

chloride gek

kan Micro

**DOORSPOELEN OF OPZOUTEN?**

**BESTRIJDING VAN BLAUWALGEN IN HET**

**2005** **VOLKERAK-ZOOMMEER**

DRS. JOLANDA M.H. VERSPAGEN, DR. PAUL BOERS,

PROF. DR. HENDRIKUS J. LAANBROEK EN PROF. DR. JEF HUISMAN

f, zodat er

chloride gek

kan **Microc**

**DOORSPOELEN OF OPZOUTEN?**

**BESTRIJDING VAN BLAUWALGEN IN HET**

**2005** **VOLKERAK-ZOOMMEER**

DRS. JOLANDA M.H. VERSPAGEN, DR. PAUL BOERS,

PROF. DR. HENDRIKUS J. LAANBROEK EN PROF. DR. JEF HUISMAN

UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ECOLOGIE

RIZA

MAART 2005

zodat er gee

## **DANKWOORD**

Het onderzoek waarop dit rapport is gebaseerd werd gefinancierd door Rijkswaterstaat Zeeland, Rijkswaterstaat RIZA, de Universiteit van Amsterdam en het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW). De resultaten in dit rapport zijn mede totstandgekomen door de inzet van de volgende personen: Kirsten Wolfstein (RWS RIZA), Bas Ibelings (RWS RIZA), Louis Peperzak (RWS RIKZ), Luuc Mur (UvA), Petra Visser (UvA), Jutta Passarge (UvA) en Wim de Vos (RWS Zeeland). De bemanning van de Argus, Eveline Snelder en Cindy Koumans zijn bijzonder behulpzaam geweest bij het nemen en analyseren van monsters uit het meer.

## **Doorspoelen of opzouten?**

Bestrijding van blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer

### Auteurs:

Drs. Jolanda M.H. Verspagen, Dr. Paul Boers,  
Prof. dr. Hendrikus J. Laanbroek en Prof. dr. Jef Huisman

### Contact adres:

Drs. Jolanda Verspagen/Prof. dr. Jef Huisman  
Aquatische Microbiologie  
Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica  
Universiteit van Amsterdam  
Nieuwe Achtergracht 127  
1018 WE Amsterdam  
Telefoon: 020-5257085  
Fax: 020-5257064  
E-mail: jef.huisman@science.uva.nl

## **SAMENVATTING**

Het Volkerak-Zoommeer verandert iedere zomer in een groene soep van giftige **blauwalgen**. Enkele jaren na de afsluiting van het Volkerak-estuarium is dat begonnen. Twee maatregelen zijn bruikbaar om de **blauwalgenbloei** te bestrijden: doorspoelen met zoet water en verzilten met zout water. In dit rapport is beschreven in welke mate deze bestrijdingsmaatregelen de bloei van **blauwalgen** kunnen onderdrukken. Hiervoor is een rekenkundig model ontwikkeld dat gebaseerd is op resultaten van een vierjarig onderzoek naar **blauwalgen** in het Volkerak-Zoommeer.

Het effect van doorspoelen is het grootst als het doorspoeldebiet het hele jaar door tenminste 75 m<sup>3</sup>/s is. Als doorspoelen gedurende een deel van de zomer niet mogelijk is, is dit te compenseren door de rest van het jaar met een groter debiet door te spoelen. Afhankelijk van het doorspoeldebiet kan het enige jaren duren voordat de bloei volledig verdwenen is. Verzilten heeft effect als het chloridegehalte voldoende hoog wordt. **Blauwalgen** zijn redelijk goed bestand tegen brak water. De bloei verdwijnt pas als het chloridegehalte hoger is dan 8 g/l. De Krammersluizen bieden de mogelijkheid om zout water in te laten met een debiet van maximaal 53 m<sup>3</sup>/s. Daarmee is het mogelijk om het zoutgehalte te verhogen tot 13 à 16 g/l chloride.

De **blauwalgenbloei** zal daardoor volledig verdwijnen. Het is raadzaam om het zoute water te laten doorstromen, om problemen met giftige mariene algen te vermijden. De conclusie is dat elk van beide maatregelen voldoet om de **blauwalgen** te bestrijden.

## **HET PROBLEEM**

In 1987 is het Volkerak afgesloten van de invloed van de zee. Hiermee is een van de grootste zoetwatermeren van Nederland ontstaan, het Volkerak-Zoommeer. Sinds het begin van de jaren negentig verandert het Volkerak-Zoommeer iedere zomer in een groene soep van giftige **blauwalgen**.



**Doorspoelen:** de verblijftijd van het water wordt verkort door de inlaat van zoet water vanuit het Hollands Diep te vergroten. Als gevolg hiervan spoelen de **blauwalgen** naar de Westerschelde waar ze afsterven door de zoutshok. In het Volkerak-Zoommeer nemen andere algensoorten de plaats in van de **blauwalgen**, zoals kiezelwieren en groenalgen. Deze algen zijn niet giftig en vormen geen drijfvlagen.

**Verzilten:** **blauwalgen** zoals *Microcystis* kunnen niet groeien in zout water. Door het zoutgehalte van het meer te verhogen zal *Microcystis* verdwijnen. Daarvoor in de plaats zullen andere algen komen die aangepast zijn aan brak of zout water.

Beide maatregelen zijn bruikbaar om een einde te maken aan de **blauwalgenbloei** in het Volkerak-Zoommeer. Maar wat zijn de randvoorwaarden voor een succesvol resultaat? Hoe groot moet het doorspoeldebiet zijn, en wat is de beste periode om door te spoelen? Hoe hoog moet het zoutgehalte in het meer minimaal zijn om een einde te maken aan het probleem?

Om een antwoord te vinden op deze vragen hebben de Universiteit van Amsterdam en het Nederlands Instituut voor Ecologie in opdracht van Rijkswaterstaat uitgebreid onderzoek gedaan aan de **blauwalgen** in het Volkerak-Zoommeer. Op basis hiervan is een rekenkundig model ontwikkeld waarmee de effecten van verschillende scenario's kunnen worden berekend. Een uitgebreide wetenschappelijke verantwoording van het onderzoek is gegeven in wetenschappelijke publicaties (Verspagen *et al.*, 2004 en 2005). Later zal ook een proefschrift verschijnen over dit onderwerp. Dit rapport bevat een beknopte beschrijving van het model, de berekeningen en de antwoorden op bovenstaande vragen.

## HET MODEL

Het model berekent hoe de hoeveelheid **blauwalgen** in het water en het sediment verandert in de loop van de tijd. De hoeveelheid **blauwalgen** in

---















rivieren verandert. Met een 2-D-waterbewegingsmodel is berekend dat het chloridegehalte in het Volkerak-Zoommeer ongeveer drie maanden na het starten van de zoutwaterinlaat een nieuw evenwicht bereikt (Lievense, 2004). In deze evenwichtssituatie is het chloridegehalte in de zomer hoog (13 - 16 g/l) omdat de rivieren in die periode minder zoet water aanvoeren. In de winter stroomt juist meer zoet water via de Brabantse rivieren in het meer waardoor het chloridegehalte lager zal zijn (4 - 11 g/l). Voorlopige berekeningen laten zien dat deze seizoensvariatie ongeveer dezelfde resultaten geeft als bovengenoemde scenario's zonder seizoensvariatie.

- 3) Het verzilten van het meer kan ertoe leiden dat gescheiden waterlagen met verschillende zoutgehalten ontstaan (verticale zoutstratificatie). Het onderste gedeelte van de waterkolom kan daarbij zeer zout en zuurstofloos worden. Dat heeft nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit en de organismen in de diepe gedeelten van het meer. Zoutstratificatie is te verbreken door getijdenbeweging te introduceren.
- 4) Het is mogelijk dat in brak water of zout water andere soorten overlast gaan veroorzaken, zoals zeesla of giftige mariene algensoorten [Sellner, 1997; van Dolah, 2000]. Dit probleem is te voorkomen door het introduceren van getijdenbeweging. Ook een hoog doorspoeldebiet kan een oplossing vormen. Met het huidige model, dat gericht is op [blauwalgen](#), is echter niet te voorspellen hoe hoog het doorspoeldebiet moet zijn om problemen met mariene algensoorten te voorkomen.

#### **DISCUSSIE EN CONCLUSIES:**

**DOORSPOELEN** Het doorspoelen van het Volkerak-Zoommeer is een haalbare methode om [Microcystis](#) te bestrijden. Verschillende scenario's zijn mogelijk. In ieder scenario is doorspoeling gedurende de hele winter en tenminste een deel van de zomer noodzakelijk.

---

De effectiviteit van doorspoelen neemt na een aantal jaren toe. De meest effectieve optie lijkt te zijn om in het eerste jaar vrij stevig door te spoelen en het doorspoeldebiet in latere jaren geleidelijk terug te brengen. Het doorspoeldebiet zal echter blijvend hoger moeten zijn dan in de huidige situatie. Als niet meer doorgespoeld wordt, zullen de **blauwalgen** waarschijnlijk binnen enkele jaren terugkeren in het meer.

**INLAAT VAN ZOUT WATER** Verzilten van het Volkerak-Zoommeer is een haalbare methode om **Microcystis** te bestrijden. Het zoutgehalte moet voldoende hoog zijn, omdat de **blauwalgen** brak water redelijk goed verdragen. Bij verzilting bestaat de kans dat mariene algensoorten overlast gaan veroorzaken, vooral als de verblijftijd van het water lang is. Om dit potentiële probleem te vermijden is het raadzaam om een hoog doorspoeldebiet van zout water in te stellen of getijdenbeweging te introduceren.

### **VERVOLGSTUDIES**

Het model dat voor dit rapport is gebruikt, is gebaseerd op uitgebreide metingen in het laboratorium en in het Volkerak-Zoommeer. Toch is verdere detaillering van het model mogelijk. Het zou vooral nuttig zijn om de vorming van drijfzand beter te onderzoeken door horizontale en verticale mengprocessen in te bouwen in het model. Als gekozen wordt voor het bestrijden van **blauwalgen** door de inlaat van zout water, verdient zoutstratificatie verdere aandacht.

Bij toepassing van een van de maatregelen uit dit rapport, is het raadzaam om de veranderingen in het Volkerak-Zoommeer nauwgezet te monitoren. Dat maakt het mogelijk om het succes van de maatregelen te evalueren en om kennis op te doen voor toekomstige grootschalige ingrepen in het waterbeheer.

#### LITERATUUR

Carmichael W. W., S. M. F. O. Azevedo, J. S. An, R. J. R. Molica, E. M.

Jochimsen, S. Lau, K. L. Rinehart, G. R. Shaw & G. K. Eaglesham. 2001.

Human fatalities from *cyanobacteria*: chemical and biological evidence for cyanotoxins. *Environmental Health Perspectives* 109: 663-668.

De Weger D. & R.H.H.P. Jaeger. 2001. Risicoanalyse doorspoelproef

Volkerak-Zoommeer. Versie 4.0. Rapport Bouwdienst Rijkswaterstaat.

Falconer I. R. 1999. An overview of problems caused by toxic blue-green

algae (*cyanobacteria*) in drinking and recreational waters. *Environmental*

*Toxicology* 14: 5-12.

Huisman, J., H. C. P. Matthijs & P. M. Visser, eds. 2005. Harmful *Cyanobacteria*.

Springer, Berlijn.

Lievense P. 2004. Verkenning naar effect van inlaten van zout water via

derde sluisriool Krammersluizen op het chloridegehalte in het Volkerak-

Zoommeer. Memo, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland.

Peperzak L. 2003. Effect van chlorideconcentratie op de groei van de *ciano-*

*bacterie Microcystis* sp. Rijkswaterstaat, Werkdocument RIKZ/LP3.

Sellner, K. G. 1997. Physiology, ecology and toxic properties of marine

*cyanobacteria* blooms. *Limnology and Oceanography* 42:1089-1104.

Van Dolah, F. M. 2000. Marine algal toxins: origins, health effects, and their

increased occurrence. *Environmental Health Perspectives* 108:133-141.

---

Verspagen J. M. H., E. O. F. M. Snelder, P. M. Visser, J. Huisman, L. R. Mur & B. W. Ibelings. 2004. Recruitment of benthic *Microcystis (Cyanophyceae)* to the water column: internal buoyancy changes or resuspension? *Journal of Phycology* 40: 260-270.

Verspagen J. M. H., E. O. F. M. Snelder, P. M. Visser, K. D. Jöhnk, B. W. Ibelings, L. R. Mur & J. Huisman. 2005. Benthic-pelagic coupling in the population dynamics of the harmful cyanobacterium *Microcystis*. *Freshwater Biology* (in press).

Verspagen J. M. H., J. Passarge, K. D. Jöhnk, P. M. Visser, L. Peperzak, P. Boers, H. J. Laanbroek & J. Huisman. Water management strategies against toxic *Microcystis* blooms in the Dutch delta. Ingezonden manuscript.

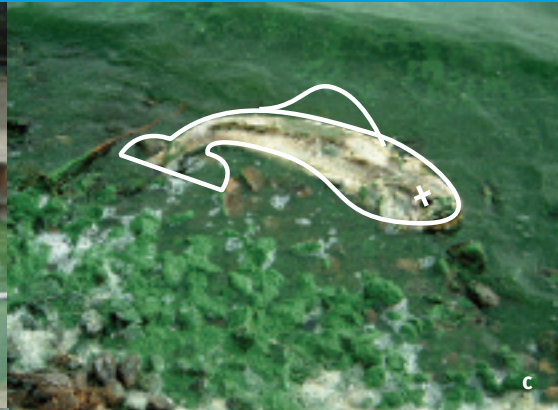
WHO-website. [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/bath-water/ch13.htm](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/bath-water/ch13.htm).

---



### FIGUUR 1

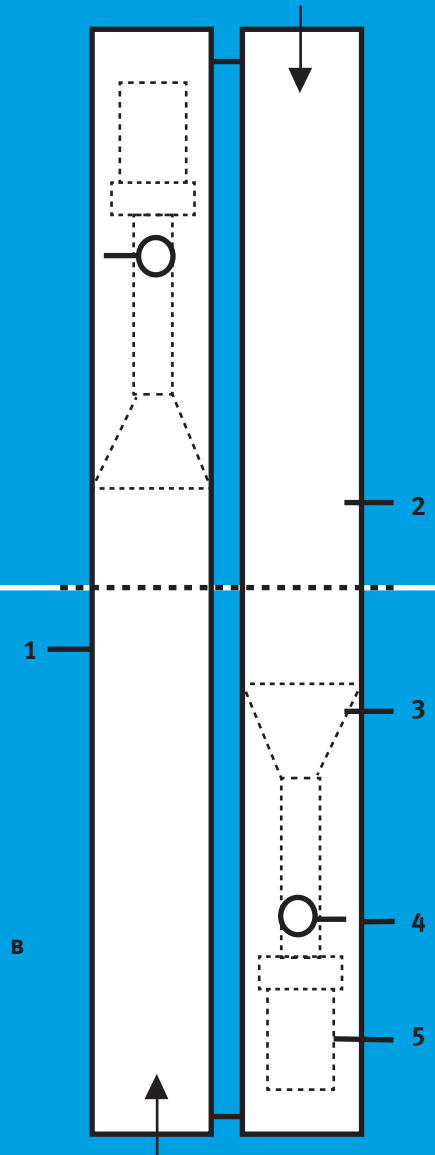
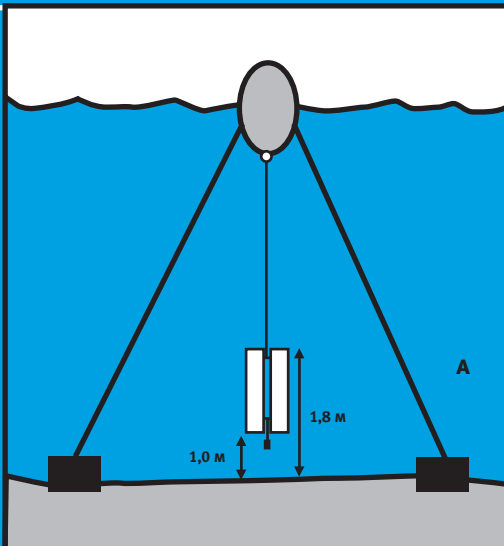
Aangespoelde drijfslagen van de blauwalg *Microcystis* kunnen voor veel overlast zorgen. De drijfslagen zijn giftig en gevaarlijk voor mens en dier. Drijfslagen hopen zich vaak op in delen van het meer waar weinig wind is, zoals jachthavens (a). Er worden vaak dode dieren gevonden in de giftige drijfslagen, zoals vissen (b) en soms vindt massale vogelsterfte plaats (c) zoals in de zomer van 2002. De foto's zijn genomen in het Volkerak-Zoommeer.

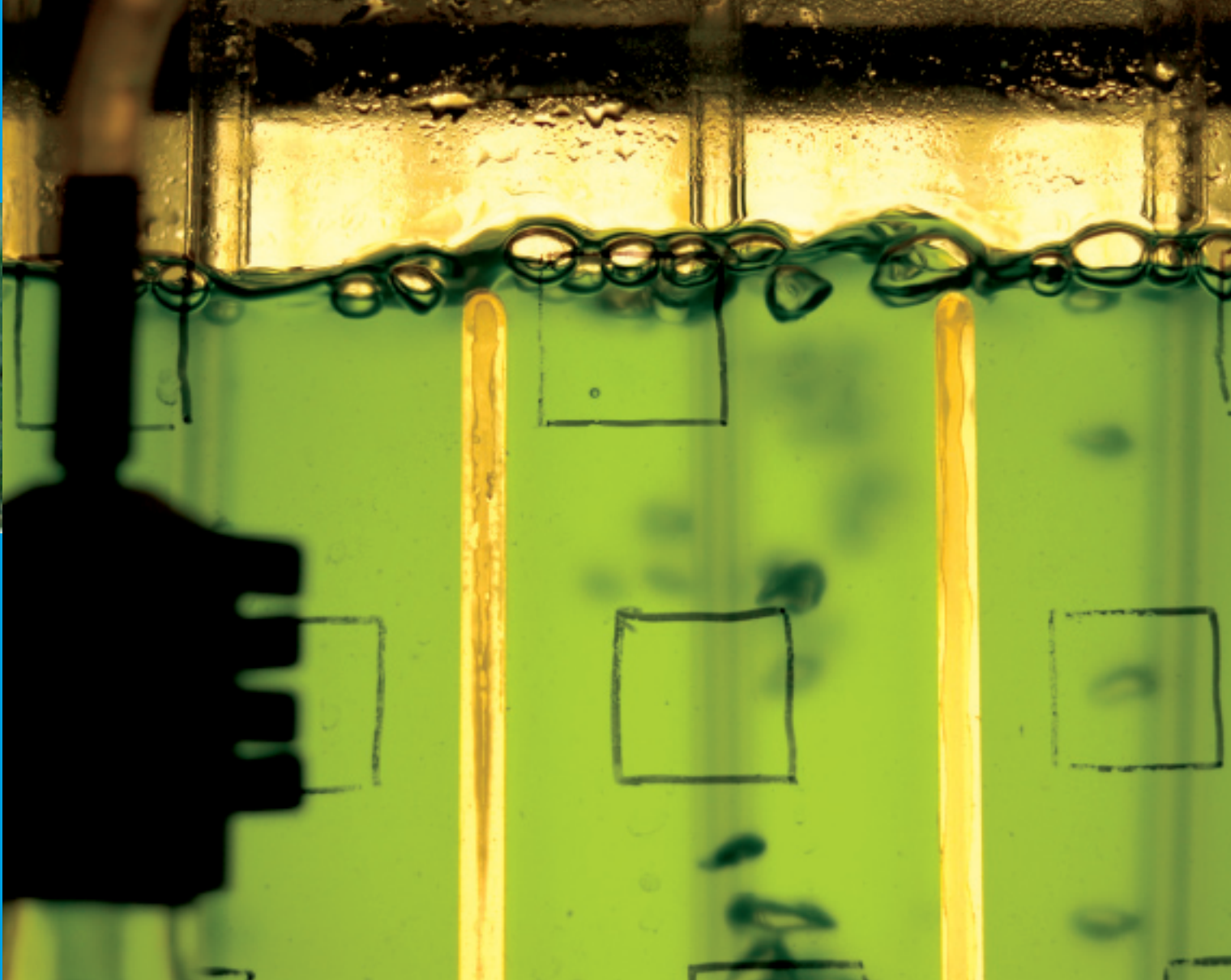


### FIGUUR 6

In het Volkerak-Zoommeer zijn vallen opgehangen in het water vlak boven het sediment, om de uitwisseling van *Microcystis* tussen het water en het sediment te meten. De vallen bestaan uit buizen met een lengte van 80 cm en een diameter van 12 cm. De vallen zijn vanaf een boei tot 1 m boven het sediment opgehangen (a).

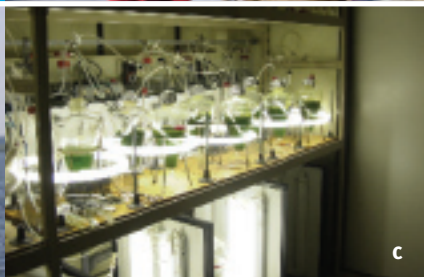
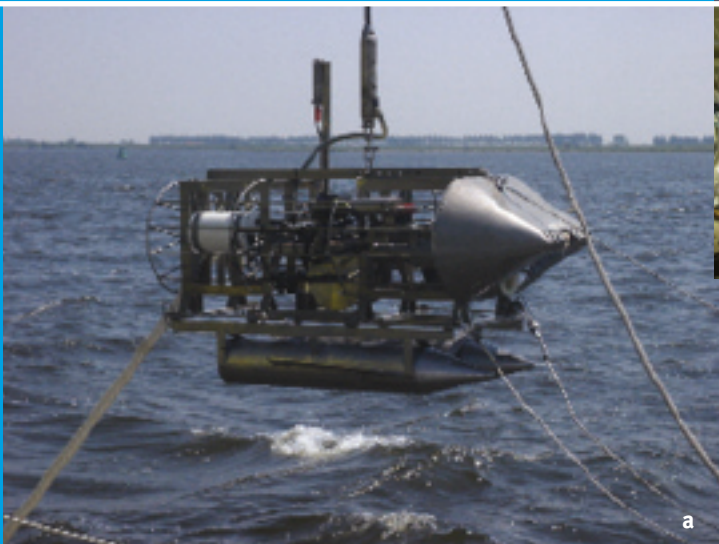
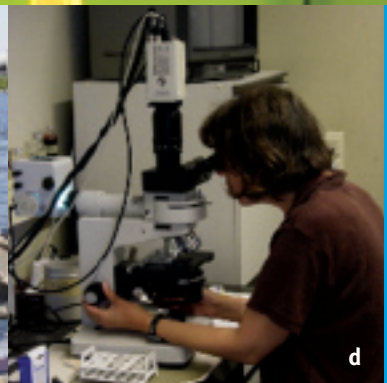
In een dwarsdoorsnede is te zien hoe de vallen werken (b). De recruitmentval (1) verzamelt alle *Microcystis*-kolonies die vanaf de bodem opstijgen. De sedimentval (2) verzamelt alle *Microcystis*-kolonies die naar het sediment zakken. De zinkende en stijgende kolonies werden via een trechter (3) geconcentreerd in een monsterpotje (5). Het kraantje (4) werd gebruikt om het monsterpotje af te sluiten vlak voordat de vallen boven water werden gehaald.

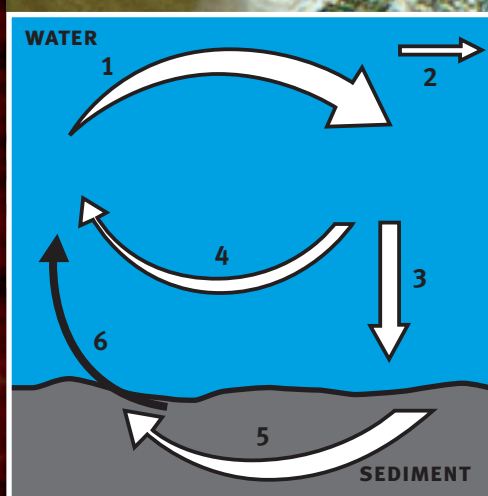
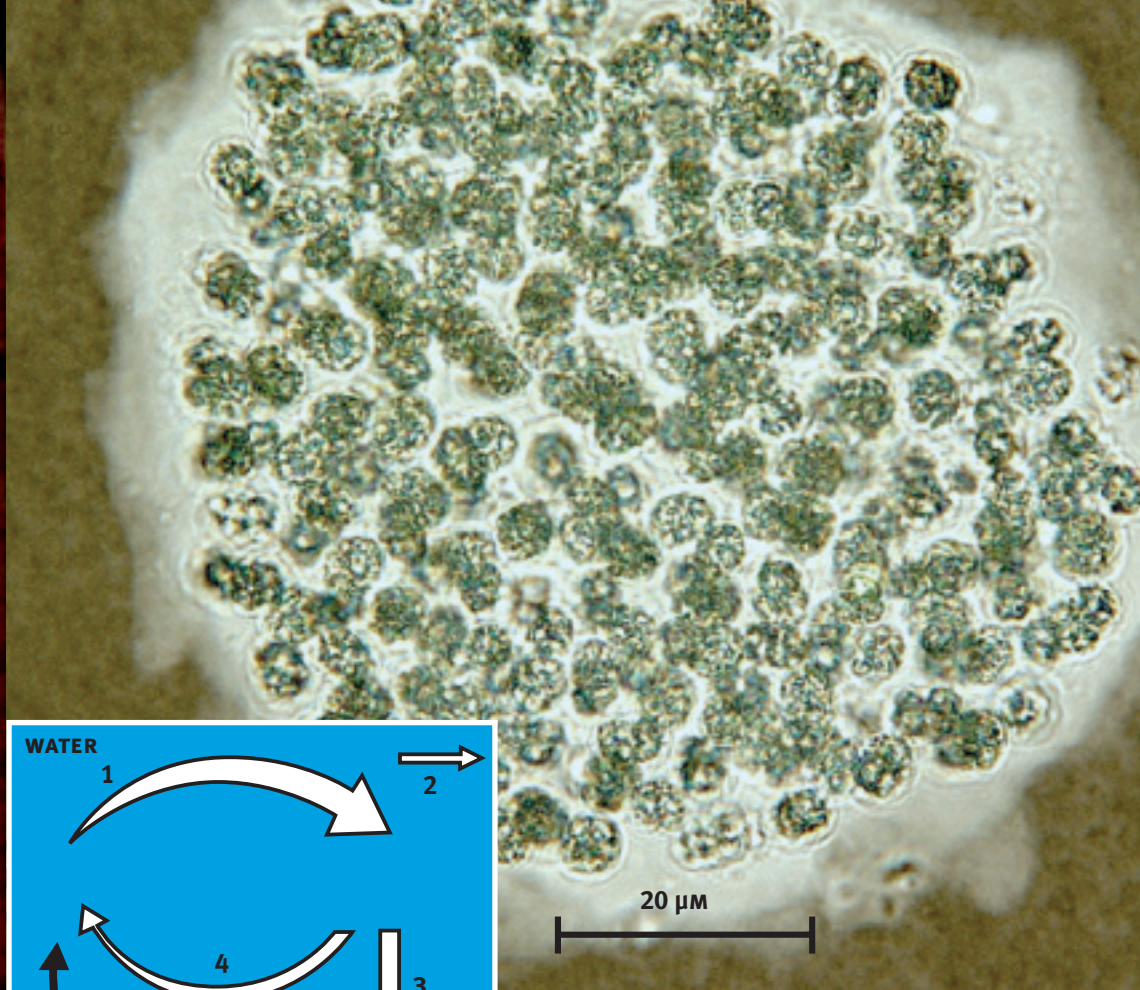




#### FIGUUR 4

Onderzoek naar *Microcystis* in het Volkerak-Zoommeer en in het laboratorium. Water en sediment werden in het Volkerak verzameld vanaf meetschip 'de Argus'. Watermonsters werden genomen met een meetvis (a), die op verschillende diepten monsters neemt en metingen doet. Sediment werd bemonsterd met een sediment-happer, waaruit kleine monsters gestoken werden voor verdere analyse (b). In het laboratorium werden *Microcystis*-monsters uit het meer blootgesteld aan verschillende lichtsterkten, temperaturen en zoutgehalten (c). Vervolgens werd de invloed van deze omstandigheden op de groei en de sterfte bestudeerd (d).





20 μm

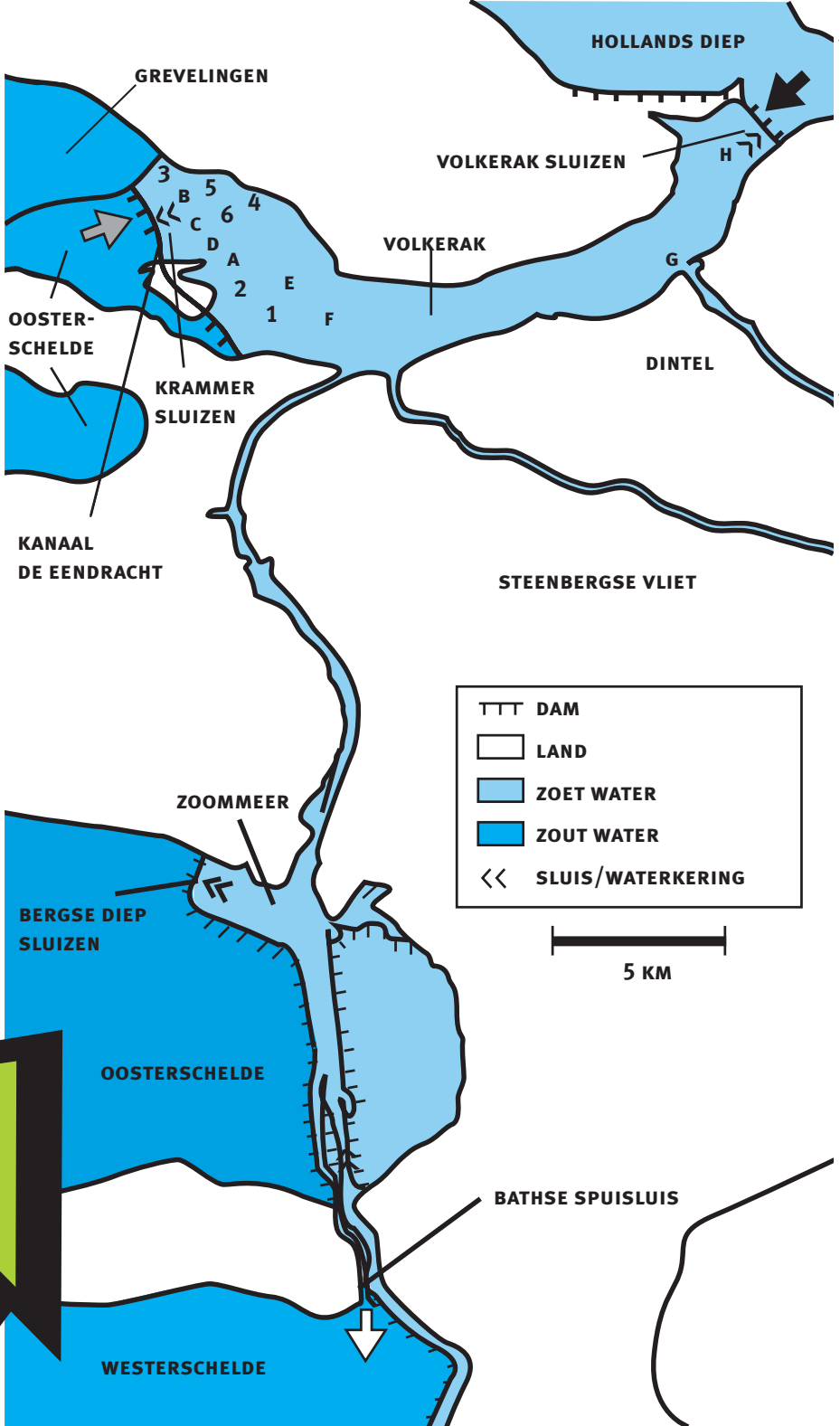
**FIGUUR 2**

De blauwalg *Microcystis* groeit in kolonies die een doorsnede kunnen bereiken van 2 mm. De meeste kolonies worden omgeven door een slijmlaag (wit op de foto).

**FIGUUR 3**

De jaarcyclus van *Microcystis* in het Volkerak-Zoommeer. Een kleine hoeveelheid *Microcystis* begint in het voorjaar de bloei (1). De bloei bereikt zijn top in de nazomer, wanneer het water het warmst is. Een gedeelte van de bloei spoelt uit het meer (2). In het najaar neemt de bloei af en een gedeelte van de algen zakt naar het sediment (3). Een klein gedeelte is in staat om in het water de winter te overleven (4), de rest sterft af. Ook een deel van de *Microcystis* in het sediment sterft in de winter af (5). Aan het eind van de winter komt een klein beetje *Microcystis* door opwerveling van sediment weer in het water terecht (6). Samen met de *Microcystis* die in het water heeft overwinterd, vormen deze kolonies de start voor de bloei in het volgende voorjaar.





**FIGUUR 5**

Het Volkerak-Zoommeer. Op de meetstations A tot en met H werd sediment en water bemonsterd. Op de meetstations 1 tot en met 6 werden vallen opgehangen voor meting van sedimentatie en recruitment van blauwalgen.

De zwarte pijl geeft de inlaat van zoet water uit het Hollands Diep via de Volkeraksluizen weer.

De grijze pijl geeft de inlaat van zout water uit de Oosterschelde via de Krammersluizen weer.

De witte pijl geeft de afvoer van water via de Bathse Spuisluizen in de Westerschelde weer.

altes

Foto's Jolanda Verspagen en Gilles Nieuwkoop

Tekstbewerking Renske Postma, tekstbureau Met Andere Woorden

Vormgeving Ontwerpstudio Spanjaard

Drukker Rotor Offsetdruk Amsterdam

ystis niet

terft af,

n bloei

UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM



NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ECOLOGIE

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

