorten indikatorisch zijn. Mijn methode is als volgt: De soorten, indikatorisch voor de verschillende klassen krijgen een cijfer: soorten van xenosaproob water een 2

"	"	oligosaproob	"	" 4
"	"	β-mesosaproob	"	" 6
"	"	α- "	"	" 8
"	"	polysaproob	"	" 10

- Deze -

Deze cijfers worden opgeteld en gedeeld door het aantal gebruikte eenheden. Dit levert een getal op, dat tussen 2 en 10 zal liggen, en dat een aanvaardbaar idee vormt van de saprobiegraad. Er zijn twee komplikaties:

1°. We kennen niet van alle soorten de indikatiewaarde.
We zijn daardoor gedwongen om ons te beperken tot die soorten, waarvan die waarde ons wél bekend is.

2°. Soorten met wijde amplitude kunnen voor meerdere klassen indikatorisch zijn; niettemin ten opzichte van andere klassen goed hanteerbaar zijn. Ze worden dan in beide klassen meegeteld.

In de praktijk wordt gebruik gemaakt van de lijst, die door Sládeček in 1963 gepubliceerd is, en die hier bijgevoegd is. Bezwaren tegen dit gebruik zijn eerder samengevat (Schroevers 1967). Het belangrijkste bezwaar is wel, dat het hier om een Tsjechisch systeem gaat, wat vooral in de schoner water indicerende soorten tot discrepantie zal leiden. In die kategorie vinden we immers de meest specifiek aangepaste soorten, de grootste verschillen met het Nederlandse plankton, de grootste aantallen niet overeenkomende soorten. Het water zal dus "schoner" zijn, dan volgens het gebruik van deze methode zou blijken. Daarnaast moeten voor brak water - met een natuurlijke instabiliteit - andere maatstaven worden gehanteerd. Een Nederlands systeem is in voorbereiding. Zolang dit nog niet gereed is, is dat van Sládeček te gebruiken. In de praktijk blijkt, dat de resultaten goed te interpreteren zijn, zoals het bijgevoegde voorbeeld laat zien. De meeste wateren vertonen een duidelijke piek in de β-mesosaprobe kategorieen van indikatoren; verschuivingen in de andere kategorieen blijken echter zeer essentieel te zijn. Tevens wordt hierbij een voorbeeld gegeven van de hier beschreven werkwijze.

Saprobie-indicatoren volgens Sladecek 1963.

Gebruikte afkortingen (cf Sladecek 1961):

Limnosaprobe wateren

X = xenosaproob
O = oligosaproob
b = mesosaproob
a = mesosaproob
p = polysaproob

Eusaprobe wateren:

i = isosaproob
m = metasaproob
h = hypersaproob

Bacteriën

Zoogloea uva	p - a
Z. ramigera	p - h
Sphaerotilus natans	p - a
S.dichotomus (= Cladothrix dichotomus)	O - b
Bacillus subtilus	p
Leptothrix crassa	X - b
L. sideropous	X - b
L. ochracea	X - a
Crenothrix polysora	X - O
Gallionella ferruginea	X - O
Siderocapsa major	X - O
S. treubii	X - O
Sideromonas confervarum	X - O
Beggiatoa sp. div.	p
Thiothrix sp. div.	p
Achromatium oxaliferum	p
A. mobile	a - p
Thiovulum sp.	a - p
Thiophysa macrophysa	a - p
Thiospira o.a. winogradskii	a - p
Thiobacillus thioparus	a - p
Pseudomonas hyalina	a - p
Chromatium fallax	a - p
Spirillum granulatum	p
Chromatium okeni	p - a
Chromatium weissii	p - a
C. vinosum	p - a
Rhabdochromatium roseum	p
Thiospirillum sanguineum	p
Lamprocystis roseo-persicina	h - a
Thiopedia rosea	p
Thiodictyon elegans	p
Thiothece gelatinosa	p
Thiocystis violacea	p

Blauwalgen, Cyanophyta.

Microcystis aeruginosa	b
M. Marginata	b - O
M. flos-aquae	b
M. pulverea	b - O
M. viridis	b - O
Aphanocapsa grevillei	b
A. stagnina	b
Gloeocapsa magma	O
G. limnetica	O
G. turgida	O
G. minuta	O
G. dispersa	O
G. linearis	b
Gomphosphaeria aponina	b
G. lacustris	O - b

Blauwalgen, Cyanophyta (Vervolg)

Woronichinia naegeliana	b
Coelosphaerium kützingianum	O - b
Merismopedia punctata	b
M. glauca	b
M. elegans	b
M. tenuissima	b - a
Synechococcus aeruginosus	O
Rhabdoderma lineare	b
Dactylococcopsis raphidioides	O
Tertrapedia gothica	O
Chlorogloea microcystoides	O
Chamaesiphon curvatus	O
C. incrustans	X - O
C. fuscus	X - O
Pleurocapsa fluviatilis	O
Stigonema ocellatum	O
Hapalosiphon fontinalis	O
Mastigocladus laminosus	O
Calothrix braunii	O
Gloeothrichia pisum	b - O
G. natans	b
G. echinulata	b
Rivularia o.a. dura	O
Plectonema tomasinianum	O
Tolypothrix lanata	O
T. distorta	O
Scytonema crispum	O
Nostoc linckia	b
N. Kihlmanni	b
Cylindrospermum stagnale	a - b
Aphanizomenon flos-aquae	b
Anabeana spiroides	O - b
A. macrospora	b - O
A. flos-aquae	b
A. circinalis	O - b
Oscillatoria limosa	b - a
O. princeps	a
O. tenuis	a
O. chlorina	p
O. puirida	p
O. rubescens	b
Phormidium favosum	a - b
P. subfuscum	b - a
P. uncinatum	a
Spirulina jenneri	p - a
Lyngbya martensiana	b
Microcoleus subtorulosus	O

Chrysophyta

Chrysamoeba radians	O
Lagynion scherffelii	O
Chromulina nebulosa	O
C. ovalis	O - b
C. Rosanofii	O
Chrysococcus rufescens	O
C. ornatus	O
C. punctiformis	b - O
C. klebsianus	O
Kephyrion ovum	b - O
K. spirale	O - b
K. rubri-claustri	O
Chrysopyxis xenostoma	O
Mallomonas insignis	O
M. akrokomos	O
M. acaroides	O - b
M. caudata	O - b
M. elegans	O - b
Stenokalyx circumvallata	O
Derepyxis dispar	O
Microglena punctifera	O
Ochromonas fragilis	b
O. ludibunda	b

Chrysophyta (vervolg)

Dinobryon secicum	O
D. stipitatum	O
D. sertularia	O - b
D. divergens	O - b
Pseudokephyrion schilleri	O
P. undulatum	O
P. poculum	O
P. entzii	O
P. undulatissimum	O
Syncrypta volvox	O - b
Uroglena volvox	b - O
Uroglenopsis americana	O
Synura petersenii	b - O
Hymenomonas roseola	b
Chrysosphaerella longispina	b
Hydrurus foetidus	X - O

Diatomeeën (bacillariophyta).

Melosira granulata	b
M. italica	O - b
M. varians	O - a
Cyclotella meneghiniana	a - b
C. comta	b
Stephanodiscus hantzschii	a - b
S. astraea	O - b
Rhizosolenia longiseta	O
Tabellaria fenestrata v.intermedia	X - b
T. flocculosa	X - O
Diatoma vulgare	b - a
D. elongatum	b - O
D. hiemale	X
D. hiemale var. mesodon	X - O
Meridon circulare	X - O
Fragilaria crotonensis	b - O
F. capucina	O - b
F. construens	b
Ceratoneis arcus	O
Synedra berolinensis	b
S. actinastroides	O - b
Ceratoneis arcus var.amphioxys	X - O
Synedra vaucheriae	b
S. acus	b
S. ulna	b
Asterionella formosa	O - b
A. gracillima	O
Eunotia arcus	O
E. robusta	O
E. robusta var. tetraodon	O
E. triodon	O
E. robusta var. triodon	O
Cocconeis pediculus	b - O
C. placentula	X - b
Achnanthes minutissima	O - b
A. lanceolata	X - O
Rhoicosphenia curvata	b
Amphipleura pellucida	b
Frustulia vulgans	O - b
Stauroneis phoenicenteron	b
Navicula cryptocephala	a
N. rhynchocephala	a - b
N. viridula	a
N. atomus	b
N. gracilis	O - b
N. gastrum	b - a
N. cuspidata	b - a
Pinnularia viridis	b
P. nobilis var. intermedia	O - b
P. microstauron	b - O
P. microstauron var. biundulata	O - b
P. gibba	X - O
Amphora ovalis	b - O
A. ovalis un gracilis	b - O

Diatomeeën (Bacillariophyta). (vervolg)

Neidium productum	O
Caloneis silicula	O - b
C. amphisbaena	a - b
Gyrosigma acuminatum	b
Cymbella ehrenbergii	O
C. lanceolata	b - O
C. ventricosa	b - O
C. caespitosa	b
Gomphonema acuminatum	b - O
G. constrictum	b - b
G. angustatum	X - b
G. Odivaceum	O - a
Epithemia turgida	b - O
E. sorex	b
Nitzschia palea	a - p
N. sigmoidea	b - a
N. longissima var. parva	b
N. acicularis	a - b
N. holsatica	b
Hantzschia amphioxys	a
Rhopalodia gibba	O
Cymatopleura solea	b - a
C. solea var. apiculata	b - a
C. elliptica	O
C. elliptica var. discoidea	O - b
Surirella biseriata	O - b
S. turgida	b
S. ovata v. crumena	b
S. spiralis	O

Xanthophyta - Heteroconten

Pleurochloris pyrenoidosa	
Chloridella neglecta	X - O
Botrydiopsis arrhiza	O
Tetraedriella subglobosa	X - O
Goniochloris torta	O
G. sculpta	O
G. tetragona	O
Chlorobotrys regularis	O
Mischococcus confervicola	O
Centritractus belenophorus	O
C. dubius	O
Characiopsis lunaris	O
C. acuta	O
Ophiocytium cochleare	O
O. maius	O
Botryococcus braunii	O
Vaucheria geminata	O
Tribonema viride	O

Pyrrophyta

Cryptomonas ovata	O - b
C. pyrenoidixera	b
C. tetrapyrenoidosa	b
C. erosa	a
C. marssonii	b
C. rufescens	b
C. gracilis	b
C. rostrata	b - a
C. reflexa	O - b
Chroomonas caudata	b - a
C. pulex	b - a
C. nordstedtii	b
Rhodomonas lacustris	O - b
R. lens	O - b
Crytochrysis polychrysis	O - b
Nephroselmis olivacea	O - b
Amphidinium lacustre	b
Gymnodinium lacustre	O
G. miabile	O - b

Pyrrophyta.(vervolg)

G. aeruginosum	O - b
Caeratium cornutum	O - b
C. hirundinella	O - b
Massartia vorticella	O - b
M. plana	b - a
Gyrodinium sp.	b - a
Woloszynskia neglecta	O - b
Glenodiniopsis uliginosa	O - b
Hemidinium nasutum	O - b
Glenodinium cinctum	b
Sphaerodinium cinctum	O - b
Peridinium palatinum	O - b
P. cinctum	O
P. tabulatum	O
P. bipes	O
P. inconspicuum	O
Kolkwitziella salebrosa	O - b
Cystodinium cornifax	O - b

Euglenophyta

Euglena viridis	a - p
E. gracilis	b - a
Euglena acus	b - a
E. oxyuris	b - a
E. proxima	b
E. deses	b
E. mutabilis	O - b
E. granulata	O - b
E. triperis var. major	b - a
E. rubra	b
E. intermedia	a - b
E. pisciformis	a - b
E. spirogyra	b - a
Lepocindis cylindrica	b
L. ovum	b - a
L. steinii	b
L. texta	b - a
Monomorphina pyrum var. costata	b - a
Phacus hispidulus	b
P. parvulus	b - a
P. curvicauda	b
P. tortuosus	b - a
P. acuminatus	b - a
P. pleuronectes	b - a
P. longicauda var. tortus	b - a
P. caudatus	b - a
Eutreptia viridis	b - O
Trachelomonas verrucosa	O - b
T. armata	b
T. ovata	O - b
T. hispida	b - a
T. planctonica	b
T. ruguosa	b
Strombomonas acuminata	b
S. fluviatilis	b
S. planctonica	O
Colacium vesiculosum	b

Chlorophyta - Volvocinae

Chlamydomonas simplex	b
Carteria klebsii	b
Pyramidomonas tetrarhynchus	b
Coccomonas orbicularis	b
Phacotus lenticularis	b
Sphaerellopsis fluviatilis	b
Heteromastix angulosa	b - a
Mesostigma viride	b - a
Pteromonas angulosa	O - b
Lobomonas spec.	O - b
Chlorogonium elongatum	a - p
C. euchlorum	a
Glocomonas ovalis	O - b
Spermatozopsis exultans	b - a
Scherffelia dubia	O - b

Chlorophyta - Volvocinae.(vervolg)

Haematococcus pluvialis	O - b	Sorastrum spinulosum	b - O
Corone bohemica	O - b	Coelastrum microporum	b
Eudorina elegans	b	Kirchneriella lunaris	b
Volvox aurtus	O - b	Selenastrum bibraianum	b - a
V. globator	O - b	Ankistrodesmus falcatus	b - O
Gonium sociale	b	Characium gracilipes	b
Pandorina morum	b - a	Actinastrum hantzschii	b - O
Gonium pectorale	a	Tetraedron regulare	b
Spondylomorum quarternarium	a	T. caudatum	b
Pyrobotrys korshikovii	O - b	Oocystis lacustris	b - O
		Hydrodictyon reticulatum	O - b

Chlorophyta - Chlorococcinae		Chlorophyta - Draadalgen.	
Scenedesmus quadricauda	b - a	Hormidium rivulare	a - b
S. obliquus	b - a	Cylindrocapsa involuta	O
S. acuminatus	b - a	Geminella minor	b
S. opoliensis	b - a	G. interrupta	O
S. dimorphus	b	Chaetophora elegans	O - b
S. bijuga	b	Draparnaldia glomerata	X - O
S. denticulatus	b	Stigeoclonium o.a.flaggelliferum	a - b
S. armatus	b	Microspora amoena	X - O
S. acutiformis	b	Oedogonium capilare	O - b
S. arcuatus	O - b	O. crispun	b - O
S. abundans	b	Rhizoclonium hieroglyphicum	O
S. longus	b	Chaetonema irregulare	O
S. hystrix	b	Ulothrix zonata	O - b
S. brasiliensis	b	U. tenuissima	O
Tetrastum staurogene iforme	b	U. tenerrima	b
Pediastrum boryanum	b	Bulbochaete nana	O - b
P. duplex	b - O	B. intermedia	O - b
P. biradiatum	O	Microthamnion kützingianum	b
P. tetras	b - O	M. strictissimum	O - a
P. tetras var. tetraodon	b - O	Pleurococcus viridis	O - b
Chlorella vulgaris	b - a	Coleochaete scutata	O
Chlorococcum humicola	b	Cladophora glomerata	O - a
Dictyosphaerium pulchellum	b		
Crucigenia rectangularis	b		
C. fenestrata	b		
C. tetrapedia	b		
C. crucifera	b		

Pyrrophyta.(vervolg)

G. aeruginosum	O - b
Caeratium cornutum	O - b
C. hirundinella	O - b
Massartia vorticella	O - b
M. plana	b - a
Gyrodinium sp.	b - a
Woloszynskia neglecta	O - b
Glenodiniopsis uliginosa	O - b
Hemidinium nasutum	O - b
Glenodinium cinctum	b
Sphaerodinium cinctum	O - b
Peridinium palatinum	O - b
P. cinctum	O
P. tabulatum	O
P. bipes	O
P. inconspicuum	O
Kolkwitziella salebrosa	O - b
Cystodinium cornifax	O - b

Euglenophyta

Euglena viridis	a - p
E. gracilis	b - a
Euglena acus	b - a
E. oxyuris	b - a
E. proxima	b
E. deses	b
E. mutabilis	O - b
E. granulata	O - b
E. triperis var. major	b - a
E. rubra	b
E. intermedia	a - b
E. pisciformis	a - b
E. spirogyra	b - a
Lepocindis cylindrica	b
L. ovum	b - a
L. steinii	b
L. texta	b - a

Monomorphina pyrum var. costata	b - a
Phacus hispidulus	b
P. parvulus	b - a
P. curvicauda	b
P. tortuosus	b - a
P. acuminatus	b - a
P. pleuronectes	b - a
P. longicauda var. tortus	b - a
P. caudatus	b - a
Eutreptia viridis	b - O
Trachelomonas verrucosa	O - b
T. armata	b
T. ovata	O - b
T. hispida	b - a
T. planctonica	b
T. ruguosa	b
Strombomonas acuminata	b
S. fluviatilis	b
S. planctonica	O
Colacium vesiculosum	b

Chlorophyta - Volvocinae

Chlamydomonas simplex	b
Carteria klebsii	b
Pyramidomonas tetrarhynchus	b
Coccomonas orbicularis	b
Phacotus lenticularis	b
Sphaerellopsis fluviatilis	b
Heteromastix angulosa	b - a
Mesostigma viride	b - a
Pteromonas angulosa	O - b
Lobomonas spec.	O - b
Chlorogonium elongatum	a - p
C. euchlorum	a
Glocomonas ovalis	O - b
Spermatozopsis exultans	b - a
Scherffelia dubia	O - b

Chlorophyta - Volvocinae.(vervolg)

Haematococcus pluvialis	O - b	Sorastrum spinulosum	b - O
Corone bohemica	O - b	Coelastrum microporum	b
Eudorina elegans	b	Kirchneriella lunaris	b
Volvox aurtus	O - b	Selenastrum bibraianum	b - a
V. globator	O - b	Ankistrodesmus falcatus	b - O
Gonium sociale	b	Characium gracilipes	b
Pandorina morum	b - a	Actinastrum hantzschii	b - O
Gonium pectorale	a	Tetraedron regulare	b
Spondylomorum quarternarium	a	T. caudatum	b
Pyrobotrys korshikovii	O - b	Oocystis lacustris	b - O
		Hydrodictyon reticulatum	O - b

Chlorophyta - Chlorococcinae		Chlorophyta - Draadalgen.	
Scenedesmus quadricauda	b - a	Hormidium rivulare	a - b
S. obliquus	b - a	Cylindrocapsa involuta	O
S. acuminatus	b - a	Geminella minor	b
S. opoliensis	b - a	G. interrupta	O
S. dimorphus	b	Chaetophora elegans	O - b
S. bijuga	b	Draparnaldia glomerata	X - O
S. denticulatus	b	Stigeoclonium o.a.flaggelliferum	a - b
S. armatus	b	Microspora amoena	X - O
S. acutiformis	b	Oedogonium capilare	O - b
S. arcuatus	O - b	O. crispun	b - O
S. abundans	b	Rhizoclonium hieroglyphicum	O
S. longus	b	Chaetonema irregulare	O
S. hystrix	b	Ulothrix zonata	O - b
S. brasiliensis	b	U. tenuissima	O
Tetrastum staurogene iforme	b	U. tenerrima	b
Pediastrum boryanum	b	Bulbochaete nana	O - b
P. duplex	b - O	B. intermedia	O - b
P. biradiatum	O	Microthamnion kützingianum	b
P. tetras	b - O	M. strictissimum	O - a
P. tetras var. tetraodon	b - O	Pleurococcus viridis	O - b
Chlorella vulgaris	b - a	Coleochaete scutata	O
Chlorococcum humicola	b	Cladophora glomerata	O - a
Dictyosphaerium pulchellum	b		
Crucigenia rectangularis	b		
C. fenestrata	b		
C. tetrapedia	b		
C. crucifera	b		

Saprobie-indicatoren volgens Fjerdingstad 1965.

In: E.Fjerdingstad, Taxonomy and Saprobic Valency of benthic Phytomicro-organisms;Int. Rev. ges. Hydrobiol. 50.4:475-604.

Bezwaren tegen het Kolkwitz-Marsson systeem zijn:

1. optimale kondities van de soorten zijn meestal binnen engere grenzen dan hun oekologische mogelijkheden zouden aangeven.
2. hun systeem scheert alle vormen van verontreiniging over één kam.
3. veel soorten overlappen méér dan één zone, waardoor 't systeem vager en inexakter wordt.
4. vele door hen genoemde soorten zijn meer indicatief voor eutrofiëring dan voor vervuiling.

Daarom een nieuw systeem voorgesteld, speciaal voor beïnvloeding door organische stof, met 9 zones, gebaseerd op gemeenschappen i.p.v. soorten.
Hier is een lijst voor plaatsing der soorten afzonderlijk, in 4 categoriën ingedeeld, waarbij ook de wijdte van de amplitudo der soort mee is beschouwd:

b = saprobiontic - alleen in sterk verontreinigd water.
phil= saprophiel - normaal in vervuild water, maar ook voorkomend in andere biotopen, dus m.m. indifferent.
xen = saproxeen - normaal in schoon water, maar kunnen zekere mate van vervuiling verdragen.
phob= saprophoob - niet in staat zich in vervuild water te handhaven.

Als een soort zeer kenmerkend is voor één van de zones van Kollwitz en Marsson, is de indikatie tussen haakjes aangegeven: (p) = polysaproob volgens K. en M.
Ook aangegeven is een specifieke gevoeligheid (phenolresistent bv.).

Tenslotte: zoals de titel aangeeft, geeft deze lijst allen benthische algen.

Bacteriophyta.

Thiospirillum violaceum (Warm.) Winogr.	b.
Thiocystis violacea Winogr.	b.
Thiopedia rosea Winogr.	b.
Lamprocystis rosea-persicina (Kütz.) Schroeder	b. (?)
Chromatium okenii (Ehr.) Perty	b. (p)
C. vinosum (Ehr.) Winogr.	b.
Lampropedia hyalina (Ehr.) Schroeder	ph.
Vanniella aggregata Pringsh.	b.

Amoebobacter roseus Winogr.	b.
Chlorobacterium aggregatum Lauterb.	b.
Chlorobium limicola Nadson	b. (p)
Thiospira agilis (Kolkw.) Bav.	b.
T. agilissima (Gicklh.) Bav.	b.
Thiovulum majus Hinze	b.
T. mülleri (Warm.) Lauterb.	b.
Zoogloea ramigera Itz. em. Blöch	b.
Spirillum rugula (O.F.Müll.) Winter	b.
S. tenue Ehrenb.	b.
S. undula Ehrenb.	b.
S. volutans Ehrenb.	b.
Azotobacter agilis Beyerinnk	b.
Sphaerotilus natans Kütz.	b.
Sarcina paludosa Schroeter	b.
Streptococcus margaritaceus Schroeter	b.
Streptococcus pyogenes Rosenbach	b.
Beggiatoa alba (Vauch.) Trevisan	b. (p) phenolresistent
B. minima Winogr.	b. (p)
Thiothrix nivea (Rabenh.) Winogr.	b.
T.tenuis	b.
Achromatium oxaliferum	b.
A.volutans (Hinze) Van Niel.	b.
Spirochaete plicatilis Ehrenb.	b.

Cyanophyta.

Aphanothece stagnina (Spreng) A.Br.	xen
Oscillatoria amphibia Ag.	phil
O. brevis (Kütz.) Gom.	b.
O. chalybea Mertens	b.
O. chlorina Kütz.	b.
O. curviceps Ag.	phil
O. formosa Bory	b.
O. lauterborni Schmidle	b.
O. limosa Ag.	phil
O. minima Gicklh.	b.
O. princeps Vauch.	b.
O. putrida Schmidle	b.

O. redekei v. Goor		b.
O. splendida Grev.	2 vormen:resp. phob en	b.
O. subtilissima Kütz.		b.
Oscillatoria tenuis Ag.		b.
O. terebriformis Ag.		b.
Phormidium angustissimum Wetw.		xen (?)
P. autumnale (Ag.) Gom.		phil
P. favosum (Bory) Gom.		phil
P. foveolarum Gom.		phil
P. inundatum Ktz.		xen
P. molle Gom.		phil
P. papyraceum (Ag.) Gom.		xen
P. retzii (Ag.) Gom.		xen
P. subfuscum Ktz.		xen
P. tenue (Menegh.) Gom.		phil
P. uncinatum (Ag.) Gom.		phil
Spirulina jenneri (Stiz.) Geitler		b.
Pseudoanabaena catenata Lauterb.		b.
P. schmidlei Jaag		? methaanresistent
Anabaena constricta (Szafer) Geitler		b.(goede indikator)
A. cylindrica Lemm.	wrsch.	phil
Plectonema nostocarum B. et Thur.		phil ?

Rhodophyta.

Bangia atropurpurea (Roth.) Ag.		xen ?
Batrachospermum moniliforme		xen ?
B. vagum		phob.
Lemanea annulata Ktz.		phob.
L. fluviatilis (L.) Ag.	wrsch.	xen
Hildenbrandia rivularis (Liebm.) Ag.		xen

Euglenophyta.

Euglena acus Ehrenb.	phil resistent voor chroom
E. deses Ehrenb.	phil
E. ehrenbergii Klebs	phil
E. fusca (Klebs) Lemm.	phil
E. gracilis Klebs	phil
E. intermedia (Klebs) Schmitz.	phil

E. mutabilis Schmitz		phil (t.d. misschien xen)
E. oxyuris Schmarda		phil ook in nitraatrijk water, resistent voor chroom en alluminium
E. pisciformis Klebs		phil
E. polymorpha Dang.		phil
E. proxima Dang.		phil
E. sanguinea Ehrenb.		phil
E. sociabilis (Schmitz) Dang.	wrsch.	phil resistent v. chroom
E. spatirhyncha Skuja		b.
E. spirogyra Ehrenb.		phil
E. spiroides Lemm.		phil
E. variabilis Klebs		phil
E. viridis		b. resistent v. chroom en kenmerkend in lozingen van distilleerderijen v. alcohol.
Lepocinclis ovum		phil
<u>Chlorophyta.</u>		
Chlamydomonas debaryana Gorosch		b.
C. ehrenbergii Gorosch		b.
C. reinhardii Dang.		phil
C. variabilis Dang.		phil
Polytoma uvella Ehrenb.		b.
Gonium pectorale Müll.		phil
G. sociale		phil
Pandorina morum		phil (collectieve soort) als chemobiont: in lozing van papierfabrieken.
Eudorina elegans	wrsch.	phil
Volvox aureus Ehrenb.		phil
Spondylomorum quaternarium Ehrenb.		b. als chemobiont: in lozing van papierfabrieken
Pyrobotris gracilis (Korsh.) Korsh.	wrsch.	b. als chemodiont: resistent algenlozing van alc. distileerderijen.
Tetraspora gelatinosa (Vauch.) Desv.		phob.
Ulothrix aequalis (Kütz.)		xen (mogelijk phob.)

U. subtilissima Rbh.	b. of	phil
U. tenerrima Kütz		phil
U. zonata (Web.&Mohr)Ktz. 2 typen, resp. xen en		b. als chemiobiont:in water van kolenmijnen.(zeer zuur).
Hormidium subtile (Ktz.) Heering		phil
Microspora amoena (Ktz.) Rbh.		phob.
Microspora pachyderma (Wille) Lagerh.		phob.
M. tumidula Hazen		phob.
Enteromorpha intestinalis (L.) Linck.		phil
Chaetophora elegans (Roth.) Ag.		xen
Ch. incrassata (Hudson) Hazen		xen
Stigeoclonium tenue (Ag.) Ktz.		phil resistent Cu,Cr,Phenol.
Draparnaldia glomerata (Vaucher) Ag.		xen
D. plumosa (Vauch.) Ag.		phob.
Microthamnion Kützingianum Näg.		phil
Coleochaete scutata Bréb.		phil
Cladophora crispata (Roth.)Ktz.		xen
C. fracta(Müller) Ktz.		phil
C. glomerata (L.) Ktz.		xen (toestand v.d. plant meer indicatonisch dan voorkomen).
Rhizoclonium hieroglyphicum (Ag.)Ktz.		xen
Hydrodictyon reticulatum (L.) Cgh.		xen
Chlorella pyrenoidosa Chick.		b.
C. vulgaris Beyerink	wrsch.	phil
Spirogyra crassa (Ktz) Czurda		xen
S. decimina (Müll.) Czurda em.	wrsch.	phil
S. fluviatilis Hilse	wrsch.	xen
S. neglecta (Hassall)Ktz.	wrsch.	phil
S. tenuissima (Hassall) Ktz.		xen
S. varians (Ktz.)Czurda		phil
Closterium acerosum (Schrank) Ehr.		phil (ook: alkaliphil. en tolerant voor chroom)
C. leibleinii Ktz.		phil
C. moniliferum (Bory) Ehr.		phil
Cosmarium botrytis Menegh.		phil

Chrysophyta.

Tribonema bombycinum (Ag.) Derbès et Solier	xen
T. minus (Wille) Hazen	xen
Vaucheria sessilis (Vauch) D.C.	xen
Synura uvella Stein.	phil

Bacillario phyta.

Melosira varians Ag.	phil ook in olierijk water.
Stephanodiscus hantzschii Grun.	geen goede indikator.
Meridion circulare Ag.	xen(tenzij andere soorten tegendeel aangeven).
Diatoma vulgare Bory	phil tolerant voor papierfabrieklozingen, olie en phenol.
D. elongatum Ag.	?
Achnanthes minutissima Ktz.	phil
Navicula accomoda Hust.	phil
N. cryptocephala Ktz.	phil tolerant voor phenol.
N. viridula Ktz.	phil koperresistent
Gomphonema parvulum Ktz.	phil tolerant voor phenol
Amphora ovalis Ktz.	geen goede indikator
Nitzschia palea (Ktz.) Smith	phil resist. voor koper, chroom, phenol.
Hantzschia amphi xys (Ehr.) Grun	phil
Bacillaria paradoxa Gmel	phil
Cymatopleura solea (Bréb.) W. Sm.	phil resist. v. phenol.

Cryptophyta.

Cryptomonas erosa Ehr.	phil
C. ovata Ehr.	phil
Bodo caudatus (Duj.) Stein	b.
B. celer Klebs	b.
B. edax Klebs	b.
B. globosus Stein	b.
B. minimus Klebs	b.
B. putrinus (Stokes) Lemm.	b.
Cercobodo longicauda (Stein) Pascher	b.
Anthophysa vegetans (O.F.Müll.) Bütschli	b.

Mycophyta.

Fusarium aquaeductum Lgh.	b.
Leptomitus lacteus (Roth) Ag.	b.
Achlya prolifera De Bary	b.

Biologisch waardeoordeel.

1. Inleiding.

Eco is in.
Tot verbazing van alle biologen, die zich van oudsher met het milieu bezighouden blijkt 1970 het jaar te zijn, waarin men plotseling gaat beseffen, dat ook de mens een stukje natuur is; dat verontreiniging van zijn omgeving niet een kwestie vormt, van belang voor een selekt groepje natuurminnaars met al dan niet rechtvaardige eisen, maar dat het probleem iedereen raakt. Radio en TV, kranten en tijdschriften staan er vol van en vele deskundigen geven hun mening. Het ene uiterste wordt gerepresenteerd door de zienswijze, dat het een modeverschijnsel betreft, dat, als de wereld verder draait, zichzelf overbodig maakt. Het andere uiterste dringt ons de beklemmende gedachte op, dat over tien jaar de oceaan dood zal zijn met desastreuze konsekwenties voor de mensheid.

Duidelijk is, dat op dit moment de oecoloog (of ecoloog, zoals men hem graag noemt in navolging van Amerikaanse voorgangers in de strijd om het milieu) zijn mond zal moeten opendoen. Alles wat hij overdacht, uitgewerkt, ervaren heeft, zal zo overzichtelijk, geïntegreerd en maatschappij-bewust mogelijk op papier moeten worden gezet, zodat hij ook tegenover "andersdenkenden" een standpunt kan uiteenzetten, waarover men kan nadenken.

In hoeverre is het probleem "milieuverontreiniging" oecologisch?
Zeker is, dat de vraag, wanneer een milieu verontreinigd genoemd moet worden in eerste instantie een biologische kwestie is, al stelt de maatschappij tot op de dag van vandaag het verschijnsel voor als een louter technische aangelegenheid. Over oorzaken en konsekwenties kan lang te praten zijn, dat hoort echter niet in het bestek van dit artikel thuis.
Maar de vraag "hoe komt het, wat is het gevolg, hoe is het op te lossen" is niet biologisch, doch technisch, economisch, sociologisch, juridisch en politiek. Daarom zal meer en meer

- moeten -

moeten worden overgegaan tot het vormen van multidisciplinaire groepen, die zich met onderzoek, afbakening van probleemstellingen, integratie van ervaringen en maatschappijkritiek bezig houden.

Dat de oecoloog in dergelijke interdisciplinaire groepen een onmisbare stem vormt, is zonder meer duidelijk.
Deze stem zal een antwoord moeten geven op de volgende vragen:

1. Wat is milieuverontreiniging?
2. Wat zijn de biologische konsekwenties van de aantasting van het milieu?
3. Op welke wijze is de "waarde" van een milieu en de aantasting daarvan volgens een biologische norm te "meten"?

In de volgende paragrafen wil ik een kort overzicht geven over de wijze, waarop ik deze vragen zou willen benaderen.

2. Wat is milieuverontreiniging?

In de jaren 1962/'63 trad in de streken rond de Minamatabaai in Japan een ziekte op, die ernstige verminkingen toebracht aan vele mensen terwijl meer dan 150 sterfgevallen te betreuren waren. Het centrale zenuwstelsel werd aangetast en mensen verkeerden in erbarmelijke omstandigheden.
De oorzaak bleek na langdurig onderzoek gevonden te kunnen worden in de grote hoeveelheden kwik, die in gekonsumeerde vis werd aangetroffen. Deze kwikkoncentraties waren het gevolg van ophoping in de voedselketen in water, waar kwikhoudend afval van fabrieken op geloosd werd.

In de Haagse grachten is in het begin van dit jaar een vogelsterfte gekonstateerd. Onderzoek wees uit, dat de oorzaak lag in een bakterie, welke speciale ontwikkelingskansen krijgt bij massale ophoping van rottend, bij voorkeur plantaardig materiaal. Er was een blauwwierbloei aanwezig, hoogstwaarschijnlijk gevolg van een thermische verontreiniging.

In één van de vennen, die voor mijn onderzoek regelmatig bemonsterd moeten worden, is gedurende de onderzoekperiode een bijzondere Desmidiaceeënsoort verdwenen en niet meer teruggekomen.

Drie tamelijk willekeurige voorbeelden uit een groot arsenaal van gegevens, die ik voor mijn dokumentatie te boek stel. Als de vraag wordt opgeworpen, welke van de drie voorbeelden ons het meeste aanspreekt, dan lijkt het antwoord vrij simpel. In het eerste geval is rechtstreeks verband tussen het welvaren van de mens en het beïnvloeden van het milieu, terwijl het laatste geval een organisme betreft, dat misschien een enkeling in Nederland kent, en dat in ons dagelijks leven maar een zeer ondergeschikte rol speelt.
Toch, als mij gevraagd wordt, welke van deze drie voorbeelden het meest beangstigend genoemd moet worden, dan is dat naar mijn mening dit laatste. Dat komt omdat het zo raadselachtig is.
Het gebeurt in een natuurreservaat, ver van menselijke bewoning. Er wordt niét met bestrijdingsmiddelen gespoten, er vindt géén verrijking van het milieu plaats, de waterstand verandert niet. Toch gebeurt er wat. En als it nu een simpel voorvalletje was, zonder enige algemene geldingskracht, dan konden we het jammer vinden, maar de wereld draait door, nietwaar?

Maar zo is het niet. Dit voorbeeld is symptomatisch voor de toestand van deze dagen. Van de hogere planten, die van nature in Nederland voorkomen is in deze eeuw bijna 50% verdwenen of bijna verdwenen. De natuurlijke verscheidenheid is in die periode met 93% afgenomen (Adriani en van der Maarel, 1968; Schimmel, 1968). Voor micro-organismen gelden minstens dezelfde getallen.
In een aantal gevallen is een rechtstreekse relatie aan te geven met een oorzaak; in de meeste gevallen echter niet.
De keten van oorzaak naar gevolg is daar veel te ingewikkeld voor. Wij weten er nog zo weinig van, dat dit feit als iets vanzelfsprekends moet worden opgevat.

Betekent dat, dat wij er verder maar het zwijgen toe moeten doen en daar, waar we die relatie niet zien, de zaak op zijn beloop moeten laten?
Dat lijkt mij heel onverstandig en buiten dat ook onnodig.
Beter is het, tot een begrip te komen dat allesomvattend is en dat ons wetmatigheden laat zien die een meer universele betekenis hebben. Zij kunnen ons dan in incidentele gevallen houvast geven.

Dit laatste is mogelijk, als we uitgaan van de biosysteemgedachte: Een milieu is niet een aantal op een individu inwerkende faktoren, maar het individu is een onderdeel van het milieu, zijnde een systeem van levende en levenloze elementen en hun interakties. Het zijn deze interakties die uit de gegeven eenheden een nieuwe eenheid, een systeem maken. Uitgaande van deze stelling (die elders nader gepreciseerd is) is het mogelijk, gedachten uit systeemtheorie en cybernetica toe te passen, welke zo nodig informatie-theoretisch gekwantificeerd kunnen worden.

Systeemtheoretisch denken heeft van het begin de basis gevormd voor het beheer van natuurgebieden (zie b.v. Van Leeuwen 1967). De methode is niet altijd serieus genomen door experimenteel gerichte oekologen; naar mijn mening een dom standpunt, want de werkelijkheid laat zich op geen enkele manier in zijn geheel vangen, en men zal van zoveel mogelijk richtingen moeten trachten door te dringen in de essentiële vragen van het milieu.

Een belangrijke stap voorwaarts werd gegeven door Margalef, die het begrip diversiteit een direkte betekenis gaf en methoden om deze te kwantificeren. Odum kwam door vergelijken van oecosystemen tot algemene regels, welke een uitstekend uitgangspunt vormen voor interpretatie. Van Leeuwen analyseerde de betrekkingen tussen patroon en proces en kwam tot vergelijkbare resultaten.

Een biosysteem vormt zich in een langdurig proces, dat soms jaren, soms eeuwen kan duren. Als de eerste organismen zich gaan vestigen zal nog weinig sprake zijn van regulatie. Zij ontwikkelen zich in grote aantallen, doch worden even snel weer tot minimale hoeveelheden teruggedrongen - ofwel verdwijnen geheel - als het tij zich keert. Het zijn alleen organismen die zich aan dit losse verband, met sterke wisseling in uitwendige omstandigheden kunnen aanpassen, welke hier kunnen gedijen. Zij zijn daardoor indicatorisch voor een dergelijke instabiele, weinig doorgevoerde organisatie. Alle andere soorten, die in het gebied "geënt" worden zullen weer verdwijnen.

Na verloop van tijd zullen soorten komen, die juist aan de specifieke omstandigheden aangepast zijn. Zij verdragen aan de ene kant het lage niveau van regulatie, maar zorgen aan de andere kant voor een versterkte regulering. Door deze laatste invloed zal het systeem langzamerhand veranderen. Interne regulatie neemt toe, waardoor interne stabiliteit groter wordt.
Dit leidt tot zeer gedifferentieerde levensomstandigheden binnen het systeem, waardoor soorten kunnen gaan optreden, die hoge eisen aan levensomstandigheden en continuïteit stellen.
Dit proces, in de beschrijvende oecologie "successie" genoemd is een wezenskenmerk voor ieder oecosysteem op weg. Er vindt een "rijping" plaats, waarbij toenemende komplexiteit in soortensamenstelling én in struktuur waar te nemen valt.
Het aantal levensvormen, dat deel uitmaakt van het systeem, neemt gedurig toe, waarbij de oorspronkelijk aanwezige levensvormen niet verdwijnen maar steeds ingewikkelder en grootschaliger levensvormen hun intrede doen. Dit proces schijnt zich over de gehele wereld op vergelijkbare wijze af te spelen, waarbij het eindpunt der ontwikkeling klimatologisch bepaald is (Segal, 1965).

Jonge en oude, "rijpe" systemen volgens Margalef, verschillen dus in karakteristieke kenmerken, waarvan een aantal genoemd zijn in de hierbij gegeven tabel 1, ontleend aan Odum, 1969.

Het begrip "storing" is speciaal in de Nederlandse veldoecologie al sinds vele jaren gemeengoed. Het is dat in het bijzonder dank zij de onderzoekingen in grensmilieus van Van Leeuwen. Storingsmilieus zouden te formuleren zijn als de zichtbare weerslag van plotselinge veranderingen in de tijd, welke zich in de struktuur van de levensgemeenschap.

- Tabel 1. -

Tabel 1.

	jong	rijp
produktie	hoog	laag
energy flow	laag	hoog
opbrengst	hoog	laag
diversiteit	laag	hoog
stratifikatie	arm	rijk
niche specialisatie	breed	nauw
afmetingen organismen *)	klein	groot
mineraalkringloop	open	gesloten
selektiedruk op:	kwantiteit	kwaliteit
voedselopslag	slecht	goed
stabiliteit intern	laag	hoog
stabiliteit extern	hoog	laag
informatiegehalte	laag	hoog

naar Odum, 1969
(iets gewijzigd).

Veel van de verschijnselen die het uitgangspunt vormden voor Van Leeuwens gedachten over stabiliteit-instabiliteit versus struktuurrijkdom en -armoede (divergente en konvergente milieus) bleken nauw aan te sluiten bij de kriteria, volgens welke de rijpheid van een systeem aan te duiden zou zijn. Gestoorde oecosystemen blijken kenmerken aan te nemen van het jonge stadium; rijkdom aan grenzen (divergente milieus) blijkt wezenskenmerken te vertonen van rijpheid. Daarmee is "storing" geworden tot verlaging der "rijpheid"; afbraak tot een lager systeem, waardoor het tot een lager plan teruggevoerd is.

In de tabel 1 gegeven kenmerken valt een ding sterk op. Dat is het kwalitatieve karakter van het rijpe oecosysteem, het kwantitatieve karakter van het onrijpe. In wezen zijn alle methodes, denkwijzen, richtlijnen en normen, die wij met onze westerse rationele aanpak zo graag als alleenzaligmakend beschouwen kenmerken, die thuishoren in deze rij. Het is niet

*) Beter is hier te zeggen: diversiteit in levensvormen.

zo onlogisch, omdat wij met onze beperkte vermogens zo ver in de komplexiteit van de systemen kunnen dringen, dat we dit nog kunnen overzien. Het andere domein, dat een relativerende, "wijze" instelling nodig heeft, wordt graag overgelaten aan vage lieden, die met niet experimenteel getoetste, niet kwantificeerbare ideeën rondlopen en dus wetenschappelijk onverantwoord werk afleveren. In wezen zijn natuurlijk beide vormen van wetenschapsbeoefening noodzakelijk. De ene dient als het ware om de andere terecht te wijzen. Bij het beoordelen en beheren van natuur (kriterium: hoge rijpheid) prevaleert de kwalificerende gedachtengang, terwijl het kwantificerende denken meer plaats kan hebben in toegepaste situaties als landbouw, afvalwaterzuivering. De maatschappij vraagt om normen, gekwantificeerde kenmerken, en de bioloog uit de eerste kategorie heeft dus een streepje voor. Dat hij daarbij vaak een schijnobjektiviteit meebrengt, die door geen onderzoek weggenomen kan worden is hij zich vaak te weinig bewust. Kwantificeerbare kennis is vaak van weinig nut bij het beoordelen van natuurlijke situaties. Over deze betrekkelijkheid heb ik voor de Oecologische Kring een korte inleiding gehouden op 3 mei 1970. Precies dezelfde problematiek speelt bij de bestudering der menselijke samenleving (Van Schilfgaarde, 1970).

Opvallend is, dat het kwantificerende aspekt ten dele door de mens gewild is (monokultures), ten dele het gevolg is van ongewilde neveneffekten van zijn praktijken (waterbloei, vissterfte, insektenplagen, enz.). Dat is niet zo verwonderlijk, want zij komen in wezen uit dezelfde oorsprong: invoer van relatief grote hoeveelheden energie in een kringloop, die daarop niet ingesteld is, afbraak van patronen, versimpeling der biologische kringlopen dóór groei of óm groei te verkrijgen. In alle gevallen is dus sprake van afbraak door groei. Groei is gerealiseerd door bemesting, gebruik van bestrijdingsmiddelen, rationalisatie, grensverscherping, schaalvergroting.
Dit alles is gericht op verhoging van produktie welke in onze maatschappij een essentieel bestanddeel vormt, zowel in produktie van goederen (ekonomische groei) als die van mensen (bevolkingsgroei).

De menselijke bedrijvigheid is er dus op gericht, om levensgemeenschappen van hoge organisatie om te zetten in levensgemeenschappen van lage organisatie, waarbij we de neiging hebben te ver te gaan. Deze afbraak van organisatie gaat in een aantal fasen, welke op geschematiseerde wijze in de volgende kenmerkenreeks kan worden uitgedrukt:

aanwezigheid van zeldzame soorten
grote verscheidenheid
regelmaat in milieukarakteristieken (O_2, BOD)
toename produktiviteit
fluktuaties
ontregeling, afname soortenaantal, indikatorsoorten
plagen, parasieten - excessieve produktie
zuurstofloosheid
dood

In principe laten zich op deze reeks alle op de wereld aanwezige levenssystemen plaatsen; ergens op de weg tussen uiterst leven en uiterste dood.
De mens heeft de neiging, de plaats van de levensgemeenschappen te verschuiven in de richting van uiterste dood. Daar moet dan helaas bij gezegd worden, dat dit een afbraak van systemen betekent, en dus een proces vormt met een hoge mate van onomkeerbaarheid. Het is dit proces, dat ik met verontreiniging van het milieu zou willen aanduiden. Dit is een standpunt, dat verder gaat dan algemeen gebruikelijk is. Men denke b.v. aan de specifieke verontreiniging door gifstoffen; of de verbreking van de verhouding tussen producenten en konsumenten in het saprobiënsysteem van de hydrobiologie; beide meer direkte uitingen van verontreiniging. In wezen zullen al deze beïnvloedingen onder de hiervoor aangegeven reeks te plaatsen zijn, tenzij een beïnvloeding niet als een storing moet worden opgevat. Zo kan bijvoorbeeld de relatie produktie-konsumptie permanent gewijzigd zijn door een konstante aan- en afvoer van organische stof. In dat geval zou ik dan ook niet van verontreiniging

willen spreken. Aan de andere kant is in deze opvatting het opzetten van monokultures als een vorm van verontreiniging op te vatten. Daarnaast moet men echter wel bedenken, dat de begeleidende faktoren zeer stabiliserend kunnen zijn en bijvoorbeel tot een grote diversiteit in akkeronkruiden onder het graan kunnen leiden.

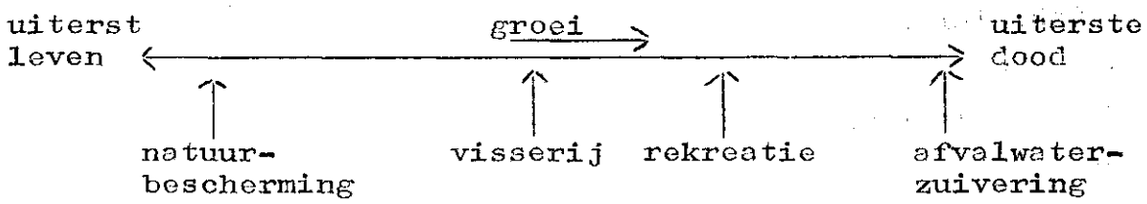
3. De biologische konsekwenties van milieu-aantasting.

Wanneer we een milieu verontreinigd willen noemen hangt, zoals hierboven al aangestipt werd, sterk af van de norm, waarmee we het beoordelen. Die norm is bepaald, door de taak, die we aan de betreffende levensgemeenschap zouden willen toebedelen in de menselijke samenleving.
Men zou deze taken - bijvoorbeeld voor het water - in het volgende staatje kunnen samenvatten:

drinkwaterbereiding
natuurbescherming
estetische waardering
visserij
landbouw
rekreatie (zwemmen)
afvalwaterzuivering
scheepvaart
afwenden van stank e.a. bezwaren
afwenden van plagen, infekties, vergiftigingen
redden van het vege lijf.

De volgorde, waarin deze bedrijvigheden geplaatst staan suggereren al een relatie met het overzicht van kenmerken welke optreden bij afbraak van strukturen. Zo zijn drinkwaterbereiding en natuurbescherming het meest gebaat bij hoge rijpheid van systemen; afvalwaterzuivering vindt beter plaats in wateren van lage rijpheid, waar immers natuurlijke fluktuaties gebruikt kunnen worden om het teveel aan opgeslagen energie te elimineren.

De algemene konklusie is dus als volgt te geven:
Biosystemen vertonen in natuurlijke omstandigheden een suksessie, waarbij systemen ontstaan, gekenmerkt door grote struktuurrijkdom en inwendige stabiliteit. Als de meest gedifferentieerde vorm van leven op aarde zou dit uiterste het "uiterste leven" genoemd kunnen worden. De mens, in zijn drang tot produceren, heeft de neiging, deze systemen af te breken.
Dit is een min of meer onomkeerbaar proces, dat in zijn uiteindelijke konsekwenties, na verdwijnen van veel soorten, leidt tot een fase, waarin geen leven meer mogelijk is, te noemen "de uiterste dood".
De vraag, waar ergens in deze reeks een water zijn optimale waarde heeft voor de menselijke samenleving, wordt bepaald door de taak, die men aan een milieukomponent wil toekennen. Dit is het volgende schema samen te vatten:



Uiterst leven over de aarde betekent: de gehele aarde één groot natuurreservaat. Natuurlijk is dat niet wat de bioloog wil beogen.
Bij de huidige bevolkingsaantallen zou dat ook niet meer mogelijk zijn, ook niet bij terugschroeven van de ekonomie. Ons maatschappelijk waarde-oordeel zal mede door ander faktoren bepaald moeten worden dan het zuiver biologische. Wat we wél willen is de gang naar het andere uiterste zo veel mogelijk beperken, afremmen en op wérkelijke waarde voor de mensheid te toetsen. Wel vinden wij, dat het aspekt "uiterst leven" op dit moment tenminste in Nederland al té veel is uitgebannen, waardoor iedere stap verder een schadepost betekent.
Kriterium hiervoor is in eerste instantie de inwendige stabiliteit van het landschap (verg. ook Westhoff 1969).

Het is de taak van de bioloog, om dit proces te volgen, om te waarschuwen, waar het mis dreigt te gaan, om de gemeenschap zonder ophouden de konsekwenties van al zijn aktiviteiten voor te houden, alsmede de onomkeerbaarheid van zijn ingrepen. In wezen zou geen enkele ingreep gedaan mogen worden, zonder dat het milieuaspekt beoordeeld is. Helaas ontbreekt daar in de praktijk nog veel aan. Een moeilijkheid is, dat de bioloog niet beschikt over de "keiharde feiten", nodig om tegenover het machtige concern van handel, produktie, bevolkingstoename en technologie te plaatsen.
Zijn cijfers zijn bij voorbaat al beperkt in hun waarde, omdat ze op de essentiële vragen waar het om gaat géén antwoord geven; een aantal uitzonderingen daargelaten. Nodig is een maatstaf, waarmee de waarde van een stuk natuur als biologisch gegeven kan worden vastgesteld.

4. Biologische "waarde" van een oecosysteem.

Hoeveel waarde heeft een plas, een ven, een heideveld of grasland? Vanuit biologisch gezichtspunt is het probleem nooit zo urgent geweest. Alleen in kringen van natuurbeschermers heeft men het van oudsher gesteld. Daarbij gold dan als een tamelijk simpel kriterium de aanwezigheid van zeldzame soorten. Als zulke soorten aanwezig waren, n'importe om welke reden, dan kon gesproken worden van een biologisch belangrijk gebied. Daarmee haalde hij dan wel de vijandschap van vele niet-natuurbeschermers op de hals, want gebieden konden toch wel op een betere manier een funktie vervullen in onze samenleving dan als groeiplaats voor een zeldzaam grasje, nietwaar? Nu echter de samenleving de natuurbeschermer meer en meer als een serieus iemand gaat beschouwen, nu bovendien diezelfde samenleving zijn eigen eisen over de waarde van een natuurgebied als biologisch objekt leert zien, nu is het toch wel goed, als de natuurbeschermer-bioloog eens kritisch nagaat, wat zijn waarde-oordeel precies inhoudt, hoe hij dit kan opstellen, wat de konsekwenties zijn, ook voor dat deel van de samenleving, dat geen oog heeft voor zeldzaamheden of vormen van esthetisch genot.

Een theoretisch uitgangspunt is geformuleerd; op grond daarvan zijn nu de kriteria te beredeneren, volgens welke een oordeel te geven is.
Tenslotte is daaruit een handleiding te destilleren, volgens welke men te werk kan gaan, als men voor een aktuele kwestie gesteld staat.

In de 2e paragraaf is uiteengezet, dat het streven van de mens tegengesteld is aan dat van de natuur. Daaruit vloeit voort, dat de bioloog de tegenkracht moet vormen voor de op produktie beluste "homo-economicus", die het gewin als doel stelt. In zijn waarde-oordeel zal dus het "uiterste leven" het hoogst bereikbare zijn. De dood, het ander uiterste, vormt dan de nul-waarde. Hiermee is het doel van de natuurbescherming voor de samenleving duidelijk gesteld: een tegenkoppelings-mechanisme vanuit het menselijke groeisyndroom en een basis voor begrip van wat we met de wereld aan het doen zijn.
Een biologische waardeschaal zal dus de in het vorige hoofd-stuk voorgestelde reeks moeten omvatten en moeten verdelen in een aantal sektoren, waarvoor de parameters moeten worden opgespoord.

De hier ontwikkelde gedachtengang sluit enigszins aan bij pogingen, die aangewend worden vanuit de hoek der ekonomen om de natuur te kwantificeren (Hueting, 1969) een verheugend verschijnsel, dat de grens tussen maatschappij en natuur van de ander zijde uit tracht te doorbreken.
De kriteria van Hueting cs. zijn meer omvattend in die zin, dat de menselijke bedrijvigheid als geheel ten aanzien van een milieu-onderdeel gekwantificeerd wordt. Dat omvat dus méér dan de biologische waarde sec. Daartegenover geeft een biologisch waarde-oordeel een systeemgebonden visie, waarbij de vervang-baarheid essentieel is. In Huetings oordeel wordt dit slechts aangestipt. Dezelfde grondtegenstelling tussen kwantificeren en kwalificeren die hiervoor genoemd werd, staat hiertussen. Indien men zich dit bewust is, kan het bevruchtend voor beide methoden zijn, om van de resultaten op de hoogte te blijven.

Van de zijde van de bioloog gezien betekent dit, dat zijn konklusie niet als een maatschappelijk waarde-oordeel moet worden geïnterpreteerd, maar louter als een biologische parameter, juist zoals produktiviteit of BOD. Het waarde-oordeel hangt dan af van het doel, waarvoor een gebied gebruikt moet worden. Het uiterste leven als alleenzaligmakend doel wordt door niemand gewild.
Indien de hele wereld aan dit doel beantwoordt, dan is voor de mens niet meer plaats, dan waar hij volgens strikte biologische wetten aanspraak op zou maken. Dat is iets, waar hij zich al duizenden jaren niet aan houdt. Hoogstens kan men zeggen, dat dit doel wordt nagestreefd in een aantal gebieden, waarin deze omstandigheden voorkomen, die als beschermd gebied worden beheerd ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek, dat nodig is voor onze samenleving. Naar mijn mening is in onze streken overigens al een ernstig tekort aan zulke gebieden, zodat de "econonische waarde" de "biologische waarde" wel ongeveer zal moeten dekken en we verplicht zijn, ieder stukje natuur dat nog bestaat als een kostbaar en onvervangbaar goed te beheren.
Voor een gebied, dat als viswater bestemd is, is de optimale konditie niét het "uiterste leven", maar een fase daarvoor, waar zowel kwaliteit als een zekere mate van kwantiteit gewaarborgd zijn. Voor een waarde-oordeel van zo'n water kan de biologische norm alleen een hulpmiddel zijn.

Het is dus een kwestie van Ruimtelijke Ordening, waarin uiteindelijk moet worden uitgemaakt, voor welk doel een gebied geschikt moet zijn en wat de waarde ervan is in de menselijke samenleving. Deze ruimtelijke ordening zal zich echter wel moeten baseren op de onvervangbaarheid en onomkeerbaarheid van het natuurlijke en de processen die dit afbreken. De praktijk geeft in dit opzicht weinig reden tot vreugde, alhoewel de tweede nota voor de Ruimtelijke Ordening van 1968 juist op dit punt zo veel hoop gaf.

Door Lindsay (1970) is op de hier geschetste wijze een voorstel gedaan, het land in drie klassen te verdelen: dependent biotic systems (steden, fabrieken, akkers etc.), independent biotic systems (natuurreservaten, zeeën, wildgebieden etc.) en compromise systems ("muliple use-gebieden" als parken, rekreatiegebieden, etc.). Odum doet iets dergelijks. Ook Westhoff stelt als eis, dat in een land een weloverwogen afwisseling dient te zijn van produktieve en niet produktieve biosystemen.
Bedacht moet altijd worden, dat verschuiving in de reeks een in de praktijk onomkeerbaar proces voorstelt, waardoor een dergelijk planologisch beleid in pricipe voorafgegaan moet worden door een milieutypologisch onderzoek.
Men kan de natuur nu eenmaal niet dwingen om daar rijk ontwikkeld te zijn, waar men dat op grond van ekonomische overwegingen graag zou willen.
In de praktijk moet helaas gezegd worden, dat het aan deze vorm van inspraak nogal eens onbreekt; iets waar zich de laatste tijd steeds meer mensen zorgen over maken.

5. Kriteria voor een biologisch waarde-oordeel.

Kriteria voor de waarde, de mate van rijpheid van een systeem en de mate van vervangbaarheid resp. onvervangbaarheid zullen in eerste instantie gebaseerd moeten worden op kwalitatief onderzoek. Om deze toch in een maatstaf te kunnen uitdrukken moet een schaalverdeling worden opgesteld.
In deze schaal moeten het ruimtelijk en het tijdelijk aspekt tot uiting worden gebracht. Ontwikkeling van biosystemen verloopt op verschillende plaatsen op verschillende wijze.
Een zandverstuiving vertoont een andere sukcessie dan een waterplas. Hierbij zijn bijzondere en minder bijzondere sukcessiereeksen aan te wijzen. De mate van bijzonderheid vormt in ruimtelijk opzicht een kriterium voor de biologische waarde van een biosysteem. Hiervoor is de maatstaf "uniciteit" ingevoerd. Daarnaast speelt het tijdelijke aspekt een belangrijke rol, tot uitdrukking te brengen in de "vervangbaarheid"*)

* beter: onvervangbaarheid

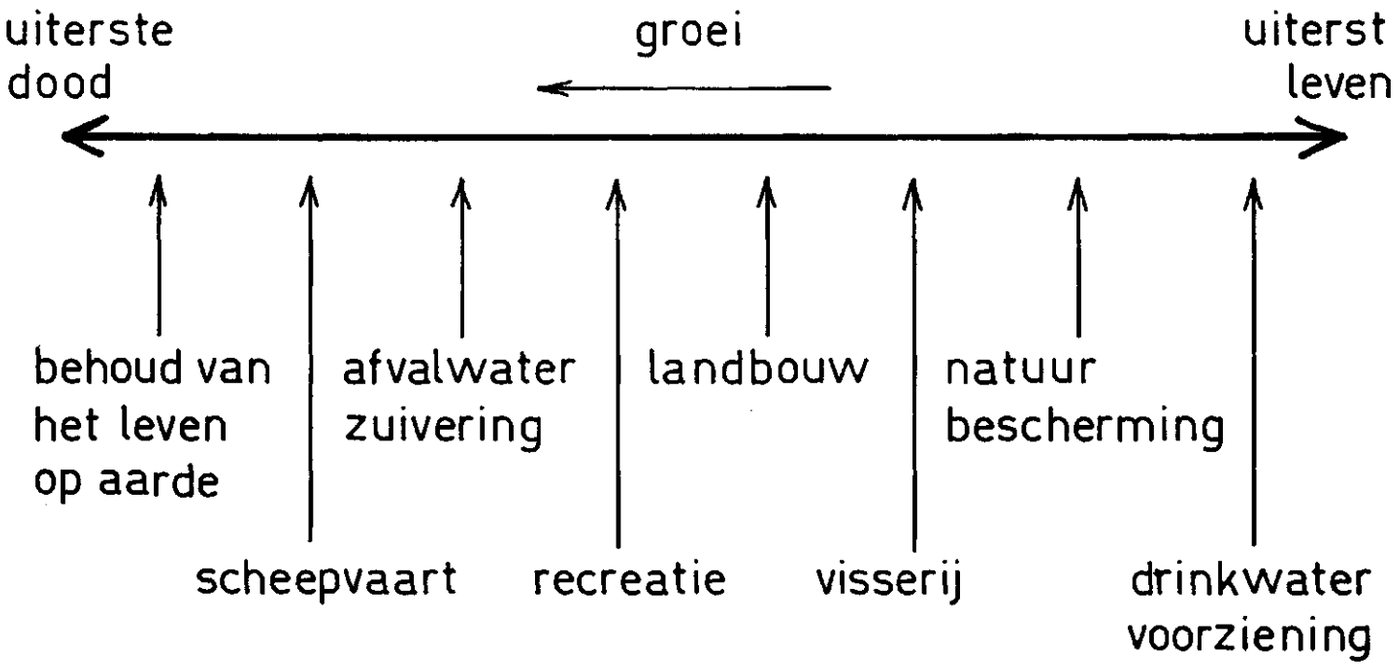
van een biosysteem. Een dynamisch landschap zal gauwer te vervangen zijn dan een landschap, dat door eeneeuwenlang inwerken van gereguleerde processen tot stand is gekomen. De vervangbaarheid is laag in dit laatste geval, waardoor een dergelijk gebied een hoge waarde toebedeeld dient te krijgen.
Theoretisch moet er tussen beide kriteria verband bestaan. Immers: naarmate een milieu "rijpt", d.w.z. struktuurrijker wordt, worden de omstandigheden binnen het patroon verscheidener en stabieler, waardoor zeldzame soorten hun intrede gaan doen. Tegelijk wordt een dergelijk systeem minder vervangbaar.
Toch klopt deze gedachte niet helemaal, en wel om twee redenen:
1. In een uiteindelijke situatie ("climax" in de vegetatiekunde)onttrekt het systeem zich steeds meer aan externe beïnvloedingen. Het wordt dus meer een kringloop-ekonomie, waarbij in laatste instantie het klimaat bepalend is voor de aard van de eindfase. Met andere woorden: na een periode van divergentie treedt een periode van konvergentie op. Oorspronkelijk verschillende landschapseenheden gaan meer op elkaar lijken, waardoor het uniciteitsaspekt lager gewaardeerd kan worden.
2. In dynamische ontwikkelingen kan men zich de vraag stellen, wélke dynamiek bepalend is. Deze kan, zeker bij konstante inwerking van externe faktoren ("stabiel-instabiel milieu") tot geheel eigen flora en fauna aanleiding geven met een lage uniciteit naast een lage diversiteit.
Oftewel: de vervangbaarheid zou groot zijn, als de faktor, welke de dynamiek bepaalt, maar niet zo zeldzaam was.
Duidelijk is ook, dat hierbij het maatschappelijk aspekt een rol speelt. De Waddenzee is een dynamisch gebied, zou dus elders nagebouwd kunnen worden. De vraag is dan alleen: Waar moet dat gebeuren? Hier overweegt duidelijk de bijzonderheid (= sociale vervangbaarheid) boven de biologische vervangbaarheid. Daarom zou ik de waarde van een gebied voor willen stellen als het produkt van beide waarden: bijzonderheid èn

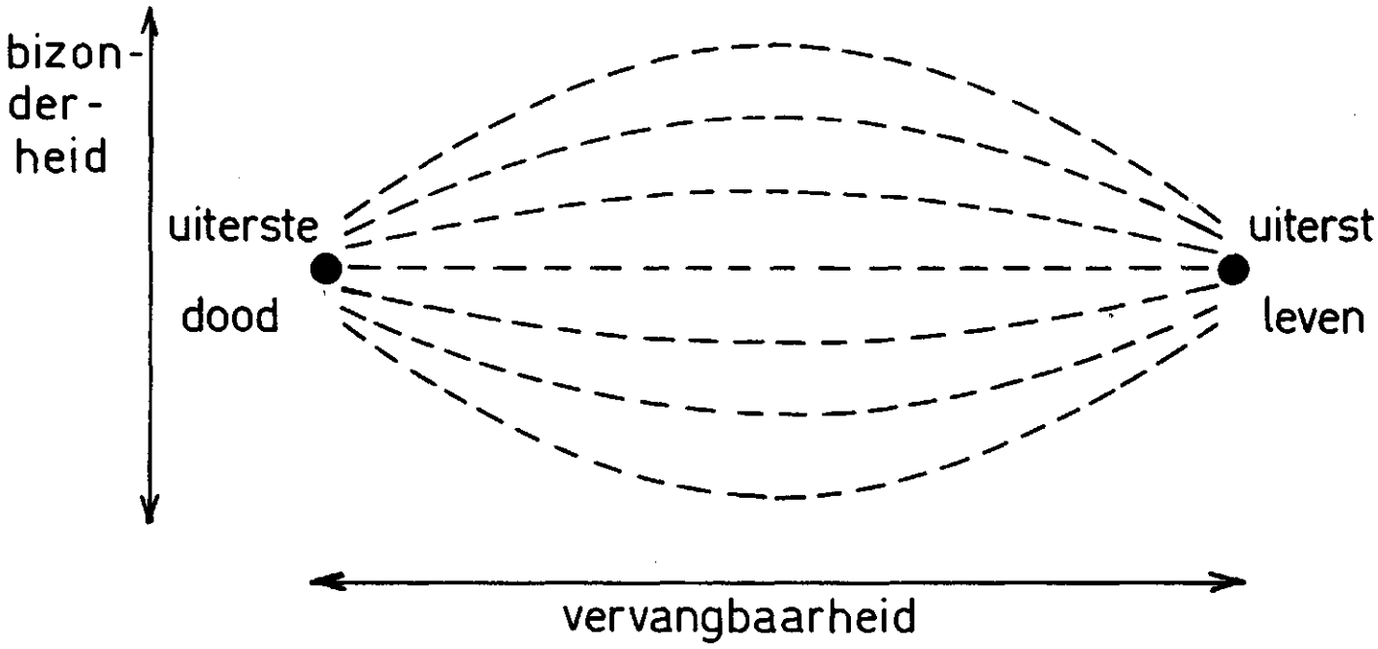
onvervangbaarheid. Welke parameters spelen hierbij een rol? De naar mijn mening essentiële mogen hier volgen:

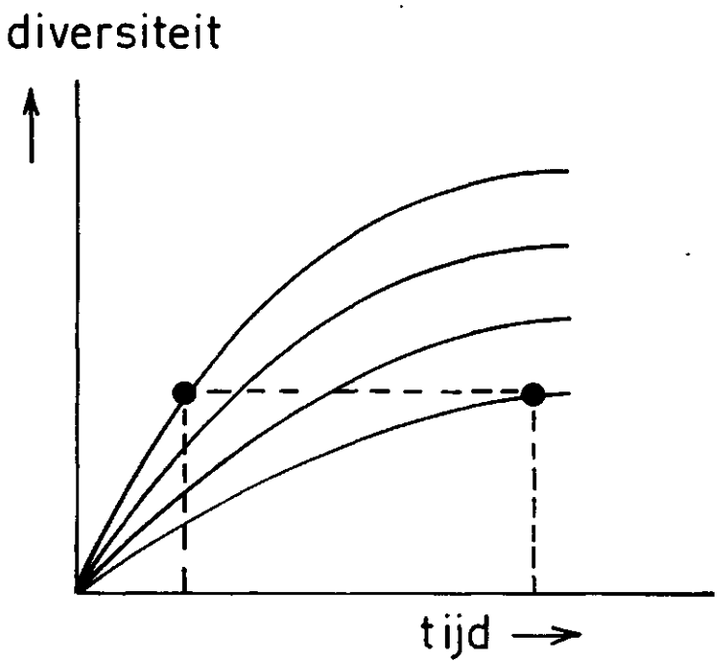
a. uniciteit = mate van "uniekheid".
Dit is uiteraard een relatieve maatstaf, waarvan de waarde afhangt van de selektie van steekproeven. De schaal hiervan kan verbeterd worden, naarmate men over meer gegevens beschikt. Daartegenover staat, dat men ook de waarde van een object, c.q. monsterpunt kan beoordelen ten opzichte van de objekten, waarmee het vergeleken dient te worden, bijvoorbeeld binnen een streekplan. Een steekproef (opname, monsteranalyse, inventarisatie) kan een uniciteitswaarde worden toegekend door bijvoorbeeld de gemiddelde uniciteitswaarde der soorten als maatstaf te nemen. (zie b.v. Schroevers 1969). Men kan ook verwantschapsanalyses uitvoeren.

b. diversiteit = mate van verscheidenheid.
Deze maatstaf kan inlichtingen geven over de struktuurrijkdom en daarmee de mate van "rijpheid" van de gemeenschap. Basis hiervoor is een relatieve soortentelling (aantal soorten per x individuen; aantal soorten per oppervlakte-eenheid, etc.). Diversiteit kan worden uitgedrukt als het aantal soorten per gegeven eenheid; het informatiegehalte is te bepalen volgens Shannon of Brillouin. Men zie hiervoor b.v. van der Maarel.

c. trofie = mate van voedselrijkdom in het natuurlijke systeem. Alle biologische evenwichten laten zich rangschikken in een lineaire reeks van voedselarm naar voedselrijk, waarbij de voedselarme milieus het moeilijkst te handhaven of verkrijgen zijn. Beoordeling aan de hand van kwalitatieve kenmerken heeft voorkeur boven louter kwantitatieve (Schroevers 1968). Maatstaven zijn echter nog onvoldoende bekend.
Voorlopige indelingen kunnen worden gemaakt aan de hand van indikatororganismen en fytoplanktonquotiënten.


uiterste
dood
groei
uiterst
leven
behoud van
het leven
op aarde
afvalwater
zuivering
landbouw
natuur
bescherming
scheepvaart
recreatie
visserij
drinkwater
voorziening


bizon-
der-
heid
uiterste
dood
uiterst
leven
vervangbaarheid


diversiteit
tijd

d. saprobie = mate van verstoring der voedselkringloop. Een verstoring van een evenwichtssituatie heeft invloed op het goed funktioneren van de stof- en energiekringloop. Dit uit zich in de struktuur van een levensgemeenschap, te vervolgen in de saprobiereeks van schoon (xenosaproob) tot vuil (polysaproob - dood water heet asaproob -). Beoordeling is te geven aan de hand van indikatororganismen (Liebmann, Fjerdingstad, Slédecek, zie ook Schroevers 1970).

Hoe zijn nu deze parameters te hanteren om tot een oordeel te komen over de biologische waarde? Bijzonderheid en onvervangbaarheid gelden als de beide hoofdmotieven voor onze beoordeling. We kunnen ze als aparte grootheden trachten te beschouwen. Dat ze dit in werkelijkheid niet zijn, is voor ons waarde-oordeel niet zo essentieel. Immers; als grote onvervangbaarheid leidt tot grote bijzonderheid, dan is het uiteindelijke waarde-oordeel zéker hoger, dan als onvervangbaarheid tot minder bijzonderheid leidt en omgekeerd. Met andere woorden: als mét de onvervangbaarheid ook de bijzonderheidswaarde toeneemt zal ons uiteindelijk waardeoordeel door het produkt van beide worden voorgesteld. Of:

onvervangbaarheid x bijzonderheid - waarde.

(O x B = W)

Bijzonderheid wordt uitgedrukt door de uniciteitsmaatstaf. Moeilijker ligt het met het begrip vervangbaarheid. In par. 2 werd het kwalitatieve karakter van een rijp oecosysteem vermeld. Voor de mate van rijpheid zou dus de diversiteit een goede maatstaf kunnen zijn. Nu bestaan er echter meerdere typen van min of meer rijpe oecosystemen, waarbij de toename van diversiteit verschillend verloopt. Dat de mate van rijpheid rechtstreeks gemeten kan worden aan de diversiteit is dus niet waar. Gaan wij echter na, hoe diversiteitstoename verloopt in de natuur; bijvoorbeeld aan de hand van permanente kwadraten of in een periodiek planktononderzoek, dan blijken wel enige saillante kenmerken aangegeven kunnen worden. Zo blijkt, dat, als een verstorende

faktor ernstig is geweest, de opbouw van het nieuwe evenwicht relatief sneller verloopt, althans in het begin. Hetzelfde kan gezegd worden van de voedselrijkdom. Naarmate een milieu voedselarmer is, zal het langer duren, voor een bepaalde mate van diversiteit is ontstaan. Beide verschijnselen zijn wel te verklaren. Immers de kans om tot intensivering van relaties binnen het systeem te komen is in een sterker gestoord aanvangsstadium ruimer voorhanden. Daarnaast is in een voedselrijk milieu het "aangaan" van betrekkingen gemakkelijker dan in het zoveel lossere verband van een voedselarm oecosysteem. Zowel de snelheid van toename van diversiteit, als de duur van het rijpingsproces zijn dus door deze beide faktoren mede bepaald. Hoe minder de verstoring is geweest; hoe armer het milieu, hoe langzamer het proces verloopt, of: hoe groter de onvervangbaarheid. Niet de diversiteit is een juiste maatstaf, maar het quotiënt van diversiteit resp. saprobie-trofie, of:

$$O = \frac{D}{S \times T}$$

Als de waarde van een oecosysteem gesteld wordt als W = O x B en als B = U (Uniciteit), dan zal de waarde kunnen worden uitgedrukt als het produkt van uniciteit en diversiteit gedeeld door het produkt van saprobie en trofie, of:

$$W = \frac{D \times U}{S \times T}$$

Natuurlijk is deze "formule" nog aan veel kritiek onderhevig. Deze kritiek kan op de volgende overwegingen gebaseerd zijn:

A) Hij geeft een schijnexactheid. In werkelijkheid niet meetbare zaken worden hier met een getal aangeduid. Een dergelijke kritiek is volkomen terecht. Ze is echter de logische konsekwentie van het werken met kwalitatieve systemen. Voor deze systemen is geen enkel getal objektief. Meetbare eigenschappen als biomassa of primaire produktie geven resultaten waar men, naarmate men met rijpere oecosystemen werkt, steeds minder mee doen kan, zodat men een benadering als hier is aangegeven nog het beste gebruiken kan. Nog beter zou men géén getallen kunnen gebruiken.

Dan vervalt men echter in de geheimentaal, die onze rationalistische maatschappij nu juist niet kan of wil begrijpen. Een benadering of beoordeling volgens struktuurprincipes is vooralsnog de enige methode, die houvast kan geven naast de kwantitatieve gegevens uit primitievere systemen (zoals het zuurstofgehalte in de routinebepalingen voor waterbeoordeling).

B) Vanuit wiskundig oogpunt gezien geeft de formule niet de informatie, die de gegevens indien ze, op andere wijze gebruikt werden, zouden verschaffen. Bijvoorbeeld door het quotiënt te nemen van de som der teller- en noemerwaarden. Of door de noemerwaarden te vervangen door minus-waarden, dus af te trekken in plaats van delen. Deze en andere mogelijkheden worden nu uitgeprobeerd.

C) Belangrijk zijn natuurlijk de schaal, waarop de grootheden worden ingedeeld en het referentiepunt ten opzichte waarvan zij zijn beoordeeld.
De vier parameters moeten in de bewerking een zo groot mogelijke gelijkwaardigheid hebben, tenzij men anders beoogt. Deze is het beste gewaarborgd, als de schaal zo simpel mogelijk is.
Bij de voorgestelde toepassing DU/ST is voor iedere faktor een vierdelige schaal te overwegen; dan varieert het eindoordeel van 1 t/m 16, waarmee in de praktijk zeer goed te werken zal zijn. In andere gevallen zal de schaal aan de veranderde omstandigheden moeten worden aangepast.
De relatieve gelijkwaardigheid der afzonderlijke parameters moet echter naar mijn mening wel als uitgangspunt worden genomen.

Waarde is een subjektief begrip. Een waardeschaal is nooit in een exakte maat uit te drukken. Gesteld is, dat het begrip "waarde" zoals in dit rapport gesteld, eigenlijk beter als "norm", of zonder meer als "index" zou kunnen worden omschreven, welke dan voor een algemener waardeoordeel kan worden gebruikt.

De maatstaf wordt er echter niet objektiever door.
Men kan sterk van mening met elkaar verschillen, of uniciteit niet belangrijker is dan inwendige struktuurrijkdom, of in hoeverre saprobiewaarde reeds in de uniciteitswaarde is uitgedrukt etc. Dit zijn echter diskussies over de waarde van een waarde-oordeel. Nu echter de maatschappij een beroep doet op de bioloog, om zijn motieven te verantwoorden - omdat daar nu eenmaal belangrijke konsekwenties uit te trekken zijn - is het nodig om tot konklusies te komen, die gebaseerd zijn op de essentiële faktoren welke deze waarde kunnen bepalen. Zoiets zal - het is al meer gezegd - altijd gebrekkig zijn. Dit is een eerste poging daartoe. Ik hoop, dat men erover mee wil denken, om op deze manier te komen tot een waarde-oordeel, dat dan wel niet onomstotelijk is, maar dan toch datgene weerspiegelt, wat het milieu voor de mensheid betekent, zoals dat gezien wordt door hen, die het moeten kunnen weten: de oecologen.

Overzicht over indikatiewaarden van limnosaprobe fytoplankton- en fytobenthos-organismen.

(naar M.Zelinka en V.Sládeček, 1964).

Soort	x	o	β	a	p	g
Schizomycetes						
Beggiatoa alba (Vauch.)Trev.	–	–	–	1	9	5
Crenothrix fusca (Schorler)Dorff.	1	4	5	–	–	2
Gallionella ferruginea Ehr.	4	5	1	–	–	2
Leptothrix ochracea Kütz.	–	3	5	2	–	2
Sphaerotilus dichotomus (Cohn.)Hig.	–	1	5	4	–	2
Sphaerotilus natans Kütz.	–	–	+	4	6	3
Cyanophyta						
Anabaena flos-aquae (Lyng.)Bréb.	–	1	[illegible]	1	–	4
Anabaena spiroides Kleb.	1	5	4	–	–	2
Aphanizomenon flos-aquae (L.)Ralfs.	–	3	7	–	–	4
Coelosphaerium kützingianum Näg.	–	4	6	–	–	3
Microcystis aeruginosa Kütz.Elenk.f.aeruginosa	–	3	6	1	–	3
Microcystis aeruginosa f.flos-aquae (Wittr.)El.	–	1	8	1	–	4
Oscilatoria agardhii Gom.	–	–	[illegible]	2	–	4
Gomphosphaeria naegeliana (Ung.)Lem.	–	2	7	1	–	3
Cyanophyta						
Chamaesiphon incrustans Grun.	3	5	2	–	–	2
Merismopedia tenuissima Lemm.	–	1	4	5	–	2
Oscillatoria limosa Ag.	–	1	5	4	–	2
Oscillatoria tenuis Ag.	–	–	2	7	1	3
Phormidium autumnale (Ag.)Gom.	–	3	4	3	–	2
Romeria elegans (Koczw)	1	6	3	–	–	3
Spirulina jenneri (Stiz.)Geitl.	–	–	–	5	5	3
Chlorophyta						
Actinastrum hantzschii Lagerh.	–	1	[illegible]	1	–	4
Ankistrodesmus falcatus (Corda)Ralfs.	–	1	5	4	–	2
Chlamydomonas gelatinosa Korš.	–	1	5	4	–	2
Chlamydomonas reinhardii Dang.	–	+	2	5	3	2
Coelastrum microporum Näg.	–	1	[illegible]	1	–	3
Dictyosphaerium pulchellum Wood	–	1	7	2	–	3
Eudorina elegans Ehr.	–	2	7	1	–	3
Heteromastix angulata Korš.	–	1	4	5	–	2
Micractinium pusillum Fres.	–	1	[illegible]	1	–	4

Soort	x	o	β	a	p	g
Pandorina morum Bory	-	2	6	2	-	3
Pediastrum boryanum (Turp.)Menegh.	-	2	7	1	-	3
Planktosphaeria gelatinosa G.M.Sm.	-	5	4	1	-	2
Scenedesmus arcuatus Lemm.	-	2	8	-	-	4
Scenedesmus obliquus (Turp.) Kütz.	-	-	7	3	-	4
Scenedesmus quadricauda (Turp.)Bréb.	-	2	6	2	-	3
Tetraedron minimum (A.Br.)Hansg.	-	1	7	2	-	3
Volvox aureus Ehr.	-	5	5	-	-	3
Volvox globator (L.)Ehr.	-	6	4	-	-	3
Chlorophyta						
Cladophora glomerata Kütz. ampl. Brand	1	3	4	2	-	1
Coleochaete soluta Pringsh.	-	5	5	-	-	3
Draparnaldia glomerata (Vauch.)Ag.	4	5	1	-	-	2
Draparnaldia plumosa (Vauch.)Ag.	5	5	-	-	-	3
Hydrodictyon reticulatum (L.)Lagh.	-	7	3	-	-	4
Microspora amoena Raben.	-	5	4	1	-	2
Pediastrum duplex Meyen	-	3	7	+	-	3
Rhizoclonium hieroglyphicum (Ag.)Kütz.	-	6	4	-	-	3
Stigeoclonium tenue (Ag.)Kütz.	-	-	3	7	+	4
Tetraspora cylindrica (Wahl.)Ag.	-	6	4	-	-	3
Ulothrix zonata Kütz.	2	5	3	-	-	2
Diatomeae						
Asterionella formosa Hass.	-	6	4	+	-	3
Cyclotella menenghiniana Kütz.	-	-	4	6	-	3
Fragilaria crotonensis Kitt.	-	6	4	-	-	3
Melosira granulata (Ehr.) Ralfs	-	2	8	-	-	4
Nitzschia acicularis W.Sm.	-	-	3	7	-	4
Staphanodiscus hantzschii Grun.	-	-	3	7	-	4
Diatomeae						
Achnanthes flexella (Kütz.)Brun.	9	1	-	-	-	5
Achnanthes hungarica Grun.	-	-	3	7	-	4
Achnanthes minutissima Kütz.	1	4	5	+	-	2
Amphora normani Rabh.	9	1	-	-	-	5
Amphora ovalis Kütz.	1	3	4	2	-	1
Caloneis alpestris (Grun.)Cl.	9	1	-	-	-	5
Caloneis amphisbaena (Bory)Cl.	-	1	5	4	-	2

Soort	x	o	β	a	p	g
Ceratoneis arcus Kütz.	6	4	+	-	-	3
Cocconeis pediculus Ehr.	-	3	6	1	-	3
Cocconeis placentula Ehr.	2	4	3	1	-	1
Cymatopleura (Bréb.) W. Sm.	-	1	5	4	-	2
Cymbella cesatii (Rabh.) Grun.	9	1	-	-	-	5
Cymbella gracilis (Rabh.)Cl.	[illegible]	2	-	-	-	4
Cymbella ventricosa Kütz.	2	4	3	1	-	1
Diatoma hiemale (Lyng.)Heib.var.Hiemale	10	+	-	-	-	5
Diatoma hiemale var.mesodon (Ehr.)Grun.	8	2	-	-	-	4
Diatoma vulgare Bory var. vulgare	-	3	5	2	-	2
Eunotia lunaris (Ehr.) Grun.	5	4	1	-	-	2
Fragilaria capucina Desm.	-	5	5	-	-	3
Fragilaria vaucheriae (Kütz.)Boye P.	1	3	4	2	-	1
Gomphonema clevei Fricke	7	3	-	-	-	4
Gomphonema olivaceum (Lyngb.) Kütz.	1	3	3	3	-	1
Gomphonema parvulum (Kütz.)Grun.	1	2	4	3	-	1
Melosira roeseana Rabh.	10	-	-	-	-	5
Melosira varians Agardh.	+	3	5	2	-	2
Meridion circulare Ag.	4	5	1	-	-	2
Navicula accomoda Hust.	-	-	1	9	+	5
Navicula avenacea Bréb.	-	3	4	3	+	2
Navicula gracilis Ehr.	+	4	5	1	-	2
Navicula pygmaea Kütz.	-	-	3	7	-	4
Navicula rhynchocephala Kütz.var.rhynch.	-	-	3	7	-	4
Nitzschia acicularis W. Sm.	-	-	3	7	-	4
Nitzschia angustata Kütz.	-	-	1	9	-	5
Nitzschia apiculata (Greg.) Grun.	-	-	-	10	-	5
Nitzschia hungarica Grun.	-	-	1	9	-	5
Nitzschia palea (Kütz.) W. Sm.	-	+	3	6	1	3
Pinnularia gibba Ehr.	8	2	-	-	-	4
Rhoicosphenia curvata (Kütz.)Grun.	-	3	5	2	-	2
Surirella ovata Kütz. var.ovata.	-	3	5	2	-	2
Synedra acus Kütz.	-	2	7	1	-	3
Synedra ulna (Nitzsch)Ehr.var.ulna	1	2	4	3	+	1
Tabellaria flocculosa (Roth)Kütz.	4	6	+	-	-	3
Tetracyclus rupestris (A.Br.)Grun.	10	-	-	-	-	5

Soort	x	o	β	a	p	g
Euglenophyta						
Euglena acus Ehr.	-	1	6	3	-	3
Euglena viridis Ehr.	-	-	1	4	5	2
Phacus longicauda (Ehr.)Duj.	-	-	4	6	-	3
Pyrrhophyta						
Cryptochrysis minor Nyg.	-	4	6	+	-	3
Cryptomonas curvata Ehr.	-	2	6	2	-	3
Ceratium hirundinella O. F. M.	1	7	2	-	-	3
Gymnodinium aeruginosum Stein.	-	4	6	-	-	3
Chrysophyta						
Chrysococcus rufescens Klebs	-	6	4	-	-	3
Dinobryon divergens Imh.	-	2	7	1	-	3
Dinobryon sertularia Ehr.	-	7	3	-	-	4
Mallomonas fastigata Zach.	-	8	2	-	-	4
Mallomonas acaroides Perty	-	2	8	-	-	4
Volvochrysis xantha Schill.	-	-	3	6	1	3
Chrysophyta						
Hydrurus foetidus Kirchn.	5	4	1	-	-	2
Phaeodermatium rivulare Hansg.	6	4	-	-	-	3
Flagellata apochromatica						
Anthophysa vegetans (O.F.M.) Stein.	-	-	-	8	2	4
Bicoeca mitra Fott	-	3	4	3	-	2
Bicoeca pascheri I. Kiss.	-	2	8	-	-	4
Cyathomonas truncata (Fres)From.	-	-	1	7	2	3
Desmarella moniliformis S. Kent	-	-	4	6	-	3
Monas div. sp.	-	-	1	6	3	3
Physomonas vestita Stokes	-	-	2	7	1	3
Polytoma uvella Ehr.s.l.	-	-	-	-	10	5
Flagellata apochromatica						
Anthophysa vegetans (O.F.M.)Stein	-	-	+	8	2	4
Cladomonas fruticulosa Stein	-	-	2	8	-	4
Codonocladium umbellatum (Tat.)Stein	-	-	9	1	-	55
Codonosiga botrytis (Ehr.) Kent	-	1	3	5	1	1
Monadodendron bennetti (Kent)Pasch.	-	-	4	6	-	3
Pachysoeca obliqua Fott	-	3	4	3	-	2
Pachysoeca ruttneri (Bour.)Fott.	-	3	4	3	-	2
Rhipidodendron splendidum Stein.	-	3	5	2	-	2
Spongomonas uvella Stein.	-	5	5	-	-	3

Chemische bepalingen.

Chemie van het water is een vak op zichzelf. Deze handleiding wil niet de pretentie hebben daar een overzicht over te geven. Dat beoogd wordt is om diegene, die zich met biologische waterbeoordeling wil bezighouden, ook als de kennis van chemie maar bescheiden is, een hulpmiddel te verschaffen die hem helpen kan bij de interpretatie van zijn gegevens.

De betekenis van de chemische hoedanigheid van het water is viervoudig:

1. Het omvat een gedeelte van het systeem "water", zoals wij dat ervaren, met eigen karakteristieken, wetmatigheden en consequenties voor de mens.

2. Het is een hoofdcomponent van het abiotische milieu, dat het leven van organismen, alsmede hun massaverhoudingen mogelijk of onmogelijk kan maken.

3. Het vormt een hecht onderdeel van het totale systeem, waardoor het niet alleen maatgevend voor het biologische gedeelte is, maar ook sterk door dit bepaald wordt; een weerslag vormt als het ware van de kwaliteiten van het biotische deel.

4. Het kan een bijzonder handig hulpmiddel zijn om wateren van verschillende oorsprong te vervolgen, mengsituaties en gradienten te karakteriseren, etc.

Het hierboven beoogde doel komt tot uiting in de punten 2, 3 en 4. Ten aanzien van punt 2 kunnen we zeggen dat alle chemische karakteristieken van het water op de ene of andere manier hun invloed uitoefenen. Als we onderscheid maken tussen de organische bestanddelen en de anorganische of minerale, dan kunnen we ons om praktische en theoretische redenen tot deze laatste beperken. Er bestaan duizenden organische stoffen in het water, hetzij ingevoerd, hetzij door de organismen gemaakt. Vele ervan kennen we niet eens. Normaal gesproken worden ze echter afgebroken tot koolzuur en water plus voor een zeker gedeelte stoffen van de andere categorie der minerale bestanddelen. Mineralen kunnen van aard of van verdeling veranderen, ze kunnen nooit verdwijnen, nooit uit het niets ontstaan. In de praktijk van de waterbeoordeling, o.a. voor visserij-, duinwater- of afvalwateronderzoek is men een reeks bepalingen gewend, die in principe als volgt luidt:

- Het -

Het gehalte aan chloride
" nitriet
" nitraat
" sulfaat
" waterstofcarbonaat
" carbonaat
" vrij koolzuur
" fosfaat
" silicaat
" ammonium
" organisch gebonden ammonium
" ijzer
" mangaan
" zuurstof
" calcium
" magnesium
" natrium
" kalium

Daarnaast worden nog bepaald: de hardheid van het water; het geleidingsvermogen als een maatstaf voor het totaal aan minerale stoffen en de zuurgraad of pH, welke door deze stoffen bepaald wordt en omgekeerd weer bepalend is voor hun onderlinge evenwicht. Voor het totale gehalte aan organische stof wordt een maatstaf gevonden in het verbruik van kalium-permanganaat of in de BOD, het verbruik van zuurstof binnen zekere tijd.

Niet al deze bepalingen komen hier aan de orde; alleen enkele van de belangrijkste en in de praktijk best uitvoerbare.

Ten aanzien van punt 3 kan men pas beoordelen wat men na wil gaan als men weet, met welke problemen men bezig is. Zeer essentieel is de zuurstofhuishouding, welke voor het grootste gedeelte door biologische processen, bepaald wordt en daarmee een goede weerslag van de biologische hoe anigheid vormt. Maar voor zekere vraagstellingen kunnen ook nitraat, nitriet, fosfaat, bicarbonaat van betekenis zijn.

Over punt 4 kan gezegd worden dat in onze streken het chloride als biologisch niet-actieve stof een heel praktische indicator kan zijn voor de herkomst van het water.

Het principe der titratie.

De methodiek, volgens welke de analytische chemie te werk gaat is die van de titratie. De laatste tijd kennen we ook andere methodieken. Zij zijn echter voor incidenteel onderzoek niet aan te bevelen. Zij zullen namelijk in dat geval veel kostbaarder en niet minder tijdrovend zijn en vereisen veel voorbereiding. Om deze titratie ook voor chemisch niet onderlegden duidelijk te maken is een kleine uiteenzetting over de achtergronden noodzakelijk, welke hier volgt.

Zoals bekend vormen de meest elementaire deeltjes van een stof de "moleculen". Zij zijn verder deelbaar. Dan zal echter de stof ophouden te bestaan, ze gaat over in een of meer andere stoffen. Zo is bijvoorbeeld een molecuul water opgebouwd uit waterstof en zuurstof. Bij afbreken van de moleculen van het water komen deze beide gassen vrij. Deze meest elementaire (normaliter onsplitsbare) deeltjes worden atomen genoemd. Het verschil tussen de scheikunde en de natuurkunde bestaat daarin, dat de natuurkundige zich bezig houdt met het gedrag van de stof als zodanig (dus de moleculen en de grotere groeperingen daarvan) terwijl de chemicus geïnteresseerd is juist in de opbouw der moleculen en het gedrag der atomen bij afbraak van moleculen en configuratie tot nieuwe moleculen (en dus ook vorming van nieuwe stoffen). Dit laatste gebeurt, als meerdere stoffen met elkaar in contact worden gebracht en de gewenste omstandigheden geschapen zijn. Zo zijn voor het verbranden (De term "verbranding" of "oxydatie" houdt in een chemische reactie, waaraan ook het vrije zuurstof deelneemt. Dit impliceert een afbraak van grotere moleculen) van hout noodzakelijk: het hout als ene stof, de zuurstof als andere stof en een hoge temperatuur als noodzakelijke reactie-omstandigheid. Bij de reactie treedt een soort "stuivertje wisselen" op van atomen tussen de verschillende moleculen met nieuwe eigenschappen ontstaan.
In het bovenstaande geval:

hout + zuurstof $\xrightarrow{\text{hoge temperatuur}}$ gassen(rook) + asbestanddelen of:

stof 1 + stof 2 $\longrightarrow$ stof 3 + stof 4 (+ evt.andere stoffen).

Uiteraard kunnen in deze gassen en asbestanddelen geen atomen voorkomen, die niet in het hout en het zuurstof aanwezig waren. Stellen wij ons voor, dat de moleculen van stof 1 en stof 2 beide uit 2 verschillende atomen zijn opgebouwd, dan gebeurt het volgende:

$$\underset{AB}{\text{stof 1}} + \underset{CD}{\text{stof 2}} \longrightarrow \underset{AC}{\text{stof 3}} + \underset{BD}{\text{stof 4}}.$$

- Indien -

Indien nu 10 moleculen AB aanwezig zijn, zullen deze kunnen reageren met 10 moleculen CD. Voegen we bij 10 moleculen van stof AB een aantal van 100 moleculen CD, dan zullen hier-van 90 moleculen onberoerd blijven door gebrek aan een partner. In vergelijking:

$$10AB + 100CD \longrightarrow 10AC + 10BD + 90CD.$$

In werkelijkheid wordt uiteraard met een veelvoud van deze aantallen gewerkt, maar het principe blijft hetzelfde:
een bepaald aantal grammen van de ene stof reageert met een bepaald aantal van de andere stof. Voegen we meer toe, dan zal een gedeelte van de laatste stof overblijven. Voegen we minder toe dan verdwijnt stof 1 niet geheel.
Van dit principe maakt men bij de titratie gebruik.
Gesteld: In het water zit opgelost een stof AB. Wij willen graag weten in welke concentratie. We zoeken naar een stof CD, welke met AB in normale omstandigheden reageert volgens de hiervoor gegeven vergelijking.
Als wij na kunnen gaan hoeveel CD toegevoegd moet worden, dan is uit die hoeveelheid af te leiden, hoeveel AB aanwezig was. Indien stof AB of CD sterk gekleurd zou zijn, was dit uit kleurverandering af te leiden.
Meestal lukt dat echter niet. We gebruiken dan hulpstoffen, die juist bij deze overgang nog-wel-AB - geen-AB van kleur veranderen, bv. doordat ze dan aan de reactie mee gaan doen. Dit zijn de z.g. "indicatoren".
Een andere maal is de gevormde stof zelf niet te zien, noch te kleuren. Dan moet een nieuwe chemische reactie worden voorbereid bv. door een der gevormde stoffen AC te laten reageren met een stof EF, zodat een wél aanwijsbare stof als bv. EC ontstaat. Dit zijn echter complicaties, die van bepaling tot bepaling verschillen, en dus beter hierbij apart besproken kunnen worden. Het algemene principe zal echter na het bovenstaande duidelijk zijn.

Bepaling van het gehalte aan opgeloste zuurstof in water.

titratie volgens Winkler.

Het principe wordt hier uiteengezet voor hen, die met de chemie vertrouwd zijn:

$$MnCl_2 + NaOH \longrightarrow 2NaCl + Mn(OH)_2.$$
$$4Mn(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Mn(OH)_3.$$
$$6Mn(OH)_3 + 6KJ + 6H_3PO_4 \longrightarrow 2Mn_3(PO_4)_2 + 2K_3PO_4 + 6H_2O + 3J_2.$$
$$Na_2S_2O_3 + J_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaJ.$$

In woorden:

Indien geen zuurstof aanwezig is, wordt door toevoeging van loog aan mangaanchloride $Mn(OH)_2$ gevormd. Is zuurstof aanwezig dan vindt oxydatie plaats tot bruinsteen ($Mn(OH)_3$).

Bij een overmaat van $MnCl_2$ en NaOH zal de hoeveelheid gevormde bruinsteen afhankelijk zijn van de hoeveelheid aanwezige zuurstof.

Bruinsteen kan niet getitreerd worden. Het zal echter bij toevoeging van sterk zuur weer gereduceerd worden, mits jodide aanwezig is.

Hierbij komt jodium vrij. Zoals de vergelijking toont is de hoeveelheid vrijkomend jodium - bij overmaat zuur en jodide - afhankelijk van de hoeveelheid manganihydroxyde, en dus van de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid zuurstof. Titratie is nu mogelijk, dank zij het feit, dat jodium en zetmeel een zeer intensieve blauwkleuring teweegbrengt, zodat sporen jodium nog aantoonbaar zijn.

Het titreren gebeurt met behulp van natriumthiosulfaat volgens de laatste reactie van bovenstaand overzicht.

Hier volgt een zelfde overzicht voor de niet chemisch onderlegde lezer:

De reactie tussen de stoffen mangaanchloride en natronloog geschiedt zonder zuurstof anders dan in aanwezigheid van zuurstof.

Zonder zuurstof wordt een wit, en met zuurstof een bruin neerslag gevormd. Als dus mangaanchloride en loog in overmaat aan water worden toegevoegd, zal een hoeveelheid wit en een hoeveelheid bruin neerslag gevormd worden. De hoeveelheid van dit laatste neerslag is dan afhankelijk van de hoeveelheid oorspronkelijk aanwezige zuurstof.

- Deze -

Deze stof is niet te titreren. Bij toevoeging van een jodium-verbinding in zuur milieu zal echter een hoeveelheid jodium vrijkomen, die een maat voor de hoeveelheid vormt van dit bruine neerslag en dus van het oorspronkelijk aanwezige zuurstof.
Dit titreren we met Natriumthiosulfaat. Deze titratie is mogelijk dankzij het feit, dat jodium met zetmeel een intensieve blauwkleuring teweegbrengt, zodat sporen jodium nog aantoonbaar zijn.
We voegen zoveel thiosulfaat toe, tot géén blauwkleuring meer te zien is. De hoeveelheid verbruikte thiosulfaat is dan een maat voor de oorspronkelijk aanwezige zuurstof.

Benodigdheden:

1. 1 buret (bij voorkeur een Schillingburet, geconstrueerd voor veldonderzoek).
2. per monster 1 monsterflesje ± 100 ml. (Dit moet precies bekend zijn. Nodig zijn glazen flesjes met ingeslepen stoppen zgn. zuurstof-flesjes, speciaal voor dit doel gemaakt).
3. enkele bekerglazen van 250 ml.
4. 3 pipetten (handig zijn bijv. oogspuitjes met speen, één gemerkt op 1,5 ml., twee op 0,5 ml.).
5. 1 roerstaaf.
6. fles natriumhydroxyde 30% 100 ml. voor 200 monsters.
7. " mangaanchloride 30% 100 " " 200 " .
8. " fosforzuur 80% 300 " " 200 " .
9. " kaliumjodide 30% 100 " " 200 " (kan ook samen met natriumhydroxyde opgelost worden).
10. fles stijfselwater ± 1 gram oplosbaar zetmeel (dus geen gewone aardappelmeel!) opgelost in ± 100 ml. gedistilleerd water.
    Er zijn ook "Schilfers" zetmeel in de handel. Afwegen is dan niet meer noodzakelijk.
    Deze oplossing is beperkt houdbaar en moet (minimaal eens per week) opnieuw gemaakt worden.
11. fles natriumthiosulfaat in bekende concentratie
    een molecuul zuurstof correspondeert met 4 moleculen thiosulfaat.
    Het moleculair gewicht van thiosulfaat is 248,3; van zuurstof 32.

- Dus -

Dus 248,3 gram thiosulfaat correspondeert met $\frac{32}{4}$ = 8 gram zuurstof. Bij een oplossing van 0,01 normaal komt 1 ml. thio overeen met 0,08 mg. zuurstof/l. In het veld verdient het aanbeveling de concentratie zo te kiezen, dat 1 ml. thio overeenkomt met bijv. 1 mg. zuurstof/l. Als wij monsterflesjes van 100 ml. gebruiken zou dit neerkomen op een concentratie van 248,3/80 = 3,104 gram thio op 1l. aqua destillata.

12. 1 spuitfles Aqua destillata.
13. evt. 5 ml. natriumazide.

Werkwijze:

1. Neem monsterfles 100 ml. Vul dit met te analyseren water. Eerst met ditzelfde water omspoelen. Daarna zo onderdompelen dat zo weinig mogelijk beweging in het water optreedt en geen luchtbellen gevormd worden. Sluit de fles zo, dat geen enkele luchtbel in het inwendige achterblijft.

2. Voeg 1/2 ml. mangaanchloride $MnCl_2$ toe met behulp van pipet.

3. Voeg 1/2 ml. natronloog toe met behulp van een pipet. Hiervoor niet dezelfde pipet gebruiken. Dan vermengen zich hierin n.l. de beide chemicaliën in lucht (met zuurstofgehalte van 20%!), zodat de pipet verstopt raakt door bruinsteen.

   Na deze behandeling weer de fles sluiten op dezelfde wijze als onder nr. 1 genoemd is. Gesloten fles even omkeren, opdat de inhoud goed gemengd wordt. Men kan nu de fles mee naar huis nemen om onder gemakkelijke omstandigheden de werkzaamheden te beëindigen. Doet men dit niet, dan dient tenminste twee minuten gewacht te worden om de reactie te laten verlopen.

4. Voeg 1½ ml. fosforzuur H_3PO_4 toe met pipet. Sluiten en omkeren als onder 3. Wachten tot neerslag verdwenen is (minstens twee minuten).

5. Uitgieten in bekerglas. Fles naspoelen met aqua destillata.

6. Toevoegen van ½ ml. KJ en enkele druppels stijfselwater. Roeren. Na toevoeging van KJ ontstaat een oplossing met een bruine kleur, die blauw tot zwart wordt bij toevoeging van zetmeel-water. Het is ook mogelijk, KJ tegelijk met natronloog toe te dienen. In dat geval is deze handeling hier overbodig.

7. Onder voortdurend roeren thio uit buret bijgieten, zolang, dat geen blauwkleuring meer te zien is. Aantal verbruikte ml. op buret aflezen.

8. De uitkomst kan soms onbetrouwbaar zijn, doordat de blauwe kleur na korte tijd weer terugkomt. In dat geval is nitriet aanwezig, men dient dan de gehele bepaling overnieuw uit te voeren; maar van te voren een mespuntje natriumazide (Na_2N_3) toe te voegen. Is dit reeds aan de chemicaliën toegevoegd, dan kan deze fout niet optreden.

<u>Opmerking</u>:

De absolute hoeveelheid aan zuurstof is biologisch niet zonder meer een goede maat. Belangrijk is de vraag, in hoeverre in het water meer resp. minder zuurstof aanwezig is, dan uit fysische wetten verklaard moet worden.
We moeten dus het % verzadigingswaarde bepalen. Ligt deze beneden 100% (onderverzadigd) of er boven (oververzadigd)?
De verzadigingswaarde verschilt echter met de temperatuur:
In koud water kan meer zuurstof worden opgelost dan in warm. Men zie hiervoor de bijgevoegde tabel, waarop de verzadigingswaarden van iedere temperatuur zijn aangegeven.
Het verdient dus aanbeveling om bij iedere zuurstofbepaling tegelijk de temperatuur van het betreffende water te meten.

Tabel der zuurstof-verzadigingswaarden van water
bij temperaturen van -2 tot 30°.
(in tienden nauwkeurig volgens Fox in Liebmann 1951.)

t°	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-2	15,47	15,43	15,38	15,34	15,30	15,25	15,21	15,17	15,13	15,08
-1	15,04	15,00	14,96	14,92	14,88	14,84	14,80	14,76	14,72	14,68
0	14,64	14,60	14,56	14,52	14,48	14,44	14,40	14,46	14,32	14,28
1	14,24	14,20	14,16	14,12	14,08	14,04	14,01	13,97	13,93	13,89
2	13,85	13,81	13,78	13,74	13,71	13,67	13,63	13,60	13,56	13,53
3	13,49	13,45	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,21	13,17
4	13,14	13,11	13,07	13,04	13,0	12,97	12,94	12,91	12,88	12,84
5	12,81	12,78	12,74	12,71	12,68	12,64	12,61	12,58	12,55	12,51
6	12,48	12,45	12,42	12,39	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21
7	12,18	12,15	12,12	12,09	12,06	12,03	12,01	11,98	11,95	11,92
8	11,89	11,86	11,84	11,81	11,78	11,75	11,73	11,70	11,67	11,65
9	11,62	11,59	11,57	11,54	11,51	11,48	11,46	11,43	11,40	11,38
10	11,35	11,32	11,30	11,28	11,25	11,22	11,20	11,17	11,15	11,12
11	11,10	11,08	11,05	11,03	11,00	10,98	10,96	10,93	10,91	10,88
12	10,86	10,84	10,81	10,79	10,76	10,74	10,72	10,69	10,67	10,65
13	10,62	10,60	10,57	10,55	10,53	10,50	10,48	10,46	10,44	10,41
14	10,39	10,37	10,35	10,33	10,31	10,28	10,26	10,24	10,22	10,20
15	10,18	10,16	10,14	10,12	10,10	10,07	10,05	10,03	10,01	9,99
16	9,97	9,95	9,93	9,91	9,89	9,86	9,84	9,82	9,80	9,78
17	9,76	9,74	9,72	9,70	9,68	9,66	9,64	9,62	9,60	9,58
18	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,45	9,43	9,41	9,39
19	9,36	9,35	9,33	9,32	9,30	9,28	9,26	9,24	9,23	9,21
20	9,19	9,17	9,16	9,14	9,12	9,10	9,09	9,07	9,05	9,04
21	9,02	9,00	8,99	8,97	8,95	8,93	8,92	8,90	8,88	8,87
22	8,85	8,83	8,82	8,80	8,78	8,76	8,75	8,73	8,71	8,70
23	8,68	8,66	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,57	8,55	8,54
24	8,52	8,50	8,49	8,47	8,46	8,44	8,43	8,41	8,40	8,38
25	8,37	8,35	8,34	8,32	8,31	8,29	8,28	8,26	8,25	8,23
26	8,22	8,21	8,19	8,18	8,16	8,15	8,14	8,12	8,11	8,09
27	8,08	8,07	8,05	8,04	8,02	8,01	8,00	7,98	7,97	7,95
28	7,94	7,93	7,91	7,90	7,88	7,87	7,86	7,84	7,83	7,81
29	7,80	7,79	7,77	7,76	7,75	7,73	7,72	7,71	7,70	7,68
30	7,67									

Bepaling van de hoeveelheid in water opgeloste chloride (keukenzout).

Titratie volgens Mohr.

Vergelijkingen alleen voor chemisch georiënteerden.

$NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNo_3 + AgCl.$

$2AgNO_3 + K_2CrO_4 \rightarrow 2KNO_3 + Ag_2CrO_4.$

Wanneer zilvernitraat bij een chloride gebracht wordt, vindt vorming van zilverchloride plaats. Dit is een aflopende reactie, omdat zilverchloride neerslaat. (wit neerslag). Zilvernitraat reageert ook met kaliumchromaat. Dit is géén aflopende reactie. Daarom wordt het zilver eerst in zilverchloride vastgelegd. Pas als er geen chloor meer aanwezig is, treedt een tweede reactie in werking. Kaliumchromaat is geel van kleur, zilverchromaat rood. Getitreerd wordt dus tot de kleuromslag geel-rood wordt waargenomen.

Benodigdheden:

1. 1 buret (evt. een verdeelpipet van 10 of 15 ml.)
2. 1 bekerglas.
3. 1 maatglas 100 ml.
4. 1 klein flesje kaliumchromaat (K_2CrO_4), kristallijn.
5. een fles zilvernitraat van bekende concentratie
   mol. gewicht zilvernitraat 170; at. gewicht Cl 35,5.
   In het veld is het aan te bevelen, een concentratie zilvernitraat te kiezen, waarbij 1 ml. overeenkomt met een heel aantal mg. Chloride/l.
   Voor zoet en zwak brak water is een oplossing van $AgNO_3$ in een concentratie zodanig dat 1 ml. overeenkomt met 20 mg. Chloride, aan te bevelen.
   Doen we de bepaling met 100 ml. water, dan betekent dat een concentratie van $\frac{170 \times 20}{35,5} = 9,6$ mg/l.
6. eventueel noritpoeder met toebehoren, zie opmerking.

Werkwijze:

1. doe 100 ml. van het te onderzoeken water in het bekerglas.
2. voeg hieraan een mespunt kaliumchromaat toe en los dit op.
   De vloeistof krijgt nu een helder gele kleur.
3. Titreer met zilvernitraat uit buret of pipet. Zoveel zilvernitraat bijgieten tot een omslag van geel naar oranje wordt waargenomen. De kleuromslag gaat min of meer geleidelijk. Enige oefening is daarom gewenst. Vaak is een van tevoren bereide vergelijkingsvloeistof aan te bevelen, om op deze manier te bewerkstelligen, dat titratie tot hetzelfde punt plaatsvindt.

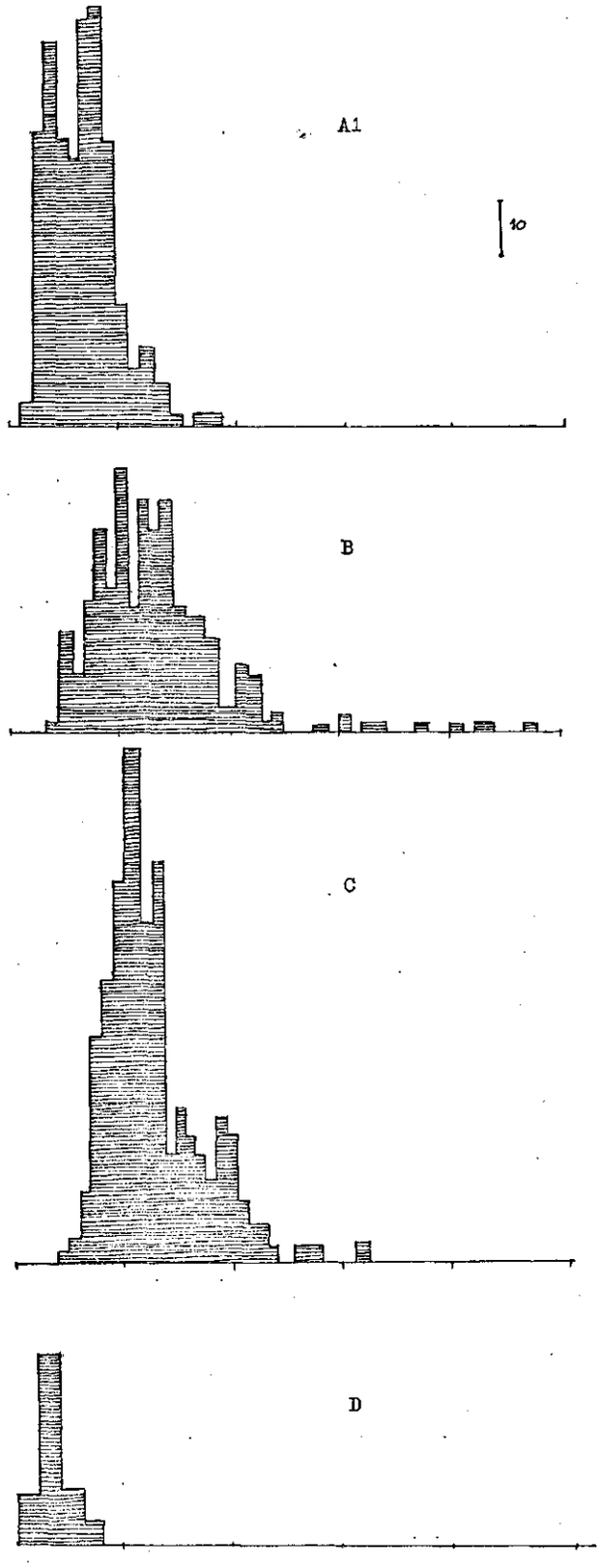
Lees het aantal verbruikte ml. zilvernitraat af op de buret en bereken hieruit het aantal mg. Cl/l.

N.B. De gebruikte concentratie zilvernitraat is in sterk brak water onhandig. Men zou dan veel te veel zilvernitraat moeten gebruiken. In dat geval dient men het te onderzoeken water met gedistilleerd water, b.v. 1 op 10 te verdunnen.

Opmerking:

In humusrijk water (dystroof water) kan de omslag zo geleidelijk zijn, dat het juiste omslagpunt niet aan te geven is. Het verdient in dit geval aanbeveling, het water vooraf met koolstof te filtreren. De opgeloste humusbestanddelen worden dan door het koolstof geabsorbeerd. Noritpoeder is hiervoor zeer goed te gebruiken. Men plaatst dan op een kolf een trechter, waarin een filtreerpapier en giet het te onderzoeken water hierdoor. Na deze behandeling kan dan volgens boven omschreven wijze gewerkt worden.

-.-.-.-.-.-



Spreiding van chloride-waarden in zoet water. A. Peel, B. Brabantse Biesbosch, C. N.W. Overijssel, D. Vennen

BEPALING VAN HET GEHALTE AAN ORGANISCHE STOF.

methode volgens Ir.E.van Andel.

Het gehalte aan organische stof - in het geval van deze bepaling de organische stof, die afbreekbaar is door kaliumpermanganaat - kan als indikatie voor organische verontreiniging van betekenis zijn.
Immers een overmaat aan organische stof betekent een verbreking van het evenwicht tussen produktie en konsumptie; het leidt tot onttrekking van zuurstof uit het water en dus tot vervuilingsverschijnselen.
De oorzaak kan dan een direkte zijn (lozing van organische stof op het oppervlaktewater) of een indirekte (ophoping in de kringloop door verstoring daarvan; b.v. door bestrijdingsmiddelen en andere toxische stoffen, of verhoogde produktie door eutrofiëring). We moeten echter niet uit het oog verliezen, dat de relatie tussen verontreiniging en het gehalte aan afbreekbare stof veel komplexer is dan hier is gesuggereerd.

Ten eerste kan de stof zélf in de kringloop horen, zodat een hoog gehalte niet persé op vervuiling hoeft te wijzen. Dit is met name in voedselrijker water het geval.
Ten tweede bevat óók de levensgemeenschap zélf veel organische stof (biomassa). Om die reden verdient het aanbeveling om het water éérst te zeven door filtreerpapier, alvorens de bepaling te doen. Men bepaalt dan alleen de opgeloste organische stof.
Ten derde is het mogelijk, dat er biologisch inaktieve stoffen in het water zijn; althans stoffen die bij bacteriële omzettingen geen rol spelen; doch die wel door kaliumpermanganaat worden afgebroken, zoals b.v. humusstoffen in veenwater. De methode kan in het bijzonder zijn nut hebben als we een mogelijke verandering in de tijd willen vervolgen, of als we het effekt van een lozing over een zeker trajekt willen nagaan.
De wet op de Waterverontreiniging hanteert de maatstaf echter veel minder genuanceerd. In principe kan men zeggen, dat de volgende normen - gerekend naar de resultaten van de hier aangegeven methode - gelden:

tot 2	mg /liter	- niet verontreinigd water,
2 -5	" "	- zwak verontreinigd water,
5 -12	" "	- vervuild water,
12 -20	" "	- sterk vervuild water,
> 20	" "	- zo sterk vervuild, dat ongezuiverd lozen niet is toegestaan.

Dit is echter, zoals gezegd, een primitieve benadering.

A. Benodigdheden:

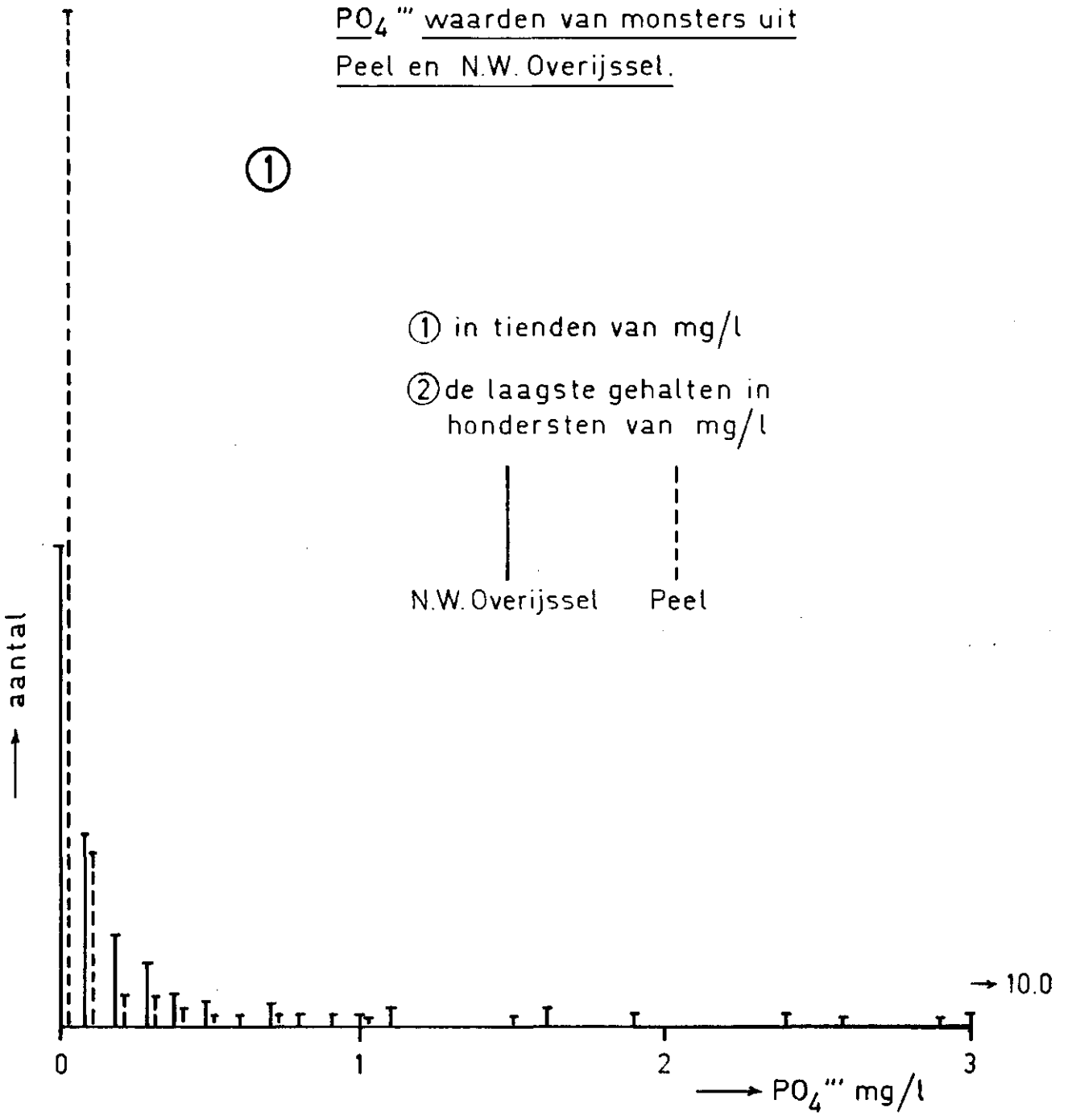
1. Een monsterfles van 1 liter (een melkfles kan heel goed).
2. Een injektiespuit van 50 c.c.
3. 200 c.c. gekoncentreerd zwavelzuur (bewaren in een stopfles, nooit water erbij doen; bij gebruik altijd een bril opzetten, geen kindernn erbij laten!).
4. 500 c.c. kaliumpermanganaat-oplossing; precies 4%; ook deze in glazen stopfles bewaren; ook deze buiten het bereik van kinderen houden. Deze fles moet in het donker bewaard worden en is niet meer dan 1 jaar houdbaar.
5. Een pipet van 3 c.c.

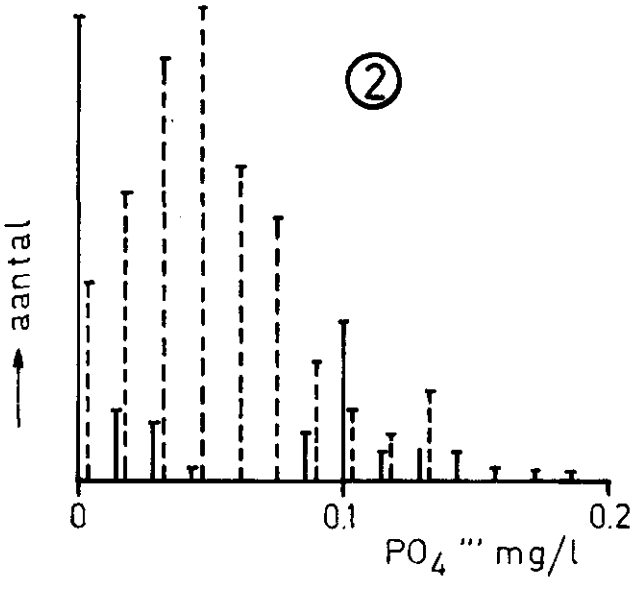
B. Uitvoering:

1. Fles na filtratie vullen tot 5 cm. onder de rand.
2. 3 c.c. gekoncentreerd zwavelzuur voorzichtig erbij gooien. Goed doorschudden.
3. Vul de injektiespuit met de kaliumpermanganaat-oplossing.
4. Voeg nu langzaam, onder voortdurend schudden van de fles, het kaliumpermanganaat toe aan het monster. Doorgaan tot de vloeistof gedurende minstens 30 seconden lichtrood blijft.
5. Lees van de schaal van de spuit af hoeveel c.c. kaliumpermanganaat gebruikt zijn. Het aantal verbruikte c.c. is een maat voor het aantal mg. zuurstof per liter, dat nodig is voor de afbraak van de organische stof en daarmee voor het gehalte aan deze stof.

N.B. De maximale meetfout is 10% van de gevonden waarde.

PO_4''' waarden van monsters uit Peel en N.W. Overijssel.





1. Adriani, M.J., en E. van der Maarel, 1968. Voorne in de branding. - Uitg. Stichting Wet. Duinonderz., Oostvoorne, 104 pp.

2. Fjerdingstad, E., 1965. - Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicroorganisms. Rev. d. Ges. Hydrobiol. 50.4:475-604.

3. Hueting, R., 1969. - Moet de natuur worden gekwantificeerd? Ec. Stat. Ber. : 80-84.

4. Leeuwen, C.G. van, 1965. - Het verband tussen natuurlijke en anthropogene landschapsvormen gezien vanuit de betrekkingen in grensmilieus. Gorteria 2.8:93-105.

5. - 1967. - Tussen observatie en conservatie. RIVON-verhandeling 4:38-57.

6. Liebmann, H., 1960. - Handbuch der Frischwasser - und Abwasser - Biologie. Bd. 2, München, 1149 pp.

7. Lindsay, A.A., 1970. - Three major types of biotic systems. Bullet. of the Ecol. Soc. of Amer. 51-2:11-12.

8. Maarel, E. van der, 1966. - Over vegetatiestructuren, - relaties en systemen in het bijzonder in de duingraslanden van Voorne. Diss. Utrecht, 170 pp.

9. - 1970. - Over structuur en dynamiek van oecosystemen, in het bijzonder van vegetaties. Contactblad voor oecologen 6.1: 52-64.

10. Margalef, R., 1968. - Perspectives in ecological theory. The Univ. of Chicago Press, Chicago-London, 111 pp.

11. Odum, E.P., 1969. - The strategy of ecosystem-development. Science 164: 262-270.

12. Ringelberg, J., 1970. - Functionele aspecten van aquatische ecosystemen. Contactblad voor oecologen 6.1: 27-42.

13. Schroevers, P.J., 1967. - Is water H_2O ? RIVON-verhandeling 4: 75-89.

14. Schroevers, P.J., 1968. - Nogmaals typologie van wateren. Vakbl. v. Biologen Mei 1968: 76-81.

15. - , 1969. - Biologische waardebepaling van de binnenwateren in het noordelijk delta-gebied. Rapport RIN, ongepubliceerd.

16. - , 1970. - Het beheer van het zoete water. In: Het verstoorde evenwicht. Oosthoek, Utrecht, pp. 208-216.

17. Schilfgaarde, P. van, 1970 - Het kennisbegrip in wetenschap en beroep. Objektiviteit als pretentie. Diss. Utrecht.

18. Segal, S., 1965. - Een vegetatieonderzoek van hogere waterplanten in Nederland. Wet. Med. K.N.N.V., Hoogwoud. 80 pp.

19. Sladecek, V., 1963. - A guide to limnosaprobic organisms. Sbornik Vysoke skoly chem.-technol. v Praze 7.2: 543-612.

20. Westhoff, V., 1969. - Verandering en duur. Inaug. Rede Nijmegen, Uitg. Junk, Den Haag, 19 pp.

Pleidooi voor een biologische beoordeling van water naar kwalitatieve maatstaven.

P.J. Schroevers
Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

1. Inleiding.

Beoordelen van water is een bezigheid, waarmee zich zo langzamerhand een belangrijk percentage van de natie de tijd ten nutte maakt. Het water is een zorgenkind, we zijn ons dat allemaal bewust en we willen wel graag weten wat er allemaal fout gaat. Diensten en instellingen die oorspronkelijk gericht waren op kwantitatief beheer hebben steeds meer het kwalitatieve aspekt in hun beschouwingen betrokken; planologen kunnen niet meer zonder; boeren, vissers en zwemmers doen een beroep op hun eigen organisaties; aktiegroepen bouwen een deskundigheid op en in de scholen speelt waterbeoordeling een rol in het kader van milieu-projekten voor biologie en maatschappijleer. Waterbeoordeling is "in", en het heeft zin om ons af te vragen wat het inhoudt. Wat beoordeelt men eigenlijk; op welke gronden doet men dat en wat denkt men ermee te bereiken?

Verreweg de meeste beoordelingen van water, welke we in de praktijk ontmoeten spreken over de "kwaliteit" van het betreffende water. Dit houdt niet in de eerste plaats in, dat men zich op kwalitatieve aspekten richt, maar meer nog, dat men zich een waarde-oordeel aanmeet; een uitspraak over goed en kwaad. Dat is een subjektief gegeven, als zodanig niet met wetenschappelijke principes te vangen. Wetenschap is alléén mogelijk om de methoden te verschaffen, waarmee het te beoordelen water aan deze keus van goed en kwaad kan worden gerelateerd; en daarnaast om speciale gesepareerde (van andere fenomenen ontkoppelde) indikaties aan te geven, volgens welke men kan gaan nadenken over waar we de grens tussen "goed" en "niet meer goed" zouden willen leggen. Ook déze keuze vindt plaats op grond van vooraf geselekteerde overwegingen.
Waterbeoordeling is dus in feite niet meer dan een subjektieve keuze tussen goed en niet goed, gebaseerd op een aantal al dan niet door de praktijk gestelde voorwaarden. Deze zijn tot op zekere hoogte willekeurig, geselekteerd uit een zeer groot aantal eigenschappen.

2. Wat is "kwaliteit"?

Wat houdt het begrip "kwaliteit" van water nu in de praktijk zo al in? Lezen we er de wet verontreiniging oppervlaktewater op na, dan blijkt hier een goede definitie niet te vinden te zijn.

- In -

In de stukken van de Raad van Europa, aan dit onderwerp gewijd, ontbreekt een Nederlandse opgave. De omschrijving die we in de Memorie van Toelichting vinden en die in het algemeen de kern uitmaakt van wat officieel Nederland zoals als waterverontreiniging pleegt op te vatten sluit echter wel min of meer aan bij de gangbare in het buitenland gebezigde definities.
Water geldt als verontreinigd als het niet meer voldoet aan de normen die geacht worden van betekenis te zijn, wil het water geschikt zijn voor bepaalde gebruiksfunkties. Dat is een zeer pragmatische benadering. Ze heeft als voordeel, dat ieder opgeroepen probleem volgens een aantal standaardvragen is aan te pakken en tot een binnen het raam van de probleemstelling bevredigend einde is te brengen. Als de kans op infektieziekten groter wordt bij toename van het aantal colibakteriën dat per volume water wordt gevonden, dan kunnen we a een grenswaarde afspreken volgens welke water niet meer of net nog betrouwbaar is; b een methode ontwikkelen waarmee het werkelijke gehalte in het oppervlaktewater min of meer nauwkeurig te meten is en c maatregelen bedenken waardoor dit gehalte kan afnemen. Natuurlijk moeten de stappen volgens wetenschappelijk verantwoorde maatstaven uitgevoerd worden.
Zo is het natuurlijk kwalijk, als men om het onder c gestelde te bereiken een middel bedenkt dat E.coli doodt, terwijl men vergeet zich de vraag te stellen of de werkelijke ziekteverwekkers door dit agens al of niet worden aangetast. Maar de problematiek en de daarmee samenhangende keuzebepaling is zuiver pragmatisch en heeft met wetenschap niets te maken.
De benaderingswijze is op zichzelf gezien zeer respektabel, bedoeld als hulpmiddel om de mens het leven aangenamer, beter, mogelijker te maken. Maar ze is beperkt en dat draagt de kiem in zich van een gevaar.
De beperktheid is drieërlei:

1. Het stellen van een norm komt na lang wikken en wegen tot stand, is in het algemeen een kompromis tussen de opportunisten en de voorzichtigen, en moet zich derhalve baseren op meetbare, reproduceerde gegevens, daarmee alléén de gerealiseerde effekten in ogenschouw nemend. Bij toename van kennis kan deze grens verschuiven, maar deze verschuiving toont zelf al, dat de objektiviteit van het oordeel twijfelachtig, het stellen van normen een hachelijke onderneming is.
2. Normen worden altijd alleen bedacht voor die voorwaarden, die wij kennen en waarvan wij de effekten konstateren of vrezen. Vele voorwaarden kennen wij niet eens. Vaak worden ze zelfs met opzet geheimgehouden - men denke bijvoorbeeld aan de vele organische verbindingen die de duitse industrie op de Rijn loost, die op de een of andere manier met ons drinkwater te maken hebben maar die we niet kennen, laat staan kunnen meten.

- 3. -

3. Iedere norm is altijd gerelateerd aan een specifieke maatschappelijke funktie die het water krijgt toebedeeld: zwemwater, drinkwater, viswater, gietwater voor de fruitteelt etc. De werkelijke betekenis van het water in de wijdste zin van het woord "volksgezondheid" omvat echter veel meer dan wij op dit moment kunnen bevroeden. Daarom zal het zich aanpassen aan een specifieke functie van het water altijd leiden tot schade voor andere, minder direkt in het oog springende funkties; wat op de lange termijn voor iedere funktie zijn gevolgen kan hebben.*)
Deze beperktheden tesamen kunnen als zij geplaatst worden in de totaliteit van de samenhang aanleiding geven tot nieuw ongerief. Immers - als men suggereert dat men met een dergelijke aanpak de zaak aankan, geeft men de maatschappelijke orde een vrijbrief om gewoon verder te gaan; meer armslag, dus minder motief om het roer om te gooien.**) Men werkt dus tégen het doel dat men zich stelt, althans op lange termijn en grote schaal gezien. Tegen deze achtergrond wekt het geen verwondering dat een jaarverslag van Provinciale Waterstaat spijtig moet konstateren dat - ondanks de exponentieel toenemende zuiveringskapaciteit - het water nooit zo slecht is geweest als juist dit jaar.***) Betekent dit dat we werkzaamheden als deze nu maar moeten staken? Dat zou ik niet graag willen zeggen. Het zuiveren van water is op zichzelf gezien een nuttige zaak en in de wereld van vandaag kunnen we het nu eenmaal niet zonder stellen. Maar we moeten ons wel enkele dingen goed voor ogen houden. We moeten ook de konsekwenties van deze overwegingen in het beleid van het waterbeheer bezien. Deze overwegingen zijn:

1. Wat wij "verontreiniging" noemen is niet meer dan een slecht begrepen deelaspekt van wat in werkelijkheid met het water aan de hand is.
2. Wij hebben niet het recht, ons met onze kennis van zuiveringstechnieken en beoordelingsnormen, als "deskundigen" op te werpen ten aanzien van het fenomeen water en haar betekenis voor de mens.
3. Wij moeten niet verwachten met meer zuivering de problemen van het water de baas te kunnen worden. De zuivering is een noodzakelijk bijverschijnsel als zodanig van nut. Ze werkt echter tégen het doel, als ze niet wordt gezien in de kontext van de totaliteit van het wereldbestel.
4. Voor integratie van de fenomenen "water" en "waterverontreiniging" in deze totaliteit is een fundamentele konceptie nodig, welke niet uitgaat van de deelaspekten, maar welke de onderlinge verwevenheid der verschijnselen als uitgangspunt heeft.

Zie ook Interview Vakblad voor Biologen.

*) Zie biol. waardeoordeel . Zie ook Dissertatie Hueting.

**)Zie Natuur en Maatschappij.

***) Zie b.v. Rapport Rijn over '65-'73, zie jaarverslag P.W. Z.Holl. '73.

3. Biologisch beoordelen.

In alle verhandelingen die we over oppervlaktewater onder ogen krijgen wordt het verschijnsel wel als biologisch fenomeen onderkend. Biologisch aktieve stoffen als nitraten en fosfaten krijgen dan ook normaliter veel aandacht, en de zuurstofhuishouding geldt als een belangrijke maatstaf bij de beoordeling of een water "gezond" is of niet. In biologisch gezond water, zo wordt het gesteld, is het zuurstofgehalte nooit beneden een zeker minimum. De hoeveelheid zuurstof, die per tijdseenheid onttrokken wordt zal ook nooit boven bepaalde waarden uitstijgen. Vermeld wordt dan meestal, dat lozing van mineralen, in het bijzonder van fosfaat, de produktiviteit van het water doet stijgen, wat uiteindelijk kan leiden tot het kwalijke verschijnsel van "waterbloei"; massale ontwikkeling van meestal blauwalgen, welke periodiek tot grote oververzadiging van zuurstof aanleiding kan geven. Ook een teveél aan zuurstof is dus een teken dat er iets niet in orde is. Men hecht veel waarde aan een goede zuurstofvoorziening, bijvoorbeeld ten behoeve van de visstand, maar ook met betrekking tot opvang en verwerking van afbreekbare organische stof uit afvallozingen, de zg. "biologische zelfreiniging". Het mechanisme van dit funktioneren kan aanleiding zijn voor het bestuderen van deel-aspekten. Hierbij zien we dat de pragmatische aanpak een aansluiting zoekt bij de vertrouwde wetenschappelijke benadering, welke verschijnselen via deel-aspekten, door experiment en kausale verklaring in een groter verband wil plaatsen . Dit maakt de conceptie niet wetenschappelijker. De benadering heeft evenzeer een pragmatische oorsprong, maar raakt toch wél de kern van waar het eigenlijk om gaat. De redenering is opgesteld vanuit het standpunt dat in een natuurlijk water "gevende" en "nemende" processen met elkaar in evenwicht zijn, zodat nooit excessen mogen optreden. Dit uit zich vooral in de zuurstofhuishouding, omdat immers de energetische processen waar het om gaat : de assimilatie der groene planten en de ademhaling, eigen aan al wat leeft en groeit - respektievelijk de zuurstof afgeven en verbruiken. Daarom is bepaling van het zuurstofgehalte in feite te beschouwen als een biologische beoordeling; zeker als het verloop van deze waarde in de tijd wordt beschouwd en in verband wordt gebracht met de zuurstofonttrekking door ademhaling. Zo kan men immers een idee krijgen over de primaire produktie, de aktiviteit van de groene plantendelen onder invloed van het zonlicht. De biologische aktiviteit laat zich in principe kwantificeren met behulp van de volgende parameters:

1. primaire produktie. De fixatie van koolzuur uit de lucht in organische stof, dank zij de aanwezigheid van groene planten vormt een hanteerbare maatstaf voor de kwantiteit aan energie, die door het ekosysteem gaat.

- Dank zij -

Dank zij het bestaan van vastliggende verhoudingen tussen de hoeveelheden energie die de stadia van de kringloop verwerken, kan één van deze stadia als norm voor het gehele systeem gelden. Er zijn verschillende methoden, in principe gebaseerd op het gebruik van radioaktief koolstof als tracer en zuurstofbepalingen in licht en donker.

2. fosfaat. In het algemeen kan gezegd worden dat het fosfaat de beperkende faktor vormt voor de hoeveelheid organische stof, die dank zij assimilatie gevormd kan worden. Een goed inzicht in de fosfaathuishouding is dan ook van betekenis, niet alleen voor het beoordelen, maar ook voor het bezien van mogelijkheden ter verbetering van een situatie. In incidentele gevallen kan overigens het stikstof beperkend zijn, zodat ook gehalten aan stikstofbevattende ionen voor een kwantitatieve watertypologie van belang kunnen zijn.
3. De BOD, of het biochemisch zuurstofverbruik. Dit is een maatstaf, waarbij wordt nagegaan hoeveel zuurstof onder gekonditionneerde omstandigheden (in donker, bij 20°C. gedurende 5 dagen) wordt verbruikt door bakteriën bij afbraak van organische stof.
4. Voor het gehalte aan afbreekbaar organisch materiaal staan ook andere, chemische technieken ter beschikking, als COD - chemical oxygen demand - bekend.

Naast deze parameters bestaan uiteraard vele andere bakteriologische, chemische, fysiologische en toxicologische. De genoemde bepalingen zijn echter te beschouwen als die, die gericht zijn op het funktioneren van het ecosysteem als geheel; het zijn bij uitstek energetische maatstaven.

4. Bezwaren tegen de kwantitatieve beoordelingsmethoden.

Voor al de genoemde maatstaven staan methodieken ter beschikking, die in de praktijk van waterbeoordeling zijn uitgegroeid tot het beste wat in de omstandigheden van vandaag mogelijk is. Toch hebben de geijkte methoden van beoordelen hun bezwaren. Net als bij de vergelijking tussen de genoemde en de niet op een biologische konceptie berustende faktoren zijn de bezwaren terug te keren tot een konsekwentie van een gefraktioneerde benadering van het fenomeen water. De benadering stelt het procesmatige van de te bestuderen verschijnselen centraal en is zo in staat om met behulp van kwantificeerbare grootheden een kwantitatief oordeel uit te spreken. Ieder kwantitatief verschijnsel in de natuur is echter onderdeel van een fluktuerend proces, waarvan moeilijk is na te gaan door welke faktoren de fluktuaties beheerst worden, hoe groot de perioden van zulke fluktuaties zijn, etc. Hoe weinig men heeft aan incidentele zuurstofmetingen is o.a. door Van der Straaten*) en door Overbeek en Meyer *) aangetoond.

- In -

*) v.d. Straaten ESB, Overbeek en Meyer, H_2O.

In het kader van het Kromme Rijn Project is geprobeerd tot een model te komen volgens welke de zuurstoffluktuatie is te verklaren.**) Een van de konklusies luidt echter, dat het stellen van een algemeen kriterium per objekt water aan de hand van slechts weinig metingen moeilijk of onmogelijk is. Hieruit vloeien een aantal bezwaren voort, die onder de volgende vier hoofden zijn samen te vatten:

a. Het is een punt van diskussie over hoeveel waarnemingen men moet beschikken, in welke frekwentie en met welke interval verricht, voor men een verantwoord oordeel over het betreffende systeem kan uitspreken. Eénmalige of weinig frekwente verstoringen laten zich als niet toevallig op het juiste tijdstip is gemonsterd, niet betrappen.
b. Het gevaar is groot dat men de gesepareerde normen zélf als kwaliteitsoordeel gaat zien, in plaats van als maatstaf voor iets anders. Een mate van organisch overschot heeft in een van nature voedselarm water relatief meer invloed dan in een voedselrijk. Men kan dus niet een algemene norm noemen waarboven de zaak misloopt. Dit is een fout die heel dikwijls gemaakt wordt.
c. Kwantitatieve maatstaven zijn niet voldoende gevoelig voor de registratie van rijping van ekosystemen en de daarmee samenhangende verschuiving in de energiebalans; vooral als het om rijk ontwikkelde ekosystemen gaat, die van belang zijn om hun behoudsaspekt (landschappelijke betekenis, natuurbehoud etc.).
d. Met kwantitatieve maatstaven bestuderen we de "input" in het systeem, en de "output". We menen daarmee over het systeem uitspraken te kunnen doen. Het systeem - dat zijn de organismen, want zij passen zich kwalitatief en kwantitatief aan in tegenstelling tot de fysische en chemische komponenten - als eigenlijk doel van onze beoordeling is echter veel meer.

5. Kwalitatief beoordelen.

Al deze bezwaren leiden tot de opvatting dat men, hoe nuttig voor de praktijk al deze metingen ook kunnen zijn, naast deze normen van beoordelen een meer konceptuele moet nastreven, wat dan een beoordeling zal zijn op kwalitatieve maatstaven. Dit geldt óók voor een zo kwantitatief gegevens als de energiehuishouding. Het gaat niet om "wat gaat er door het systeem", maar om "hoe is het systeem aangepast aan wat erdoor gaat".*)
Kwalitatieve beoordelingen komen tegemoet aan alle bezwaren die in het bovenstaande vermeld zijn.

- De -

*) Zie Typologie van wateren 1968.
**) Korff de Gidts en Asman.

De soorten zijn het systeem. Zij zijn de regulatoren die de stabiliteit van het geheel moeten waarborgen. Zij leven daarbij dankzij hun genotypische aard - binnen bepaalde grenzen, zoals die door hun omgeving worden opgelegd, wat betekent dat hun aan- of afwezigheid de meest biologische indikatie is; de waarneming daarvan de gevoeligste graadmeter voor het funktioneren van het systeem. Als het funktioneren verandert, dan verandert ook de samenstelling. De enige fout die we dan nog kunnen maken is dat het voorkomen van een soort ontsnapt aan onze waarneming; een fout die vooral bij bakteriën een rol kan spelen. De ontwikkeling van een ekosysteem is een kwestie van tijd. De mens is in staat om uitgangssituaties te kreëren en om ontwikkelingen "bij te sturen" in een gewenste richting; het inbouwen van nieuwe tegenkoppelingen in een geleidelijk en gedurig werkzaam proces kan alleen de natuur. Dat betekent, dat iedere willekeurige steekproef een weerslag vormt van een historische ontwikkeling, welke kort of lang heeft geduurd. Kwalitatieve beoordeling kan dus gebeurtenissen uit het verleden aantonen waarvoor de kwantitatieve maatstaven niet toereiken zijn.

Uiteraard is juist het zo moeilijk kwantificeerbare van een kwalitatieve methode, tesamen met het niet op een specifiek gebruik gerichte karakter een prikkel die de beoordelaar noodzaakt om zich met konceptuele zaken bezig te houden. Daarom ben ik geneigd om de kwalitatieve beoordeling, die een "totaliteitsbeoordeling" is, de meest fundamentele beoordeling te noemen, waarvoor de kernvragen meer in het wetenschappelijke liggen dan in het vlak der direkte toepassing. Andersom zal een fundamenteel biologische aanpak van het probleem van waterbeoordeling dan in eerste instantie een kwalitatief onderzoek nodig hebben.

Dat alles wil natuurlijk niet zeggen dat kwantitatieve methoden voor de fundamentele koncepten geen betekenis zouden hebben. Het vervolgen in de tijd van geselekteerde wateren, benaderd van zoveel mogelijk disciplines uit met het doel inzicht te krijgen in het funktioneren van het geheel - de "ekosysteem-analyse" - vormt een fundamentele bijdrage aan ons begrip en is dus onmisbaar bij het juist interpreteren van onze typologie.*) Het is duidelijk dat hierbij kwantitatieve bepalingen een belangrijke rol spelen. Daarnaast moeten we niet vergeten dat men gauw terechtkomt in cirkel-redeneringen als men louter kwalitatief werkt: " een soort is indikatorisch voor voedselarmoede omdat ze alleen in voedselarm milieu wordt aangetroffen, maar het milieu wordt als voedselarm aangemerkt omdat de soort er gevonden wordt".

*) Ringelberg

Meestal ligt de zaak natuurlijk wat ingewikkelder dan in dit voorbeeld wordt gesuggereerd, maar ze komt voor. En het is zaak, daarvoor te waken. Kwantitatieve beoordelingen zijn één methode om de cirkelgang te doorbreken. Kombinatie van kwalitatief en kwantitatief onderzoek is dus van belang, in het verleden wel bepleit maar helaas niet voldoende van de grond gekomen. Het is ook niet zo gemakkelijk omdat de kwalitatieve onderzoeker over gegevens wil beschikken van zoveel mogelijk objekten, waarvan dan een minimumprogramma wordt geselekteerd. De kwantitatieve onderzoeker is echter gebaat bij zoveel mogelijk gegevens per objekt, desnoods in een minimum aan waarnemingspunten gerealiseerd. Hun selektie verschilt dus nogal.

6. Wat is eigenlijk water?

Als wij spreken over het "biologisch beoordelen van water", dan menen wij ons de pretentie te kunnen aanmeten om als biologen over water te kunnen oordelen. Dat betekent, dat wij menen te beschikken over een fundamenteel, wetenschappelijk omschreven anker. Dat water als een biologisch fenomeen kan worden gezien is al meermalen gesteld. Als zodanig beschouwen wij dan het interaktiepatroon van de stof H_2O, de chemische komponenten daarin en hun fysische hoedanigheden, en van de vele organismen die zich hierin bevinden, die direkt of indirekt alle met elkaar te maken hebben, elkaar beïnvloeden, door elkaar beïnvloed worden.*) Zo is het fenomeen water te beschouwen als een bijzondere vorm van het ekosysteem, zoals dat gedefinieerd is door Tansley.**) Een systeem kent eigen wetten die meer bepaald worden door het funktioneren als een eenheid, dan door het afzonderlijk funktioneren der delen. Als wij water als een totaliteit willen benaderen dan verdient het aanbeveling om naar die wetten te zoeken en deze "unifyring principles" als uitgangspunt voor onze beoordeling te nemen. Uiteraard blijft de vraag open staan, in hoeverre de resultaten van onderzoek in deze geest maatschappelijk op hun merites kunnen worden beoordeeld. Daar kan de bioloog geen antwoord op geven. Maar hij kan wel wijzen op de konsekwenties van het menselijke ingrijpen ten aanzien van de eigenschappen die inhaerent zijn aan ekosystemen. Het is deze "antitechnologische" benadering *) die bij het waterbeheer tot nu toe weinig aan bod is geweest en waarvoor de bioloog de belangrijkste bouwstenen kan aandragen. De noodzaak daartoe wordt de laatste tijd steeds sterker beseft; vandaar dit artikel.

Kenmerkend voor het verschijnsel natuur is de voortdurende neiging tot verandering.

- Deze -

* Technologisch denken, antitechnologisch denken.
*) Is water H_2O?
**)Tansley - zie ook Van Dyne.

Deze verandering uit zich binnen de schaal van tijd en ruimte die voor de mens relevant is op twee wijzen: Als een toestand van schijnbare rust en als een fase van plotselinge ingrijpende wijziging, een "gebeurtenis". Als geen invloed van buitenaf werkzaam zijn, dan is de toestand schijnbaar stationnair. De verandering die wel degelijk aanwezig is bestaat in een voortdurend opbouwen en inbouwen van nieuwe tegenkoppelingsmechanismen, welke de inwendige stabiliteit van het systeem verhogen. De interrelaties geven tot een "alles-heeft-met-alles-te-maken-situatie" aanleiding, met een ordening die verloopt in de richting van de hoogst denkbare bij de gegeven omstandigheden. Het proces begint zeer snel maar verloopt daarna steeds langzamer en duurt net zo lang tot er een "gebeurtenis" plaats vindt, een plotselinge, van buitenaf opgelegde verandering, welke op de schaal waarop wij kijken een precies tegenovergesteld effekt heeft: interrelaties worden verbroken en de inwendige stabiliteit van het systeem vermindert. Bij sterke beïnvloeding kan dit laatste zich uiten in het optreden van plagen, waterbloei, vissterften, etc. Deze in het kort samengevatte gang van zaken is terug te vinden in de evolutie van het leven op aarde, maar ook in de ontwikkeling van een planktonkultuur in een experimentele proefopstelling: in iedere tijd- en ruimteschaal speelt ze haar rol, en het hoeft dus geen verwondering te wekken als we aan ons begrip van water als systeem dit dynamische aspekt toe willen voegen. De ontwikkeling, in de beschrijvende ekologie "sukcessie" genoemd, of ook wel "rijping", verloopt volgens een aantal vaste patronen. Zonder in te willen gaan op al deze kenmerken zij hier vermeld, dat het energetische aspekt in de eerste stadia van de ontwikkeling bepalend zijn voor de aard van het systeem, terwijl kenmerken van informatie, zoals soortenrijkdom, struktuurrijkdom, specificiteit der tegenkoppelingsmechanismen, gelaagdheid en hiërarchie, vooral in de meer rijpe systemen opgeld doen. Voor het overige verwijzen wij naar bijgaande tabel, ontleend aan Odum, 1969.*) Deze reeks is in principe steeds terug te vinden. Men zou kunnen zeggen dat de natuur zichzelf steeds herhaalt, maar dat steeds op een iets andere manier doet. Dit klinkt wel simpeler dan het is. In de eerste plaats is die "net iets andere manier" wel zeer veelzijdig. Het valt niet mee om daarin de lijnen te vinden, welke ons oordeel houvast kunnen geven. Daarnaast vindt rijping op allerlei niveaus plaats, en ieder niveau is onderdeel van een hoger liggend niveau.
Zo kan in een waterplas een rijpingsproces plaatsvinden, maar de plas is tevens onderdeel van een landschap dat zelf aan rijping onderhevig is en daarvan in de levende have de weerslag te zien geeft.

*) Odum "The strategy of ecosystem development".

- Omgekeerd -

Omgekeerd is rijping óók te zien aan de dynamiek van gezelschappen van mikroskopische algen op een waterlelieblad in de plas, waarvan de rijpingssnelheid dan weer meebepaald wordt door de fase waarin de plas verkeert, etc.etc. Al met al is sprake van een bijzonder ingewikkeld geheel, waarin alle elementen hun vaste plaats hebben, bepaald door heel verschillende ordeningsprincipes. Het eerder genoemde totaliteitsdenken vindt hierin duidelijk gestalte. De bestudering van het water is daarmee echter niet meer een afgescheiden vakje binnen de ekologie, maar een integrerend onderdeel van een meer omvattend raam, dat tegenwoordig "landschapsekologie" genoemd wordt.

7. Maatstaven voor de beoordeling van water.

Het beschrijvende, kwalitatieve onderzoek leidt via de analyse - vergelijking - interpretatie naar een typologie van wateren en daaropvolgend naar een ekosysteemkonceptie. Het model dat men daarmee opbouwt is veel-dimensionaal. Als we deze verscheidenheid tot een één-dimensionaal, lineair model willen terugvoeren dan ligt het wel voor de hand om dit te doen op grond van de mate van rijping van het systeem:"hoe ver is het gevorderd in zijn ordening?" En hier blijkt dan, dat een fundamentele benadering best praktische betekenis kan hebben. Want het resultaat zegt iets over de onvervangbaarheid van het systeem - en dus over de konsekwenties die wij op ons laden als wij het prijsgeven. Beoordeling van de biologische rijpheid blijkt een over-all benadering van het kwaliteitsbegrip te zijn: hoe onvervangbaarder het systeem is, hoe meer het ons wat moet uitmaken om het te behouden. Hier bezondigen wij ons dus tóch aan een waarde-oordeel, maar dan een oordeel dat niet in strijd is met het onder paragraaf 2 vermelde. Het hanteren van deze maatstaf in een maatschappelijk waarde-oordeel is een moeilijke zaak. Maar er zijn verscheidene argumenten die ons hierbij behulpzaam kunnen zijn:

1. Het"overlevingsprincipe". De verscheidenheid van de natuur is een levensvoorwaarde, o.a. ook voor de mens. Aantasten van de verscheidenheid tast dus zijn bestaansmogelijkheden aan. Hoever we daarin kunnen gaan is met geen mogelijkheid te zeggen, maar het is wel zaak, daar tijdig rekening mee te houden.
2. De hoogstwaardige funkties van de natuur (belevingswaarde s.l.) zijn het meest gebaat bij wateren met hoge onvervangbaarheid. Schade van hun verdwijning moet over veel - soms duizenden - jaren beoordeeld worden.
3. Juist door de onomkeerbaarheid is een potentieel nut voor de mens een kumulatief gegeven: de mogelijkheid van waterzuivering zit in een natuurreservaat opgesloten, de mogelijkheid van een natuurreservaat niet in een zuiveringsinstallatie.*)

*) Zie Biologisch waarde-oordeel; zie ook Dissertatie Hueting.

De hierin gegeven tabel naar Odum kan ons op weg helpen bij het zoeken naar de juiste kriteria om tot een beoordeling te komen van de rijpheid van een ekosysteem. Kenmerken van rijping zijn in het ekosysteem water terug te vinden. De mate van ordening en komplexiteit uit zich bijvoorbeeld in het aantal soorten dat een plas bevolkt. Men kan hierover een oordeel verkrijgen door de "soortsdiversiteit" te bepalen binnen de gekozen steekproef; als het aantal soorten dat per aantal individuen of per oppervlakte-eenheid wordt aangetroffen. Ook het relatieve aandeel der soorten kan hierin betrokken worden (selektieve informatie).

Het vaststellen van indikatiewaarden van afzonderlijke soorten van soortenkombinaties ten aanzien van de voedselrijkdom is nog lang geen voltooid onderwerp. Dat soorten zeer sterk afhankelijk zijn van de energiefaktor is vele malen gedemonstreerd. Maar de eerder vermelde moeilijkheden, die overwonnen moeten worden om uit een cirkelredenering te komen hebben tot gevolg, dat een sluitend systeem tot op heden niet bestaat. De beschikbaarheid van bestaande gegevens is echter van die aard, dat een grove klassenindeling van wateren in eutrofe, mesotrofe en oligotrofe (resp. voedselrijke, matig voedselrijke en voedselarme) wateren, eventueel nog verfijnd tot een vijf à zestal klassen, mogelijk blijkt. Een eenvoudig, in de praktijk van het natuurbeheer beproefd middel is het relatieve aandeel van bijzondere groepen als de groenwieren-orde Desmidiales ten opzichte van andere organismen, tot uitdrukking komend in een "Trofiequotient" als indikatie voor de mate van oligotrofie te gebruiken.

Volgens het schema, in de tabel vermeld, zou er een omgekeerde relatie moeten bestaan tussen de mate van voedselrijkdom en de diversiteit van de daarbij aangetroffen levensgemeenschap. Rijping tendeert immers naar een hoge graad van diversiteit en tegelijk naar lage energiedoorgifte. In de praktijk blijkt echter meestal juist het omgekeerde. Betekent dat, dat de maatstaven niet juist zouden zijn, zodat we aan dit soort kwalificaties maar weinig zouden hebben? Dat is zeker niet het geval. Het is een verkeerd uitgangspunt om aan de genoemde stelling de omgekeerde uitspraak te verbinden dat hoge diversiteit te allen tijde samen moet gaan met oligotrofie. Voedselarme milieus zijn bijzonder gevoelig voor storingen, zodat een omgekeerde relatie in onze zo door mensen beïnvloede wereld niet te verwonderen is. De uitzondering dáárop wijst juist op een hoge mate van onvervangbaarheid. Dat zijn de laatste resten van wat Nederland nog aan ongerepte natuur bezit. Aanwezigheid van stabiele grenzen zijn een gevolg van rijping. Door decentralisatie staan interne verschillen binnen het systeem met veel grenssituaties. Het is juist daar, dat we de grootste diversiteit aantreffen. Het is de mate van oligotrofie welke bepalend is voor grenzenrijkdom.

- Maar -

Maar oligotrofie en hoge diversiteit hoeven daarbij niet samen te vallen, ze zullen het ook meestal niet doen. In hoeverre dat het geval is hangt af van de schaal waarop men beoordeelt: de grotere diversiteit wordt dan gevonden op een grotere schaal dan die van de waarneming. In het kleinschalige veld van waarneming neemt zelfs de diversiteit af. Men kan zeggen dat de top van een diversiteitsontwikkeling zich op een steeds grootschaliger niveau manifesteert. Het ekosysteem vertoont de neiging een natuurlijke dood te sterven. Maar precies zoals het begin van de ontwikkeling nooit het absolute nulpunt is, zo zal dat absolute eindpunt ook nooit bereikt worden.

Uit deze ervaringsfeiten komen twee overwegingen naar voren die voor een beoordeling van betekenis zijn:

1. Het energie- en het informatieaspekt zijn niet noodzakelijkerwijs reciprook. Ze dragen echter beide bij tot een onvervangbaarheidsbepaling en behoren dus beide in onze beoordeling te worden opgenomen.
2. Bij de bespreking van de waarde dezer beide kriteria kwam alwéér het schaalaspekt naar voren. Eerder werd gesteld dat het gesepareerd beoordelen van water, zonder met het landschap als geheel rekening te houden principieel zijn bezwaren heeft. We kunnen - en moeten ook - hieraan tegemoetkomen door het schaalaspekt binnen onze beoordeling te betrekken.

Dit kan gebeuren door ons objekt van onderzoek op haar eigen merites te beoordelen, zowel als in relatie te bezien met andere objekten. Men kan de inwendige diversiteit beschouwen - dit is dan de rijkdom aan soorten of soortengroepen en hun relatieve aandeel binnen het monster, en de mate waarin dit monster afwijkt van haar omgeving na te gaan door de bijzonderheid van het voorkomen der soorten als maatstaf te nemen (zeldzaamheidswaarde, mate van afwijkendheid etc.). In de verslagen van het Kromme Rijn Projekt der Utrechtse Universiteit ±) wordt gesproken van R- resp. T-differentiatie, waarmee min of meer hetzelfde bedoeld wordt. De letters R en T betekenen hier Ruimte en Tijd. Naar mijn gevoel is deze benaming niet zo gelukkig, omdat de ontstane grenzenrijkdom, die verantwoordelijk is voor de R-differentiatie zelfs als een grootschalige en langdurige rijping moet worden opgevat. Het gaat dus meer om lang-ademige en kort-ademige differentiatie. Maar het principe is juist. Als konklusie moet worden gesteld, dat de hoofdkriteria voor een onvervangbaarheidsoordeel niet alleen een tweedeling energie en informatie vereisen, maar ook een tweedeling kort- en langademig (of in de Utrechtse benaming T resp. R).

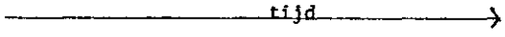
- Samengevat -

±) Een oekologische visie KRP.

Samengevat:

	kort	lang
energie	"saprobie"	trofie
informatie	diversiteit	"uniciteit" = afwijkendheid

Ook deenergie-maatstaf kent deze tweedeling. Zoals eerder werd gesteld is ieder ekosysteem een trofisch niveau toe te kennen, welke het gevolg is van vastliggende kwantitatieve verhoudingen in de energie-overdracht van de fasen der biologische kringloop. Maar we weten allen dat een evenwicht nooit absoluut is. Er vinden schommelingen plaats en de mate daarvan kan van grote invloed zijn op het reageren van het gehele systeem; zich in manifeste gevallen bijvoorbeeld uitend in de zuurstofhuishouding. Er is dus een maatstaf voor de belasting van de weegschaal - het trofie niveau en een voor de mate waarin de weegschaal uitslaat.
Voor deze laatste bestaat geen goede term, maar in de praktijk komt ze overeen met wat in de hydrobiologie "saprobie" of "saprobiteit" genoemd wordt: de mate waarin door uitwendige invloed in ekosystemen de konsumptie kan overheersen boven de produktie. In het algemeen worden saprobe milieus aangetroffen op door de mens sterk beïnvloede plaatsen.
De faktor saprobie is, alhoewel een natuurlijk gegeven door de mens zeer sterk in de hand gewerkt. Meestal is dan sprake van een konstante belasting, zodat de in de natuur ingebakken ordening geen kans krijgt de situatie te doorbreken. Zodra een dergelijk milieu echter "tot rust" gebracht wordt is het met deze vorm van saprobie gedaan. Dan vinden we echter nog wél de saprobie-indikatoren, als gevolg van het bestaan van minimumsituaties tijdens de genoemde fluktuaties.
In schema: figuur A en B geven de toestand in de tijd weer van resp. stabiel en instabiel milieu; figuur C toont de saprobie van de rivier bij konstante belasting. Uit dit schema valt af te leiden, dat dat wat het voorkomen van saprobie-indikatoren bepaalt: de ondergrens welke in deze fluktuaties is aan te wijzen - overigens door kwantitatieve metingen niet te vangen; daarom is ze zowel naar ruimte als naar tijd te veelomvattend - een kortademig tijdsaspekt, een stukje "T-differentiatie" is, terwijl de "R-differentiatie , het langademige aspekt in het trofie-niveau is te vinden.



trofie-niveau A

trofie-niveau
saprobie-niveau B

trofie-niveau
aktueel niveau
saprobie-niveau C

De faktor saprobie is in de waterbeoordeling de meest vertrouwde - ze komt ook het meest overeen met de andere normen waaraan water beoordeeld wordt. En dat is ook logisch: ze is in de eerste plaats een energetische faktor, en is dus snel te herkennen; sluit bovendien aan bij ons begrip dat op kwantitatieve maatstaven is gebaseerd. Ze is in de tweede plaats kort-ademig; we zien het gebeuren, we zien het herstel. En wat belangrijker is: ze vormt een begin-fase in het rijpingsproces, een fase waarin vele gebruiksdoelen spelen. Het is dan ook vanzelfsprekend, dat deze maatstaf ook in de kwalitatieve beoordeling een groot gewicht heeft toegekend gekregen, daar is op zichzelf geen bezwaar tegen. Maar naat mijn gevoel wel tot de slotsom, dat wij door ons alléén op deze maatstaf te koncentreren,het kwaliteitsbegrip te kort doen; daarmee de natuur te kort doen en zo ons zelf te kort doen. Wat ik heb beoogd met dit artikel is niet alleen dat een beoordeling van water op kwalitatieve maatstaven mogelijk is, al moet er aan de methoden nog zéér veel gesleuteld worden. Ook: dat deze benadering wenselijk is en vooral dat wij konstant beseffen dat wij ons bezig houden met deelproblemen van iets wat in werkelijkheid niet te begrijpen is - om ons op die manier te behoeden voor datgene dat we onszelf aandoen met de beste bedoelingen.