

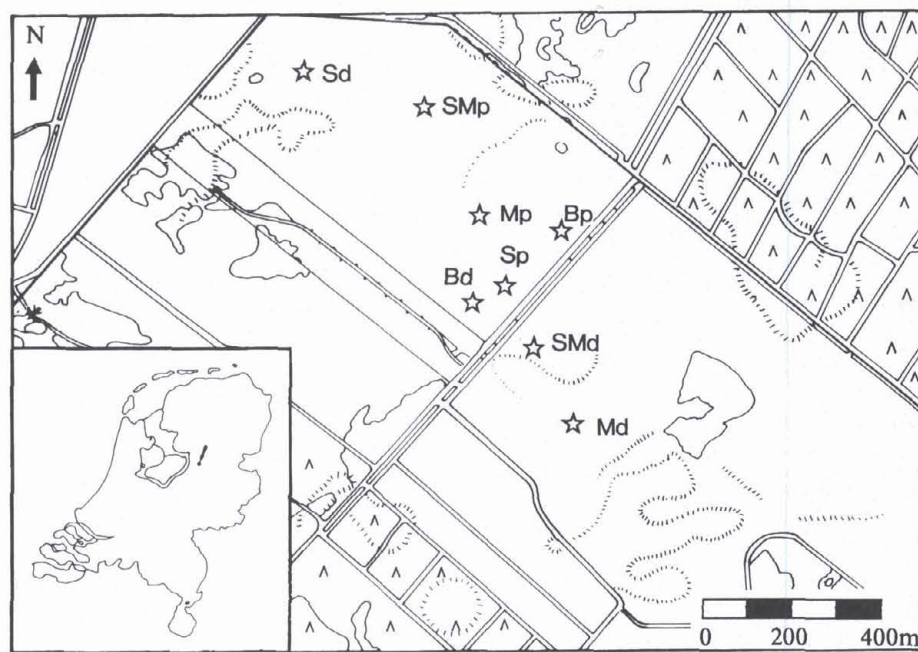
Kan de Heikikker worden behouden door bekalking van heidevennen?

M.J.S. Bellemakers,
H. van Dam
& A.J.M. Roozen

Bij verzuring van oppervlaktewater neemt beschimmeling van heikikkerieren toe. De vraag kan gesteld worden of licht bufferen van het water door bemergeling een succesvolle bijdrage aan de bescherming van de biotopen van de Heikikker levert. Daarom werden de effecten van bekalking op de beschimmeling van heikikkerieren, de chemische samenstelling van het water en de kiezelwiersamenstelling bestudeerd.

Inleiding

Als gevolg van de sterk toegenomen atmosferische depositie van verzurende stoffen zijn de kalkarme, op voedselarme zandgronden gelegen vennen sterk verzuurd met desastreuze gevolgen voor de karakteristieke flora en fauna (Van Dam, 1983; Leuven & Schuurkes, 1985; Arts, 1987). De heidevennetjes in het natuurgebied 'Tongerense Heide' bij Epe (fig. 1), eigendom van de Stichting het Geldersch Landschap, waren zodanig verzuurd dat steeds meer eieren van de Heikikker (*Rana arvalis*) (fig. 2) beschimmelden waardoor er te weinig kikkersvisjes tot ontwikkeling kwamen om het voortbestaan van deze bedreigde diersoort hier te verzekeren. De pH was lager dan 4,2. Ook Leuven et al. (1986) toonden aan dat in veldsituaties bij een pH van 4,0 de mortaliteit van eieren van de Heikikker ruim boven de 75% lag. Daar niet te verwachten was dat de atmosferische depositie van verzurende stoffen op korte termijn voldoende zou afnemen, werd bekalking van een aantal van deze vennen als een mogelijkheid gezien om de sterke achteruitgang van de Heikikker in deze typisch Nederlandse heideterreinen te voorkomen.



Methoden

Bovengenoemde problematiek was de aanleiding om van februari 1988 tot november 1989 bekalkingsexperimenten met grof mergelpoeder ($\varnothing < 3$ mm) uit te voeren in enkele van nature zwak zure, ondiepe vennetjes, waarin Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*), Snavelzegge (*Carex rostrata*), Pijpestrootje (*Molinia caerulea*) en Veenmos (*Sphagnum* spec.) de voornaamste soorten macrofyten zijn.

In maart 1988 werd aan vier vennen circa 0,2 kg mergel per m^3 water toegevoegd (tabel 1; fig. 3). In de twee bekalkte vennen, die jaarlijks droogvallen, werd deze behandeling een jaar later herhaald. In twee vennen werd vóór de bemergeling eveneens het Veenmos verwijderd, omdat mineralisatie hiervan tot een ongewenste interne eutrofiëring zou kunnen leiden (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Om die reden zijn er ook twee onbemergelde vennetjes geselecteerd waar veenmos is verwijderd. De ontwikkelingen in al deze behandelde vennetjes werden vergeleken met die in twee onbehandelde vennetjes.

Naast de effecten van bekalking op het beschimmelingspercentage van de eieren van de Heikikker werden ook veranderingen in de chemische sa-

menstelling van het water onderzocht. Omdat werd verwacht dat door bekalking en de daarop volgende verhoging van de pH interne eutrofiëring zou gaan optreden (Schils, 1987; Bellemakers et al., 1991) werden soortensamenstelling en talrijkheid van de diatomeeën (kiezelwieren) onderzocht, omdat deze algen goede indicatoren voor de voedselrijkdom van het water zijn (Van der Werff & Huls, 1957-1974).

Vanaf februari 1988 tot november 1989 werden elke twee maanden monsters van kiezelwieren genomen door middel van uitknijpsels van Veen-

menstelling van het water onderzocht. Omdat werd verwacht dat door bekalking en de daarop volgende verhoging van de pH interne eutrofiëring zou gaan optreden (Schils, 1987; Bellemakers et al., 1991) werden soortensamenstelling en talrijkheid van de diatomeeën (kiezelwieren) onderzocht, omdat deze algen goede indicatoren voor de voedselrijkdom van het water zijn (Van der Werff & Huls, 1957-1974).

Vanaf februari 1988 tot november 1989 werden elke twee maanden monsters van kiezelwieren genomen door middel van uitknijpsels van Veen-



Fig. 2. De Heikikker (*Rana arvalis*) foto: Dr. H. Strijbosch. The Moor frog.



mos, Veenpluis, Snavelzegge en Knolrus (*Juncus bulbosus*). Hiervan werden preparaten gemaakt door oxydatie met waterstofperoxyde. Onder een lichtmicroscop werden 200 schaalhelften van diatomeeën geteld bij een vergroting van 1250x en werden de procentuele hoeveelheden van de taxa berekend. Voor een volledige beschrijving van de methoden en resultaten wordt verwezen naar Lutikholt (1989). Tevens werden twee diatomeeënmonsters bestudeerd, welke in de zomer van 1932 in dit gebied waren genomen door O.H. Westerhof (collectie Hugo de Vrieslaboratorium, Universiteit van Amsterdam).

Daarnaast werd de pH gemeten en werden watermonsters genomen voor chemisch onderzoek. Het beschimmingspercentage van de heikikkereieren werd gedurende het voortplantingsseizoen (maart-mei) in 1987, 1988 en 1989 geschat.

Chemische samenstelling van het water

De gemiddelde pH van het water in de onbehandelde (blanco) vennen en in de vennen waar het Veenmos is verwijderd, ligt tussen 3,7 en 4,1 (tabel 1). In de

droogvallende, bemergelde vennen is de gemiddelde pH iets hoger (4,5-4,6). De hoogste waarden (5,3-5,5) zijn gemeten in de permanent waterhoudende, bemergelde vennen.

De effecten van bekalking op de pH en de alkaliniteit van het water zijn weergegeven in fig. 4. De bemergeling in de droogvallende vennen had een lichte pH-stijging tot gevolg en nauwelijks een stijging in alkaliniteit. In bekalkte, permanent waterhoudende venetjes is de pH-stijging volgens een variantie-analyse significant groter, evenals

de toename in de alkaliniteit. Het verwijderen van het Veenmos heeft nauwelijks of geen invloed op deze parameters. Wanneer de bekalkte, drooggevalen vennen in het late najaar weer met water gevuld worden, is het water direct zuur. Tijdens de droge periode treden er oxydatieprocessen op in het sediment, zoals sulfide-oxydatie, waarbij zwavelzuur gevormd wordt (Schuurkes, 1987; Van Dam, 1988). Zodra er weer water boven dit zure sediment komt te staan, verzouurt het.

Een dergelijke ontwikkeling treedt minder sterk op, wanneer de heidevennetjes niet droogvallen. Afgezien van het feit dat de stijgingen van pH en alkaliniteit in deze permanent waterhoudende venetjes groter zijn dan bij de droogvallende venetjes, blijven deze waarden zonder een tweede bekalking na de winter van 1988/1989 enigszins verhoogd. Een lichte verzuring als gevolg van de atmosferische depositie is weliswaar te registreren, maar de pH en de alkaliniteit blijven hoger dan in een situatie zonder bekalking (tabel 1).

Bij de verschillende behandelingen verschillen in de loop van de tijd de fosfaat- en ammoniumconcentraties in het water van de heidevennetjes nauwelijks (tabel 1). De bekalking heeft tenminste in de eerste twee jaren weinig invloed op de voedingsstoffenconcentraties in de waterlaag. Een tijdelijk licht verhoogde pH en alkaliniteit als gevolg van de bekalking leiden in deze gevallen niet tot een chemisch aantoonbare interne eutrofiëring, hetgeen wel bekend is van enkele andere bekalkingsexperimenten (Schils, 1987; Bellemakers et al., 1991).

| Behandeling Treatment | Oppervlakte Area (10 ² m ²) | Diepte Depth (cm) | Mergel Lime (kg) | pH | o-PO ₄ ³⁻ NH ₄ ⁺ (μmol·l ⁻¹) | |
|--|--|-------------------------|------------------------|-----|---|------|
| Waterhoudend, blanco (Bp) Permanent, control | 3,1 | 43 | 0 | 4,1 | 0,34 | 5,5 |
| Droogvallend, blanco (Bd) Intermittent, control | 1,0 | 25 | 0 | 4,1 | 0,40 | 6,2 |
| Waterh., Veenmos verwijderd (Sp) Permanent, Sphagnum removed | 1,5 | 20 | 0 | 4,0 | 0,43 | 8,9 |
| Droogv., Veenmos verwijderd (Sd) Intermittent, Sphagnum removed | 0,2 | 13 | 0 | 3,7 | 0,31 | 6,6 |
| Waterhoudend, bekalkt (Mp) Permanent, limestone added | 0,6 | 40 | 24,0 | 5,5 | 0,23 | 3,3 |
| Droogvallend, bekalkt (Md) Intermittent, limestone added | 0,8 | 16 | 22,5 | 4,5 | 0,29 | 5,8 |
| Waterh., Veenmos verw., bekalkt (SMp) Permanent, Sphagnum removed, Limestone added | 1,5 | 32 | 48,0 | 5,3 | 0,41 | 12,0 |
| Droogv., Veenmos verw., bekalkt (SMd) Intermittent Sphagnum removed, Limestone added | 0,5 | 19 | 15,0 | 4,6 | 0,38 | 9,3 |

Tabel 1. Afmetingen, behandelingen, pH, fosfaat- en ammoniumconcentraties van de bemonsterde heidevennen. Diepte = gemiddelde diepte en Mergel = hoeveelheid toegevoegde mergel. Aantal waarnemingen is 18. Van de pH na de behandeling en de diepte zijn de rekenkundige gemiddelden weergegeven, van ortho-fosfaat (o-PO₄³⁻) en het ammoniumgehalte (NH₄⁺) de meetkundige gemiddelden.

Areas, mean depths, treatments, pH, o-PO₄³⁻ and NH₄ concentrations of the sampled moorland pools. Depth = mean depth and Lime = quantity of lime added. The number of observations is 18, pH and depth are given in arithmetical means, o-PO₄³⁻ and NH₄ are given in geometric means.



Fig. 3. Bemergeling van een heidevennetje van de Tongerense Heide. Aan de randen van het vennetje zijn verwijderde hopen Veenmos zichtbaar (foto: J. van Osch). Liming of a pool with marlstone. Behind the pool some heaps of removed *Sphagnum* are visible.

Het verwijderen van het Veenmos leidt ook niet tot meetbare veranderingen in de chemische samenstelling van het water van de heidevennetjes (tabel 1). De verschillen tussen de gemiddelde fosfaat- en ammoniumconcentraties in het water van de vennen voor en na bemergeling, met of zonder de verwijdering van Veenmos, zijn volgens een variantie-analyse niet significant. In de periode van onderzoek zijn er eveneens geen effecten op de vegetatie waargenomen.

De kiezelwieren

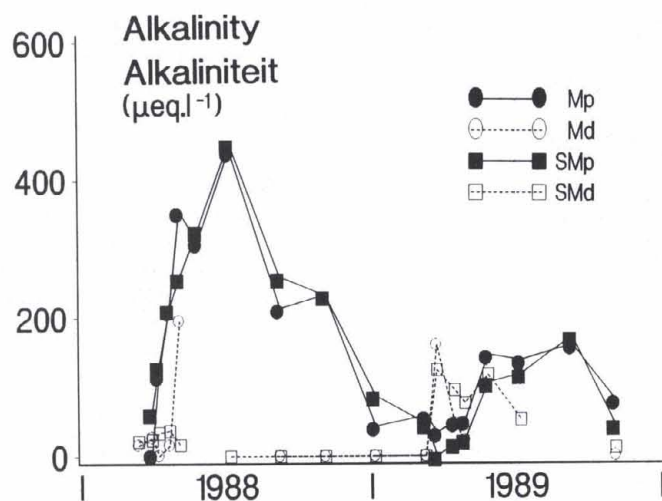
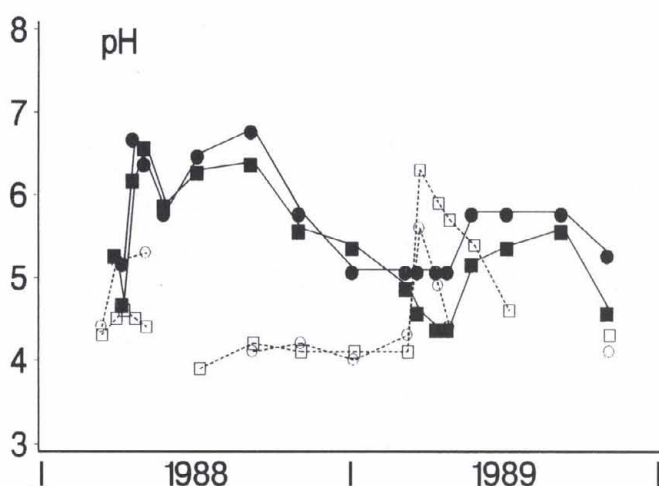
Na analyse van de kiezelwierenmonsters blijkt dat de uitgangssituaties in de diverse vennetjes verschillen vertoonden in tegenstelling tot de waterchemie. Dit kan veroorzaakt worden door verschillen in de voorgeschiedenis van de vennetjes, vengrootheid, waterdiepte en de aard van de aanwezige vegetatie (Luttikholt, 1989).

In tabel 2 zijn de procentuele hoeveelheden van de dominante taxa weergegeven na toevoegen van mergel in maart 1988. Deze taxa maken ruim 95% van het totaal aantal getelde schaalhelften uit. De triviale soorten zijn algemene soorten uit zure vennen. De meest voorkomende soort van deze groep, *Eunotia paludosa*, is kenmerkend voor tijdelijk droogvallende wateren en moerassen en komt daarom veel in Veenmosvegetaties voor. Ook de overige soorten van deze groep kunnen tijdelijke uitdroging goed doorstaan. Van de soorten uit matig zure, laag alkaliene wateren komt in het bemergelde, waterhoudende ven alleen *Tabellaria flocculosa* voor. Venvreemde soorten komen per definitie van nature niet in zure vennen voor. *Nitzschia palea* en de beide *Gomphonema*-soorten zijn vooral bekend uit wateren die worden verontreinigd door afbreekbaar, organisch materiaal. *Fragilaria capucina* komt algemeen in eutrofe

wateren voor. *Achnanthes minutissima* is een soort met een zeer brede ecologische spanwijdte, die ook wel in niet al te zure vennen kan voorkomen. De toename van venvreemde diatomeeënsoorten, vooral in de bekalkte, permanent waterbevattende vennen, wijzen op een toename van de beschikbaarheid van nutriënten (interne eutrofiëring), in tegenstelling tot de chemische analyses van de watermonsters.

Fig. 4. De pH en de alkaliniteit van het water van de bekalkte heidevennen gedurende het experiment. Mp: waterhoudend, bekalkt, Md: droogvallend, bekalkt, SMp: waterhoudend, Veenmos verwijderd, bekalkt en SMd: droogvallend, Veenmos verwijderd, bekalkt.

Changes in pH and alkalinity during the experiments. Mp: permanent, limed, Md: intermittent, limed, SMp: permanent, *Sphagnum* removed, limed and SMd: intermittent, *Sphagnum* removed, limed.





De relatief geringe verschillen tussen de monsters van 1932 en 1988-1989 (vennen die als blanco dienen en die waar Veenmos is verwijderd) zijn opmerkelijk. Verwacht werd dat in de oude monsters o.a. bedreigde soorten uit de groep van *Navicula subtilissima*, die vooral in humeuze wateren voorkomen, aangetroffen zouden worden. Dit bleek echter niet het geval. Daar niet precies bekend is uit welke vennen de monsters zijn genomen ('Plasje bij Tongeren') kan uit vergelijking van oude en recente monsters de verzuringsgeschiedenis van de recent onderzochte vennen niet goed worden gereconstrueerd.

De Heikikker

Het beschimmingspercentage van de Heikikkereieren gaf aan dat de kansen op een goede voortplanting van de Heikikker na verhoging van de pH en alkaliniteit groter worden (fig. 5). In alle niet behandelde heidevennetjes bedroeg het beschimmingspercentage van de kikkereieren 75 tot 100%. In de eenmaal per jaar licht bekalkte vennen is het beschimmingspercentage in 1988 en 1989 teruggelopen tot een niveau van 5 tot 15%. Na het uitkomen van de kikkereieren, werden veel kikkervisjes in de vennetjes waargenomen. Het gegeven dat in de bemergelde vennen het beschimmingspercentage niet geheel tot nul reduceert kan voor een deel verklaard worden uit de pH-verschillen, die in de vennetjes aanwezig blijven. Het bemergelen gebeurt geheel handmatig (fig. 3), zodat het mogelijk is dat er lokaal weinig of geen mergel in het water terecht komt. Indien op deze plaatsen de vegetatie voor enige isolatie zorgt kan lokaal beschimmeling optreden. Het algehele effect van bemergelen is echter evident.

Een soortgelijk resultaat werd behaald in het Ven bij Schayk, een verzuurd ven in Noordoost-Brabant. In 1987 nam men in dit ven beschimmingspercentages van de kikkereitjes van de Bruine kikker (*Rana temporaria*) waar van circa 100 procent. Na bekalken met mergel waren de kikkereitjes niet of nauwelijks meer beschimmeld (losse waarneeming).

Conclusies

De gebruikte dosis grof gemalen mergel leidt tijdelijk tot een pH-stijging van ongeveer anderhalve eenheid in droogvallende, en ongeveer anderhalve eenheid

| Behandeling | 1932 | Bp | Bd | Sp | Sd | Md | SMd | SMp | Mp |
|--|------|----|----|----|----|----|-----|-----|----|
| Groep en taxa | | | | | | | | | |
| Triviale soorten uit zuur water (Acid-water taxa) | | | | | | | | | |
| <i>Eunotia paludosa</i> | 34 | 9 | 19 | 71 | 80 | 60 | 16 | 14 | 2 |
| <i>E. bilunaris</i> | 16 | 15 | 66 | 20 | 0 | 27 | 39 | 46 | 14 |
| <i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>saxonica</i> | 38 | 51 | 9 | 4 | 13 | 6 | 27 | 7 | 11 |
| <i>F. rhomboides</i> var. <i>crassinervia</i> | — | 21 | 5 | 2 | 4 | 4 | 11 | 1 | 1 |
| Soorten uit laag-alkalien water (Soft-water taxa) | | | | | | | | | |
| <i>Tabellaria flocculosa</i> | — | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 7 |
| Venvreemde soorten (Allochthonous taxa) | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia palea</i> (incl. var. <i>debilis</i>) | — | — | — | — | — | 0 | 0 | 4 | 0 |
| <i>Achnanthes minutissima</i> | 3 | 0 | — | — | — | 1 | 1 | 1 | 29 |
| <i>Gomphonema gracile</i> | — | 0 | — | — | — | — | 1 | 1 | 10 |
| <i>G. parvulum</i> | — | 0 | — | — | — | — | — | 10 | 6 |
| <i>Fragilaria capucina</i> | — | 0 | — | — | — | — | 1 | 7 | 15 |

Tabel 2. Diatomeeën in de onderzochte vennen. Procentuele hoeveelheden van de meest voorkomende kiezelwierentaxa. Onder 1932 is het gemiddelde van analyses van 2 monsters uit 1932 vermeld. Bij de overige behandelingen zijn gemiddelden van 10 monsters na de eerste bemergeling in 1988-1989 weergegeven. 0 = procentuele hoeveelheid < 0,5%, - = niet aangetroffen. Bp: waterhoudend blanco, Bd: droogvallend, blanco, Sp: waterhoudend, Veenmos verwijderd, Sd: droogvallend, Veenmos verwijderd, Mp: waterhoudend, bekalkt, Md: droogvallend, bekalkt, SMp: waterhoudend, Veenmos verwijderd, bekalkt en SMd: droogvallend, Veenmos verwijderd, bekalkt.

The percentual abundances of the dominant diatoms taxa. The 2 samples of 1932 are shown as means. The results of the treatments are shown as means of 10 observations, after liming in 1988-1989. 0 = percentage abundance μ 0.5%, - = not found. Bp: permanent, control, Bd: intermittent control, Sp: permanent, Sphagnum removed, Sd: intermittent, Sphagnum removed, Mp: permanent, limed, Md: intermittent, limed, SMp: permanent, Sphagnum removed, limed and SMd: intermittent, Sphagnum removed, limed.

in waterhoudende vennetjes. Het bekalken van niet droogvallende vennetjes leidt tot het optreden van venvreemde diatomeeënsoorten, die indicatief zijn voor geëutrofiëerde, met organisch afbreekbaar materiaal belaste vennetjes. Dit is een ongewenste ontwikkeling. Bij het bemergelen van droogvallende vennen zijn de ongewenste veranderingen in de soortensamenstelling van de kiezelwieren in veel mindere mate opgetreden.

Tot eind 1989 zijn er geen effecten van bemergeling waargenomen op de water- en oeverplanten. De chemische samenstelling van het water, behoudens de pH en alkaliniteit, en met name de nutriëntenconcentraties, bleef in alle vennetjes hetzelfde. Een interne eutrofiëring kon aan de hand van de chemische wateranalyses niet worden aangetoond. De beschimmingspercentages van de eieren van de Heikikker lopen door de bemergeling zowel in de waterhoudende als droogvallende vennen terug van circa 75-100% tot 0-25%. Dit betekent dat voor het op peil houden van een heikikkerpopulatie zonder de overige waterkwaliteitsaspecten te beïnvloeden het beste droogvallende

heidevennetjes bekalkt kunnen worden.

Om de lange-termijneffecten op de chemische samenstelling van het water, de soortensamenstelling van de diatomeeën en de vegetatie-ontwikkeling te volgen, is het noodzakelijk dit experiment meerdere jaren voort te zetten. Alleen dan is het mogelijk de gevolgen van herstelmaatregelen van dit soort verzuurde vennen te overzien. Daarbij moet natuurlijk wel in acht genomen worden dat een structurele oplossing van dit probleem pas na een drastische reductie van de atmosferische depositie gerealiseerd kan worden.

Literatuur

- Arts, G.H.P., 1987. Geschiedenis van de verzuring van zwak gebufferde wateren in Nederland onder invloed van atmosferische depositie. Rapport 28-01 van het Project: Dutch priority programme on acidification. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen.
- Bellemakers, M.J.S., M. Maessen & G.M. Verheggen, 1991. Restauratie van verzuurde en geëutrofiëerde zwak gebufferde ondiepe oppervlaktewateren; mogelijkheden tot herstel. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Bloemendaal, F. & J.G.M. Roelofs (red.),

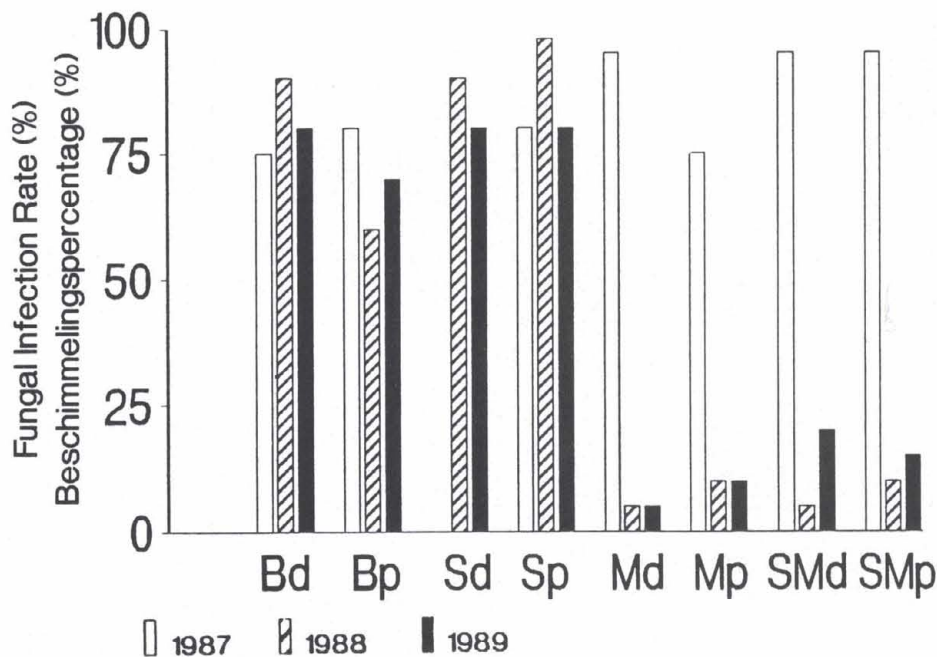
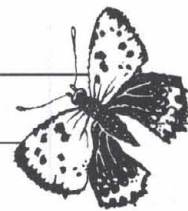


Fig. 5. Het beschimmelspercentage van eieren van de Heikikker voor en na bemer-geling. Bp: waterhoudend blanco, Bd: droogvallend blanco, Sp: waterhoudend, Veenmos verwijderd, Sd: droogvallend, Veenmos verwijderd, Mp: waterhoudend, bekalkt, Md: droogvallend, bekalkt, Smp: waterhoudend, Veenmos verwijderd, bekalkt en SMd: droogvallend, Veenmos verwijderd, bekalkt.

Fungal infection rate (%) of the eggs of the moor frogs in different pools and years. Bp: permanent, control, Bd: intermittent, control, Sp: permanent, *Sphagnum* removed, Sd: intermittent, *Sphagnum* removed, Mp: permanent limed, Md: intermittent, limed, Smp: permanent, *Sphagnum* removed, limed and SMd: intermittent, *Sphagnum* removed, limed.

1988. Waterkwaliteit en waterplanten. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen.

Dam, H. van, 1983. Vennen in Midden-Brabant. RIN-rapport 82/83, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Dam, H. van, 1988. Acidification of three moorland pools in The Netherlands by acid precipitation and extreme drought periods over seven decades. *Freshwater Biology* 20: 157-176.

Leuven, R.S.E.W. & J.A.A.R. Schuurkes, 1985. Effecten van zure neerslag op zwak gebufferde en voedselarme wateren. Publicatierijks 'lucht' no. 47, Ministerie van VROM. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.

Leuven, R.S.E.W., C. den Hartog, M.M.C. Christiaans & W.H.C. Heijligers, 1986. Effects of water acidification on the distribution pattern and the reproductive success of amphibians. *Experientia* 42: 495-503.

Luttikholt, A.J.G. 1989. Effecten van bekalking op diatomeeën in verzuurde vennen op de Tongerense Heide (gemeente Epe). Intern Rapport 89/29. Internationale Agrarische Hogeschool Larenstein, Wageningen / Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Schils, E.G.P., 1987. Restauratie van verzuurde meren. Scriptie nr. 70. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen.

Schuurkes, J.A.A.R., 1987. Acidification of surface waters by atmospheric deposition with emphasis on chemical processes and effects on vegetation. Proefschrift. K.U. Nijmegen.

Werff, A. van der & H. Huls, 1957-1974. Diatomeeënflora van Nederland. Abcoude-De Hoef.

Summary

Is ecological restoration of acidified heathland pools possible by liming?

Liming experiments with powdered limestone ($\varnothing < 3$ mm; about 0.2 kg per m³ water) were conducted in eight acid shallow moorland pools in the 'Tongerense Heide' heathland area from February 1988 until November 1989. The effects on water chemistry, diatoms and the fungal infection of the eggs of the Moor frog (*Rana arvalis*) were studied. After an initial treatment in March 1988 the pH increased from ca. 4.0 to ca. 5.0 in those pools which desiccated in summer and to ca. 6.0 in the permanent pools. Alkalinity increased from 0 to 20 - 200 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ in temporary pools and from 0 to 300 - 500 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ in permanent pools. Since desiccation of the pools caused reacidification after refilling, the temporary pools were relimed in March 1989. No significant changes were found in concentrations of phosphate and nitrogen compounds. *Eunotia paludosa* which is characteristic for oligotrophic, very acid pools and bogs with a fluctuating water table, was the dominant diatom species in the untreated pools. It was replaced by eutrathentic and saprophilous taxa, particularly in the permanent pools. Species from soft waters, which are very sensitive to acidification, were found only occasionally in some samples from the treated permanent pools. After liming the percentage of infected moor frog eggs decreased from ca. 75-100% in the untreated to ca. 0-25% in the treated pools.

Dankwoord

Dr. F. Bouman en H. Kooyman-van Blokland (Faculteit Biologie, Universiteit van Amsterdam) stelden de oude diatomeeën-monsters beschikbaar. De Stichting 'Het Geldersch Landschap' verleende toestemming voor het uitvoeren van de experimenten. A.J.G. Luttikholt, A. Mertens, P. Schermerhorn, J.A. Sinkeldam en G.M. Verheggen verleenden technische hulp. Tevens dank aan drs. M.J.R. Cals, dr. J.G.M. Roelofs, prof. dr. G. van der Velde en prof. dr. C. den Hartog voor het kritisch doorlezen van het manuscript. Het onderzoek werd ten dele gefinancierd door VROM (projectnr. 011661).

Drs. M.J.S. Bellemakers, Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit, Toernooiveld, 6525 ED Nijmegen.

Drs. H. van Dam, Afdeling Hydrobiologie, DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Postbus 46, 3956 ZR Leersum.

Drs. A.J.M. Roozen, Stichting 'Het Geldersch Landschap', Kasteel Zypendaal, Zypendaalseweg 44, 6814 CL Arnhem.