

Gegevens-analyse nutriënten en zwevend materiaal Veluwemeer

Inleiding

Begin 1989 is aan de Landbouw-universiteit een meerjarig onderzoek gestart naar de vastlegging van fosfaat in sedimenten en de relatie met de nalevering van fosfaat. Mede omdat verwacht mag worden dat de externe fosfaatbelasting in de komende jaren zal afnemen is het van belang te weten hoe het in de bodem reeds geaccumuleerde fosfaat en nieuw gevormd sediment zich zal gaan gedragen. Immers, additionele maatregelen zoals doorspoelen, baggeren,



IR. D. T. VAN DER MOLEN
Landbouwniversiteit
Wageningen, sectie
Waterkwaliteitsbeheer



DRS. P. C. M. BOERS
Dienst Binnenwateren/
RIZA Lelystad



PROF. DR. L. LIJKLEMA
Landbouwniversiteit
Wageningen, sectie
Waterkwaliteitsbeheer

het creëren van een slibvang, toedienen van chemicaliën, en dergelijke, zijn ingrijpend en kostbaar, zodat voor realistische beheersalternatieven inzicht in de te verwachten effecten van verschillende scenario's van groot belang is. In het kader van een voorstudie zijn meetgegevens van een aantal waterkwaliteitsvariabelen voor het Veluwemeer geanalyseerd [van der Molen & Uunk, 1989]. In dit meer zijn in 1979/1980 ingrijpende saneringen doorgevoerd (derde-trapszuivering in Harderwijk, doorspoelen met polderwater), zodat dit als een groot-schalig experiment kan worden gezien. De beschikbare gegevens vóór en na de maatregelen zijn onderzocht met betrekking tot:

- de samenstelling van het zwevend materiaal en
- de verdeling van de nutriënten stikstof en fosfaat over verschillende opgeloste en particulaire fracties.

De gegevensset

De gegevens van een drietal meetpunten in het Veluwemeer zijn gebruikt. Systematische verschillen tussen deze meetpunten waren afwezig. De gegevensset strekt zich uit van 1975 t/m 1987, zodat er een ruim aantal gegevens beschikbaar

Samenvatting

Een set waterkwaliteitsgegevens is geanalyseerd met betrekking tot de samenstelling van het zwevend materiaal en de verdeling van de nutriënten stikstof en fosfaat over verschillende opgeloste en particulaire fracties. De gegevens zijn afkomstig van het ondiepe, eutrofe Veluwemeer en omvatten de perioden vóór en na saneringsmaatregelen.

Na de afname van de externe fosfaatbelasting winnen algen de concurrentie om het schaars geworden fosfaat van het anorganisch particulier materiaal. Verbeterde lichtcondities na de saneringsmaatregelen zijn de oorzaak van een afname van het chlorofylgehalte in algen en van de toename van de nutriënt/chlorofylratio's.

is van vóór en na de saneringsmaatregelen. De set omvat de variabelen chlorofyl, totaal zwevende stof, gloeirest, nitriet- + nitraat-stikstof, ammonium-stikstof, Kjeldahl-stikstof, Kjeldahl-stikstof na filtratie, ortho-fosfaat, totaal-fosfaat en totaal-fosfaat na filtratie [Rijkswaterstaat, 1975-1987]. Het particulaire nutriëntgehalte is gedefinieerd als het verschil tussen het totale gehalte zonder respectievelijk na filtratie. Het aantal gegevens van het totale gehalte na filtratie van het watermonster is echter gering. Daarom is particulier fosfaat opgevat als totaal-fosfaat verminderd met ortho-(reactief)fosfaat en niet-reactief fosfaat. Een schatting is gemaakt van de opgeloste niet-reactieve fractie, die bestaat uit hoogmoleculaire organische verbindingen, die niet of nauwelijks door algen benut kunnen worden. Deze schatting is gebaseerd op het verschil tussen het totale gehalte na filtratie, waarvan het aantal

gegevens dus beperkt is, en de opgeloste reactieve fractie. Voor fosfaat werd vóór de sanering gemiddeld een gehalte van 0,024 mg P/l niet reactief, opgelost fosfaat gevonden, terwijl dit daarna was afgenomen tot 0,017 mg P/l. Voor stikstof zijn de waarden respectievelijk 0,95 en 0,67 mg N/l. Het particulaire stikstofgehalte is daarna te berekenen als het verschil tussen het Kjeldahl-stikstofgehalte enerzijds en ammonium-stikstof en de constant veronderstelde opgeloste niet reactieve fractie anderzijds.

Tabel I bevat de gemiddelde waarden van de gehalten vóór en na de saneringsmaatregelen. Het detritusgehalte is geschat als het gloeiverlies minus algenbiomassa, waarbij is aangenomen dat algen 70 g droge stof per g chlorofyl bevatten [Bakema, 1988]. De waarde van een aantal afgeleide variabelen klopt niet altijd met de

TABEL I - Gemiddelde waarde, standaard afwijking van de gemiddelde waarde (chlorofyl in $\mu\text{g d.s./l}$, rest in mg/l) en aantal waarnemingen van de variabelen.

	vóór 1980			vanaf 1980		
	waarde	std.afw.	n	waarde	std.afw.	n
zwevende stof	45,5	16,7	229	29,3	17,9	425
gloeirest	12,4	8,5	226	15,2	13,5	392
gloeiverlies	33,3	14,2	226	15,7	8,9	392
chlorofyl	263,0	93,2	136	106,2	51,4	379
detritus	15,4	9,9	131	8,8	7,4	313
PO ₄ -P	0,111	0,092	222	0,008	0,010	525
tot-P	0,437	0,148	230	0,139	0,058	522
tot-P n.f.	0,120	0,080	38	0,023	0,015	163
part-P (1)	0,303	0,055	38	0,114	0,052	162
part-P (2)	0,301	0,084	220	0,114	0,058	518
opg. org. P	0,024	0,021		0,015	0,015	
NO ₂ /NO ₃ -N	0,31	0,43	209	0,91	1,19	524
NH ₄ -N	0,19	0,33	204	0,09	0,14	524
Kj-N	4,19	1,08	230	2,13	0,58	522
Kj-N n.f.				0,76	0,27	157
part-N (1)				1,36	0,61	157
part-N (2)	2,85	1,03	203	1,37	0,61	518
opg. org. N	0,95			0,67	0,18	

met n.f. = na filtratie
gloeiverl. = zwevende stof min gloeirest
detritus = gloeiverlies min (0,07 maal chlorofyl)
part-P (1) = tot-P min tot-P n.f.
part-P (2) = tot-P min PO₄-P min opgelost organisch P
opg. org. P = tot-P n.f. min PO₄-P
part-N (1) = Kj-N min Kj-N n.f.
part-N (2) = Kj-N min NH₄-N min opgelost organisch N
opg. org. N = Kj-N n.f. min NH₄-N

gemiddelde waarde van de basisgegevens, omdat uitgegaan is van de individuele waarnemingen.

Regressie-analyse

Uit de regressie tussen het particulaire nutriëntgehalte en chlorofyl is de verhouding tussen nutriënten en chlorofyl en tussen stikstof en fosfaat in algenmateriaal bepaald. Onder de aanname dat particulier stikstof alleen in organische vorm voorkomt, is uit de regressie tussen beide particulaire nutriëntenfracties de verhouding tussen stikstof en fosfaat in organisch materiaal bepaald.

In tabel II zijn enkele resultaten van de regressie-analyse samengevat. Het blijkt dat algen na de saneringsmaatregelen meer nutriënten per eenheid chlorofyl bevatten. Deze resultaten lijken verrassend, omdat er na de sanering regelmatig fosfaatgelimiteerde algengroei is opgetreden [PER, 1986]. De stijging van de nutriënt/chlorofyl ratio's is te verklaren uit het feit dat het chlorofylgehalte per alg méér is afgenomen dan het nutriëntgehalte. Dit is het gevolg van de toegenomen hoeveelheid beschikbaar licht per alg. De verhouding tussen stikstof

TABEL II – Enkele resultaten van de regressie-analyse.

	Vóór 1980	Vanaf 1980	
algen	0,57	0,73	mg P/mg chlorofyl
algen	8,4	9,4	mg N/mg chlorofyl
algen	14,7	12,9	mg N/mg P
org. materiaal	20,4	13,1	mg N/mg P

en fosfaat in algen neemt iets af. De verhouding tussen stikstof en fosfaat in organisch materiaal is hoger dan in algen, zodat deze verhouding in detritus hoger moet zijn dan in algen. Bij autolyse en mineralisatie van algenmateriaal gaat dus relatief meer fosfaat dan stikstof in oplossing.

Fosfaatbelading van het anorganisch zwevend materiaal

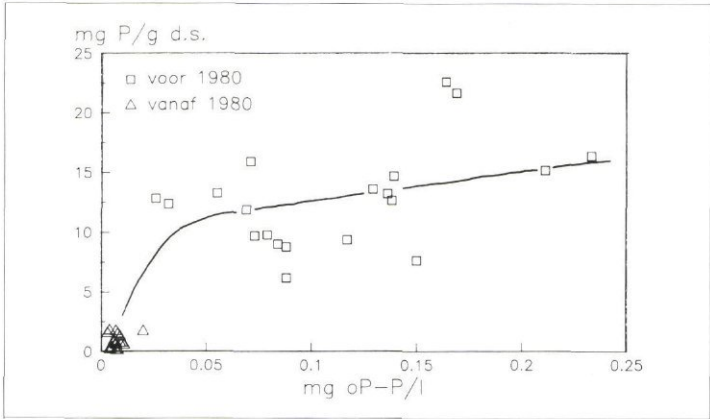
Met behulp van de verhouding tussen stikstof en fosfaat in organisch materiaal en het particulaire stikstof is het organisch particulier fosfaat berekend. Door dit gehalte van het totaal particulier fosfaatgehalte af te trekken wordt het anorganisch gebonden particulier fosfaat verkregen. Wanneer deze laatste gedeeld door de gloeirest vervolgens uit wordt gezet tegen het ortho-fosfaatgehalte, ontstaat een adsorptie-isotherm van het

anorganisch zwevend materiaal. In afb. 1 is dit gedaan voor halfjaargemiddelde waarden. De fosfaatbelading van het anorganisch zwevend materiaal blijkt te zijn afgenomen van 8-16 tot 0-2 mg P/g anorganische stof.

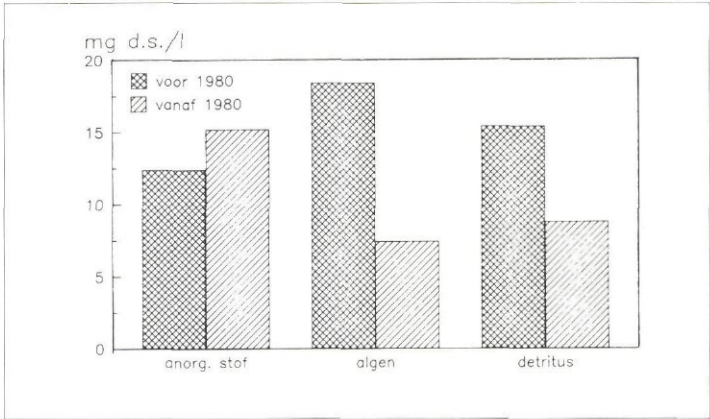
Samenstelling van het zwevend materiaal en de nutriënten

Met behulp van de bovengenoemde gegevens is de samenstelling van het zwevend materiaal en de verdeling van stikstof en fosfaat over de opgeloste en de particulaire fase en over de organische en anorganische fractie berekend. De resultaten zijn samengevat in afb. 2 t/m 4.

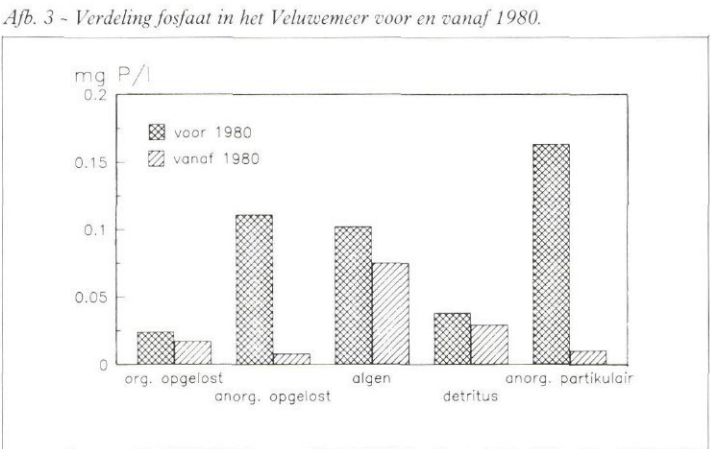
De afname van het totaal zwevende-stofgehalte na de saneringsmaatregelen moet worden toegeschreven aan de organische fracties. De combinatie van reductie van de externe fosfaatbelasting en doorspoeling van het Veluwemeer heeft geleid tot een lagere algendichtheid. De bijdrage van de gloeirest is iets toegenomen. Dit kan mogelijk worden verklaard door de toename van het aantal kiezelalgen na de saneringsmaatregelen en door de vorming van calciumprecipitaten, als gevolg van de aanvoer van calcium met het polderwater.



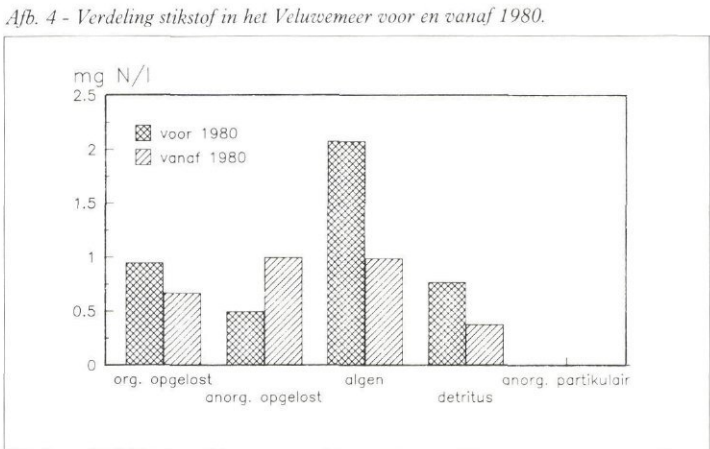
Afb. 1 - Fosfaatbelading anorganisch zwevend materiaal in het Veluwemeer voor en vanaf 1980.



Afb. 2 - Verdeling zwevende stof in het Veluwemeer voor en vanaf 1980.



Afb. 3 - Verdeling fosfaat in het Veluwemeer voor en vanaf 1980.



Afb. 4 - Verdeling stikstof in het Veluwemeer voor en vanaf 1980.

De concentraties van alle nutriënten-fracties zijn na de saneringsmaatregelen afgenomen. De enige uitzondering is het opgeloste stikstofgehalte. Met name de sterke daling van het anorganisch particulier fosfaatgehalte is opvallend. Het is duidelijk geworden dat algen de concurrentie om het schaars geworden fosfaat hebben gewonnen van het anorganisch particulier materiaal. Deze conclusie komt overeen met de resultaten van modelberekeningen [Los e.a., 1988]. Na de saneringsmaatregelen zit het overgrote deel van het fosfaat, en ook van het stikstof, in de particuliere organische fractie. Een verdere verlaging van het fosfaatgehalte zal in het Veluwemeer daarom waarschijnlijk vrij snel resulteren in een afname van de algenbiomassa. De invloed van doorspoeling op de chemie van water en bodem moet bekend zijn om een uitspraak te kunnen doen over de vraag of verlaging van de externe belasting alléén, voldoende en voldoende snel effect zal hebben op de waterkwaliteit met betrekking tot de eutrofiëring. Daarbij is het onder andere van belang te weten wat er met het particuliere fosfaat gebeurt als het de bodem bereikt en of anorganisch zwevend materiaal na resuspensie bij de sterk verlaagde ortho-fosfaatgehalten in het water werkt als adsorbens of nog een bijdrage levert aan de interne fosfaatbelasting. Deze vragen zijn uiterst belangrijk bij de keuze voor eventuele additionele maatregelen en daarmee tevens aandachtspunten voor verder experimenteel onderzoek.

TCB Adviezen en Rapporten

De Technische Commissie Bodem-bescherming heeft de volgende adviezen en rapporten aan de Minister van VROM aangeboden:

– *Advies 'Concept-voorontwerp Besluit ondergrondse opslag in tanks'*

Het concept omvat een regeling voor ondergrondse opslag van olie en andere vloeibare brandstoffen. In een korte brief wijst de commissie er op dat niet alleen controle van tanks, maar ook van leidingen gewenst is. Voorts benadrukt zij de behoefte aan een algemeen geldende leidraad voor bemonstering van de bodem.

– *Advies 'Voorontwerp van het Besluit kunstmatige infiltratie drinkwatervoorziening'*
Het voorontwerp, gedateerd mei 1989, geeft een stramen van regels voor de infiltratie van oppervlaktewater in de

Literatuur

- Bakema, A. H. (1988). *Empirische lichtmodellering voor een aantal Nederlandse meren*. T 387, Dienst Binnenwateren/RIZA en Waterloopkundig Laboratorium.
Los, F. J., Stans, J. C. en Rooij, N. M. de (1988). *Eutrofiëringmodellering van de randmeren*. DBW/RIZA en Waterloopkundig Laboratorium Delft.
Molen, D. T. van der en Uunk, E. J. B. (1989). *Gegevensanalyse nutriënten en zwevend materiaal Veluwemeer*. Nota 89.041, DBW/RIZA Lelystad en Landbouwniversiteit Wageningen.
PER (1986). *Bestrijding van de eutrofiëring van het Veluwemeer-Drontermeer*. Projectgroep Eutrofiëringsonderzoek Randmeren, Lelystad.
Rijkswaterstaat (1975-1987). *Kwaliteitsonderzoek in de rijkswateren; 1975 t/m 1987*. Samenstelling Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Lelystad.



Summaries

- Slot van pagina 735

H₂O (22) 1989, nr. 24; 760

U.D.C. 556.551 (492.822) : 54-148

D. T. VAN DER MOLEN, P. C. M. BOERS and L. LIJKLEMA:

Nutriënts and suspended solids in Lake Veluwe (the Netherlands)

A set of waterquality-variables has been analysed for the composition of the suspended solids and the distribution of nitrogen and phosphorus over dissolved and suspended fractions. Data were used from the shallow, eutrophic Lake Veluwe (the Netherlands) and include periods before and after restoration measures.

The decrease in the external phosphorus loading results in a concomitant stripping of the inorganic particulate phosphorus pool; algae win the competition for phosphorus. Improved light conditions are responsible for a decreased chlorophyll content of algae and an increase of the nutrient/chlorophyll ratio after the restoration measures.

bodem. Met de infiltratie wordt de grondwatervoorraad voor de drinkwatervoorziening aangevuld.

De commissie beperkt zich in haar advies tot de hoofdlijnen van het besluit. Zij gaat in op de gevolgen van infiltraties voor het bodemmilieu en geeft aan welke stoffen een probleem vormen doordat ze na de infiltratie niet uit de bodem kunnen worden verwijderd. De voorzuivering van het water, voorafgaand aan de infiltratie, zal zich hierop moeten richten. Verder vindt de commissie dat ook aandacht moet worden besteed aan andere infiltraties waarbij de bodem als zuiverend medium voor afvalwater fungeert. Als voorbeeld noemt zij de infiltratie van afvalwater in riet- en biezenvelden.

– *'Rapport grondwaterbescherming'*

Dit rapport is een discussiestuk over de toepassing van hydrologische modellen bij

de vaststelling van beschermingsgebieden voor grondwater. Dergelijke beschermingsgebieden kunnen worden aangewezen op grond van de Wet bodembescherming. In het rapport spitst de discussie zich toe op de bepaling van de omvang van de beschermingsgebieden. De beschikbare hydrologische modellen kunnen bij de bepaling van de omvang behulpzaam zijn.

In de modellen worden aannamen gedaan, die van wezenlijk belang zijn voor de maatregelen die genomen moeten worden voor de bescherming van bodem en grondwater. De commissie zal hieraan in een volgend rapport nadere aandacht besteden.

– *De rapporten 'Grondgebonden residuen van bestrijdingsmiddelen: een analyse van milieuhygiënische risico's' en 'Oecologische evaluatie van referentiewaarden voor gehalten van bestrijdingsmiddelen in de bodem'*

Beide rapporten zijn opgesteld als achtergronddocumenten voor een toekomstig advies over toelatingscriteria voor bestrijdingsmiddelen. De criteria zullen betrekking hebben op effecten voor bodemorganismen. In het advies zal ook het herstel van het biologische bodemmilieu na toepassing van bestrijdingsmiddelen aan de orde komen.

Adviezen en rapporten van de TCB zijn op aanvraag verkrijgbaar bij het secretariaat van de commissie, Postbus 450, 2260 MB Leidschendam. (Telefoonnr. 070 - 20 93 67/3417).



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

NVA-activiteiten 1989

1 december: NVA-Najaarsvergadering, Rhenen.

7 december: Bestuursvergadering.

10 - 14 september 1990: Aquatech, Noordzecongres, Nationaal Congres Riolerings en Waterkwaliteit.

IAWPRC-Conferences

8 - 12 januari 1990: 1990 Sludge Management Conference, Los Angeles, USA.

Contactadres: Mr. William F. Garber, Department of Civil Engineering Loyola Marymount University, 7101 West 80th Street, Los Angeles, CA 90045 USA.

1 - 6 april 1990: Health Related Water Microbiology, Tubingen, Duitsland.

Contactadres: Dr. Ray Morris, Severn Trent Laboratories, St. Martin's Road, Coventry CV3 6PR, England.

23 - 27 april 1990: Coagulation, Flocculation, Filtration and Sedimentation, and Elmia Exhibition, Jönköping, Zweden.