

Biologische beoordeling van de waterkwaliteit in Noord- en Zuid-Holland*

1. Inleiding

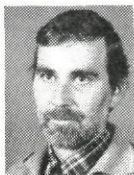
Indien wordt gesproken over een goede waterkwaliteit dan heeft men daarbij een beeld voor ogen hoe een goed water eruit moet zien. Waterkwaliteit zegt iets over de kwaliteit van een water en is dus meer dan een toestandsbeschrijving. Er zit een element van waardering in, zeker als we spreken van de beoordeling van de waterkwaliteit; de gevonden toestand wordt getoetst aan een gewenste of referentietoestand. Het is hierbij noodzakelijk de waterkwaliteitsdoelstellingen te formuleren. Wat is de gewenste



I. R. M. HOVENKAMP-OBEMA
Hoogheemraadschap van de
Uitwaterende Sluizen in
Kennemerland en
West-Friesland



S. P. Klapwijk
Hoogheemraadschap
van Rijnland



J. E. F. LANDMAN
Zuiveringsschap
Amstel- en Gooiland

toestand? Welke functies dient het water te kunnen vervullen? Welke eisen stellen we aan een water?

In de Indicatief Meerjaren Programma's [IMP's 1, 2] zijn in dit opzicht twee lijnen te onderscheiden:

1. Eisen gericht op de algemene ecologische functie. Dit houdt in het beschermen of het weer terugkrijgen van de flora en fauna zoals die van nature in het betreffende water aanwezig dient te zijn.
2. Aanvullende eisen, afhankelijk van diverse gebruiksdoelen zoals drinkwater, zwemwater en viswater, die op dit moment wettelijk worden vastgelegd in een aantal specifieke Algemene Maatregelen van Bestuur.

Als minimum waterkwaliteitsdoelstelling, dus zowel ten aanzien van de algemene ecologische functie, als de aanvullende meer mensgerichte eisen, is in het IMP 1980-1984 het begrip 'basiskwaliteit' ge-

introduceerd. Voor 39 parameters, zoals opgeloste zuurstof, biologisch zuurstofverbruik; BZV₅ bij 20°, totaal-fosfaat en totaal-stikstof zijn absolute of gemiddelde normen gegeven.

Voor een aantal wateren zal een hogere kwaliteitsdoelstelling nagestreefd dienen te worden (ecologische doelstellingen van het middelste niveau) dan de basiskwaliteit. De beschrijving van de gewenste opbouw van de ecosystemen in deze groep wateren moet gedifferentieerd gebeuren, namelijk volgens type water.

Aan natuurlijke wateren of wateren waarin zeer bijzondere planten of dieren aanwezig zijn worden tenslotte de hoogste eisen gesteld.

Er wordt aangenomen dat de normen bescherming geven voor de in het water levende organismen.

Schroevers spreekt in dit opzicht van 'kwaliteit voor aquatisch leven'. Biologische verifiëring hiervan dient echter nog plaats te vinden. Daarbij wordt, zoals in het IMP 1980-1984 is aangegeven, een globale beschrijving van de aanwezige levensgemeenschappen voldoende geacht.

Daarnaast bestaat er voor de bepaling van de vervuilingsgraad van wateren het beoordelingssysteem zoals dit in het IMP 1975-1979 is beschreven. Dit systeem is gebaseerd op zuurstofhuishouding en bevat een vijftal elkaar opvolgende vervuilklassen.

Door waardering en middeling wordt een index afgeleid uit de meetresultaten over een jaar van de parameters zuurstofverzadigingspercentage (ZVP), biologisch zuurstofverbruik (BZV₅ bij 20°) en ammoniumgehalte (NH₄-N). De waardering van de meetresultaten en de onderlinge afstemming van de parameters berust grotendeels op ervaring. Voor de BZV en het ZVP geldt dat deze op elkaar zijn afgestemd via een wiskundig model dat het effect beschrijft van lozing van zuurstofbindende stoffen op het zuurstofgehalte van het ontvangende oppervlaktewater. Gesteld kan worden dat het systeem niet is gebaseerd op een ecologische conceptie. Het systeem is ongewijzigd overgenomen in het IMP 1980-1984.

Voor een beoordeling van de totale waterkwaliteit zou ons inziens het raamwerk van Caspers en Karbe [3, 4] beter kunnen dienen. Dit systeem is reeds in 1974 door de provincie Zuid-Holland naar voren gebracht en bewerkt [5, 6, 7]. De volgende kenmerken kunnen worden genoemd.

— Het raamwerk geeft een ecologische benadering van de waterkwaliteit. Het gaat namelijk uit van de biologische processen in het water en niet zozeer van de toestandsbeschrijvende parameters, waarmee

een water kan worden gekenschetst. Het is daarmee universeel toepasbaar. Tevens ontstaat een samenhang tussen de gemeten parameters en de gewenste koppeling met de aanwezige levensgemeenschappen.

— In het raamwerk zijn trofie en saprobie essentieel met elkaar verbonden (zie paragraaf 4). Het biedt daarom de mogelijkheid om de gevolgen van zowel lozingen van organische stoffen (vervuiling) als die van anorganische stoffen (eutrofiëring) te beoordelen.

— Gegevens over de structuur van aquatische levensgemeenschappen zijn op eenvoudige wijze in het raamwerk te plaatsen. Toepassing geeft dan ook een totaaloverzicht van de waterkwaliteit.

In dit artikel zal het raamwerk van Caspers en Karbe [3, 4] en het daarop gebaseerde beoordelingssysteem nader worden toegelicht. Voor een aantal wateren in Noord- en Zuid-Holland zullen de beoordelingsresultaten worden vergeleken met de beoordelingsresultaten volgens het IMP-systeem [1] en met een aantal relevante normen van de IMP basiskwaliteit [2]. Tenslotte zullen enkele gedachten worden weergegeven die van belang zijn voor een nadere invulling van het raamwerk en voor gewenste aanpassingen van het systeem.

De beschouwingen betreffen met name grote oppervlaktewateren zoals meren, boezem- en grotere polderwateren, kortom die wateren waar de primaire produktie voornamelijk wordt verzorgd door het fytoplankton. Voor kleinere wateren zoals slootjes is het raamwerk weliswaar ook van toepassing. Een nadere invulling van het raamwerk voor deze kleinere wateren dient evenwel nog plaats te vinden, omdat in kleine slootjes de bodem een belangrijke rol speelt in het verloop van de biologische processen in het water.

2. Begrippen en definities

Basiskwaliteit: Een zodanige kwaliteit van het oppervlaktewater dat het geen overlast voor de omgeving veroorzaakt, er niet vervuild uitziet, goede levenskansen biedt voor een aquatische levensgemeenschap, waarvan ook hogere organismen zoals diverse vissoorten deel uit kunnen maken en dat tevens ecologische belangen buiten het water worden beschermd [2].

Detritus: Dode organische stof, zowel van plantaardige als van dierlijke herkomst.

Kwaliteitseisen of normen: Normen geven de voor een bepaalde functie gewenste toestand van het oppervlaktewater aan: referentieniveau.

Ecosysteem: Een stelsel, gevormd door alle levende en niet levende componenten in een bepaalde ruimte.

* Dit artikel is een bewerking van een voordracht die werd gehouden tijdens een door de IMP-werkgroep Noord-Holland georganiseerde Waterkwaliteitsdag op 24 april 1980.

Macrofauna: Alle met het blote oog goed zichtbare dieren (muggenlarven, slakjes, vissen e.d.).

Parameters: Parameters geven een kwantitatieve beschrijving van de toestand waarin een ecosysteem verkeert.

Periodiciteit: Verloop van de successie (opeenvolging) van verschillende algen (groepen).

Plankton: Microscopische kleine planten (fytoplankton) of diertjes (zoöplankton) die zweven in het water.

Trofie: Intensiteit van de primaire produktie (= plantengroei), dus de mate waarin organisch materiaal wordt aangemaakt.

Saprobie: Intensiteit van de decompositie, dus de grootte van de omzetting van het organisch materiaal in voedingszouten.

Waterkwaliteit: De waterkwaliteit geeft het verschil aan tussen de toestand (fysisch, chemisch en biologisch) waarin het systeem verkeert en de gewenste toestand voor dat systeem.

Waterkwaliteitsbepaling: Waterkwaliteitsbepaling is het meten van één of enkele uitgeselecteerde parameters, die een indruk geven van de toestand, waarin het ecosysteem zich bevindt [8].

Waterkwaliteitsbeoordeling: Onder waterkwaliteitsbeoordeling wordt verstaan het interpreteren van parameters, kwaliteitseisen of normen [8].

Waterkwaliteitsbeoordelingssysteem: Een waterkwaliteitsbeoordelingssysteem bestaat uit een set parameters, die op een duidelijk omschreven wijze onderling samenhangen [8].

Zuurstofhuishouding: Totaal van zuurstof-toevoerende processen (biologische en fysische) en zuurstofonttrekkende processen (biologische, fysische en chemische) resulterend in het verloop van het zuurstofgehalte.

3. Het raamwerk van Caspers en Karbe

In het water vinden processen plaats, die gericht zijn op de opbouw van organische stoffen en processen die gericht zijn op de afbraak ervan. Opbouw vindt plaats door plantengroei. In grote wateren bestaat deze voornamelijk uit de groei van fytoplankton en in kleinere wateren, zoals sloten, vooral uit de groei van hogere waterplanten. Fytoplankton vormt de basis van de voedselkringloop in grote wateren. Het wordt gemeten door kleinere dieren, zoals watervlooien en sommige macrofaunasoorten zoals vlokreeftjes en waterinsecten, die op hun beurt weer worden geconsumeerd door iets grotere dieren, zoals jonge vis. De jonge vissen leveren weer het voedsel voor andere waterdieren. Roofvissen zoals baars en snoek eten weer de opgroeiende vis. Dieren die niet gegeten worden sterven door ziekte of door ouderdom. Afgestorven planten en dieren worden weer gegeten door andere organismen, de zogenaamde detrituseters. Alle ontstane afvalstoffen, waartoe ook de faecaliën behoren, worden gemineraliseerd door toedoen van bacteriën. De hierbij vrijkomende meststoffen, zoals fosfor- en stikstofverbindingen, dienen weer als voedingsstof voor de groei van plant-aardige organismen. Hiermee is de kringloop rond. In afb. 1 is dit schematisch weergegeven.

Op basis van de voedingsgewoonte kunnen waterorganismen worden onderscheiden in producenten, consumenten en destruenten. Tot de producenten behoren fytoplankton en hogere planten. Deze zijn verantwoordelijk voor het vastleggen van de zonne-energie in organische stof.

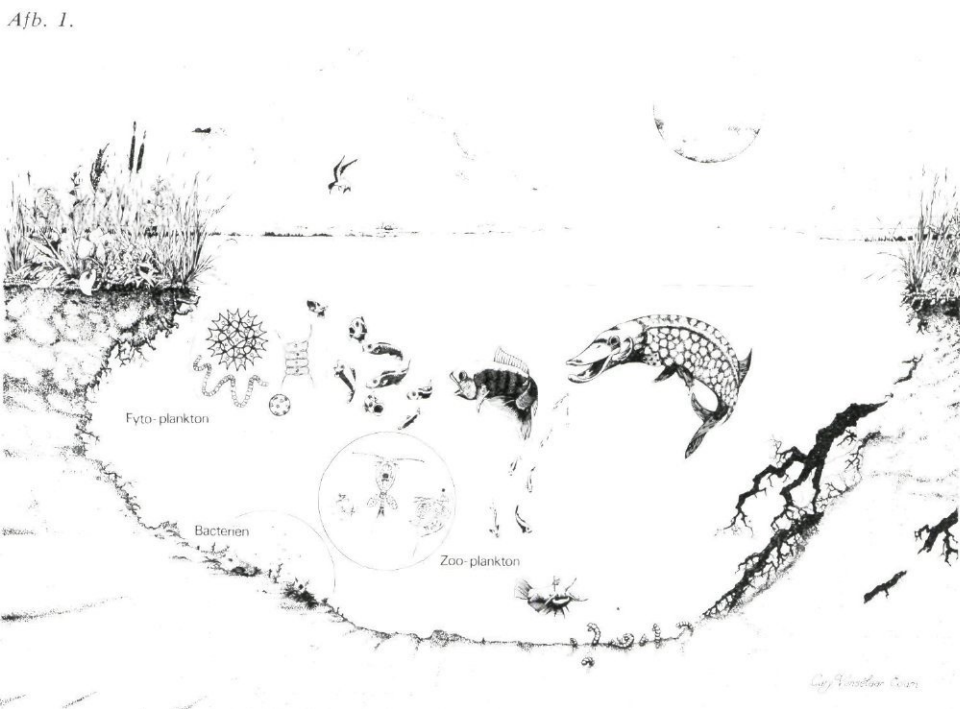
Tot de consumenten behoren die organismen die zich voeden met organisch materiaal, zoals mossels en vissen. Deze organismen zetten de organische stof om in een voor hen bruikbare vorm. Hierbij gaat een gedeelte van de in de producenten vastgelegde energie weer verloren, onder andere ten behoeve van hun ademhaling. Tot de destruenten behoren de bacteriën. Deze zorgen voor de afbraak van organische stoffen in mineralen (mineralisatie). Ze dragen bij tot het verlies van energie uit het oecosysteem. Zolang de producenten, de consumenten (van organische stof) en de destruenten of bacteriën (reducenten van organische stof) in balans zijn, verkeert de levensgemeenschap ook in evenwicht.

In het water vindt dus enerzijds opbouw van organisch materiaal plaats door de groei van algen en hogere waterplanten. Dit is de trofiekant van het systeem. Hierbij wordt zuurstof geproduceerd en afgegeven aan het water. Anderzijds zijn er processen gericht op de afbraak van organisch materiaal, zoals mineralisatie en ademhaling: de saprobiekant. Hierbij wordt zuurstof verbruikt en onttrokken aan het water.

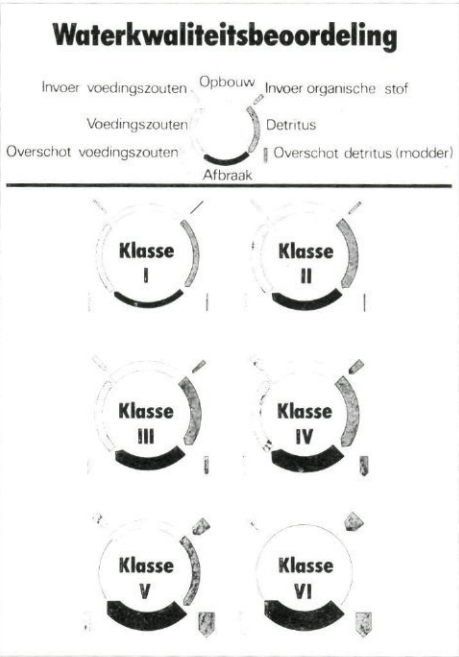
In klassieke trofiesystemen worden wateren veelal ingedeeld in een aantal voedselniveaus en wel van voedselarm naar voedselrijk. Voedselarm water bevat weinig voedingszouten en heeft daarom een beperkte groei van plantaardige organismen. Voedselrijk water, zoals de meeste Nederlandse wateren, bevat veel voedingszouten. Deze situatie laat een sterke groei van plantaardige organismen toe. In de zomerperioden komt onder deze omstandigheden in grotere stilstaande wateren een zeer sterke algengroei (algenbloei) voor.

Ook op basis van saprobie zijn wateren ingedeeld in klassen van schoon naar vuil. Zo bestaan er verschillende saprobiesystemen [9, 10], waarbij men probeert op basis van indicatorsoorten, 'vuilwaterindicatoren', de mate van organische vervuiling aan te geven.

Een koppeling van de begrippen trofie en saprobie via de stofwisselingskringloop werd voorgesteld door Caspers en Karbe [3, 4]. De nadruk werd daarbij gelegd op de processen en niet zozeer op de groot-heden die de toestand in het water beschrijven zoals gehalten aan allerlei stoffen. Meer dan voedingsstoffen-concentraties zijn de stofwisselingsprocessen van invloed op



Afb. 1.



Afb. 2.

de zuurstofhuishouding en mede daardoor op de samenstelling en de structuur van de levensgemeenschappen. In afb. 2 (boven) is de door Caspers en Karbe voorgestelde kringloop weergegeven. In de cirkel is getekend de intensiteit van de opbouw- en van de afbraakprocessen. Hiertussen bevindt zich een depot van afgestorven organisch materiaal (detritus) en een depot van voedingszouten. Bij beperkte toevoer van organische stoffen en voedingszouten worden deze vrijwel volledig opgenomen in de kringloop. Bij overmatige toe-

voer zullen de stoffen slechts ten dele in de kringloop worden opgenomen, waarbij het overschot van organische stoffen wordt afgezet in de vorm van bodemslib (modder). Afhankelijk van de verschillen in intensiteiten van de opbouw van afbraakprocessen stellen Caspers en Karbe een systeem voor van 6 waterkwaliteitsklassen (zie afb. 2 hiernaast). Hierbij is een aansluiting gezocht bij het klassieke saprobiesysteem van Kolkwitz en Marsson [9] en van Liebmann [10]. De klassen I en II vormen samen de niet tot weinig vervuilde of oligosaprobe zone, de klassen III en IV komen overeen met de β en de α mesosaprobe (matig vervuilde of zelfreinigings-)zone en de klassen V en VI vormen samen de sterk vervuilde of polysaprobe zone. Uit afbeelding 2 blijkt dat naarmate van klasse I naar klasse VI de belasting met voedingszouten en/of organische stof groter wordt, de kringloop steeds minder gesloten is. Bij klasse I is de toevoer minimaal en is de kringloop geheel gesloten; bij klasse II is de toevoer iets groter doch deze wordt nog volledig in de kringloop opgenomen. Bij klasse III kan een gedeelte van de toegevoerde en opgebouwde organische stof niet meer volledig worden afgebroken en wordt als slib (modder) afgezet op de bodem. Bij klasse IV beginnen de afbraakprocessen de opbouwprocessen te overheersen, terwijl bij klasse V en VI deze opbouwprocessen bijna geheel worden onderdrukt. Bij klasse I moet worden gedacht aan een schoon bergmeer. In klasse IV horen de wateren met sterke algengroei thuis. Bij

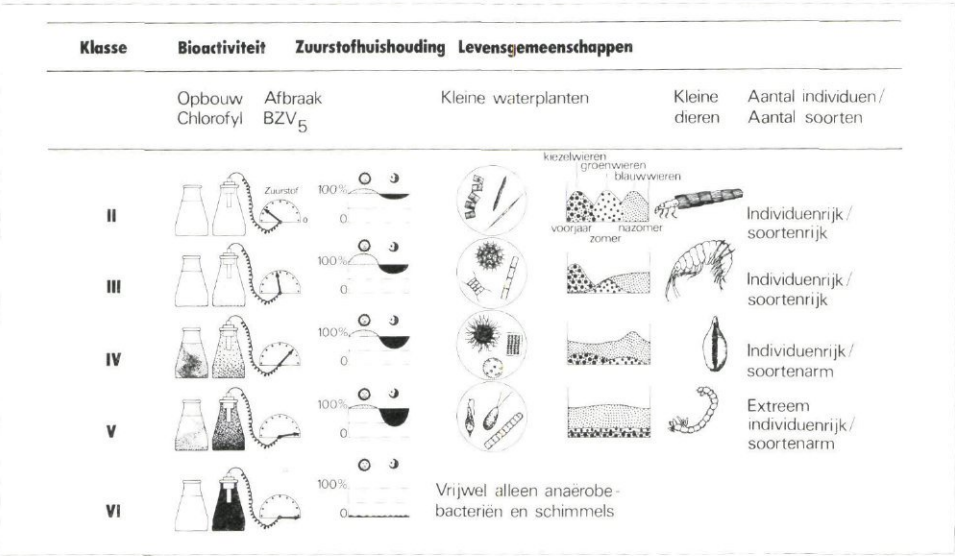
klasse VI moet worden gedacht aan een water dat sterk moet worden belast met ongezuiverd afvalwater, zoals voorkomt bij ongezuiverde lozingen en bij wateren in de nabijheid van overbelaste rioolwaterzuiveringsinstallaties. In dergelijke wateren overheersen rottingsprocessen. De klassen I, II en III kunnen volgens de Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland [5] worden aangemerkt als biologisch gezond. De klassen IV, V en VI bezitten voor de kwalificatie biologisch gezond een te hoge graad van milieudynamiek. Hier beginnen de afbraakprocessen te overheersen. De verschillende waterkwaliteitsklassen kunnen volgens Caspers en Karbe [4] op drie manieren worden vastgesteld:

- a. aan de hand van de bio-activiteit: meten van de opbouw- (primaire produktie) en de afbraakprocessen en de verhouding tussen beide;
- b. aan de hand van de zuurstofhuishouding;
- c. aan de hand van de levensgemeenschappen: de zuurstofhuishouding en de stofwisselingsprocessen worden namelijk weerspiegeld in de samenstelling en structuur van de levensgemeenschap, die immers verantwoordelijk is voor bovengenoemde processen.

In tabel I zijn de kenmerken van de verschillende klassen van de aspecten bio-activiteit, zuurstofhuishouding en levensgemeenschappen op kwalitatieve wijze weergegeven. Voor toepassing van het raamwerk in de praktijk dienen deze kenmerken (de kolommen in tabel I) vertaald te worden in exacte meetparameters met duidelijke klassegrenzen.

TABEL 1 - Samenvatting van de door Caspers en Karbe gegeven typering van de verschillende waterkwaliteitsklassen (bron literatuur 15).

Klasse	Bio-activiteit			Zuurstofhuishouding	Levensgemeenschappen		
	Mate van toevoer van organisch materiaal	opbouw (primaire produktie)	afbraak (incl. ademhaling)		totale bio-massa	structuur	type organismen
I	te verwaarlozen	gering	gering	zuurstofgehalte onafhankelijk van de bio-activiteit door fysische factoren bepaald	gering	individueen-arm, matig soortenrijk	evenwichtige verhouding van producenten/consumenten/destruenten
II	gering	matig	matig	zuurstofgehalte in gelijke mate door produktie en afbraakactiviteiten van de organismen, als door fysische factoren bepaald	hoog	individueen-rijk, soortenrijk	evenwichtige verhouding van producenten/consumenten/destruenten
III	hoog	matig	hoog	het verloop van het zuurstofgehalte over een etmaal vertoont een duidelijke afhankelijkheid van de activiteit van de organismen; overdag vaak zuurstofoververzadiging, 's nachts duidelijke onderverzadiging	hoog	individueen-rijk, soortenrijk	vrijwel evenwichtige verhouding van producenten/consumenten en destruenten. Relatief veel destruenten en consumenten
IV	zeer hoog	hoog	zeer hoog	zuurstofgehalte meestal onder de verzadigingswaarde, 's nachts vaak zuurstofloosheid, schommelingen in de toevoer van vervuiling worden duidelijk in het zuurstofgehalte weerspiegeld	hoog	individueen-rijk, soorten-arm massale ontwikkeling van bacteriën en ciliaten	veel consumenten en destruenten, weinig producenten
V	extreem hoog	gering	extreem hoog	's nachts, maar ook overdag overwegend zuurstofloosheid	hoog	extreem individuenrijk, soortenarm	vrijwel geen producenten, enkele macrofaunasoorten
VI	extreem hoog	vrijwel nihil	extreem hoog	voortdurende zuurstofloosheid	totale biomassa bestaat bijna uitsluitend uit anaerobe bacteriën en schimmels, geen producenten, geen macrofauna-organismen		



Afb. 3.

4. Vertaling van de theorie van Caspers en Karbe naar de praktijk in Noord- en Zuid-Holland

Voor grote wateren in Noord- en Zuid-Holland is een begin gemaakt voor een waterkwaliteitsbeoordelingssysteem gebaseerd op het raamwerk van Caspers en Karbe. In afb. 3 is het systeem schematisch in beeld gebracht. In het schema is waterkwaliteitsklasse I niet weergegeven, daar deze vanwege de ligging van Noord- en Zuid-Holland in de delta van de rivier de Rijn niet verwacht kan worden. Het schema is voor de diverse aspecten (bio-activiteit, zuurstofhuishouding en levensgemeenschappen) ingevuld met de volgende parameters:

a. Bio-activiteit

Voor de kolom opbouw is ingevuld het chlorofyl-a gehalte. Dit gehalte kan worden beschouwd als een maat voor de algendichtheid. Aangenomen mag worden dat indien men beschikt over een reeks waarnemingen, verspreid over het zomerseizoen, een indruk wordt verkregen van de groeisnelheid van het fytoplankton. Voor de kolom afbraak is ingevuld het biologisch zuurstofverbruik (BZV₅ bij 20°). Dit geeft een indruk van de mate waarin afbraak van organisch materiaal plaatsvindt bij een watertemperatuur van 20°.

b. Zuurstofhuishouding

Voor de kolom zuurstofhuishouding is ingevuld het begrip gunstige zuurstofwaarneming. Hieronder wordt verstaan een waarneming met een zuurstofgehalte groter of gelijk aan 5 mg O₂/l en een zuurstofverzadigingspercentage kleiner of gelijk aan 110 %. Voorts is voor de (biologisch gezonde) klassen II en III een absolute ondergrens van 3 mg O₂/l gesteld. Aangenomen

mag worden dat indien wordt beschikt over een reeks van waarnemingen verspreid over het jaar en gemeten in de morgenuren, een indruk wordt verkregen van de zuurstofhuishouding van het onderzochte water.

c. Levensgemeenschappen

Onder de kolom levensgemeenschappen kan zowel aandacht gegeven worden aan het fytoplankton als aan de macrofauna (waterinsecten, insectenlarven, kreeftjes, wormpjes, slakjes e.d.). De macrofauna is van belang omdat in tegenstelling met het

fytoplankton meer een totaal beeld van het waterlichaam als geheel wordt verkregen. Zo komt de samenstelling van de bodem, de aanwezigheid van rietschoten e.d. eveneens in de macrofaunasamenstelling tot uiting.

Fytoplankton

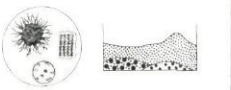
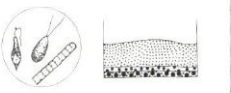
Het fytoplankton kan beschreven worden op basis van saprobie-indices, diversiteitsindices en de algenperiodiciteit.

Saprobie

Een saprobie-index geeft een maat voor de organische verontreiniging, geïndiceerd door de aanwezigheid van algensoorten of algengroepen. Per type water worden lijsten gemaakt van de voorkomende algensoorten. Aan de hand van literatuurgegevens worden de algen verdeeld in soorten met een bepaalde tolerantie c.q. voorkeur voor organische verontreiniging [11, 12, 13 en 14]. Op basis hiervan wordt aan algen een saprobiewaarde (van schoon tot vervuild) toegekend. Door tellingen en het berekenen van een gewogen gemiddelde wordt aan een bepaald monster een saprobie-index toegekend.

Opgemerkt moet worden dat nog maar van een beperkt aantal algen de saprobiewaarde bekend is. Het vaststellen van de saprobie-index is daarmee niet eenvoudig. In het klassensysteem op basis van het raamwerk van Caspers en Karbe zal per klasse de saprobie-index nader aangegeven moeten worden.

TABEL II - Beoordelingssysteem waterkwaliteit op basis van het raamwerk van Caspers en Karbe.

Klasse II		gezonder		Klasse III		biologisch nog gezond		Klasse IV, V en VI		biologisch ongezond	
Bio-activiteit			Zuurstof-huishouding		Levensgemeenschappen (fytoplankton)						
Klasse	Chlorofyl-a	Biologisch zuurstofverbruik: BZV ₅	Zuurstofgehalte		Saprobiequotiënt algenperiodiciteit			Diversiteit/soortenrijkdom			
II	75% van de waarnemingen ≤ 30 mg/m ³	75% van de waarnemingen < 4 mg/l	meer dan 70% van de waarnemingen > 5 mg/l en < 110% zuurstofverzadiging. O ₂ gehalte steeds > 3 mg/l					individueel/soortenrijk			
III	75% van de waarnemingen ≤ 100 mg/m ³	75% van de waarnemingen < 6 mg/l	meer dan 55% van de waarnemingen > 5 mg/l en < 110% zuurstofverzadiging. O ₂ gehalte steeds > 3 mg/l					individueel/soortenrijk			
IV	25% van de waarnemingen > 100 mg/m ³	75% van de waarnemingen ≤ 16 mg/l	meer dan 45% van de waarnemingen > 5 mg/l en < 110% zuurstofverzadiging					individueel/soortenarm			
V	—	75% van de waarnemingen < 25 mg/l	meer dan 30% van de waarnemingen > 5 mg/l en < 110% zuurstofverzadiging					extreem individueel/soortenarm			
VI	—	75% van de waarnemingen ≥ 25 mg/l	30% of minder van de waarnemingen > 5 mg/l en < 110% zuurstofverzadiging		(vrijwel alleen anaërobe bacteriën en schimmels)						

- De gegeven waarden van het chlorofyl-a gehalte gelden voor het zomerhalfjaar (1 april tot 1 oktober, 14-daagse bemonstering).
- De waarnemingen van de BZV, het zuurstofverzadigingspercentage en het zuurstofgehalte dienen over een heel jaar te zijn gespreid. Tevens dienen de zuurstofwaarnemingen bij voorkeur in de morgenuren te worden uitgevoerd.
- Indien chlorofyl-a, BZV en zuurstof leiden tot een verschillende klasse, dan wordt de ongunstigste klasse als eindklasse genomen.
- De gegevens voor wat betreft het fytoplankton dienen niet in de uiteindelijke klassebeoordeling te worden meegenomen, alleen in beschrijvende zin.

Diversiteit

Diversiteit is de mate van verscheidenheid van een levensgemeenschap. Die verscheidenheid is groot als in een fytoplankton-gemeenschap veel soorten voorkomen, alle met ongeveer even grote aantallen. De diversiteit is laag als er weinig soorten zijn, vooral als er enkele sterk in aantal domineren. Twee eigenschappen bepalen dus de diversiteit: het aantal soorten in de gemeenschap en de verdeling van het aantal soorten in de gemeenschap en de verdeling van het aantal individuen over de verschillende soorten. De eenvoudigste methode van diversiteitsbeoordeling berust op het tellen van het aantal individuen en van het aantal soorten dat men daarbij ontmoet. Een telling van het soortenaantal per 100 individuen geeft een grof beeld van de diversiteit. Per klasse zal een traject worden aangegeven waarbinnen de diversiteit kan variëren.

Algenperiodiciteit

Ook de algenperiodiciteit kan betrokken worden in het beoordelingssysteem. In het algemeen is er in het vroege voorjaar een opbloei van kieselwieren, in de voorzomer van groenwieren en in de nazomer van blauwalgen. Bij verstoring zoals vervuiling (anorganisch en organisch) verdwijnt deze periodiciteit. Dikwijls overheersen dan de blauwalgen en euglenoiden gedurende het gehele jaar. In afb. 3 is geschetst hoe de algenperiodiciteit bij toenemende verontreiniging (organisch en anorganisch) verdwijnt.

Macrofauna

Evenals bij het fytoplankton worden ook de macrofauna-organismen geïnventariseerd en betrokken bij de beoordeling van de waterkwaliteit. Van diverse macrofauna-soorten is bekend dat ze bepaalde voorkeuren hebben met betrekking tot zuurstofgehalte, helderheid, plantengroei, voedselvoorziening en dergelijke. Een duidelijke indeling ontbreekt vooralsnog. Voorlopig wordt volstaan met een globale beschrijving van de dominante diergroepen.

In tabel II is weergegeven hoe de verschillende waterkwaliteitsparameters voorlopig cijfermatig zijn ingevuld. De grenzen voor de verschillende klassen voor chlorofyl-a zijn aangegeven door het zuiveringsschap Amstel- en Gooiland [15]. De grenzen voor het biologisch zuurstofverbruik (BZV₅ bij 20°) en het zuurstofgehalte en het zuurstofverzadigingspercentage door de provincie Zuid-Holland [5, 6 en 7]. De grenzen ten aanzien van het fytoplankton zijn niet in tabel II aangegeven, daar op dit moment nog gewerkt wordt aan een exacte invulling van saprobie-, diversiteits- en periodiciteitsparameters in het schema

[16]. In de praktijk zijn deze parameters tot nu toe slechts in beschrijvende zin gehanteerd, op basis van ervaring en literatuurgegevens [11, 12, 13, 14, 17 en 18]. Ditzelfde geldt ook voor de gegevens van het macrofauna-onderzoek. Bij toepassing van het systeem geldt dat de parameter (chlorofyl-a, BZV₅ bij 20° of zuurstof) die de hoogste klasse indiceert de eindklasse bepaalt. De kolom levensgemeenschappen functioneert in die zin dat de eindklasse hierdoor eventueel wordt bijgesteld.

5. Praktijkervaringen

Hoewel het hydrobiologische onderzoek niet in het routineprogramma is opgenomen, zijn er momenteel toch zoveel gegevens in Noord- en Zuid-Holland verzameld dat op basis hiervan een vergelijking gemaakt kon worden met de beoordeling van het IMP-systeem en het hier tot nu toe ingevulde systeem. Als voorbeeld zijn 9 wateren gekozen; 3 in het beheersgebied van Rijnland, 3 in het beheersgebied van Uitwaterende Sluizen en 3 in het beheersgebied van Amstel- en Gooiland. De beoordeling van de kwaliteit van de gekozen wateren vond plaats volgens het IMP-systeem [1, 2], aan de hand van tien relevante normen van de IMP-basiskwaliteit [2] en volgens het systeem van tabel II. De beoordeling volgens tabel II vond plaats op 2 manieren. In het ene geval werden bij de beoordeling geen en in het andere geval wel gegevens betrokken uit het onderzoek naar de levensgemeenschappen. De resultaten van de beoordelingen zijn weergegeven in tabel III. In de tabel zijn de wateren gerangschikt naar toenemende vervuiling of eutrofiëring overeenkomstig de beoordelingen volgens het IMP-systeem (kolom A) en volgens het systeem van tabel II exclusief levensgemeenschappen (kolom C).

Uit tabel III blijkt het volgende:

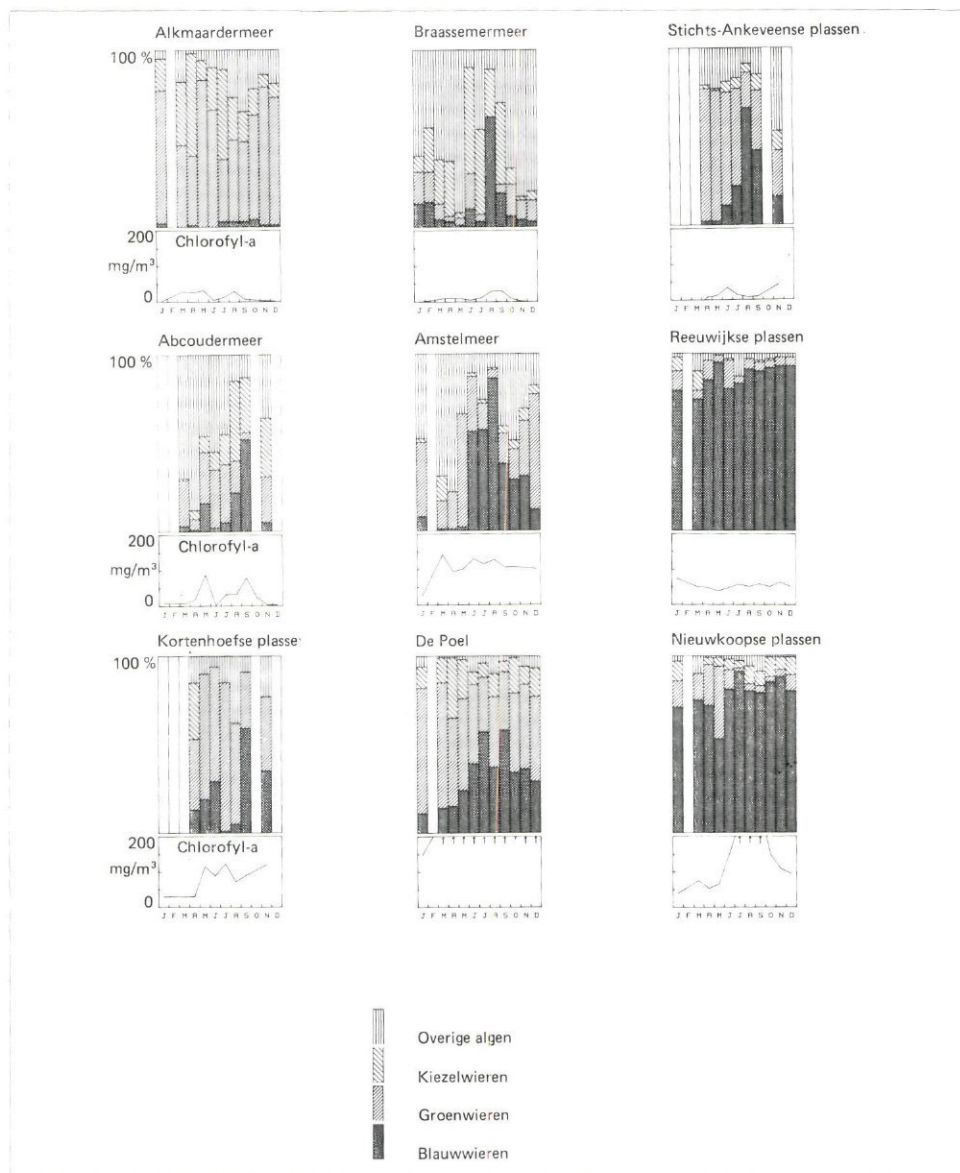
- Alle gekozen wateren worden volgens het IMP-systeem als goed tot zeer goed beoordeeld (kolom A). Dit klopt niet met de werkelijkheid daar een aantal gekozen meren sterk tot zeer sterk zijn geëutrofiëerd; afb. 4. Het IMP-systeem waardeert hier duidelijk te gunstig. Het geeft voorts weinig onderscheid tussen de verschillende wateren aan.
- Slechts één van de wateren (Stichts-Ankeveense plassen) voldoet op alle 10 onderzochte parameters aan de basiskwaliteit uit het IMP 1980-1984 (kolom B). Dit klopt ook niet met de werkelijkheid, daar minstens de helft van het aantal wateren zeker voldoet aan de omschrijving van het begrip basiskwaliteit. Wel valt op, dat naarmate een water meer vervuild of geëutrofiëerd is (in de tabel globaal van boven naar beneden) het aantal parameters dat voldoet, afneemt.
- De beoordeling volgens het systeem van tabel II, zonder dat daarbij de levensgemeenschappen worden betrokken, geeft een redelijke afspiegeling van de mate van biologische gezondheid van het water (kolom C).
- Een ecologisch gezien reëel beeld van de waterkwaliteit van de verschillende wateren wordt verkregen indien bij de beoordeling volgens het systeem van tabel II tevens gegevens van de levensgemeenschappen als saprobiëwaarden en algenperiodiciteit (zie afb. 4) in rekening worden gebracht (kolom D).

6. Enkele opmerkingen bij het raamwerk van Caspers en Karbe en bij het hierop gebaseerde systeem

In het raamwerk van Caspers en Karbe spelen de aanwezige levensgemeenschappen als respons op de verontreinigingen een

TABEL III - Resultaten van de beoordeling volgens het IMP-systeem, de IMP-basiskwaliteit en het systeem van tabel II (gegevens 1978 en 1979).

		A	B	C	D
		IMP-systeem	IMP basis-kwaliteit	Systeem van tabel II excl. kolom levensgemeenschappen	Systeem van tabel II incl. kolom levensgemeenschappen
Naam water					
Stichts- Ankeveenseplassen		1	10	II	III
Alkmaardermeer		1	8	II	III
Braassemermeer		1	8	II	III
Reeuwijkse plassen		2	7	IV	IV
Kortenhoeftse plassen		2	5	IV	IV tot V
Abcoudermeer		2	5	IV	III
Amstelmeer		2	4	IV	III tot IV
Nieuwkoopse plassen		2	4	IV	IV tot V
De Poel en 't Zwet		2	4	V	IV
Kolom A	Klasse 1 = zeer goed, klasse 5 = zeer slecht.				
Kolom B	Aantal parameters (totaal 10) die voldoen aan de normen van de basiskwaliteit uit het IMP 1980 - 1984. Parameters: doorzicht, opgeloste zuurstof, pH, chlorofyl-a, totaal fosfaat, totaal stikstof, nitraat + nitriet, BZV ₅ bij 20°, ammonium + ammoniak, vrij ammoniak.				
Kolom C en D:	Klasse II en III = biologisch gezond, klasse IV, V en VI = ongewenst.				



Ajb. 4.

belangrijke rol. Het betreft hier voornamelijk de respons op organische en anorganische voedingsstoffen. Aan de verontreiniging met ongezonde (giftige) stoffen gaat het systeem voorbij. Benadrukt wordt dat het raamwerk slechts geldt voor normale wateren met normale biologische processen [4].

In gevallen dat er (kennelijk) sprake is van giftige stoffen in het water is afzonderlijk onderzoek noodzakelijk. Indien er een vermoeden bestaat over de aard van de vergiftigende stof dan vindt chemische analyse plaats. Indien er niets bekend is, dan wordt gebruik gemaakt van zogenaamde toxiciteitsproeven, waarin men watermonsters in contact brengt met bepaalde bacteriën, algen, watervlooien en vissen. Daarnaast bestaat er nog allerlei ander gedetailleerd biologisch onderzoek zoals orgaanextractie bij dieren, bijvoorbeeld

chemische analyse van de lever bij vissen voor het opsporen van toxische stoffen in het oecosysteem.

In het raamwerk van Caspers en Karbe komen fosfor en stikstof niet voor. Het gaat om de intensiteit van de stofwisselingsprocessen zoals de intensiteit van de algengroei. Indien fosfor en stikstof niet worden omgezet in algengroei is dit voor een kwaliteitsbeoordeling dan ook van minder belang. Bij een beschrijving van de mate van eutrofiëring worden fosfor en stikstof uiteraard wel gehanteerd.

Bij de toepassing van het systeem zijn met betrekking tot de gegeven invulling enkele bedenkingen naar voren gekomen. Als belangrijkste worden de volgende genoemd:

– Chlorofyl

Vanuit hydrobiologisch oogpunt is het beter te werken met de gemiddelde zomer-

waarden dan met percentielen (= overschrijdingskansen). Slechte situaties (pieken in het chlorofyl-a gehalte) komen dan in het algemeen beter tot uitdrukking.

– Biologisch zuurstofverbruik (BZV₅ bij 20°)

Bij de lagere klassen (II tot en met IV) is in het algemeen BZV de klassebepalende factor en bij de hogere klassen (V en VI) de zuurstofwaarnemingen. Dit betekent dat beide parameters niet juist op elkaar zijn afgestemd. De BZV-richtwaarden voor klasse VI (6 – 16 mg O₂/l) lijken veel te ruim. Dit geldt temeer in vergelijking met klasse III (4 – 6 mg O₂/l).

De parameters chlorofyl-a en BZV₅ bij 20° geven meer een indruk van de mogelijke dan van de actuele bio-activiteit. Door Caspers en Karbe is herhaaldelijk benadrukt dat juist de actuele intensiteit van de processen bepalend is voor de waterkwaliteit. Gebruik van de BZV₅ bij 20° als procesparameter is in dit licht nog het meest correct naarmate de temperatuur van het water ligt in de orde van 20° (zomerperiode).

Beter zou zijn in de toekomst als opbouwparameter te nemen: BZV in het (dag)licht bij de actuele oppervlaktewatertemperatuur over een nader te bepalen periode en als afbraakparameter: BZV in het donker eveneens bij de actuele oppervlaktewatertemperatuur en over een nader te bepalen periode.

– Zuurstofhuishouding

De bovengrens van een gunstige zuurstofwaarneming (110 % verzadiging) is aan de lage kant. Gematigde (aanvaardbare) algengroei leidt in de zomer al gauw tot verzadigingspercentages van 120 à 130 %. Hydrobiologisch gezien zijn deze verzadigingswaarden niet direct als ongunstig aan te merken.

Voorts is het niet juist dat een waarneming met een zuurstofgehalte van 0 mg O₂/l even zwaar telt als een waarneming met 120 % verzadiging. De waardering van het verloop van het zuurstofgehalte (gunstige zuurstofwaarneming) sluit maar zeer ten dele aan bij de bedoelingen van Caspers en Karbe. Beter zou het zijn per klasse aan te geven op welk niveau het zuurstofgehalte in het algemeen moet liggen en welke schommelingen toelaatbaar zijn.

– Levensgemeenschappen

Bij gebruik van parameters die een indruk geven van de structuur en de samenstelling van de aanwezige levensgemeenschappen in het water moet worden opgepast voor het subjectieve element bij de interpretatie. De oorzaak hiervan is dat vaste beoordelingscriteria (referentiekader) ontbreken. Ook heeft men nog weinig inzicht in welke

levensgemeenschappen in de niet vervuilde of natuurlijke situatie aanwezig dienen te zijn.

— De door Caspers en Karbe per klasse voorgestelde verhouding tussen de opbouw- en afbraakprocessen binnen de stofwisselingskringloop (zie afb. 2) geldt met name voor wateren waar een zeker evenwicht aanwezig is. In gestoorde wateren, zoals vele boezemwateren in laag Nederland, zal veelal een van het ideaalbeeld afwijkende verhouding tussen de processen worden aangetroffen. Als storingsfactoren in de bedoelde wateren kunnen worden genoemd de vele lozingen van gezuiverd en ongezuiverd afvalwater, de veelal hoge troebelheid door slibdeeltjes en humuszuren en de periodieke doorspoelingen met Rijnwater (zomer) en polderwater (winter). Met het oog op het beheer is het zinvol dat met name bij de klassen III en IV in de eindbeoordeling tot uitdrukking komt of de klasse is bepaald door overmatige algengroei (chlorofyl-a) of door overmatige afbraak (BZV). Dit kan gebeuren door aan de eindklasse toe te voegen de letter t (trofie) in het eerste geval en de letter s (saprobie) in het tweede geval.

— Vele wateren in Noord- en Zuid-Holland vallen in de klassen III en IV, die beide behoren tot de matig vervuilde of zelfreinigingszone van het eutrofe type. Om aanwezige verschillen in waterkwaliteit voldoende tot uitdrukking te brengen is een nadere onderverdeling van deze klassen gewenst.

Ten behoeve van de op te stellen waterkwaliteit(beheers)plannen worden in Noord- en Zuid-Holland verschillende onderzoeken uitgevoerd om te komen tot een verdere uitwerking en invulling van het raamwerk van Caspers en Karbe. Coördinatie van deze onderzoeken vindt zoveel mogelijk plaats in de overleggroep Hydrobiologie Noord-Holland, waar behalve het hoogheemraadschap van Rijnland, het hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en West-Friesland en het zuiveringsschap Amstel- en Gooiland, ook de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland, het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland en het Gemeentelijk Centraal Milieulaboratorium Amsterdam vertegenwoordigd zijn. Gestreefd wordt naar zoveel mogelijk uniformiteit in het te ontwikkelen beoordelingssysteem. Bovendien worden in deze overleggroep de resultaten van de onderzoeken bediscussieerd en worden afspraken gemaakt om overlap van onderzoek te voorkomen.

7. Samenvatting en conclusies

1. In de Indicatief Meerjaren Programma's is gesteld dat de kwaliteit van opper-

vaktewater dusdanig dient te zijn, dat deze goede kansen moet bieden voor de van nature aanwezige flora en fauna. Deze stellingname heeft de consequentie dat de beoordeling van de waterkwaliteit dient plaats te vinden op basis van biologische informatie.

2. Voor de beoordeling van de ecologische toestand van de wateren, zoals die in het lage westelijk deel van Nederland worden aangetroffen, vormt het raamwerk van Caspers en Karbe een geschikt uitgangspunt.

3. Het raamwerk, dat bestaat uit 6 klassen, gaat uit van de processen in het water; de opbouw van organische stof door algen en hogere waterplanten en de afbraak ervan. De zuurstofhuishouding staat daarbij centraal. Tevens vindt de koppeling plaats met de aanwezige levensgemeenschappen. Op basis van deze elementen worden de verschillende klassen door Caspers en Karbe in beschrijvende zin getypeerd.

4. In Noord- en Zuid-Holland is het raamwerk voorzien van klassegrenzen voor chlorofyl-a gehalte, biologisch-zuurstofverbruik en zuurstofgehalte. Tevens is een aanzet gegeven voor een nadere typering van de verschillende klassen met gegevens van de levensgemeenschappen.

5. Bij vergelijking met het systeem uit het oude Indicatief Meerjaren Programma en de basiskwaliteit uit het nieuwe Indicatief Meerjaren Programma blijkt het waterkwaliteitsklassensysteem volgens Caspers en Karbe in hydrobiologisch opzicht een reëler beeld te geven van de werkelijke waterkwaliteit. Het systeem in het oude Indicatief Meerjaren Programma waardeert — met name geëutrofiëerde wateren — over het algemeen te gunstig en de basiskwaliteit waardeert veelal te ongunstig terwijl beide methoden weinig onderscheid laten zien.

6. Het is mogelijk de parameters, zoals die gesteld zijn in het Indicatief Meerjaren Programma voor chlorofyl-a, biologisch-zuurstofverbruik en zuurstofgehalte, te betrekken bij de waterkwaliteitsbeoordeling volgens het raamwerk van Caspers en Karbe.

7. Het hier gepresenteerde systeem op basis van het raamwerk van Caspers en Karbe is nog niet af. Bij de waterkwaliteitsbeheerders in Noord- en Zuid-Holland vindt gecoördineerd onderzoek plaats om te komen tot een nadere uitwerking.

8. Het verdient aanbeveling dat ook andere waterkwaliteitsbeheerders in met name het lager gelegen deel van Nederland het raamwerk van Caspers en Karbe kiezen als uitgangspunt voor de beoordeling van de waterkwaliteit en door onderzoek een bijdrage leveren aan de verdere uitbouw van het systeem.

De illustraties zijn verzorgd door het hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen.

Literatuur

1. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. *Indicatief Meerjaren Programma 1975-1979. De bestrijding van verontreiniging van het oppervlaktewater*. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1975.
2. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. *Indicatief Meerjarenprogramma 1980-1984*. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1981.
3. Caspers, H. en Karbe, L. *Trophie und Saprobität als stoffwechseldynamischer Komplex*. Arch. Hydrobiol. 61,453-470, 1966.
4. Caspers, H. en Karbe, L. *Vorschläge für eine saprobiologische Typisierung der Gewässer*. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 52,145-162, 1967.
5. Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland. *Nota waterkwaliteitsbeheer in Zuid-Holland*. December 1973.
6. Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland. *Notitie met betrekking tot de kwaliteitsklasse-indeling van het oppervlaktewater in Zuid-Holland*. Notitie Provinciale Waterstaat Zuid-Holland, december 1975. Herzien juli 1976.
7. Provinciale Staten in Zuid-Holland. *Saneringsplan waterkwaliteit Zuid-Holland*. April 1974. Stuk nr. 969, 1974.
8. Smaal, A. C., Kruize, R. R. en Hueck-van der Plas, E. H. *Onderzoek naar systemen ter bepaling en beoordeling van de kwaliteit van het oppervlaktewater in Nederland*. SCMO-TNO A 1980-13, Delft 1980.
9. Kolkwitz, R. en Marsson, M. *Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna*. Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorg. Abwasserreinig. 1 : 33-72, 1902.
10. Liebmann, H. *Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie*. Band I und II. München, 1960-1962.
11. Schuurmans, R. R. *Hydrobiologisch onderzoek aan de Kierplassen*. Doct. verslag Milieuhygiëne, Leiden/RIN, Zeist, 1970.
12. Achterstraat, J. A., Burggraaf, M., Flach-de Geus en Klapwijk, S. P. *Beoordeling van het oppervlaktewater van het Groene Hart volgens biologische maatstaven, gebaseerd op geïnventariseerd onderzoek aan fytoplankton*. Verkenning van het I. v. M. — VU serie B, nr. 3, 1973.
13. Sládeček, V. *System of water quality from the biological point of view*. Ergebnisse der Limnologie, heft 7, Stuttgart, 1973.
14. Mauch, E. *Leitformen der Saprobität für die biologische Gewässeranalyse*. Cour. Forsch. - Inst. Senckenburg 21, Frankfurt am Main, 1976.
15. *Waterkwaliteitsplan tot 1982*. Zuiveringsschap Amstel- en Gooiland. Hilversum, 1978.
16. Klapwijk, S. P. *Hydrobiologisch onderzoek naar de uitwerking van het waterkwaliteitsklassensysteem van Caspers en Karbe voor grotere wateren in Zuid-Holland*. Rapport hoogheemraadschap van Rijnland, in voorbereiding.
17. Leentvaar, P. *Zeven criteria voor hypertrofie*. H₂O (12) 1979, nr. 17, blz. 368-372.
18. Leentvaar, P. *Comparison of hypertrophy on a seasonal scale in Dutch inland waters*. In: *Hypertrophic ecosystems*, p. 45-55. J. Barica and L. R. Mur (eds); Junk, The Hague, 1980.

