

De BOD₅²⁰-test, een onbruikbare maatstaf voor de bepaling van de kwaliteit van oppervlaktewater

Inleiding

De BOD₅²⁰-methode (Biochemical Oxygen Demand, Biochemisch Zuurstofverbruik), een test die ontwikkeld is om het zuurstofbindend vermogen van huishoudelijk afvalwater te meten, wordt ook veelvuldig gebruikt als een parameter voor de bepaling van de kwaliteit van oppervlaktewater. De test zou in dit verband informatie geven over:

1. het gehalte aan biologisch afbreekbaar organisch materiaal en/of



IR. M. VAN STRALEN
Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Leersum
Tegenwoordig adres:
Gelderse Milieufederatie,
Arnhem



DR. K. KERSTING
Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Leersum

2. de zuurstofhuishouding van het te beoordelen aquatisch systeem.

Het valt op zijn minst te betwijfelen of de BOD₅²⁰-test deze informatie inderdaad geeft. Biologisch afbreekbaar slaat bij afvalwater op organisch materiaal dat als voedselbron gebruikt kan worden door aërobe bacteriën. Busch (1965) gaat er hierbij van uit dat alleen opgeloste stoffen van belang zijn. Bij oppervlaktewater is er een belangrijk deel van de organische stof opgeslagen in biologisch materiaal. De biodegradatie van dit materiaal is sterk afhankelijk van de vorm of fase waarin het biologisch materiaal zich bevindt. Varma en DiGiano (1968) vonden bijv. dat de biodegradatie van dood algenmateriaal afhankelijk was van de leeftijd van de algen. Nog sterker is uiteraard het verschil tussen dood en levend biologisch materiaal. Levende algen worden helemaal niet aangeast door bacteriën. Dit betekent echter niet dat dit materiaal biologisch inert is. De verhouding tussen opgeloste organische stof en in organismen ingebouwde organische stof zou sterk kunnen wisselen. Dit zou de BOD₅²⁰ afhankelijk maken van de ontwikkelingsfase waarin de verschillende componenten van het ecosysteem zich bevinden. Op zichzelf zou dit geen probleem hoeven te vormen als het afbraakproces nooit langer dan vijf dagen zou duren. Dit is echter geenszins het geval. Pinter en Schmitz (1975) vonden dat het proces in Rijnwater minstens vijftig dagen duurde.

De BOD₅₀ was ongeveer het viervoudige van de BOD₅. Gannon (1966) vond met water van verschillende rivieren verhoudingen van BOD₅ en BOD₁₄ tussen 1,5 en 5,25. Hij vermeldde zelfs een geval waar de zuurstofonttrekking na veertig dagen weer versnelde met tenslotte een BOD₉₀ die vier maal zo hoog was als de BOD₁₄ en zelfs acht maal zo hoog als de BOD₅. Dit betekent dat er geen algemene factor gebruikt kan worden om de BOD₅ te extrapoleren naar een uiteindelijke waarde. Wat in vijf dagen wordt bepaald is slechts een onbekend en wisselend deel van de biologische afbreekbare fractie.

Ten aanzien van de zuurstofhuishouding zijn er nog sterkere twijfels aan de bruikbaarheid van de BOD₅²⁰. Een in situ bepaalde zuurstofwaarde zal de resultante zijn van de interactie van de volgende deelprocessen:

1. de fotosynthese van de submerse micro- en macrovegetatie;
2. de respiratie;
3. de zuurstofonttrekkende werking van de bodem (het bodemeffect);
4. de uitwisseling van zuurstof tussen water en de atmosfeer.

Deze deelprocessen zijn elk weer opgebouwd uit een aantal onderdelen.

De BOD₅²⁰-test kan door aard en uitvoering uitsluitend informatie verschaffen over een deelproces. Gemeten kan worden de gezamenlijke respiratie-activiteit van fyto- en zoöplankton en van de aquatische bacteriën. Deze activiteiten kunnen met de BOD₅²⁰-test echter niet afzonderlijk bepaald worden.

Het behoeft dus nauwelijks betoog, dat de BOD₅²⁰-test geen betrouwbare maat is om als uitgangspunt te dienen voor een voorspelling omtrent de zuurstofhuishouding. Immers, belangrijke factoren worden niet meebepaald. Bovendien zal ten gevolge van de incubatie bij de afwijkende toestand (continue verduistering, temperatuursprong) een sterke verschuiving in de soorten-samenstelling optreden. Het monster heeft dan vrijwel geen relatie meer met het bemonsterde object. In hoeverre de twijfels aan de BOD₅²⁰-methode gerechtvaardigd zijn, en in hoeverre de methode nog informatie geeft over de waterkwaliteit, is onderzocht door zeven duidelijk in waterkwaliteit

verschillende objecten te bemonsteren gedurende één jaar. Tevens werd onderzocht of beweging tijdens de incubatie de resultaten beïnvloedt en werd het effect van de temperatuur nagegaan.

Materiaal en methoden

De bemonsterde objecten zijn in volgorde van waterkwaliteit weergegeven in tabel I. De rangschikking gebeurde op grond van mondelinge informatie (Leentvaar, Flik, Oostendorp) over de biologische situatie en chemische bepalingen. De verwerkte informatie bestond uit: soortensamenstelling van het fytoplankton, zichtdiepte, indicatieve submerse vegetatie, KMnO₄-getal, en het gehalte aan organisch ammonium, orthofosfaat, nitraat, nitriet en ammoniak. De monsters werden genomen met een Ruttner waterhapper op ongeveer 50 cm diepte. Gedurende vijf tot zeven dagen werden de monsters in het donker geïncubeerd in een waterbad van 20 °C. Dagelijks werd de zuurstofconcentratie bepaald met een YSI zuurstofmeter (model 54 RC) voorzien van een zelfroerende elektrode die direct paste in de hals van de BOD-flesjes.

Een eventueel effect van beweging werd onderzocht door monsters in hetzelfde waterbad en wel en niet bewegend te incuberen. De beweging gebeurde door een carroussel die draaide met een snelheid van 2 rpm.

Resultaten en discussie

Effect van beweging

In dertien proefseries is onderzocht of er een verschil optreedt tussen niet bewegende en roterende monsters. Dit bleek in geen van deze proeven het geval te zijn. Dit komt overeen met de resultaten van Patten et al. (1963).

Downing (1967) vond wel een effect van turbulentie, maar dit bleek afhankelijk te zijn van de concentratie van gesuspenderde deeltjes. Een bepaalde turbulentie had bij een concentratie van 100 mg gesuspenderde deeltjes per liter een verhogend effect van 200 - 300 %, maar bij een concentratie van 10 mg/l was er geen effect. Aangezien beweging bij de onderzochte objecten geen rol speelde, zijn de monsters verder liggende geïncubeerd.

TABEL I - De bemonsterde objecten naar afnemende waterkwaliteit.

Maarsseveense recreatieplas	(bij Maarsseveen)	afnemende kwaliteit
Fort Rhijnauwen binnengracht	(bij Bunnik)	
Fort Rhijnauwen buitengracht	(bij Bunnik)	
Plas 't Hammetje	(bij Hoevelaken)	
Molenpolder 1	(bij Maarsseveen)	
Molenpolder 2	(bij Maarsseveen)	
Kleine Maarsseveense plas	(bij Maarsseveen)	

Temperatuur effect

Een aantal malen werd een monster van de Kleine Maarsseveense plas bij verschillende temperaturen geïncubeerd. De gegevens zijn samengevat in een zgn. Arrhenius plot waarbij voor elke proefserie de BOD_5^{20} op 1 gesteld is (afb. 1).

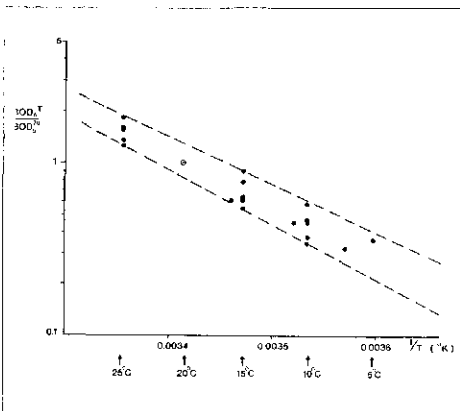
Een Arrhenius plot geeft meestal een lineair verband tussen een snelheid en de temperatuur. Het blijkt dat het effect van de temperatuur nogal variabel is.

Het is dus niet mogelijk de BOD_5 van een monster dat geïncubeerd is bij de standaardtemperatuur van 20 °C, te gebruiken voor extrapolatie naar een andere temperatuur. Tevens blijkt dat een incubatietemperatuur van 25 °C steeds een hogere BOD geeft dan bij 20 °C. Dit betekent dat de biodegradatie na vijf dagen bij 20 °C niet compleet was. Het verschil kan meer dan 50 % bedragen. Terzijde kan worden opgemerkt dat het verloop van zuurstofconcentratie in de tijd in het algemeen lineair was. Er was nooit sprake van een afbuiging tegen het einde van de incubatieperiode anders dan ten gevolge van het opraken van de zuurstof. Dit geldt eveneens voor monsters die zeven dagen werden geïncubeerd bij de standaardtemperatuur van 20 °C. Hieruit volgt wederom dat de biodegradatie niet compleet is na vijf dagen.

BOD_5^{20} en de waterkwaliteit

De gegevens van de verschillende objecten door het gehele jaar heen zijn samengevat in tabel II. Opmerkelijk is het feit dat de BOD_5^{20} zich binnen zeer korte tijd sterk kan wijzigen. Deze variaties worden niet teruggevonden in het totale gehalte aan organische stof zoals dat gemeten wordt met de permanganaatmethode. Er bleek geen correlatie te bestaan tussen de permanganaatgetallen en de BOD_5^{20} -waarden.

Afb. 1 - Arrhenius plot van de BOD bepalingen bij verschillende temperaturen. De BOD_5^{20} is voor iedere proefserie gelijk aan 1 gesteld.



TABEL II - Samenvatting van alle waarnemingen. Kolom I is Maarsseveense Recreatieplas, II is Fort Rhijnauwen binnengracht, III is Fort Rhijnauwen buitengracht, IV is Plas 't Hammetje, V is Molenpolder 1, VI is Molenpolder 2, VII is Kleine Maarsseveense Plas.

jaar nr.	week	I	II	III	IV	V	VI	VII
'73	48		3					
	49							
	50			7				
	51		>8,5	12				
	52							
'74	1							
	2		3,5	1				
	3							
	4		1,5	4				
	5	4,5						4,5
	6		1,5	8,5	3,5			
	7	3						4
	8		2,5	5,5				
	9	2						2
	10		2	8	5			
	11	2,5				7,5	7,5	2,5
	12		4,5	7,5				
	13							
	14	2			6,5	7	8,5	7,5
	15							
	16	2				13,5	16	3
	17							
	18					8,5	10,5	
	19				7			
	20							
	21							
	22		2,5	3,5				
	23				6,5			
	24							
	25							
	26	1,5						7,5
	27							
	28				5,5			
	29	1						2
	30		3	5,5				8
	31	3						
	32				6,5			
	33							
	34	2,5	2,5	3,5		7	10,5	14
	35							
	36				4,5			
	37							
	38	1,5				6	12,5	5,5
	39	1,5						7
	40	2,5	1,5	2,5				12
	41				10			7
	42							4,5
	43	1,5	1	7,5				2
	44							6,5
	45	1,5						5
	46	2				2	8	5,5
	47	1,5	3,5	3,5				2,5
	48	4,5						5
	49							
	50							
	51	1,5	1,5	3		3	3	2,5

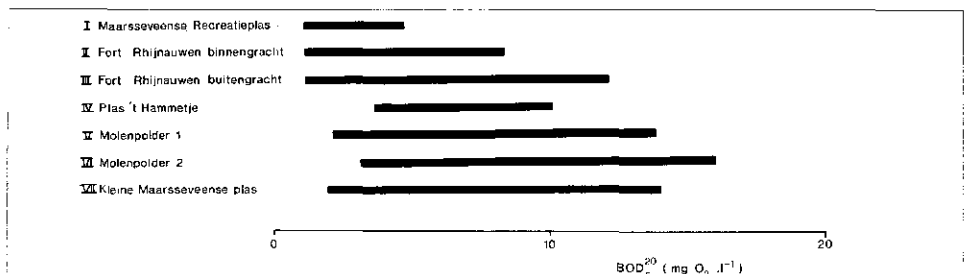
De sterke wisselingen van de BOD_5^{20} -waarden kunnen dan ook het beste verklaard worden uit het effect dat de groeifase van het ecosysteem heeft op de uiteindelijke BOD_5^{20} -waarden. Dit betekent echter dat de waterkwaliteit van een object zoals die door de BOD aangegeven wordt, erg variabel zou zijn. De variaties worden echter door het ecosysteem zelf veroorzaakt en het is niet zinvol om dit in de kwaliteitsbepaling te laten meetellen. Het gevolg van de variabiliteit is tevens dat de variaties per object groter zijn dan de verschillen tussen de objecten, hetgeen duidelijk wordt geïllustreerd in afb. 2. Alleen de gevonden maxima vertonen enig verband met de kwaliteit. Deze maxima treden echter op in verschillende perioden van het jaar waardoor onderlinge vergelijking niet goed mogelijk is. Dit alles betekent dat de BOD_5^{20} -waarde niet bruikbaar is als maat voor de waterkwaliteit. Er zijn situaties denkbaar waarbij de methode reële informatie oplevert, maar dit is niet a priori te bepalen. De onzekerheden maken de methode daarom ongeschikt voor algemene toepassing.

BOD_5^{20} en de zuurstofhuishouding

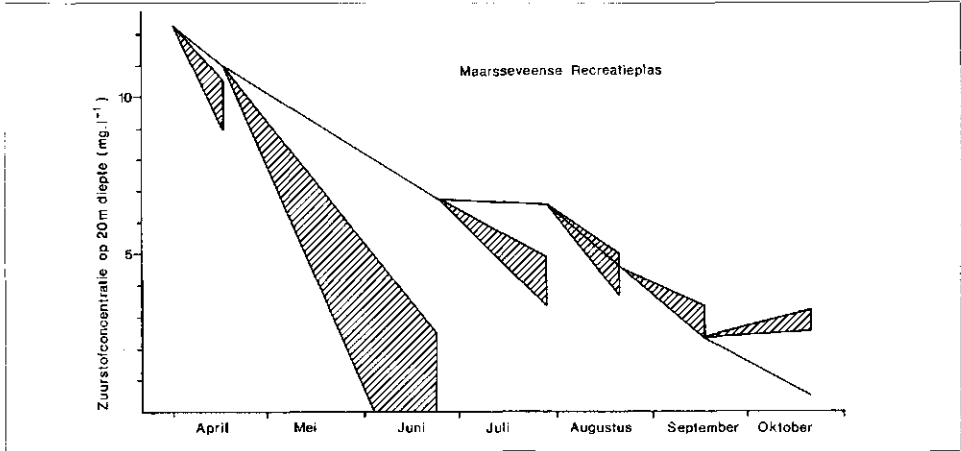
Zoals in de inleiding is uiteengezet, worden bij een BOD-bepaling zoveel factoren niet meegemeten, dat voorspellingen op grond van de BOD_5^{20} -waarden weinig waarde hebben. Hiervoor is aangetoond dat het ontbreken van menging op zich geen effect heeft in de onderzochte monsters. Voor monsters van het hypolimnion van gestratificeerde meren betekenen continue verduistering en het ontbreken van reaëratie en bodemeffect geen verandering ten opzichte van de in situ situatie. Het zou mogelijk zijn dat op grond van de BOD_5^{20} -waarde in dit geval wel voorspellingen kunnen worden gedaan over de in situ situatie. Om dit na te gaan zijn monsters van de Maarsseveense plassen gebruikt.

Van de Maarsseveense recreatieplas (diepte 30 m) zijn monsters van 20 m diepte gebruikt, en bij de Kleine Maarsseveense plas (diepte 20 m) van 15 m diepte. Zoals hiervoor is uiteengezet is het niet mogelijk een algemene omrekeningsfactor

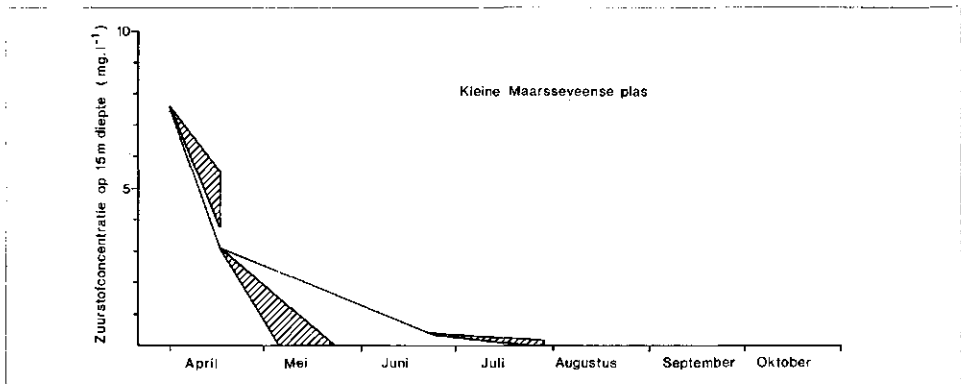
Afb. 2 - Range van BOD_5^{20} -waarden voor de verschillende objecten.



Afb. 3 - Voorspelde en gemeten verloop van het zuurstofgehalte van het hypolimnion van de Maarsseveense plassen. Getrokken lijn is lineaire interpolatie van 2 metingen in situ. Gearceerde gebied is voorspelde verloop voor het meetinterval op grond van de BOD₅²⁰ bij een minimale en maximale temperatuurcorrectie.



A. Maarsseveense Recreatieplas. Diepte 30 meter, monsters van 20 meter.



B. Kleine Maarsseveense plas. Diepte 20 meter, monsters van 15 meter.

te gebruiken. Daarom zijn de omrekeningen naar in situ temperatuur uitgevoerd met een minimale en een maximale correctie. Uit de resultaten (afb. 3) blijkt dat in deze gevallen de voorspellingen evenmin kloppen. Het is mogelijk dat de gekozen waterdiepten niet zo geïsoleerd en ongestoord zijn als is aangenomen. Het ligt echter meer voor de hand dat de resultaten niet meer representatief zijn omdat het monster lange tijd in een flesje is opgesloten. Dit betekent dat de BOD₅²⁰-test zelfs niet in dit ideale geval bruikbaar is om voorspellingen te doen over de zuurstofhuishouding.

Samenvatting

Op grond van literatuurgegevens en theoretische argumenten is aannemelijk gemaakt dat de BOD₅²⁰-test geen bruikbare informatie geeft over het gehalte aan biologisch afbreekbare organische stof en evenmin bruikbaar is om voorspellingen te doen over de zuurstofhuishouding van oppervlaktewater. Bij vergelijking van de BOD₅²⁰-waarden van een aantal duidelijk in waterkwaliteit verschillende objecten bleek even-

min een verband te bestaan tussen de BOD₅²⁰-waarden en de waterkwaliteit. De variaties per object waren groter dan de verschillen tussen de objecten. Het bleek ook niet mogelijk aan de hand van BOD₅²⁰-waarden van monsters van het hypolimnion van twee diepe meren voorspellingen te doen over het zuurstofgehalte van het hypolimnion.

Literatuur

Busch, A. W. (1965). *Energy, total carbon and oxygen demand*. Engineering Bulletin, 49: 457-469.
 Downing, A. L. (1976). *The effects of pollution on the oxygen balance of rivers*. Geciteerd uit: W. Asman en J. Korff de Gidts (1973). *Zuurstofhuishouding in stromend oppervlaktewater*. Kromme Rijn rapport 24, p. 36.
 Gannon, J. J. (1966). *River and laboratory BOD rate considerations*. Journal of the Sanitary Engineering Division ASCE, 92: 135-161.
 Patten, B. C., et al. (1964). *Some experimental characteristics of dark and light bottles*. J. Cons. Int. Explor. 28: 335-353.
 Varma, M. M. and F. DiGiano (1968). *Kinetics of oxygen uptake*. Journal WPCF, 40: 613-626.