

Fosfaatfracties in de bodem van een aantal Nederlandse meren^{*}

Inleiding

In projecten om overmatige algengroei in het water tegen te gaan blijft de hoeveelheid fosfaat die in de bodem van Nederlandse meren is opgeslagen een onbekende factor. Het is duidelijk dat hier een grote, potentiële, fosfaatbron voor de groei van algen aanwezig is, maar er is geen eenvoudige methodiek om de grootte van deze bron te bepalen. Toch is dit gewenst om het resultaat en de duur van eventuele schoonmaakacties te kunnen voorspellen.

Samenvatting

Met de chelerende stoffen Ca-NTA en EDTA werd opeenvolgend ijzergebonden fosfaat ($\text{Fe}(\text{OOH}) \approx \text{P}$) en calciumgebonden fosfaat ($\text{CaCO}_3 \approx \text{P}$) geëxtraheerd uit bodemmateriaal van een tiental Nederlandse meren. De resultaten worden vergeleken met de biologische beschikbaarheid die ongeveer tien jaar geleden werd gemeten. De correlatie tussen de biologische beschikbaarheid en de chemische extraheerbaarheid is goed ($R=0,8$). Wanneer de som van $\text{Fe}(\text{OOH}) \approx \text{P}$ en $\text{CaCO}_3 \approx \text{P}$ wordt vergeleken met de biologische beschikbaarheid blijkt de correlatie groter dan wanneer alleen $\text{Fe}(\text{OOH}) \approx \text{P}$ wordt gebruikt; wij verklaren dit door aan te nemen dat er een evenwicht bestaat tussen deze twee fosfaten. Ook de extraheerbaarheid van enkele ijzerverbindingen wordt besproken.



I. M. DE GRAAF
BIERBRAUWER-WÜRTZ
Vakgroep Aquatische Oecologie
Universiteit van Amsterdam



H. L. GOLTERMAN
Vakgroep Populatie Biologie
Association Leiden - Camargue
Tour du Valat

In principe kan een goede indruk van de grootte van deze bron verkregen worden door 'bio-assays': door algen te laten groeien in een cultuurmedium waaraan bodemmateriaal als enige fosfaatbron is toegevoegd, kan men bepalen hoeveel fosfaat deze algen op korte termijn kunnen opnemen. Golterman [1988] heeft

* Dit onderzoek werd verricht ter nagedachtenis van prof. dr. R. Brouwer, un honnête homme.

enige voorwaarden geformuleerd waaraan voldaan moet worden om betrouwbare resultaten te verkrijgen. Golterman, Bakels & Jakobs-Mögelin [1969] hebben bodemmateriaal van de Loosdrechtse Plassen en de zandput 'Vechten' bestudeerd. Er bleek dat omstreeks 20% van het fosfaat uit het eerste bodemonmonster en 80% van dat uit het tweede beschikbaar was voor de alg *Scenedesmus quadricauda*. Bio-assays zijn tijdrovend en vereisen kweekopstellingen; zij geven bovendien pas na drie of meer weken resultaten. Indien door een chemische fractionering dezelfde chemische verbindingen, die beschikbaar zijn voor algen, geïdentificeerd zouden kunnen worden, zal het resultaat binnen 48 uur bekend kunnen zijn. B. J. van Leeuwen [1973] paste de bio-assaytechniek toe op bodemmateriaal van een tiental Nederlandse meren en

vond dat grote verschillen in beschikbaarheid voorkwamen. Een overzicht hiervan is gegeven in tabel II, kolom 4.

In 1973 was er nog geen goede methode om bodemmateriaal chemisch te scheiden in een aantal goed gedefinieerde fracties. In 1989 publiceerden Golterman & Booman een methode, waarin aan FeOOH gebonden fosfaat (verder genoemd $\text{Fe}(\text{OOH}) \approx \text{P}$) wordt geëxtraheerd met CA-NTA onder reductie met dithioniet, en aan CaCO_3 gebonden fosfaat (verder genoemd $\text{CaCO}_3 \approx \text{P}$) met een neutrale oplossing van EDTA. Het fosfaat in de 'restfractie' wordt als 'organisch fosfaat' aangeduid. De methode is aanzienlijk minder agressief dan oudere methodes die NaOH en H_2SO_4 als extractiemiddel gebruiken, waarbij aanzienlijke hoeveelheden organisch fosfaat hydrolyseren [De Groot en Golterman, 1989].

TABEL I - *Extraheerbaar en totaal IJzer en Fosfaat (in $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ en voor P in % van Tot-P van bodemmateriaal van een tiental nederlandse meren.*

	Ca-NTA extraheerbaar fosfaat								Ca-NTA extraheerbaar ijzer								NA-EDTA extraheerbaar fosfaat							
	Tot-P μg/g	Tot-Fe μg/g	eerste extractie		tweede extractie		derde extractie		eerste extractie		tweede extractie		derde extractie		eerste extractie		tweede extractie		derde extractie					
			(μg/g)	id. in %	(μg/g)	id. in %	(μg/g)	id. in %	(μg/g)	id. in %	(μg/g)	id. in %	(μg/g)	id. in %	(μg/g)	id. in %	(μg/g)	id. in %	(μg/g)	id. in %				
<i>Veluwe</i> <i>erandmeer</i> vaargeul	495	21689	25	5,1	13	2,6	9	1,8	631	2,9	250	1,2	250	1,2	25	5,1	36	7,3						
id. peilhuisje	450	18498	28	5,7	10	2,0	6	1,2	692	3,2	x		211	1,0	22	4,4	37	7,5						
			13	2,9	8	1,8	6	1,3	400	2,2	211	1,1	217	1,2	22	4,9	31	6,9						
			12	2,7	7	1,6	6	1,3	381	2,1	197	1,1	x		19	4,2	30	6,7						
midden in meer	242	13770	11	4,5	5	2,1	3	1,2	766	5,6	552	4,0	159	1,2	9	3,7	16	6,6						
							4	1,7	736	5,3	x		184	1,3	11	4,5	16	6,6						
<i>Tjeukemeer</i> midden in meer	261	4821	72	27,6	34	13,0	25	9,6	1375	28,5	418	8,7	223	4,6	95	36,4	8	3,1						
meer west	235	4821	89	34,1	35	13,4	19	7,3	1605	33,3	412	8,5	192	4,0										
			48	20,4	64	27,2	20	8,5	1167	24,2	946	6,9	293	6,1	25	10,6	10	4,3						
			110	22,0	30	6,0	x		2315	12,7	512	2,8	x		98	19,6	13	2,6						
Brette Hoanno	644	14279	165	25,6	71	11,0	59	9,2	4196	29,4	874	6,1	478	3,3	63	9,8	40	6,2			25	3,9		
<i>Grote Brekken</i> <i>Loosdrecht</i> vijfde plas	337	12984	102	30,3	29	8,6	11	3,3	1768	13,6	314	2,4			73	21,7	9	2,7						
eerste plas	324	9699	15	4,6	8	2,5	x		2165	22,3	507	5,2	x		20	6,2	20	6,2						
			x		14	4,3	x		2851	29,4	1020	10,5	x											
			36	4,3	16	1,9	x		6645	32,0	1018	4,9	x		50	6,0								
<i>Langveerder W.</i> <i>Brandenmeer</i> <i>Pikmeer</i>	918	16085	166	18,1	205	22,3	42	4,6	2562	15,9	1598	9,9	510	3,2	93	10,1	72	7,8			34	3,7		
<i>Sneekemeer</i> paviljoen ZO	997	29123	62	6,2	36	3,6	25	2,5	1955	6,7	845	2,9	482	1,7	71	7,1	45	4,5	57	5,7				
			890	27218	94	10,6	105	11,8	76	8,5	2908	10,7	2004	7,4	880	3,2	165	18,5	103	11,6	51	5,7		
			2090	23426	668	32,0	368	17,6	173	8,3	6105	26,1	3815	16,3	770	3,3	216	10,3	44	2,1	0	0,0		
<i>Maarseveen</i> Grote Plas (GMP) Kleine Plas (KMP)	809	23467	195	24,1	72	8,9	23	2,8	4507	19,2	1061	4,5	534	2,3	132	16,3	25	3,1						
	1110	19984	232	20,9	182	16,4	94	8,5	3724	18,6	847	4,2	518	2,6	171	15,4	0	0,0	x					
	973	34308	267	27,4	158	16,2	50	5,1	6104	17,8	2675	7,8	1460	4,3	115	11,8	0	0,0	x					
	499	15286	87	17,4	32	6,4	18	3,6	1178	7,7	330	2,2	275	1,8	36	7,2	17	3,4	15	3,0				

x = geen gegevens.

In het hieronder beschreven onderzoek is de door Golterman & Booman voor- gestelde methode voor chemische fractionering toegepast op bodem- materiaal van de door Van Leeuwen bestudeerde meren. De bedoeling hiervan was om na te gaan of er enige overeen- komst gevonden zou kunnen worden tussen de indertijd gevonden biologische beschikbaarheid en de huidige chemische extraheerbaarheid, aannemende dat geen grote veranderingen zijn opgetreden in het chemische karakter van de onder- zochte meren. De hier gepresenteerde resultaten geven aan dat er in grote lijnen

Van elk bodemonmonster werd een suspensie ('S') gemaakt bevattende ongeveer 1 g drooggewicht per 10 ml, die gezeefd werd over een 0,2 mm zeef. Voor de Tot-P bepaling werd een destructie uitgevoerd van 1 of 2 ml van de suspensie 'S' met 2 ml 5 M H₂SO₄ + 1 ml H₂O₂ 30%; na verhitten gedurende drie uur op 135°C werd het destruaat aan- gevuld tot 50 ml. Na centrifugeren of bezinken werd 1 ml hiervan gebruikt voor de Tot-P bepaling. Tot-Fe werd bepaald door 2 ml van de suspensie 'S' te des- trueren met 2 ml 12 M NH₄OH. Het destruaat werd aangevuld tot 50 ml.

TABEL II - Fosfaat gebonden als Fe(OOH) ≈ P en als CaCO₃ ≈ P (in % van Tot-P) en de biologische beschikbaarheid daarvan (eveneens in % van Tot-P) in bodemmateriaal van een tiental Nederlandse meren. Het quotiënt Fe/P van de Ca-NTA extracten is eveneens gegeven.

	Tot-FeOOH-P in %	Tot-Ca-P in %	Tot-Extr-P in %	Bio-beschik- baarheid	Fe/P eerste fractie	Fe/P tweede fractie	Fe/P derde fractie	Tot-Fe/Tot-P extraheerbaar	Total Extr-Fe
<i>Veluwerandmeer</i>									
vaargeul	9,5	12,3	21,8	93	25,2	19,2	27,8	24,1	5,2
	8,9	11,9	20,8	56	24,7		35,2	20,5	4,2
id. peilhuisje	6,0	11,8	17,8	20	30,8	26,4	36,2	30,7	4,5
	5,6	10,9	16,4		31,8	28,1		31,8	3,1
midden in meer	7,9	10,3	18,2	13	69,6	110,4	53,0	77,7	10,7
	1,7	11,2	12,8	20			46,0		
<i>Tjeukemeer</i>									
midden in meer	50,2	39,5	89,7	100	19,1	12,3	8,9	15,4	41,8
	54,8	0,0	54,8		18,0	11,8	10,1	15,4	45,8
meer	56,2	14,9	71,1	100	24,3	14,8	14,7	18,2	37,2
west	28,2	22,2	50,4		21,4	15,5		20,0	15,6
	28,0	21,2	49,2			15,6		19,9	2,6
Brette Hoanne	45,8	19,9	65,7		25,4	12,3	8,1	18,8	38,9
<i>Grote Brekken</i>	42,1	24,3	66,5	55 100	17,3	10,8	0,0	14,7	16,0
<i>Loosdrecht</i>									
vijfde plas	7,1	12,3	19,4	27	144,3	63,4		116,2	27,5
	4,3					72,9			39,9
eerste plas	6,3	6,0	12,3	12	184,6	63,6		147,4	36,9
	3,1					63,5			
<i>Langweerder W.</i>	45,0	21,7	66,7	36 53	15,4	7,8	12,1	11,3	29,0
<i>Brandenmeer</i>	12,3	17,4	29,7	32	31,5	23,5	19,3	26,7	11,3
<i>Pikmeer</i>	30,9	35,8	66,7	36	30,9	19,1	11,6	21,1	21,3
<i>Sneekmeer</i>									
paviljoen	57,8	12,4	70,3	70	9,1	10,4	4,5	8,8	45,6
ZO	35,8	19,4	55,3	50	23,1	14,7	23,2	21,0	26,0
<i>Vechten</i>	45,8	15,4	61,2		16,1	4,7	5,5	10,0	25,5
<i>Maarseveen</i>									
Grote Plas (GMP)	48,8	11,8	60,6		22,9	16,9	29,2	21,6	29,8
Kleine Plas (KMP)	27,5	13,6	41,1		13,5	10,3	15,3	13,0	11,7

inderdaad een duidelijke overeenkomst bestaat, maar dat een meer gedetailleerde studie nodig zal zijn om enkele gevonden verschillen nader te bestuderen.

Met name blijkt dat de indertijd gevolgde techniek ter bepaling van de bio-beschik- baarheid voor sommige meren moet worden aangepast aan de geformuleerde criteria. Soms is de opname namelijk zo langzaam, dat na drie weken nog geen fosfaatuitputting is bereikt en de algen nog – zij het zeer langzaam – doorgroeien (zie bijvoorbeeld de resultaten voor de Loosdrechtse Plassen bij Golterman, Bakels en Jakobs-Mögelin, loc. sup.).

Materiaal en methoden

a. Chemische methodiek
Alle bepalingen werden uitgevoerd overeenkomstig de methoden uit het IBP handboek Nr. 8 (Golterman et al, 1979; Nr. 4.5.1 voor Fe, met ascorbinezuur als reducerend agens en 5.6.2 voor ortho-P).

Hiervan werd wederom 5 ml verdund tot 50 ml, waarna Fe werd bepaald in 2 ml. De extracties werden uitgevoerd volgens Golterman & Booman [1989].

Afhankelijk van de verwachte hoeveelheid extr-P werd 5 of 10 ml gemengd met 25 ml Ca-NTA-dithioniet oplossing bij pH = 8. Hiervan werd na extraheren en centrifugeren 2 ml gebruikt voor een o-P-bepaling en 1 ml voor extr-Fe. Na één of meer extracties werd het pellet geëxtraheerd met 25 of 50 ml Na-EDTA wederom bij een pH = 8. Voor de o-P-bepaling werd slechts 1 ml van het EDTA-extract gebruikt.

b. Monsternamen en onderzochte meren
Van de volgende meren werden op de hieronder omschreven plaatsen monsters van de bodem genomen met een 'Eckmann-dredge', een happer volgens Raaphorst & Brinkman, of een 'Van Veen'-happer van het RIZA.

Tjeukemeer: R & B-happer
a. Midden in het meer tegenover gemaal Oosterzee
b. West: ten westen van de weg door het meer; middenin
c. Brette Hoanne: ten oosten van deze weg, bij de ingang van een sloot
Grote Brekken: R&B-happer
Midden in het meer, iets ten zuiden van de ingang Follegasloot
Pikmeer: R & B-happer
Zuidoost, in midden van ingang Wijde Ee.
Sneekmeer: R & B-happer
a. bij paviljoen, vanaf steiger
b. Saltgat, middenin

Brandermeer: R & B-happer
vanaf een steiger aan de zuidkant
Langweerder Wielen: Eckmann-dredge
vanaf een steiger aan de westkant.

Veluwerandmeer; bodemhapper van RIZA
a. vaargeul in het noordwesten, tegen de dijk aan, nabij de Lovink
b. peilhuisje tussen Harderwijk en Elburg
c. midden op het Veluwemeer
Loosdrechtse Plassen: Eckmann-dredge
a. vijfde plas, Oost. Vanaf een steiger, die ver het meer in steekt
b. eerste plas, Noord. Vanaf een steiger, die ver het meer in steekt

Vechten: Eckmann-dredge
ten zuiden van vlot, in oostelijke put 6 m diepte
Maarseveense Plassen: Eckmann-dredge
a. Grote Plas, nabij boei, bij het vlot 10 m diepte
b. Kleine Plas, middenin, 5 m diepte.

Van de verkregen monsters werd altijd het bovenste laagje (ongeveer 5 cm) gebruikt.

Resultaten en discussie
De resultaten van de bepalingen zijn vermeld in Tabel I en omvatten de Tot-P en Tot-Fe-concentraties en de hoeveelheden geëxtraheerd $Fe(OOH) \approx P$ en $CaCO_3 \approx P$ in de opeenvolgende fracties; sommige monsters (doch niet alle) werden driemaal achter elkaar geëxtraheerd met Ca-NTA in plaats van tweemaal, om enig inzicht te krijgen in de efficiëntie van de extracties. In enkele gevallen werden duplo-extracties verricht om de reproduceerbaarheid te schatten. De reproduceerbaarheid van beide extracties is altijd beter dan 10% verschil tussen duplo's.

De eerste extractie (met Ca-NTA) bevat 2,7 tot 34% van Tot-P; de tweede extractie bevat tussen 1,6 en 22%, terwijl de derde extractie slechts in enkele gevallen een

meetbaar percentage geeft. De derde extractie wordt zelden 0; het is mogelijk, dat de zeer kleine hoeveelheden die toch nog in oplossing gaan, spoortjes apatiet zijn, daar de oplosbaarheid hiervan door de extra aan het Ca-NTA toegevoegde Ca²⁺ wel zeer beperkt, doch niet 0 wordt. IJzer blijkt relatief iets meer in de tweede en derde fractie te komen, doch in de derde fractie verschijnt zelden meer dan 5%. Tot-extr-Fe varieert van ongeveer 5% tot ongeveer 50% van Tot-Fe; het is laag in FeS bevattende modder. In het laboratorium gemaakt FeS bleek geen met Ca-NTA extraheerbaar Fe te bevatten. Voor de meeste monsters ligt FE(OOH) ≈ P van alle fracties te zamen tussen 10 en 55% van Tot-P (zie tabel II, kolom 1), een enkel monster bevat slechts 1 à 2% in de eerste Ca-NTA-fractie, oplopend tot 5% in de som van drie Ca-NTA-fracties. CaCO₃ ≈ P varieert tussen 10 en 40%; twee monsters hebben zeer lage gehalten. De som van FE(OOH) ≈ P en CaCO₃ ≈ P varieert tussen 12 en 90%. Tabel II, kolom 4 geeft voorts de intertijd door Van Leeuwen gevonden procentuele beschikbaarheid ter vergelijking.

In afb. 1 wordt de relatie tussen de chemische extraheerbaarheid en biologische beschikbaarheid gegeven. En hoewel de methodiek ter bepaling van de biologische beschikbaarheid nog niet volledig (maar wel voor een groot gedeelte) beantwoordde aan de later geformuleerde eisen, blijkt toch, dat er een goede correlatie is tussen de som van FE(OOH) ≈ P plus CaCO₃ ≈ P en de biologische beschikbaarheid. De correlatie-coëfficiënt is 0,79 en de hellingshoek is 0,83 (theoretisch maximum 1). Er zijn twee uitbijters als de laagste waarden van Van Leeuwen voor de biologische beschikbaarheid worden gebruikt voor Pikmeer en Langweerder Wielen. Worden voor deze twee meren de hoogste waarden gebruikt, dan wordt de

hellingshoek 0,93 en de correlatie-coëfficiënt 0,88. Het is niet meer met zekerheid te zeggen welke waarden van Van Leeuwen gebruikt moeten worden, doch in deze beide meren werden de laagste percentages voor de beschikbaarheid gevonden, als 8 in plaats van 3 gram modder door Van Leeuwen gebruikt werd in de bio-assays. Zeer waarschijnlijk was in deze cultures nog niet alle fosfaat uitgeput, in die gevallen dat er veel modder werd toegevoegd. Dit kan eenvoudig getest worden door bio-assaymethode en de chemische fractionering toe te passen op éénzelfde bodemonmonster van de betrokken meren. Het valt op, dat er een significante correlatie bestaat tussen biologische beschikbaarheid en de som van FE(OOH) ≈ P plus CaCO₃ ≈ P en niet tussen de beschikbaarheid en FE(OOH) ≈ P alleen. Golterman [1976] meende, dat CaCO₃ ≈ P, althans in grove deeltjes, slecht of niet beschikbaar was. Kennelijk is het apatietneerslag, zoals dat zich bevindt in de bodem van de onderzochte meren voldoende fijn, of heeft een verschuiving van het fosfaat van CaCO₃ ≈ P naar FE(OOH) ≈ P plaatsgevonden, zoals verwacht kan worden op grond van het oplosbaarheidsdiagram [Golterman, 1988]. Dit betekent niet dat grover apatiet, zoals bijvoorbeeld door erosie van rotsmateriaal ontstaat, eveneens beschikbaar is. Er is kennelijk nog onderzoek nodig naar de invloed van de aard van een apatiet op de beschikbaarheid.

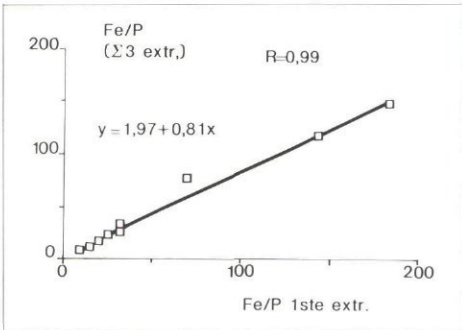
De verhouding van extraheerbaar Fe/P in de verschillende NTA-extracten staat eveneens in tabel II. In eerste fractie varieert deze verhouding in de meeste meren tussen 20 en 60 en ligt daarmee in het gebied waarvoor Golterman [1988] het oplosbaarheidsdiagram heeft uitgerekend. Slechts in drie meren ligt deze verhouding veel hoger, gedeeltelijk ten gevolge van hoge extr-Fe en lage extr-P gehalten.

De eerste Ca-NTA-extractie bepaalt overigens de verhouding (FeOOH/o-P) voor de som van de drie Ca-NTA-extracties van het ijzer gebonden fosfaat, daar blijkt (zie afb. 2), dat de som van de drie extracties sterk bepaald wordt door de eerste extractie:
(Fe/P)_{tot-extr} = 2 + 0,8 · (Fe/P)_{1st. extr.}
(N = 18; R = 0,99)

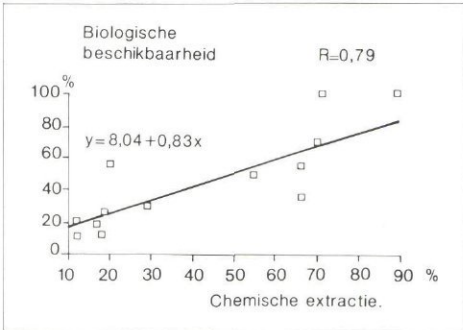
Conclusie

De biologische beschikbaarheid van fosfaat gebonden aan bodemmateriaal van een tiental Nederlandse meren kon goed geschat worden via een chemische extractie van aan ijzer- en calcium-gebonden fosfaat met een methodiek, die gebruikt maakt van chelerende extractie-middelen, zoals Ca-NTA en EDTA. De correlatie-coëfficiënt tussen de chemische en biologische 'fracties' bedroeg 0,79 en na screening van twee uitbijters 0,88. In dit laatste geval wordt de hellingshoek van de regressielijn 0,93. Naast het gebonden fosfaat wordt ook ijzer (en calcium) geëxtraheerd; het eerste element werd in dit onderzoek ook bepaald. Het extraheerbaar Fe kan ongeveer 50% uitmaken van het totaal aanwezige ijzer. In FeS-rijke sedimenten worden slechts enkele procenten extraheerbaar ijzer gevonden. Ook in laboratoriumexperimenten bleek FeS niet aangetast te worden door Ca-NTA/dithioniet. De extractie met Ca-NTA kan derhalve niet alleen aanwijzingen geven over de hoeveelheid beschikbaar fosfaat, doch ook over de chemische vorm van het ijzer in het sediment. De hoeveelheid extraheerbaar ijzer is tevens van belang voor de berekening van het evenwicht tussen het fosfaat in het water en dat in het sediment. Alhoewel de biologische beschikbaarheid sterker gecorreleerd is aan ijzer- plus calciumgebonden fosfaat dan aan ijzer-fosfaat alleen, is het onderscheid tussen ijzer- en calciumgebonden fosfaat essentieel voor een nader inzicht in de invloed van enkele milieufactoren (zoals bijvoorbeeld de pH) op de eventuele afgifte van fosfaat door bodemmateriaal. Calciumfosfaat zal immers bij hogere pH precipiteren, terwijl aan ijzer gebonden fosfaat dan juist in oplossing zal gaan. De waterbeheerder zal er echter rekening mee moeten houden, dat beide fosfaten waarschijnlijk beschikbaar zijn. Bij chemisch 'verwijderen' van fosfaat uit de bodem van een meer door pH-verhoging zal er aan gedacht moeten worden, dat door pH-verhoging weliswaar het fosfaat gebonden aan het FE(OOH) aan het water afgegeven zal worden, maar dat dit dan echter als Ca-fosfaat weer zal

Afb. 1 - Biologische beschikbaarheid en chemische extraheerbaarheid van fosfaat uit de bodem van een tiental Nederlandse meren.



Afb. 2 - Relatie tussen de Fe/P verhouding van de som van de drie Ca-NTA extracties (y as) en die van de eerste extractie (x as).



neerslaan. Immers in het bovenstaande water bepaalt de oplosbaarheid van Ca-fosfaat (apatiet) de fosfaatconcentratie. Een eventuele verhoging van de pH (als beheersmaatregel) in Nederlandse meren zal in het algemeen tot accumulatie van fosfaat in de bodem leiden. Dit is indertijd al aangetoond door Golterman & Wisselo [1978]. De hierboven vermelde resultaten zijn veelbelovend voor verder onderzoek en geven aanwijzingen voor de daarmee te verwachten resultaten. Toch willen wij er met nadruk op wijzen, dat de bodem van meren uiteraard niet homogeen is en dat het onmogelijk is op grond van één monster de gehele bodem van een meer definitief te karakteriseren. Hiervoor is een uitgebreidere monsternamen noodzakelijk.

Verantwoording

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Ministerie van VROM. Praktische hulp werd gegeven door A. Booman en C. J. de Groot.

Literatuur

Golterman, H. L. (1980). *Onderzoek in de proefvijvers in het Veluwemeer*. H₂O, 1980 (21) 513-515.
Golterman, H. L. (1988). *Reflections on fractionation and bio-availability of sediment bound phosphate*. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol, 30, 1-4.
Golterman, H. L., Bakels, C. C. en Jakobs-Mögelin, J. (1969). *Availability of mud phosphates for the growth of algae*. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol, 17, 467-479.
Golterman, H. L. en Booman, A. (1989). *Sequential extraction of iron-phosphate and calcium-phosphate by chelating substances*. Verh. Internat. Verein. Limnol, 23, 904-909.
Golterman, H. L. en Wisselo, A. G. (1978). *Inleed van de pH opname en afgifte van fosfaat door bodemmateriaal uit het Veluwemeer*. H₂O, (11) 1978, 585-588.
De Groot, C. J. en Golterman, H. L. (1989). *Gefractioneerde extracties van bodemfosfaten*. H₂O (22) 1989, 66-67.
Van Leeuwen, B. J. (1973). *Doctoraalverslag*. Limnologisch Instituut, Nieuwersluis.

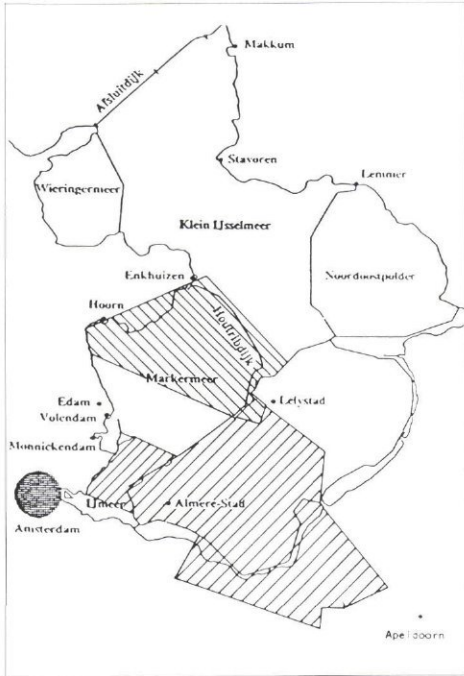
Aëromonas in Limburg

• Slot van pagina 410

hydrophila infection of the skin. Southern Medical Journal (71) 6: 739-740.
Gordon, R. W. and Fliermans, C. B. (1978). *Survival and viability of Escherichia coli in thermally altered reservoir*. Water Research 12: 343-352.
Gracey, M. et al (1982). *Aëromonas-associated gastro-enteritis*. The Lancet, 1304-1306.
Hanson, P. G. et al (1977). *Freshwater wound infection due to Aëromonas hydrophila*. Journal of American medical association (238), 10: 1053-1054.
Havelaar, A. H. en Versteegh, J. F. M. (1987). *Voorkomen van Aëromonas in oppervlaktewater en voedsel*. Verslag colloquium: Aëromonas in drinkwater, 67-86, Rijswijk.
Havelaar, A. H. et al (1987). *Ampicilline-dextrin agar medium for the enumeration of Aëromonas species in*

Milieu-organisaties in beroep tegen nieuwe gas- en olieboringen in het IJsselmeer

De Stichting Natuur en Milieu heeft samen met veertien organisaties op het gebied van natuurbescherming, recreatie en visserij beroep aangetekend bij de afdeling Rechtspraak van de Raad van State tegen twee nieuwe boorvergunningen voor het IJsselmeergebied. De vergunningen zijn onlangs verleend door de Minister van Economische Zaken aan de NAM en Petroland. Zij beslaan in totaal 165.000 hectare en betekenen een *ernstige bedreiging* voor natuur, milieu en *drinkwatervoorziening*. Er moet rekening worden gehouden met vervuiling door olie en smeermiddelen van water en bodem, zowel door de reguliere booractiviteiten als door mogelijke calamiteiten. Ook de belangen van recreatie, landbouw en visserij zijn in het geding. De vergunningen zijn verleend voor het Markermeer en voor het Randmerengebied ('boorvergunning Harderwijk'). Bij de boringen zal gebruik worden gemaakt van speciale boorpontons. Daarmee kan echter niet worden gegarandeerd dat tijdens het boren naar olie of gas geen vervuiling zal ontstaan. Dat geldt al helemaal niet bij een 'blow-out'. Het risico van een 'blow-out' is weliswaar klein, maar bepaald niet denkbeeldig. Niet voor niets is er dan ook het afgelopen jaar een enorme oppositie gerezen tegen de voorgenomen olie- en gasboringen in het IJsselmeer. De advisering in de Planologische Werkcommissie stopt hierdoor al maanden. De vergunningen bepalen dat alleen geboord kan worden in de centrale delen van de vergunninggebieden; de randen van de concessies zijn aangemerkt als 'van boorwerken te vrijwaren' zones. De organisaties vinden het onbegrijpelijk dat een



Gebieden behorend bij de boorvergunningen Markerwaard (57.000 ha) en Harderwijk (107.500 ha).

dergelijke tweedeling wordt gemaakt voor een gebied dat waterhuishoudkundig en ecologisch één geheel vormt. De boringen zijn strijdig met het Tweede Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening, dat stelt dat zowel het Markermeer als het Randmerengebied bestemd zijn voor de toekomstige drinkwatervoorziening. Zij zijn bovendien in strijd met de internationale verplichtingen van Nederland voor de bescherming van wetlands: het Markermeer en het Randmerengebied zijn aangemerkt als wetlands die van internationaal belang zijn voor watervogels.

water by membrane filtration. Journal of applied bacteriology, 62: 279-287.
Hoekstra, A. C. et al (1987). *Aëromonas in water: praktijkervaringen van de duinwaterleiding Den Haag*. Colloquium KIWA, VWN, RIVM: Aëromonas in drinkwater, 20-47, Rijswijk.
KEMA (NV tot keuring van elektrotechnische materialen), Kooops, F. B. J. en Polderman, A. M. (1987). *Menspathogene organismen in koelwater*. Arnhem.
KIWA-VWN-RIVM colloquium (1987). *Aëromonas in drinkwater*. H₂O (20) 1987, nr. 13, 313-315.
Kuijper, E. J. en Peeters, M. F. (1986). *De betekenis van Aëromonas-soorten in de faeces van patiënten met en zonder diarree*. Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde (130), 7: 302-305.
Rippey, S. R. and Cabelli, V. J. (1979). *Membrane filter procedure for enumeration of Aëromonas hydrophila in fresh waters*. Applied and environmental microbiology (38), 1: 108-113.
Rippey, S. R. and Cabelli, V. J. (1980). *Occurrence of*

Aëromonas hydrophila in limnetic environments: Relationship of the organism to trophic state. Microbial ecology, 6: 45-54.
VDEN (Vereniging van directeuren van elektriciteitsbedrijven in Nederland) (1984). *Commissie Milieuzaken, Elektriciteitsproductie en koelwater*. Versteegh, J. F. M. (1987). *Aëromonas in drinkwater in Nederland: Isolatie, identificatie en voorkomen*. Colloquium KIWA, VWN, RIVM: Aëromonas in drinkwater, 4-47, Rijswijk.