

Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren

Tussenrapport 1996

**Emiel Brouwer
Roland Bobbink
Jan G.M. Roelofs
Germa M. Verheggen**

**Werkgroep Milieubiologie, Vakgroep Oecologie
Katholieke Universiteit Nijmegen
Toernooiveld 1 6525 ED Nijmegen
Mei 1997**

**In opdracht van het IKC Natuurbeheer
Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.**

© Vakgroep Oecologie, K.U.N. 1997

8757

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
H.1 Inleiding	5
H.2 Gebiedsbeschrijvingen	7
2.1 De Banen	7
2.2 De Landschotse heide	7
2.3 De Bergvennen	8
2.4 De Oisterwijkse vennen	9
2.5 Het Groot Meer bij Ossendrecht	10
H.3 Grondwaterinlaat	11
3.1 Buffering	11
3.2 Voedingsstoffen	14
3.3 Seizoensinvloeden	16
3.4 Venreeksen	17
3.5 Herverzuring	18
3.6 Gevolgen pH-fluctuaties	20
H.4 Veranderingen in het sediment	21
H.5 Ontwikkeling per terrein	23
5.1 De Banen	23
5.2 De Landschotse heide	27
5.3 De Bergvennen	28
5.4 De Oisterwijkse vennen	28
5.5 Het Groot Meer bij Ossendrecht	31
H.6 Voorlopige conclusies monitoring 1996	38
H.7 Catchment liming	38
H.8 Literatuur	40
Bijlagen	41

Voorwoord

Bij deze willen wij alle instanties en personen bedanken die in 1996 hebben meegewerkt aan het onderzoek aan herstel mogelijkheden in geëutrofeerde en verzuurde oppervlaktewateren. Onze dank gaat met name uit naar hen die toestemming verleenden om in natuurterreinen bodem en water te verzamelen en vegetatie te onderzoeken en veelal de inlaat van grondwater hebben gereguleerd, te weten:

- Dhr. de Wit en dhr. Grootenhuis van de stichting It Fryske Gea (Schoapedobbe)
- Dhr. Berends van de Stichting het Limburgs Landschap (De Banen)
- Dhr. Coogels en dhr. Dooy (Groot meer Ossendrecht)
- Dhr. Suilen en dhr. Klijn van Natuurmonumenten (Oisterwijkse vennen)
- Dhr. Aarts van de gemeente Oost-, West- en Middelbeers (Landschotse heide)
- Dhr. Koster van de Stichting het Overijssels Landschap (Bergvennen)

Tevens danken wij dhr. van Opstal en dhr. Schaap, de projectcoördinatoren OBN van het IKC-natuurbeheer en hun collega dhr. Beijer. Uiteraard is ook dank verschuldigd aan Martin Versteeg, Maria van Kuppeveld, Hilde Tomassen, Maaïke de Graaf, Paul van der Ven, Leon Lamers, Dries Boxman en de overige medewerkers/medewerksters van de werkgroepen Milieubiologie en Aquatische Oecologie van de vakgroep Oecologie voor hun hulp en ondersteuning.

H.1 Inleiding

Nederland bezit in vergelijking met de ons omringende landen een grote variatie aan, veelal ondiepe, oppervlaktewateren. Het grote aantal waterplanten in de Nederlandse flora is hiervan een direct gevolg. Enkele watertypen worden buiten Nederland weinig aangetroffen. Dit geldt vooral voor niet tot matig gebufferde, voedselarme wateren op en langs de pleistocene zandgronden, maar ook voor de plassen in de kalkarme en kalkrijke duinen. De natuurwaarden van deze oecosystemen zijn van nationale en internationale betekenis, maar zij zijn helaas ernstig aangetast door onder meer verzuring en eutrofiëring. Zo staat 75% van de in deze milieu's voorkomende waterplanten op de rode lijst en is 45% van internationale betekenis. Na het opstellen van het preadvies in begin 1990 zijn herstelmaatregelen (EGM) op praktijkschaal genomen om de negatieve invloed van juist gemelde milieu-aantastingen te verminderen (Cals & Roelofs 1990). De resultaten van de eerste fase van het EGM monitoringsproject Oppervlaktewateren zijn in 1993 gepubliceerd in het desbetreffende eindrapport (Bellemakers e.a. 1993). De tweede fase van de EGM monitoring in oppervlaktewateren is najaar 1996 afgerond met een eindrapport (Brouwer e.a. 1996). Voor een aantal typen oppervlaktewateren heeft dit tot een pakket van praktijkrijpe maatregelen geleid (Brouwer e.a. 1996). Dit geldt met name voor oligotrofe oppervlaktewateren waarin eutrofiëring de oorzaak is van achteruitgang van karakteristieke vegetaties van waterplanten. Voor wateren die (mede) door verzuring hun karakteristieke vegetatie hebben verloren of gevoelig zijn voor verzuring is nog geen volledig pakket van maatregelen voorhanden.

In april 1996 is daarom door het Informatie en KennisCentrum (IKC)-Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij opdracht gegeven aan de werkgroep Milieubiologie van de afdeling Aquatische Oecologie en Milieubiologie van de vakgroep Oecologie (K.U.Nijmegen) tot voortzetting van het monitoringsprogramma van effectgerichte maatregelen in verzuringsgevoelige oppervlaktewateren. Het betreft hier terreinen waar de nieuwe herstelmaatregelen pas onlangs zijn uitgevoerd en de monitoring zich nog in de eerste fase bevindt, omdat in de uitvoering van de voorgestelde maatregelen door externe omstandigheden (grote) vertraging is opgetreden. Overigens is in deze wateren de biotische en abiotische situatie voor EGM/OBN al wel vele jaren gevolgd. Het betreft de maatregel verwijdering sliblaag (soms vrijstellen oevers) en vervolgens gedoseerd inlaten van gebufferd grondwater in een vijftal van nature (zeer) zwak gebufferde, voedselarme wateren, te weten de Bergvennen bij Denekamp, de Banen bij Nederweert, het Groot Meer bij Ossendrecht, de Oisterwijkse vennen bij Oisterwijk en de Keyenhurk bij Middelbeers. Inmiddels is al wel duidelijk geworden dat directe bekalking van de waterlaag vrijwel nooit leidt tot het herstel van kenmerkende vegetaties van waterplanten in deze verzuurde oppervlaktewateren. Naast een sterke kleuring van de waterlaag en jaarlijkse herverzuring bestaat de kans op interne eutrofiëring, een proces wat in veel bekalkte Noorse meren speelt en de diversiteit van de waterplantenvegetatie sterk vermindert (Roelofs e.a., 1994; 1995; Bobbink & Roelofs 1996). In dit rapport worden de resultaten besproken van de monitoring van bovengenoemde wateren in 1996 waar door middel van het inlaten van opgepompt grondwater gepoogd wordt de buffercapaciteit te herstellen of (her)verzuring te voorkomen. Verder zal nog kort worden ingegaan op de mogelijkheden van de bekalking van het inzigggebied van geïsoleerde wateren ('vennen'), waar de toevoer van lokaal kwelwater verzuurd is en waar geen mogelijkheden voor de inlaat van grondwater zijn. Waarschijnlijk wordt deze maatregel in 1997 op experimentele schaal in praktijk gebracht in het poeltjescomplex de Bieze op de Veluwe en bij het ven de Schoapedobbe in Friesland.

De referentieprojecten die niet meer intensief worden gevolgd, kunnen worden verdeeld in twee groepen: verzuurde, bekalkte vennen en niet-verzuringsgevoelige, opgeschoonde wateren. In verzuurde vennen heeft het gebruik van grotere doses kalk meestal niet het gewenste effect. De kalk lost slechts ten dele op in de waterlaag, waardoor de pH-stijging slechts van korte duur is en een deel van de kalk uitzakt naar de bodem. Daar kan alkalinisatie van de bodem optreden, wat een risico van interne eutrofiëring als gevolg van een verbeterde afbraak van organisch materiaal inhoudt. Directe bekalking is daarom niet geschikt als middel tegen verzuring (Brouwer e.a. 1996). De wateren waarin verzuring is bestreden door te bekalken (het Padvindersven bij Rijsbergen en het Munven bij Schaijk) worden na de onderzoeksperiode van 5-6 jaar niet langer gemonitord.

In niet-verzuringsgevoelige, oorspronkelijk oligotrofe oppervlaktewateren (o.a. duinplassen en -poelen; wielen) kan eutrofiëring succesvol worden bestreden door verwijdering van geaccumuleerde organisch materiaal van de onderwaterbodem ('opschonen') en de oevers. Door het opschonen van deze wateren ontstaat weer een voedselarme uitgangssituatie en verschijnt weer een diverse vegetatie van kenmerkende water- en oeverplanten. Vervolgens is het van groot belang dat eutrofiëring wordt voorkomen. Eventuele oorzaken van hernieuwde eutrofiëring zijn atmosferische depositie, inwaaierend bladmateriaal, inlaat van gebiedsvreemd water, mest van te grote hoeveelheden watervogels of grote grazers en achtergebleven organisch materiaal. Referentieprojecten die na afsluiting van de tweede fase niet langer worden gevolgd zijn: de Badhuiskuil en het Gritjeplak op Terschelling, de duinpoeltjes op Voorne, de Steenhaarplas bij Haaksbergen en de Broekse Wielen bij Grave. Opgemerkt dient te worden dat het zeer nuttig zou zijn om alle genoemde projecten op de lange termijn extensief te blijven volgen, aangezien er zo goed als niets bekend is over het effect van de genoemde herstelmaatregelen op de (middel)lange termijn.

H.2 Gebiedsbeschrijvingen

2.1 De Banen

Het zwakgebufferde ven de Banen maakt deel uit van het natuurmonument het Sarsven en de Banen. Het gebied is bijna geheel eigendom van het Limburgs Landschap en ligt in de gemeente Nederweert (Amersfoort coördinaten 183, 364). De Banen kent een tamelijk heterogene ondergrond. Op pleistoceen leem en zand is veen gevormd. Na turfwinning ontstond een gebied met open water en een afwisselend zandige en venige bodem. In de Banen werden tot ca. 1950 goed ontwikkelde plantengemeenschappen uit de oeverkruidklasse aangetroffen. Om de daling van het waterpeil na ontginning te compenseren werd Maaswater uit de Noordervaart via het Sarsven naar de Banen geleid. Dit zorgde voor aanvoer van voedingsstoffen en leidde tot omzetting van de aanwezige veenlagen in een anaërobe sliblaag. Als gevolg van de aanvoer van Maaswater, de lage waterstanden en de verrijking door atmosferische depositie verdwenen vrijwel alle ondergedoken waterplanten en breidde de rietkraag zich sterk uit. Slechts in een geïsoleerd deel aan de zuidwestzijde van de Banen handhaafde zich een aantal soorten van de oeverkruidklasse (Geenen, 1991).

Eind 1988 werd de verbindingssloot tussen de Banen en het Sarsven afgesloten. Het water in de Banen is sindsdien afkomstig van regenwater en oppervlakkig afstromend grondwater. Door de afwateringssloten naar de door de oostoever gegraven Rietbeek af te sluiten met regelbare stuwen, is het gemiddelde waterniveau t.o.v. 1989-92 gestegen, vooral in perioden met een neerslagoverschot. Aanvoer van gebufferd kwelwater uit de wijde omgeving lijkt door de daling van de grondwaterstand niet meer op te treden. In de winter 1992-1993 is de sliblaag in het open water tot op minerale- of veenondergrond verwijderd. Aan de oostzijde werden de rietkraag, het broekbos en het berkenbos verwijderd. Hier zijn veel wortelstokken van Riet in de venige bodem achtergebleven, dat in het vervolg elk najaar is gemaaid. De hoger gelegen delen zijn wel tot op de minerale ondergrond opgeschoond. Hier zijn, in combinatie met de windwerking, goede condities geschapen voor vestiging van gemeenschappen uit de Oeverkruidklasse. Een groot deel van de rietkraag en een deel met verzurend rietland en broekbos zijn gespaard vanwege de rijke broedvogelpopulaties en de floristische waarde.

Aangezien de Banen, als gevolg van de nog steeds te hoge atmosferische depositie en het onvoldoende toestromen van gebufferd water, op termijn zal verzuren, is een pomp aangebracht die kalkhoudend grondwater kan aanvoeren. Hiermee zal geprobeerd worden de buffercapaciteit van het water in de Banen op het gewenste niveau ($0,1-0,3 \text{ meq l}^{-1}$) te houden. In de voorzomer van 1996 is voor het eerst grondwater ingelaten om het water te bufferen. Helaas is gebleken dat dit water onvoldoende buffercapaciteit bezit (tab. 1).

2.2 De Landschotse heide

Het ven de Keyenhurk (Amersfoort coördinaten 144, 383) ligt op de Landschotse heide en is grotendeels eigendom van de gemeente Oost- West- en Middelbeers. Het terrein wordt in samenwerking met Staatsbosbeheer beheerd, er vindt o.a. seizoensbegrazing plaats. Buffering en eutrofiëring trad in het verleden op door overloop van water uit naburige visvijvers in perioden met hoge waterstanden en door aanvoer van ontginningswater uit omringende landbouw. In 1989 zijn de kaden rond deze vijvers opgehoogd, waarna de Keyenhurk door atmosferische depositie is verzuurd. Als gevolg van verzuring en eutrofiëring heeft zich op het grootste deel van de venbodem een 10-20 cm dikke sliblaag en een dichte vegetatie van Knolrus gevormd. Oeverkruid kon zich handhaven op minerale delen van de venbodem, *Waterlobelia (Lobelia dortmanna)* is sinds 1972 niet meer waar-

genomen.

In het late najaar van 1991 en de zomer van 1992 is in de Keyenhurk en het veel kleinere, enkele decimeters hoger gelegen, Scherpven de sliblaag verwijderd. In 1993 en 1994 is geprobeerd de Keijenhurk te bufferen door bekalkt water uit het Scherpven aan te voeren. Dit bleek alleen bij hoge waterstanden mogelijk te zijn en bovendien was de buffercapaciteit van het aangevoerde water te laag om verzuring van de Keijenhurk te voorkomen (Brouwer e.a., 1996). Teneinde de waterlaag en de bodem van de Keyenhurk te bufferen is in de winter van 1995/1996 een grondwaterput geslagen op 52 meter diepte. Deze voert voedselarm water aan met een buffercapaciteit van ca. 2.5 meq l⁻¹. In het begin van 1996 is deze pomp in gebruik genomen.

2.3 De Bergvennen

De Bergvennen zijn gelegen in een gelijknamig heidereservaat van de Stichting het Overijssels Landschap, in de gemeente Denekamp (Amersfoort coördinaten 265, 495). Gebufferd water uit de landbouw werd via verbindingssloten van zuid naar noord afgevoerd door de vennen. Na modernisering van de landbouw veroorzaakte deze inlaat behalve een bufferings- ook een eutrofiëringsgradiënt. Rond 1960 werd daarom de afwateringssloot om de vennen heen geleid en werden de verbindingsslootjes afgesloten. Door deze isolatie, de atmosferische depositie en door daling van het grondwaterpeil als gevolg van het graven van een sloot aan de westzijde van het terrein, zijn de vennen vervolgens vrij snel verzuurd en is het waterpeil gedaald. Het huidige vennencomplex telt een negental vennen waarvan ven III (Rietven), IV (Ronde ven), VI (Eilandven) en VII (Pluzenvan) verreweg de grootste zijn.

Het Rietven (III): Tot 1950 werd het Rietven bijna geheel gedomineerd door soorten uit de oeverkruidklasse. Hierna nam het aandeel van eutrafente soorten snel toe. In de droge zomer van 1959 werd dit ven uitgebaggerd. Na de schoonmaak en de isolatie van het ven bleef een rietkraag aanwezig, maar keerden de soorten uit het oeverkruidverbond als *Waterlobelia* en *Oeverkruid* slechts af en toe, vaak in drogere perioden, terug. In de diepere delen werden *Vensikkelmos* en *veenmossen* aangetroffen. Gedurende de droge jaren 1989-1992 bleek *Oeverkruid* zich weer sterk uit te breiden totdat uiteindelijk meer dan een kwart van de venbodem met *Oeverkruid* begroeid was. *Waterlobelia* werd niet teruggevonden (Duijnste & Willems, 1992). In 1993 was door verzuring van de waterlaag en stijging van de waterstand een explosieve groei van *Knolrus* en *veenmossen* op gang gekomen.

Ronde ven (IV): Dit ven, ook bekend als het *Lobelia-ven*, is vanouds het meest voedselarme van de vennenreeks. In het midden en aan de zuid-west zijde was plaatselijk een meer dan 150 cm dikke laag slib aanwezig. In de ondiepe delen was deze begroeid met *Riet*, *Grote lisdodde* (*Typha latifolia*) en *veenmossen*. Op de zandige noord- en noordoostoever werden ondanks verzuring van de waterlaag nog steeds *Oeverkruid* en *Waterlobelia* aangetroffen. Het regelmatig plaggen van deze oever draagt bij aan de handhaving van deze soorten.

Eilandven (VI): In dit hoefijzervormige ven is plaatselijk een meer dan 150 cm dikke laag veen aanwezig. Vanaf 1945 tot 1972 zijn hier regelmatig *Oeverkruid* en *Waterlobelia* aangetroffen. Als gevolg van onder andere de aanwezigheid van een kleine kokmeeuwenkolonie is dit ven geëutrofiëerd en zijn soorten als *Grote lisdodde*, *Veenwortel* (*Persicaria amphibia*), *Wateraardbei* (*Potentilla palustris*) en *Pitrus* opgekomen. Door gericht beheer is de meeuwenkolonie verdwenen. In 1991 en 1992 werden enkele exemplaren *Oeverkruid* teruggevonden op de noordelijke oever op een locatie waar kwel uittreedt (Duijnste & Wil-

lems, 1992). Waterlobelia is niet meer gevonden voor uitvoer van de herstelmaatregelen. Pluzenvan (VII): Dit ven dankt zijn naam aan het massale voorkomen van Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*, "Pluzen"), wat al aangeeft dat het water van dit ven van oorsprong het meest zuur is. In dit ven, dat vroeger niet opgenomen is geweest in het slotensysteem, is tot 1973 regelmatig Waterlobelia gevonden; Oeverkruid is nooit aangetroffen. Voor uitvoer van de herstelmaatregelen was het diepere gedeelte van het ven geheel bedekt met aquatische mossen en wat Knolrus.

De herstelmaatregelen voor de Bergvennen vallen uiteen in twee delen (Cals & Roelofs 1990), namelijk a) verwijdering van de aanwezige sliblagen en weke, gedegradeerde veenpakketten en b) buffering van de vennen om verzuring tegen te gaan. De buffering van het water in de vennen gebeurt door gebufferd grondwater op te pompen van een diepte van ca. 30 m (buffercapaciteit ca. 3 meq l⁻¹). Het ingepompte grondwater kan via het hoogst gelegen ven (Rietven) door de deels nog bestaande en deels nieuw gemaakte verbindingen naar de lager gelegen vennen stromen. Hierdoor ontstaat er een gradient van zwak gebufferd water in het Rietven naar zuur water in het Pluzenvan. Om de vegetatie in het Ronde ven te beschermen tegen te sterke buffering is dit ven niet in de keten opgenomen, maar is een regelbare inlaat vanuit het Rietven naar het Ronde ven aangelegd. Hiermee kan de waterhardheid in het Ronde ven onafhankelijk van de andere vennen geregeld worden. De maatregelen zijn in oktober 1993 begonnen en zijn in maart 1994 afgerond. In de zomer 1994, de winter 1994/1995 en de winter 1996/1997 is gebufferd water ingelaten in het Rietven. De stuw naar het Ronde ven is tot nu toe gesloten gebleven.

2.4 De Oisterwijkse vennen

De drie opgeschoonde Oisterwijkse vennen maken deel uit van het door Natuurmonumenten beheerde natuurerrein "de Oisterwijkse Bossen en vennen". De vennen zijn tijdens de laatste ijstijd ontstaan in kalkarme dekzandruggen en vervolgens dichtgegroeid met veen. Vanaf de middeleeuwen is dit veen vergraven waardoor weer vennen ontstonden. In de vorige eeuw werd water vanuit het stroompje de Rozep naar het Kolkven geleid via sloten. Door gegraven verbindingen kon dit water uit het Kolkven verder stromen naar achtereenvolgens het Goorven, het Witven en het van Esschenven om uiteindelijk in de Achterste stroom uit te komen. Door deze verbindingen ontstond een gradiënt van matig voedselrijke vennen naar zwak gebufferde, voedselarme vennen (van Dam & Kooyman-van Blokland, 1978). Na de ontginning van het Moergestels Broek steeg de hoeveelheid via de Rozep aangevoerde voedingsstoffen. Andere vervuiliingsbronnen waren de sportvisserij in het Kolkven en lozing van riool van het restaurant "de Venkraai" op het Goorven. Om de eutrofiëring tegen te gaan is in 1950 zijn in 1950 de verbindingsloten afgesloten en is in het Goorven en het Witven de sliblaag verwijderd. Hierdoor vond aanvankelijk oligotrofiëring en hervestiging van plantengemeenschappen van de oeverkruidklasse plaats (van Dijk e.a., 1960). Echter door de isolatie van gebufferd water en atmosferische depositie heeft geleidelijk verzuring plaatsgevonden. Bovendien ontwikkelde zich weer een sliblaag op de opgeschoonde bodem, voornamelijk als gevolg van inwaai van bladeren en takken van het bos op de oever.

In de winter van 1995/1996 is de sliblaag van de bodem van het Voorste Goorven, verder aangeduid met Goorven, het Witven en het van Esschenven verwijderd. Teneinde verzuring op te heffen en te voorkomen kan ter hoogte van het restaurant de Venkraai gebufferd water opgepompt en ingelaten in het Goorven. Door de verbindingen tussen het Goorven, het Witven en het van Esschenven te herstellen kan de oude buffergradiënt weer worden hersteld. In de zomer van 1996 is gebufferd grondwater ingelaten in het Goorven. Vanwege de lage waterstanden was het toen niet mogelijk water door te laten stromen naar het

Witven. Hernieuwde inlaat en doorstroming door de drie vennen heeft plaatsgevonden in de winter van 1996/1997.

2.5 Het Groot Meer bij Ossendrecht

Het Groot Meer en het Klein Meer bij Ossendrecht waren oorspronkelijk voedselarme, zwak gebufferde wateren. In het Groot Meer waren de dominante soorten Oeverkruid (*Littorella uniflora*), Stekelbiesvaren (*Isoetes echinospora*) en in mindere mate Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*). Het Groot meer stond bekend als één van de grootste vennen in Nederland, waar deze soorten groeiden (Van Der Voo, 1967). Het ven werd voornamelijk gevoed door toestroom van lokaal grondwater en door aanvoer van water uit de naburige Steertse heide in België. Door grondwateronttrekkingen is vanaf omstreeks 1930 de grondwaterstand in het gebied sterk gedaald (Cals en Roelofs, 1990). Hierdoor is het waterpeil in het ven gemiddeld meer dan een meter gedaald en ligt het ven geregeld droog (van der Drift & Groen, 1980). Vanaf 1960 is door de waterleidingsmaatschappij ter compensatie grondwater ingelaten via het Klein Meer, wat nauwelijks bijdroeg aan een stijging van het venpeil. Door ontginning van de Steertse heide en stijging van de fosfaatlast van het uit deze heide afkomstige water is het oostelijk deel van het groot Meer geleidelijk geëutrofiëerd (Cals en Roelofs, 1990). Ook in het westelijk deel vond eutrofiëring plaats als gevolg van een hier in het ven uitkomende riolering (van der Voo, 1957). Als gevolg van eutrofiëring en verdroging is de oppervlakte bezet door gemeenschappen uit de oeverkruidklasse sterk afgenomen en zijn eutrofiëringsindicatoren opgerukt. Enkele kritische soorten zijn helemaal verdwenen: Waterlobelia, Drijvende egelskop (*Sparganium angustifolium*) en Stekelbiesvaren. Van de laatste soort worden sporadisch nog enkele exemplaren gevonden (van Beers, 1996).

In de winter van 1995/1996 is het westelijke deel van het Groot Meer geheel opgeschoond. Tegelijkertijd is de oostelijke helft van het meer door een stuw afgescheiden van het westelijke deel, waardoor voedselrijk ontginningswater niet meer in het opgeschoonde deel kan komen. Aan de westzijde van het ven is een grondwaterpomp geslagen om verzuring van het ven te voorkomen. Helaas bleek ook hier het opgepompte water onvoldoende buffercapaciteit te bezitten (tab. 1). Door de extreme lokale verdroging en het droge weer heeft het ven na de opschoning vrijwel continu drooggestaan.

H.3 Grondwaterinlaat

Gebufferd, voedselarm water kan worden gebruikt om na herstel van de oorspronkelijke oligotrofe situatie de aanvoer van verzurende stoffen via het regenwater en het oppervlakkige grondwater te compenseren. Dit water is bedoeld om de waterkwaliteit te verbeteren en niet om de totale hoeveelheid water te vergroten, het is een anti-verzuring maatregel en geen anti-verdrogings maatregel. De jaarlijkse totale hoeveelheid in te laten gebufferd water is slechts een fractie van de totale inhoud van het ven. In het Beuven is al sinds 1986 ervaring opgedaan met het gebruik van gebufferd, voorgezuiverd oppervlaktewater na het herstel van een ven. Door een deel van het ven te gebruiken als voorbezinkingsbekken voor nutriënten is het hier mogelijk gebleken verzuring en eutrofiëring in de rest van het ven te voorkomen. In het ven bevindt zich momenteel één van de best ontwikkelde vegetaties van de oeverkruidklasse in Nederland. In veel gevallen is het gebruik van voorgezuiverd oppervlaktewater niet mogelijk; het aangrenzende water is te eutroof of het verzuurde water ligt geïsoleerd. In de meeste gevallen is het enige alternatief dan het oppompen van gebufferd, voedselarm grondwater. De hoeveelheid aan te voeren gebufferd water is afhankelijk van de verzurende capaciteit van het toestromende grond- en regenwater. Wanneer de atmosferische depositie daalt tot onder de kritieke waarden (Bobbink & Roelofs, 1995) kan de hoeveelheid aan te voeren gebufferd water sterk worden gereduceerd en in het geval van enige natuurlijke buffering via b.v. het grondwater zelfs tot nul worden gereduceerd.

3.1 Buffering

Op de pleistocene zandgronden bevindt grondwater met voldoende buffercapaciteit zich meestal op een diepte van twintig meter of meer. Door de uitspoeling van meststoffen uit de landbouw dringt het verzuringfront steeds dieper de bodem in. Zo bevat het grondwater wat van ongeveer dertig meter diepte opgepompt wordt bij de Banen en het Groot Meer bij Ossendrecht een tien maal lagere buffercapaciteit dan verwacht (tab. 1). Dit water is onvoldoende gebufferd om verzuring van een ven mee te voorkomen. Bovendien is in dit water teveel ortho-fosfaat aanwezig. Bekeken wordt of een nieuwe, diepere put kan worden geslagen op deze locaties.

Water van een juiste samenstelling wordt wel opgepompt bij de Oisterwijkse vennen, de Bergvennen en de Keyenhurk. Over het algemeen is dit rijk aan bicarbonaat, kooldioxide, calcium, magnesium en ijzer. Opvallend is dat het opgepompte water niet constant van samenstelling is. Met name de hoeveelheid opgelost ijzer lijkt te variëren.

Inlaat van gebufferd grondwater leidt vrijwel onmiddellijk tot een stijging van de pH van een ven (fig. 1, 2). Na beëindiging van de inlaat treedt een geleidelijke daling op. Door elk jaar in de winter grofweg een maand lang continu water in te laten (max. 10 kub per uur) wordt verzuring in verzuurde vennen opgeheven en vervolgens ook voorkomen. In geëutrofiëerde, verzuringsgevoelige systemen (de Banen, het Groot Meer bij Ossendrecht) is tot nu toe nog geen grondwater ingelaten. Hier is de benodigde hoeveelheid grondwater waarschijnlijk veel kleiner omdat zuuruitwisseling met de bodem en zuurproductie door nitrificatie van ammonium hier veel minder van betekenis zijn.

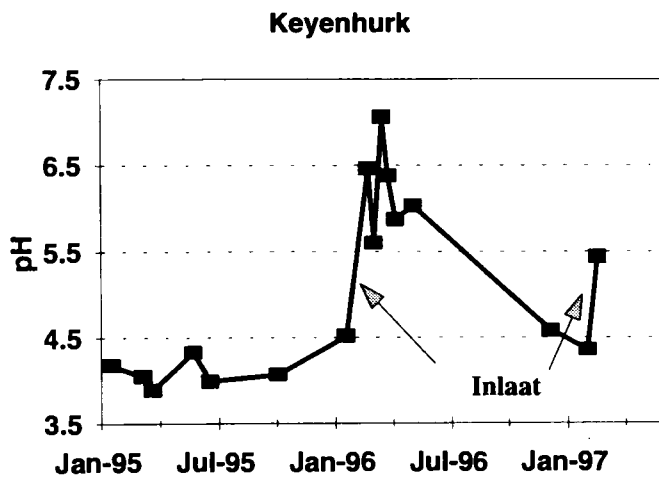
Uitgaande van een buffercapaciteit van het grondwater van 3 milli-equivalent per liter en een gewenste extra buffering in het ven van ongeveer 0.15 milli-equivalent per liter is de verwachting dat ongeveer een hoeveelheid grondwater gelijk aan ééntwintigste van de veninhoud nodig is om dit te bereiken. In de praktijk blijkt echter meer nodig te zijn (fig. 3). Belangrijke baseconsumerende processen zijn nitrificatie van ammonium, aanvoer van

zuur water uit het inzijgebied en protonuitwisseling met de bodem. Wanneer meer gegevens verzameld zijn is het mogelijk een uitspraak te doen over de relatieve bijdragen van deze processen aan de baseconsumptie. In de Bergvennen en de Oisterwijkse vennen is na de inlaat van grondwater geleidelijk opnieuw verzuring opgetreden. Hierna is opnieuw gebufferd grondwater ingelaten. Er is dan in vergelijking met de eerste buffering na uitvoer van herstelmaatregelen minder grondwater nodig om eenzelfde stijging van de buffercapaciteit te krijgen (fig. 3). Dit duidt er op dat met het verzuren van de waterlaag toch niet al het bufferend vermogen is verdwenen uit het systeem. Dit kan zijn achtergebleven in de vorm van een betere baseverzadiging van het sediment en/of een lagere ammonium/nitrat verhouding van het (bodem-)water.

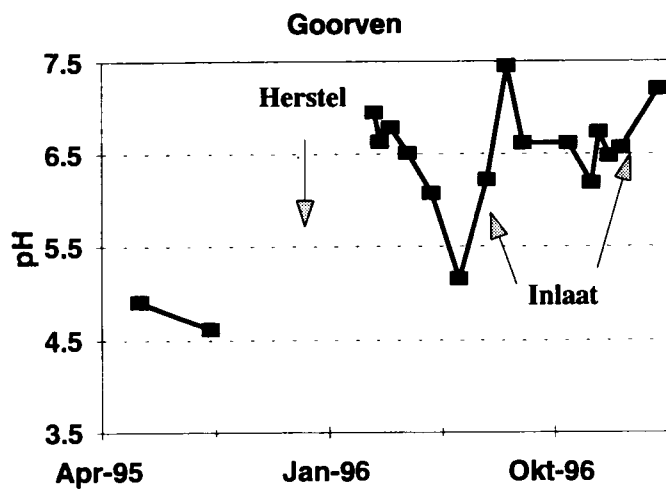
Tabel 1: Samenstelling van het opgepompte grondwater op de vijf onderzoekslocaties. * = gegevens van Oranjewoud. Alk. = Alkaliniteit in $\mu\text{eq/l}$. Aci. = Aciditeit in $\mu\text{eq/l}$. EGVc = Elektrisch geleidend vermogen bij 25 °C. Overige concentraties in $\mu\text{mol l}^{-1}$.

Locatie	Datum	pH	Alk.	acid	EGVc	Al	Ca	Mg	Fe	Mn
Banen	28-Mei-96	5.34	264	1509	88	3.3	176	55	29	2.5
Banen	05-Jun-96	5.38	259	1551	87	3.6	193	65	28	3.1
Banen	24-sep-96	5.42	400	3121	99					
Bergvennen*	1993	7.4	3443	1496	226					
Keyenhurk	06-Feb-96	6.69	2524	1079	214	0.8	1201	180	66	2
Keyenhurk	12-Mrt-96	7.62	712	33	137	0.7	431	80	0.52	0.61
Keyenhurk	21-Mrt-96	7.26	2932	369	233	0.62	1026	132	4.7	1.1
Keyenhurk	06-Mrt-97	6.7	2455	599						
Oisterwijk	03-Jul-96	6.99	3286	495	271	1.2	1250	230	1.6	4.3
Oisterwijk	23-Dec-96	6.85	3289	688	255	0.98	1276	250	36	3.4
Ossendrecht	18-Jun-96	5.39	308	2232	143					
Ossendrecht	17-Dec-96	5.31	273	1851	130	1.9	107	74	303	2.9

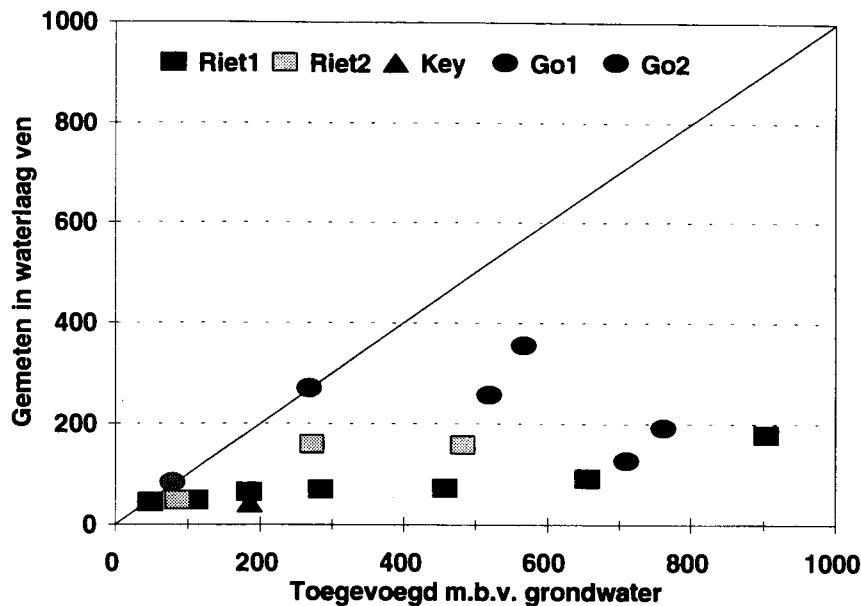
Locatie	Datum	T-P	T-S	Si	Zn	Na	K	NH4	NO3	o-P	Cl
Banen	28-Mei-96	4	137	88	4	414	31	4.3	27	1.65	467
Banen	05-Jun-96	3.5	159	58	5.5	493	45	4.4	20	1.19	512
Bergvennen*	1993							< 0.7	< 21	< 0.67	
Keyenhurk	06-Feb-96	9.7	11	293	1.4	329	27	27	1.4	4.71	285
Keyenhurk	12-Mrt-96	1.8	275	76	6.6	317	97	85	20	0.24	324
Keyenhurk	21-Mrt-96	3.7	30	346	11	317	19	29	2.2	0.68	221
Oisterwijk	03-Jul-96	16	58	216	16	483	22	45	5.4	0.24	270
Oisterwijk	23-Dec-96	22	82	250	19	534	17	6.6	8.2	0.31	289
Ossendrecht	17-Dec-96	4.6	371	61	8.4	439	70	53	4	1.07	547



Figuur 1: Ontwikkeling van de pH van de waterlaag van de Keyenhurk na de inlaat van gebufferd grondwater.



Figuur 2: Ontwikkeling van de pH van de waterlaag van het Goorven na de inlaat van gebufferd grondwater.



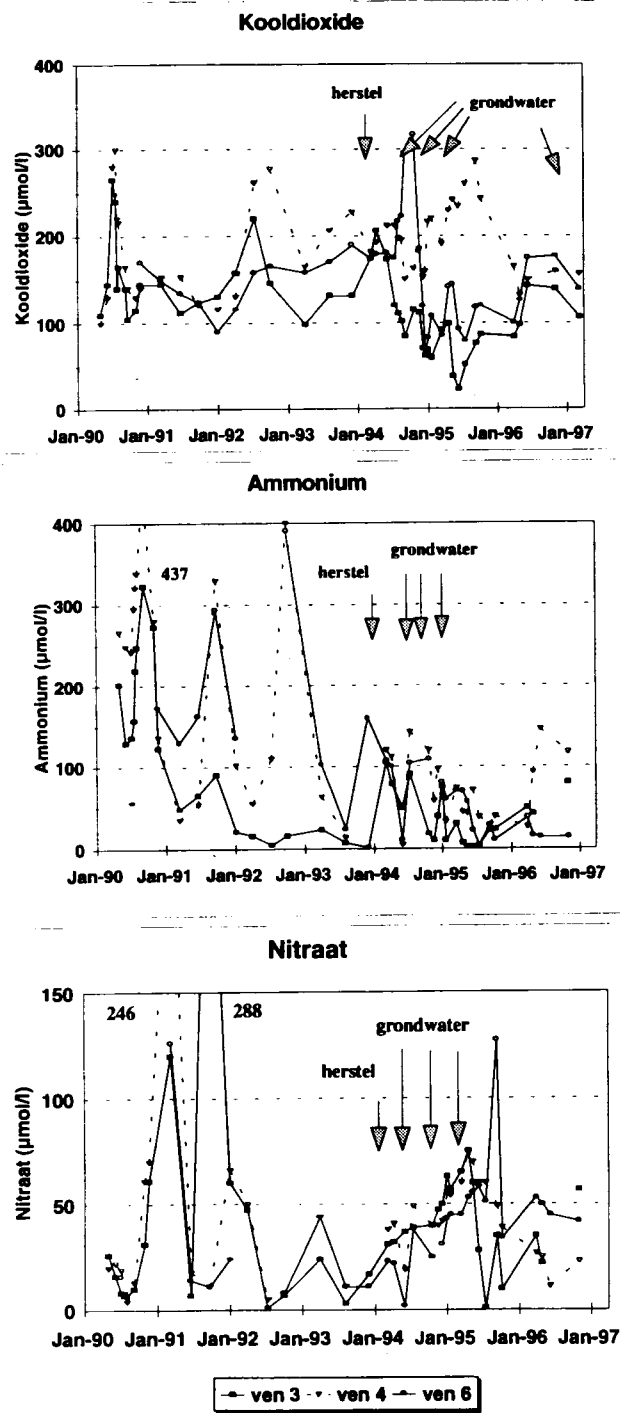
Figuur 3: Relatie tussen de toegevoegde hoeveelheid buffer via grondwater en de gemeten stijging van de buffercapaciteit in de waterlaag. Riet = Rietven (Bergvennen). Key = Keyenhurk. Go = Goorven (Oisterwijkse vennen). 1 = Eerste keer bufferen na herstel. 2 = Herhaalde buffering na herverzuring.

3.2 Voedingsstoffen

Water met een juiste buffercapaciteit is rijk aan calcium, magnesium en ijzer (tab. 1). Het ijzer oxideert na inlaat vrijwel onmiddellijk om een oranje neerslag te vormen. Eventueel meekomend fosfaat wordt op deze manier gebonden. Stikstof is in het opgepompte water slechts in kleine hoeveelheden aanwezig. Wel is in het grondwater veel kooldioxide aanwezig. Door het opheffen van de koolstoflimitatie kan eutrofiëring optreden. Door verdunning met oppervlaktewater en door diffusie naar de lucht treedt dit verschijnsel alleen op tot op een afstand van enkele tientallen meters van het inlaatpunt van grondwater en alleen wanneer de pomp in werking is (Brouwer e.a., 1996).

Op enige afstand van de pomp treedt juist een daling van de concentratie kooldioxide op in de maanden na de inlaat van gebufferd water (fig. 4). Door een stijging van de pH treedt een verschuiving op van het koolstofevenwicht en daalt de concentratie kooldioxide tot onder 100 micromol per liter. Alleen boven bodems met een flinke kooldioxideproductie, dus op kwelplekken en boven bodems met veel (afbraak van) organisch materiaal is nu nog plantengroei in de hele waterlaag mogelijk. Juist in opgeschoonde vennen veroorzaakt grondwaterinlaat een zodanige koolstoflimitatie in de waterlaag dat isoetide waterplanten sterk worden bevoordeeld en Knolrus (*Juncus bulbosus*) niet dominant wordt.

Reeds door een geringe verhoging van de pH wordt de nitrificatie van ammonium gestimuleerd. In alle vennen waar grondwater is ingelaten is geconstateerd dat de dominante stikstofvorm binnen enkele maanden verschuift van ammonium naar nitraat (fig. 4, 8). Dit bevordert het voorkomen van de over het algemeen nitraat gebruikende macrofyten uit zachte wateren.



Figuur 4: Nutriënten in de Bergvennenreeks na inlaat van gebufferd grondwater. De fosfaatconcentratie is in alle vennen beneden $0.3 \mu\text{mol}$ per liter. Ven 3 = Rietven, hier wordt water ingelaten. Ven 6 = Eilandven, tweede ven in de reeks. Ven 4 = Ronde ven, buiten grondwaterinvloed. De grafiek voor kooldioxide is bewerkt met een voortschrijdend gemiddelde om grote uitschieters in de metingen enigszins te dempen.

3.3 Seizoensinvloeden

Buffering kan het best plaatsvinden in de winterperiode. Hiervoor is een aantal redenen. Woekering van planten die profiteren van het opheffen van de koolstoflimitatie rond het inlaatpunt van de pomp treedt door de koude niet op. De waterstand is in de winterperiode meestal het hoogst, waardoor ook de oevers van het verzuringsgevoelige water via de gebufferde waterlaag kunnen worden behoed voor verzuring. Daar bevindt zich meestal ook een groot deel van de voor verzuring gevoelige vegetatie. Ook stroomt in deze periode het meeste zure, vaak ammoniumrijke water toe. Nitrificatie van ammonium en buffering kan aan het eind van de winterperiode plaatsvinden zodat tijdens het groeiseizoen en tijdens de periode waarin amfibieën hun eieren afzetten de juiste waterkwaliteit aanwezig is. Tijdens perioden met strenge vorst kan beter geen water worden ingelaten; het meegevoerde kooldioxide kan dan niet ontsnappen naar de waterlaag. Enkele waterplanten, waaronder Knolrus, zijn in staat om zelfs onder het ijs onder gunstige condities flink uit te groeien.

Het opgepompte grondwater mengt zich snel met oppervlaktewater. Alleen tijdens warme perioden met weinig wind wordt de verspreiding van het opgepompte water door het ven vertraagd. Het relatief koude grondwater blijft in de onderste waterlaag hangen en mengt slechts geleidelijk met de warme bovenlaag. Ook kan in de zomer een dichte onderwatervegetatie menging vertragen. In de winter is het grondwater relatief warm. Dan zal verspreiding aanvankelijk via de bovenste waterlaag verlopen. Door golfslag en door afkoeling van deze laag treedt snelle menging op. In figuur 5 staat de verspreiding van opgepompt grondwater weergegeven in een zomerperiode. De uiterste hoeken van het ven hebben nauwelijks enig gebufferd water ontvangen terwijl het deel van het ven dat dicht bij het inlaatpunt van grondwater is gelegen al te sterk gebufferd is. Metingen tijdens buffering in de winterperiode laten een veel betere menging van het water zien.

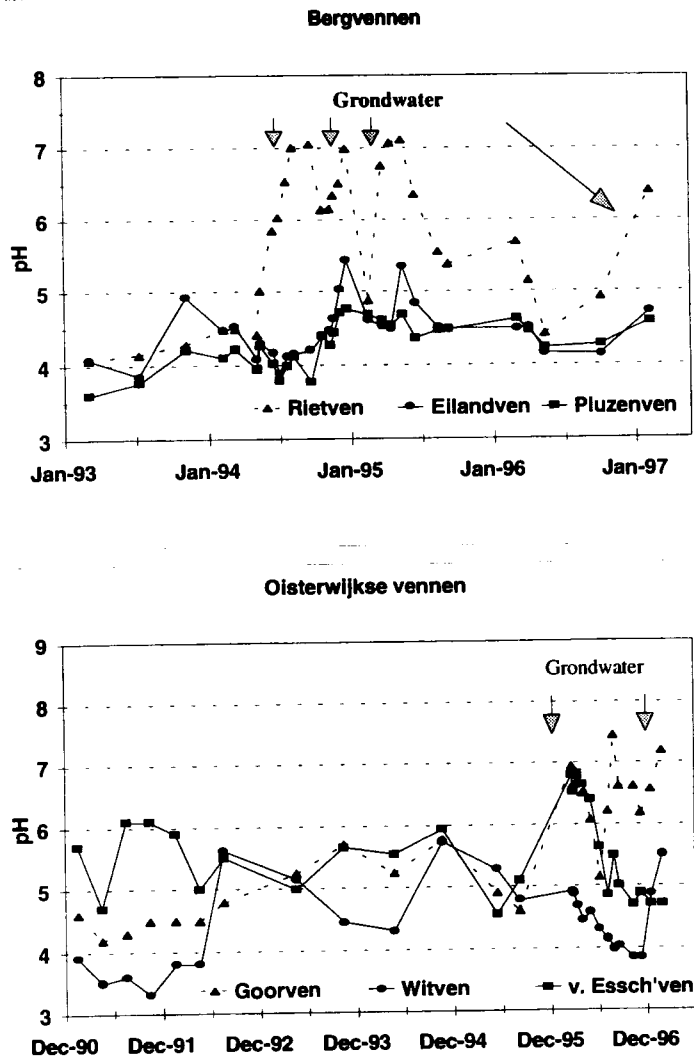


Figuur 5: Verspreiding van opgepompt grondwater in het ven de Keyenhurk, onmiddellijk na afloop van een maand inlaat op 24 april 1996. Weergegeven zijn lijnen met gelijke alkaliniteit ($\mu\text{eq/liter}$) en de monsterpunten. * = Inlaatpunt grondwater

3.4 Venreeksen

In twee gebieden, de Bergvennen en de Oisterwijkse vennen, wordt gestreefd naar het herstel van een gradiënt in de buffercapaciteit door meerdere vennen. In de praktijk blijkt dit wel mogelijk, maar niet altijd makkelijk uitvoerbaar. Allereerst dient de waterstand hoog genoeg te zijn voordat de verbindingssloten tussen de vennen water bevatten. Door natuurlijk verval kan dan water van het eerste naar het tweede ven stromen. Alvorens de met stuwen afgesloten verbindingen kunnen worden opengesteld, moet eerst een voorraad zwak gebufferd water worden opgebouwd in het eerste ven. Dit duurt meestal enkele weken. Dit zwak gebufferde water stroomt nu deels naar het tweede ven. Vervolgens is de buffering van dit ven wel voldoende om hier verzuring te voorkomen, maar niet voldoende om ook in het daaropvolgende ven verzuring te voorkomen (fig. 6). In het derde ven wordt slechts een pH-stijging bereikt van enkele tienden. Dit is voldoende om de nitrificatie te stimuleren en enige daling van de kooldioxide concentratie te veroorzaken. Echter, gedurende het groeiseizoen daalt de pH weer tot het oorspronkelijke niveau en verandert ook de voedingsstoffenhuishouding weer.

In de Oisterwijkse vennen doet zich de situatie voor dat het tweede ven (het Witven) van nature meer zuur water uit de omgeving ontvangt dan het eerste en derde ven. Wanneer door droogte of andere oorzaken het Witven onvoldoende buffering ontvangt vanuit het Goorven ven kan het gebeuren dat juist zuur water van het Witven naar het Goorven stroomt. Dit was korte tijd het geval in de winter 1996/ 1997.



Figuur 6: Ontwikkeling van de pH na inlaat van gebufferd grondwater in twee venreeksen. Het water stroomt van het Rietven en het Goorven naar respectievelijk het Pluzenven en het van Esschenven.

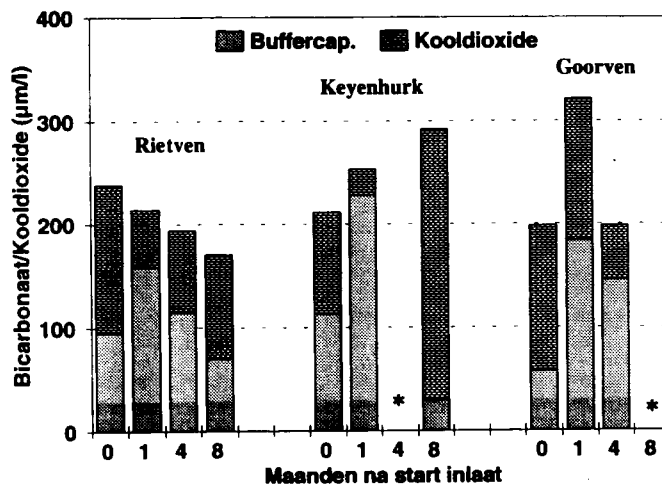
3.5 Herverzuring

Ervaringen met langdurig bufferen van verzuurde oppervlaktewateren zijn onder ander 'opgedaan in Noorwegen en Zweden. Om herverzuring te voorkomen moet hier jaarlijks bekalkt worden. Woekering van Knolrus treedt met name op in het voorjaar, wanneer grote hoeveelheden zuur water de bekalkte meren binnenstroomt, waardoor kooldioxide wordt gevormd (Svedäng, 1990).

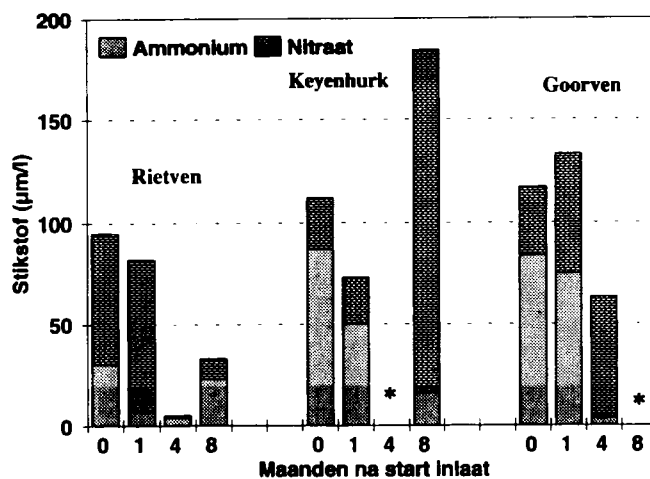
Door de nog recente start van buffering met grondwater is de kennis over herverzuring na inlaat nog slechts fragmentarisch. Ook in de Nederlandse vennen lijkt elk jaar herverzuring op te treden. In een periode van anderhalf jaar zonder grondwaterinlaat is de pH in het Rietven teruggelopen van pH 7 naar pH 4.5 (fig. 6). De grootste daling vindt plaats direct na beëindiging van buffering en na perioden van droogte, wanneer grote hoeveelheden zuur water uit het invanggebied komen toestromen. Na volledig opdrogen van het ven en

dus vervanging van de waterlaag door regenwater en water uit het invanggebied blijft de pH toch ongeveer een halve eenheid hoger dan in de periode voor inlaat van grondwater. Deze buffering kan alleen uit de bodem afkomstig zijn. Dit duidt er op dat er vlak na buffering van het Rietven uitwisseling van zuur (protonen) uit de bodem met bufferstoffen (calcium en bicarbonaat) uit de waterlaag heeft plaatsgevonden. Het omgekeerde proces treedt op wanneer weer zuur water toestroomt.

De gunstige effecten van buffering op de voedingsstoffenhuishouding houden minstens vier maanden aan (fig. 7, 8). Nitraat blijft gedurende deze periode de dominante stikstofvorm en de hoeveelheid kooldioxide is gering. Evenals in Noorse meren stijgt de hoeveelheid kooldioxide pas weer tijdens perioden met toestromend, zuur water. Ook de ammoniumconcentratie neemt dan weer toe. Het lijkt er op dat zolang vanuit het invanggebied en vanuit de lucht alleen zuur, ammoniumrijk water wordt aangevoerd, jaarlijkse buffering noodzakelijk is.



Figuur 7: Ontwikkeling van de buffercapaciteit en de hoeveelheid kooldioxide als gevolg van de inlaat van gebufferd grondwater in een drietal vennen. Inlaat van grondwater heeft alleen plaatsgevonden in de eerste maand. * = geen metingen beschikbaar.



Figuur 8: De ammonium- en nitraatconcentraties in de eerste 8 maanden na de inlaat van grondwater in een drietal vennen. * = geen metingen beschikbaar.

3.6 Gevolgen pH-fluctuaties

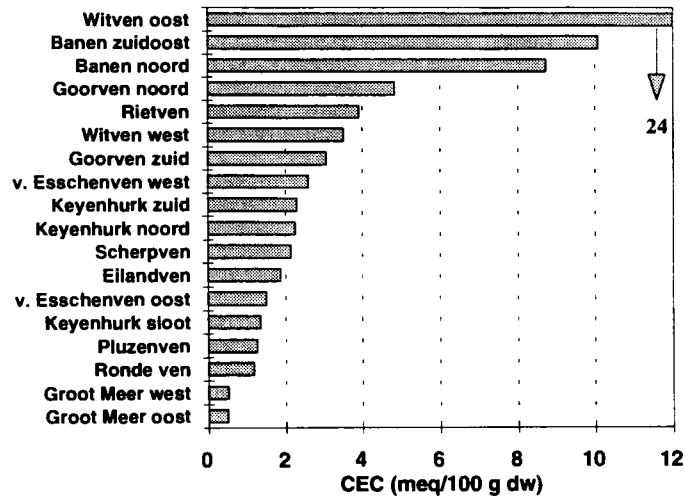
Het proces van vrijwel jaarlijkse buffering en herverzuring houdt in dat de pH in wateren die op deze wijze worden gebufferd kan schommelen tussen pH 4.5. en pH 7. Deze schommeling zal het sterkst zijn wanneer pas wordt begonnen met bufferen. Onder meer door de slechte base-verzadiging van de bodem zal de pH na herverzuring kunnen dalen tot 4.5. Te verwachten is dat wanneer de bodem een goede baseverzadiging heeft, de pH van de waterlaag niet snel meer onder pH 5 zal dalen. Dit blijkt onder meer uit de metingen in het ven de Banen en in het Beuven. Een fluctuatie van de pH tussen 5 en 7 is onderdeel van de natuurlijke variatie in zwak gebufferde wateren. Door respiratie en koolzuurproductie kan de pH in zwak gebufferde wateren aan het eind van de nacht gedaald zijn tot 5 á 6. Fotosynthese-activiteiten gedurende de dag kunnen de pH weer op doen lopen. In duinplassen op Terschelling kan de pH dan oplopen tot 9. Het is dus niet te verwachten dat seizoensschommelingen in de pH als gevolg van inlaat van grondwater negatieve gevolgen hebben voor flora of fauna. Uit jaarlijks gebufferde, Scandinavische meren zijn dergelijke effecten ook niet bekend. Wel kunnen zuurgevoelige planten en dieren gevaar lopen wanneer de pH voor langere tijd beneden 5 daalt.

H.4 Veranderingen in het sediment

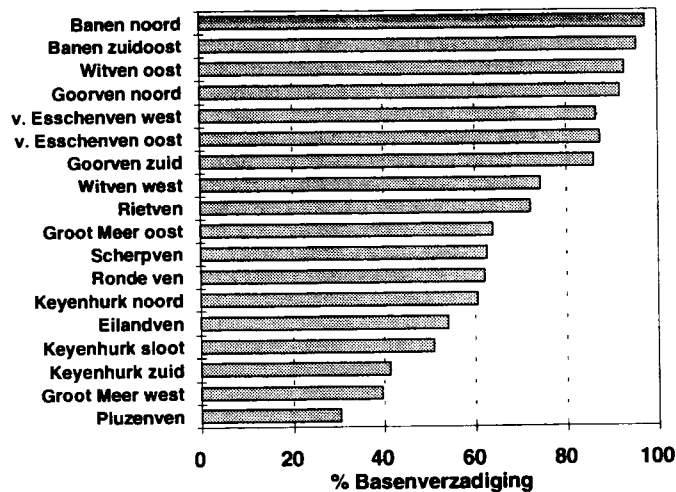
De pH van de waterlaag van een ven wordt bepaald door de samenstelling van het binnenkomende grond- en regenwater én door de samenstelling van de onderwaterbodem van het ven. De kation-uitwisselingscapaciteit (CEC) is een maat voor de hoeveelheid kationen die aan de bodemdeeltjes gebonden kan worden. Wanneer een bodem verzuurt worden basische kationen, voornamelijk calcium en magnesium, verdrongen door protonen en ammonium. De totale hoeveelheid bindingsplaatsen voor kationen en het percentage wat bezet is door basische kationen bepaalt de mate waarin een bodem in staat is om via ion-uitwisseling verzuring van de waterlaag te neutraliseren. De hoeveelheid bindingsplaatsen neemt sterk toe wanneer zich in de bodem organisch materiaal bevindt. Bodems met een hoog percentage organisch materiaal, zoals in de Banen en plaatselijk in de Oisterwijkse vennen bezitten een hoge uitwisselingscapaciteit (fig. 9). Vrijwel minerale bodems, zoals te vinden langs de oevers van het Groot Meer van Ossendrecht bezitten een lage uitwisselingscapaciteit. Het verwijderen van sliblagen veroorzaakt dus ook een sterke afname van de buffercapaciteit van de bodem (Brouwer e.a., 1996).

Het percentage verzadiging van de bodem met basische kationen is zoals verwacht in sterke mate gecorreleerd met de pH van de waterlaag; de tijdens de monsternamen in maart 1996 niet verzuurde vennen bezitten een verzadigingspercentage van meer dan 80%. Voor bodems van verzuurde vennen is dat 60% of lager. De bodem van het Groot meer bij Ossendrecht bevat een opvallend laag verzadigingspercentage, waarschijnlijk door de combinatie van de extreem lage uitwisselingscapaciteit en het langdurig droogstaan, waardoor uitwisseling met zuur regenwater heeft plaatsgevonden (fig. 10).

Door de ontwikkelingen in de baseverzadiging op lange termijn te volgen kan de rol van de bodem in de buffering van de waterlaag beter worden beoordeeld. Misschien wordt het dan ook mogelijk om op grond van een éénmalige meting een uitspraak te doen over de termijn waarop verzuring in een ven zal plaatsvinden. Voorlopig lijkt het er op dat buffering, uitwisseling van basische kationen uit de bodem met protonen uit de waterlaag, plaatsvindt totdat het baseverzadigingspercentage beneden de 60% daalt.



Figuur 9: Totale hoeveelheid aan de bodem gebonden kationen (CEC) van de onderwaterbodembodem op de 18 locaties waar regelmatig bodemvocht wordt verzameld. Gemiddelden van 4 monsters per locatie. De CEC is bepaald door de hoeveelheid in het interstitiële bodemvocht aanwezige kationen af te trekken van de hoeveelheid die vrijkomt bij het uitschudden van de bodem met 0.2 M NaCl (de Graaf e.a., 1994).

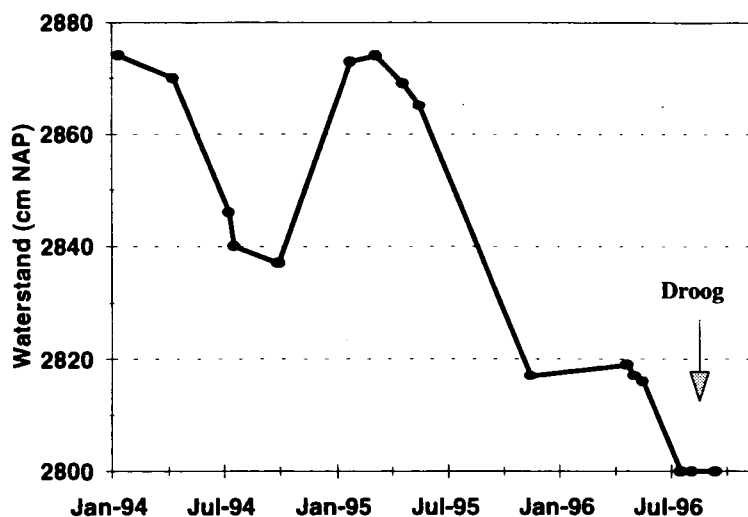


Figuur 10: Percentage basenverzadiging (Ca, Mg, K) van de kation-uitwisselingsplaatsen op de 18 locaties waar regelmatig bodemvocht wordt verzameld. Gemiddelden van vier monsters per locatie.

H.5 Ontwikkeling per terrein

5.1 De Banen

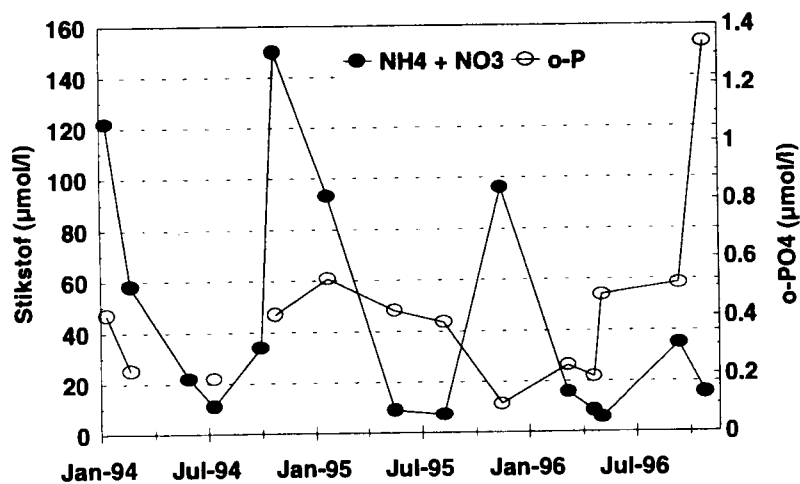
Voor het eerst sinds de uitvoering van herstelmaatregelen is het ven de Banen compleet droogvallen. Na twee extreem natte winters was de winter van 1995/1996 extreem droog, waardoor het waterpeil in het ven in de winterperiode niet steeg (fig. 11). Aan het eind van het voorjaar is het ven drooggevallen en pas in de loop van het najaar is er weer enkele decimeters water in het ven gekomen. Metingen in het bodemvocht laten zien dat droogvallen van de bodem niet heeft geleid tot verzuring of afname van de buffercapaciteit (tab. 2). Dit was wel het geval in droge tijden voordat de sliblaag verwijderd was (Bellemakers e.a., 1993). De belangrijkste bron van verzuring werd toen gevormd door oxidatie van gereduceerde sulfideverbindingen, waarbij sulfaat en protonen werden gevormd. Ook in 1996 is een stijging van de sulfaatconcentratie duidelijk waarneembaar. Naarmate het droogvallen langer duurde, liepen ook de concentraties zink, stikstof, fosfaat en kalium op, wat duidt op afbraak van de organische fractie van de bodem. Na stijging van de waterstanden gaf dat ook een stijging van de fosfaatconcentratie in de waterlaag te zien (fig. 12). De geproduceerde protonen zijn blijkaar volledig gecompenseerd door kationuitwisseling met het bodemcomplex. Zowel de uitwisselingscapaciteit als het verzadigingspercentage van het sediment in de Banen zijn erg hoog. Eén en ander maakt duidelijk dat er op korte termijn geen verzuring van het ven zal optreden. Op lange termijn is verzuring zonder aanvullende buffering echter zeer waarschijnlijk, omdat er geen aanwijzingen zijn dat het naar het ven toestromende grondwater enige buffercapaciteit bezit en er in geïsoleerde delen van het ven verzuring en veenmosgroei optreedt.



Figuur 11: Waterstand in het ven de Banen na twee natte en één droge winter.

Tabel 2: Veranderingen in de samenstelling van het vocht in de onderwaterbodem van de Banen als gevolg van droogvallen van het ven. Weergegeven zijn gemiddelde waarden (plus standaardafwijking) van twee locaties. Buffercapaciteit in $\mu\text{eq/l}$, overige concentraties in $\mu\text{mol/l}$.

Datum	pH	Buffercapaciteit	Fe	SO ₄	Zn	K	NH ₄	NO ₃	o-P
9-3-'94	5.79(0.12)	331(0.5)	17(16)	1295(579)	1.3(1.3)	74(0)	31(13)	17(6)	0.17(0.05)
8-11-'94	5.55(0.08)	305(0)	27(21)	239(20)	0.4(0.2)	62(9)	22(4)	7(3)	0.24(0.10)
31-5-'95	6.07(0.03)	438(64)	40(5)	201(71)	0.6(0)	89(5)	48(4)	3(1)	0.19(0.02)
23-8-'95	5.41(0.15)	196(51)	26(2)	124(9)	0.6(0)	86(2)	47(3)	3(1)	0.48(0.32)
20-3-'96	5.60(0.03)	249(51)	32(30)	465(240)	7.2(2.3)	101(26)	28(21)	3(1)	0.11(0.03)
24-9-'96	5.42(0.01)	228(14)	4(1)	1724(104)	18(1.0)	229(3)	69(9)	61(11)	1.52(0.06)



Figuur 12: De hoeveelheid stikstof en fosfaat in de waterlaag van het ven de Banen.

Het droogvallen van het ven heeft vestiging van water- en oeverplanten in de tot dan toe onbegroeide diepste delen mogelijk gemaakt. Vooral Naaldwaterbies (*Eleocharis acicularis*) en Gesteeld glaskroos (*Elatine hexandra*) hebben zich hier gevestigd. De laatste soort is door de droogte echter ook weer goeddeels afgestorven. Door de vastlegging door de vegetatie en het vaster worden van het veen door het uitdrogen is de kans op opwerveling kleiner geworden en zal het water helderder zijn. Knolrus (*Juncus bulbosus*) was evenals andere waterlaagvullende planten, door de koolstoflimitatie in de waterlaag bijna verdwe-

nen, maar heeft zich op de drooggevallen bodem vrij massaal opnieuw gevestigd. In 1996 is slechts één exemplaar van Stekelbiesvaren (*Isoetes echinospora*) waargenomen. Te verwachten valt dat weer massale kieming en vestiging zal plaatsvinden op het geoxideerde, ondergelopen veen. De droogte van 1996 heeft er toe geleid dat er slechts weinig echte macrofyten zijn waargenomen (tab. 5). Dit zijn bijvoorbeeld Ongelijkbladig fonteinkruid (*Potamogeton gramineus*), Teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*), Loos blaasjeskruid (*Utricularia australis*) en Doorschijnend glanswier (*Nitella translucens*). Vanaf de uitvoering van herstelmaatregelen is ook jaarlijks een tweetal permanente proefvlakken op de oostoever van het ven opgenomen (tab. 3). Het aandeel helofyten is in beide vlakken sterk teruggelopen. In het tweede, iets dieper gelegen proefvlak zijn ze helemaal verdwenen. Dit is waarschijnlijk een gevolg van het gevoerde maaibeheer en de hoge waterstanden in enkele winters. Oeverplanten uit de oeverkruidklasse hebben zich snel gevestigd en handhaven zich goed. Wat verder opvalt is het toenemend aandeel van mossen in het hoger gelegen, jaarlijks droogvallende proefvlak en de enorme toename in het soortenaantal wanneer een proefvlak voor langere tijd droogvalt. Het betreft dan merendeels niet-aquatische planten. Zo zijn er in de Banen, evenals in het Groot Meer van Ossendrecht, ook kiemplanten gevonden van populier. Dit is merkwaardig, daar de algemeen aangeplante Canada-populier (*Populus x canadensis*) steriel is en de Zwarte populier (*Populus nigra*) een zeldzame verschijning van rivieroever is (Bruinsma, 1997).

Wanneer de variatie in soortensamenstelling als gevolg van peilfluctuaties buiten beschouwing wordt gelaten, tekenen de volgende trends zich af:

- Geleidelijke kolonisatie van de onderwaterbodem door Gesteeld glaskroos, Naaldwaterbies en Kruijpende moerasweegbree (*Echinodorus repens*)
- Achteruitgang van waterlaagvullende soorten als Ongelijkbladig fonteinkruid, Teer vederkruid en Doorschijnend glanswier, maar ook Knolrus
- Ontwikkeling van een soortenrijke vegetatie van het verbond van Waternavel en Stijve moerasweegbree en achteruitgang van helofyten op de oostoever, dankzij het gevoerde maaibeheer

De vegetatie gaat steeds meer lijken op de vegetatie zoals die tegenwoordig kan worden aangetroffen in andere grote, niet verzuurde, zachte wateren zoals het Beuven en het Groot Meer bij Ossendrecht voor opschoning. Echter, door de venige bodem treden isoetiden in de Banen meer tijdelijk op (Stekelbiesvaren) of zijn beperkt tot de oever (Oeverkruid). In de waterlaag lijkt Naaldwaterbies dan de plaats van Oeverkruid in te nemen.

Tabel 3: Vegetatieveranderingen in twee permanente proefvlakken (25 m²) op de oostoever van de Banen. Opnamedata: 16-9-'93, 3-8-'94, 11-10-'95 en 30-5-'96. Beide proefvlakken worden jaarlijks gemaaid; proefvlak 1 ligt in het opgeschoonde deel, proefvlak 2 ligt 10 cm dieper, in een niet opgeschoond deel.

	1	1	1	1	2	2	2		1	1	1	1	2	2	2
	'93	'94	'95	'96	'93	'95	'96		'93	'94	'95	'96	'93	'95	'96
Totale bedekking (%)	50	95	85	90	80	60	30								
Slibdikte (cm.)	0	0	0	0-1	0	0-1	0-5								
Aantal soorten	23	17	25	50	17	5	6								
<i>Agrostis canina</i>				r											
<i>Agrostis stolonifera</i>				+											
Algen		3													
<i>Alisma plantago-aquat.</i>			r	1	1										
<i>Apium inundatum</i>			r												
<i>Betula spec. (k)</i>				r											
<i>Brachythecium mildeanum</i>			1	3											
<i>Bryum argenteum</i>					r										
<i>Bryum tenuisetum</i>				+											
<i>Calliergonella cuspidata</i>				1	1										
<i>Calliergon cordifolium</i>			r	+	1										
<i>Calliergon stramineum</i>					+										
<i>Callitriche hamulata</i>	r	+	+	r	+	+	+								
<i>Carex oederi</i>	r														
<i>Carex pseudocyperus</i>	+			+											
<i>Chara globularis</i>			+												
<i>Cicuta virosa</i>	r	r		r											
<i>Cirsium arvense</i>				r											
<i>Cirsium palustre</i>				r											
<i>Drepanocladus fluitans</i>			1	2											
<i>Echinodorus repens</i>	+	1	3	1	+	1	+								
<i>Elatine hexandra</i>						2	1								
<i>Eleocharis acicularis</i>				+	+	3	2								
<i>Eleocharis palustris</i>	+	+	+	+	1										
<i>Epilobium palustre</i>				r											
<i>Epilobium spec.</i>				r											
<i>Galium palustre</i>	r		+	+											
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	r			r											
<i>Holcus lanatus</i>	r														
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>			+	r											
<i>Hypericum elodes</i>			+												
<i>Hypochaeris radicata</i>	r		r												
<i>Isoetes echinospora</i>						r									
<i>Juncus bulbosus</i>	2	3	3	3	4		r								
<i>Juncus effusus</i>	+														
<i>Lemna minor</i>									+						
<i>Leptobryum pyriforme</i>												+			
<i>Leptodyctium riparium</i>												+			
<i>Littorella uniflora</i>					r				r						
<i>Luronium natans</i>													+		1
<i>Lycopus europaeus</i>									+			1			
<i>Lysimachia vulgaris</i>												r			
<i>Lythrum portula</i>					r	r	1	+						+	
<i>Lythrum salicaria</i>					r				r			r			
<i>Mentha aquatica</i>					+	r	+	1					r		
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>					r			+							
<i>Myosotis scorpioides</i>												r			
<i>Nitella translucens</i>										+					
<i>Oenanthe aquatica</i>					r				r			r			r
<i>Persicaria maculata</i>												+			
<i>Persicaria mitis</i>												r			
<i>Pilularia globulifera</i>											+	+			
<i>Pinus sylvestris (k)</i>												r			
<i>Phragmites australis</i>									3	+	1	r			
<i>Poa annua</i>												r			
<i>Poa trivialis</i>												r			
<i>Pohlia nutans</i>												r			
<i>Polytrichum commune</i>															r
<i>Potamogeton gramineus</i>										1	r	+			
<i>Potamogeton natans</i>															r
<i>Ranunculus flammula</i>												r	r		
<i>Ranunculus repens</i>									r						
<i>Ranunculus sceleratus</i>													r		
<i>Riccia fluitans</i>										r		+			
<i>Rorippa palustris</i>											+	r			
<i>Salix cinerea (k)</i>									+						
<i>Scirpus fluitans</i>									r		+				
<i>Scirpus lacustris</i>															2
<i>Sphagnum denticulatum</i>											1	+			
<i>Sphagnum palustre</i>												+			
<i>Stellaria uliginosa</i>												r			
<i>Typha angustifolia</i>										r		+			2
<i>Utricularia australis</i>										+					r

5.2 De Landschotse heide

Langs het ven de Keyenhurk is in de winter van 1995/1996 een grondwaterpomp in gebruik genomen. In het voorjaar is het ven gebufferd (zie fig. 5), waarna het in de voorzomer droogviel. Nadat het ven opnieuw gevuld raakte met water bleef de pH schommelen rond pH 4.5 (fig. 1). In de winter 1996/1997 is opnieuw gebufferd. Evenals in 1995 is op de venbodem in 1996 vrijwel geen Oeverkruid (*Littorella uniflora*) meer aangetroffen. Wel breidt de plant zich uit op enkele door losgeslagen planten gekoloniseerde oevers. Evenals in de Steenhaarplas en het Padvindersven lijkt het er op dat in zure vennen isoetide waterplanten tijdens lange perioden met hoge waterstanden makkelijk verdwijnen, zelfs wanneer zich geen dichte vegetatie van Knolrus ontwikkelt (Brouwer e.a., 1996).

Doordat het waterpeil al tijdens de aanvoer van grondwater sterk daalde was het niet mogelijk om veranderingen in de macrofytensamenstelling als gevolg van de buffering vast te stellen. Het inlaatpunt bevond zich aanvankelijk in enkele cm. water en lag later droog. Doordat geen menging met venwater kon plaatsvinden heeft gedurende een maand sterk gebufferd water over de bodem rond het inlaatpunt gestroomd. Dit had wel een duidelijke invloed op de samenstelling van de vegetatie (tab. 4). Een aantal baseminnende mossorten en plantesoorten van ruderaal standplaatsen verschijnen. Opvallend is het grote aantal kiemplanten van wilgen, die elders in het ven ook te vinden zijn maar blijkbaar veel beter kiemen op gebufferde bodem. Op deze locatie is ook een zeldzame mycorrhiza-paddenstoel van deze wilgen gevonden, het Bruine Ballonbekertje (*Sphaerospora hinnulea*). Deze soort is ook op de bodem van andere drooggevallen gebufferde vennen gevonden, bv. het Beuven en het Goorven. Het Scherpven was al in maart 1996 drooggevallen, waardoor alle amfibische vegetaties grotendeels zijn verdroogd. Een lijst met de waargenomen plantesoorten staat in tabel 5.

Door de nog zeer recente buffering en het droogvallen van de vennen op de Landschotse heide hebben zich nog geen planten van zachte wateren kunnen vestigen. Wel lijkt het er op dat de ontwikkeling van Knolrus en veenmossen door de buffering sterk is geremd. De verwachting is dat met name Oeverkruid en Moerashertshooi zich in 1997 uit zullen kunnen gaan breiden.

Tabel 4: Samenstelling van de oevervegetatie (Braun-Blanguet opname) nabij het inlaatpunt van de grondwaterpomp in het ven de Keyenhurk en een tiental meters verder op de oever.

Opname 28-9-96	Pomp	Oever		Pomp	Oever
Slib (cm)	0	0-2			
Tot. bed. (%)	60	60	<i>Juncus effusus</i>	+	
			<i>Leptobryum pyriforme</i>	+	
<i>Agrostis canina</i>	+	r	<i>Marchantia polymorpha</i>	r	
<i>Betula</i> (k)	+	r	<i>Persicaria hydropiper</i>	r	
<i>Bryum argenteum</i>	r		<i>Persicaria lapathifolia</i>	r	r
<i>Bryum barnesii</i>	+		<i>Pinus sylvestris</i> (k)	r	
<i>Bryum capillare</i>	r		<i>Plantago major</i>	r	
<i>Cerastium fontanum</i>	r		<i>Poa annua</i>	+	r
<i>Cirsium arvens</i>	r	r	<i>Pohlia nutans</i>	+	
<i>Drepanocladus fluitans</i>	1	1	<i>Rorippa palustris</i>	r	
<i>Epilobium spec</i>	+		<i>Sagina procumbens</i>	+	r
<i>Funaria hygrometrica</i>	+		<i>Salix spec.</i> (k)	2	+
<i>Glyceria fluitans</i>	r		<i>Senecio vulgaris</i>	r	
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	+	r	<i>Sphagnum cuspidatum</i>		+
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	+	+	<i>Sphagnum denticulatum</i>	+	+
<i>Hypnum jutlandicum</i>	+		<i>Taraxacum officinale</i>	r	r
<i>Juncus bufonius</i>	r		<i>Trifolium repens</i>	r	
<i>Juncus bulbosus</i>	3	3			

5.3 De Bergvennen

In 1996 is in de Bergvennen, mede vanwege de lage waterstanden, geen grondwater ingelaten. Hierdoor is voor het geheel of gedeeltelijk droogvallen geleidelijk verzuring opgetreden van het Rietven, het Eilandven en het Pluzenven (fig. 6). De pH van het Ronde ven blijft evenals voor herstel steken rond de 4. Op de hier opgeschoonde delen heeft tot nu toe geen uitbreiding van isoetide waterplanten plaatsgevonden, in tegenstelling tot in de gebufferde vennen. Overwogen kan worden om ook in het Ronde ven gebufferd grondwater in te laten. Praktisch probleem is dat de waterstand gelijk of zelfs iets hoger is dan in het Rietven, waardoor het in de praktijk vrijwel onmogelijk is om via natuurlijk verval water in te laten. In de winter van 1996/1997 is de waterstand flink gestegen en is weer grondwater ingelaten in de wel verbonden vennen, waardoor de pH zich heeft kunnen herstellen.

De vegetatieontwikkeling in de Bergvennen verloopt tamelijk traag. In de droge, koude winter van 1995/1996 hebben de oevers van de vennen drooggestaan, waardoor de amfibische vegetatie bovengronds is afgestorven. Door de hierop volgende droogte is deze ook niet meer teruggekomen. Wel hebben zich op de langdurig droogvallende oevers veel andere plantesoorten gevestigd, voor het merendeel algemene soorten (tab. 5). Een uitzondering is Canadees hertshooi (*Hypericum canadense*) een soort die nog maar één groeiplaats heeft op het Europese vasteland (Weeda e.a., 1987)! Deze oorspronkelijk Amerikaanse soort is op de weinige vindplaatsen in Europa ook in gemeenschappen uit de oeverkruidklasse aangetroffen. Mogelijk is zaad meegekomen uit het nabijgelegen terrein de Mosbeek, waar de soort in het verleden is aangetroffen (mond. med. F. Eysink). De vegetatie in de waterlaag van het Eilandven, het Pluzenven en het Ronde ven bestaat vrijwel uitsluitend uit Knolrus (tab. 5). De Drijvende egelskop, die in het Ronde ven en het Eilandven was gekiemd, lijkt hier weer goeddeels verdwenen. Het is niet duidelijk of dit met de zuurgraad te maken heeft, het wel gebufferde Rietven is in 1996 totaal uitgedroogd, waardoor de soort ook daar achteruit is gegaan.

De geringe hoeveelheid gekiemde planten van zachte wateren laat zien dat tijdens de periode van verzuring een groot deel van de zaadbank verloren is gegaan. De hierop volgende uitbreiding verloopt zeer traag, wat samenhangt met de zeer voedselarme omstandigheden in deze al meer dan veertig jaar geïsoleerde heidevennen. De kieming en vestiging van planten van zachte wateren in de door grondwater gebufferde vennen geven aan dat de verwachtingen voor de toekomst van deze vennen gunstig zijn. Het achterwege blijven van uitbreiding van isoetiden in het Ronde ven is zorgelijk en kan wijzen op het niet (meer) aanwezig zijn van de juiste groeivoorwaarden. Wanneer deze situatie in de komende jaren zo blijft of zelfs verslechtert, moet ook hier inlaat van grondwater worden overwogen.

5.4 De Oisterwijkse vennen

Voor de uitvoer van herstelmaatregelen lag de pH van het Witven, het Goorven en het van Esschenven tussen 4 en 5 (fig. 6). In het water bevond zich een hoge concentratie ammonium en op de bodem een dikke laag organisch materiaal. De zeer ijle, ondergedoken vegetatie bestond vrijwel helemaal uit Knolrus. Daarnaast waren delen dichtgegroeid met nymphaeide waterplanten. Alleen langs de oevers kwam nog hier en daar Vlottende bies (*Eleogiton fluitans*) en Moerashertshooi (*Hypericum elodes*) voor.

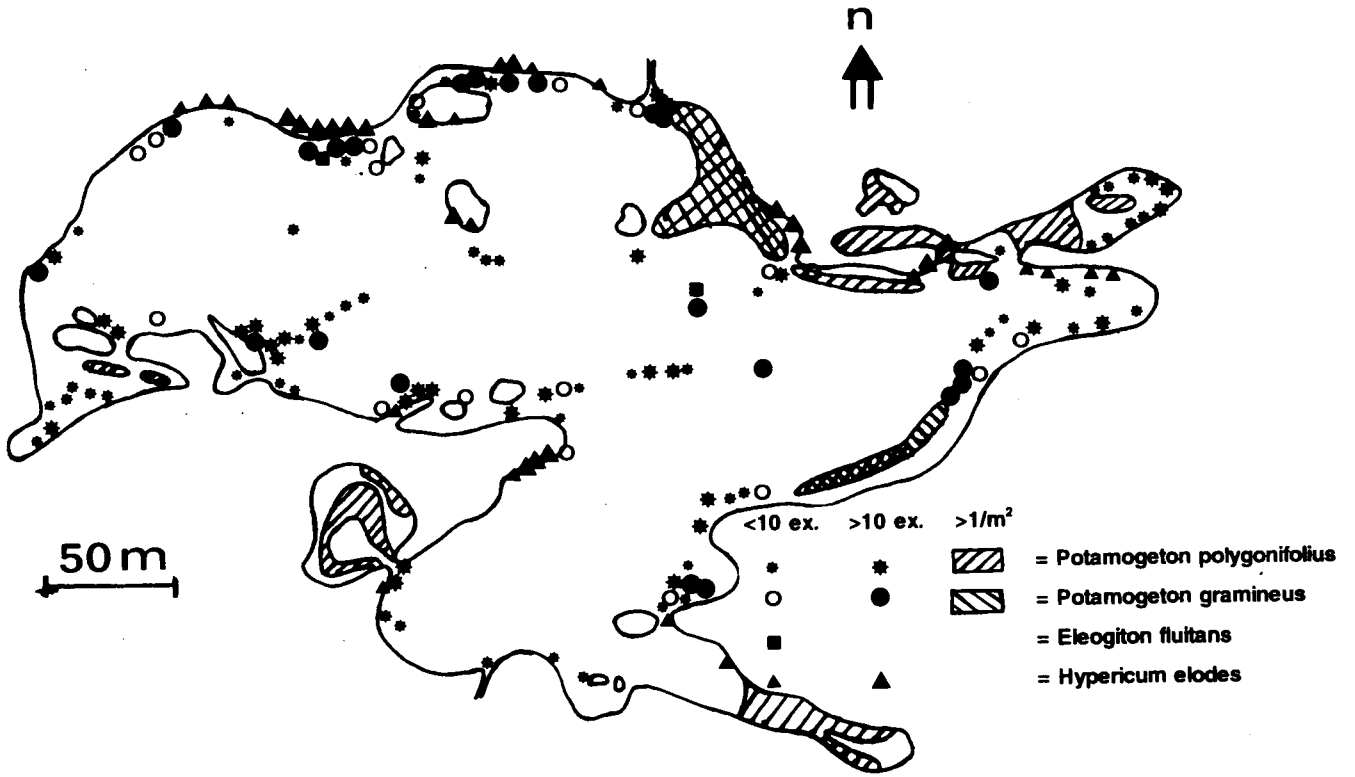
Eind 1995 is begonnen met het verwijderen van sliblagen uit het Goorven en het Witven. De herstelwerkzaamheden aan het van Esschenven zijn in maart 1996 afgerond. Hierna zijn de vennen volgelopen met grond- en regenwater. Opmerkelijk is het verschil van samenstelling tussen het water waarmee het van Esschenven en het Goorven zich vulde

en het water waarmee het Witven zich vulde. De waterlaag in het Witven had direct na opschonen een pH van ongeveer 5 en vrijwel geen buffercapaciteit. De waterlaag van de overige twee vennen had een pH van 7 en een buffercapaciteit van ongeveer 300 µeq/l (fig. 6). Gedurende het zomerseizoen vond een geleidelijke verzuring van de waterlaag plaats, het eerst in het Witven. Eind juli 1996 is grondwater ingelaten in het Goorven. De waterstand was toen onvoldoende om water door te laten stromen naar de andere vennen, waar verdere verzuring plaatsvond. In alle vennen kwam in de loop van het seizoen nitrificatie van ammonium op gang, het eerst in de nog gebufferde vennen. In het Goorven was vanaf de zomer nitraat de dominante stikstofvorm. Ook de kooldioxide-concentratie in dit ven was het laagst in het groeiseizoen. In de winter van 1996/1997 was het na een stijging van de waterstand mogelijk om ook het Witven te bufferen. De pH van het van Esschenven is nauwelijks gestegen, omdat vanuit het Witven onvoldoende gebufferd water het ven kon bereiken. Doordat in dit ven de herstelwerkzaamheden het laatst zijn beëindigd, is de waterlaag van het van Esschenven gedurende het groeiseizoen zeer troebel gebleven.

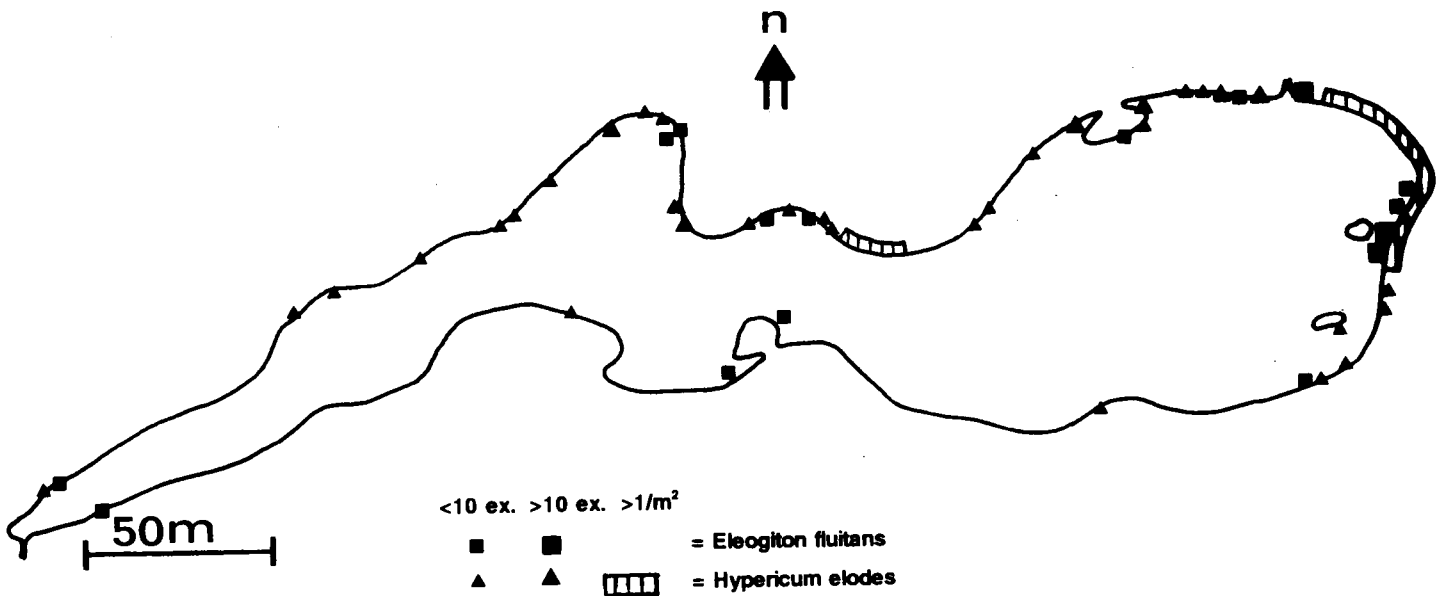
Door de sterke troebeling in het van Esschenven is hier nauwelijks plantengroei op gang gekomen. De soortensamenstelling komt ongeveer overeen met die van het Goorven (tab. 5). Alleen in dit ven zijn enkele planten Pilvaren (*Pilularia globulifera*) aangetroffen op de zuidoostoever. In het Witven heeft zich een soortenarme begroeiing van Knolrus ontwikkeld in de waterlaag. Aanvankelijk gekiemde fonteinkruiden (vermoedelijk Drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*), mogelijk ook Duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*)) zijn later weer verdwenen. Soorten van zwak gebufferde wateren zijn alleen op de oever aangetroffen (fig. 14). Ook in het Witven leidt opschonen zonder verdere buffering tot de ontwikkeling van zeer soortenarme knolrusvegetaties en niet tot terugkeer van soorten uit zwak gebufferde wateren.

In de ondiepere delen van het Goorven hebben zich in de loop van het seizoen vele planten uit zwak gebufferde wateren gevestigd. Naast de in figuur 13 weergegeven soorten is op de bodem plaatselijk ook veel Doorschijnend glanswier (*Nitella translucens*) aangetroffen. Deze soorten hebben zich met name gevestigd op de weinige plekken waar een geleidelijke oever aanwezig is. Ondanks de koolstoflimitatie in de waterlaag zijn de individuele knolrusplanten in het Goorven in 1996 het meest gegroeid. Doordat de dichtheid van de planten echter lager is, is de totale bedekking van de ondiepe delen met Knolrus in het Witven iets hoger dan in het Goorven.

Een groot deel van de in de jaren vijftig aanwezige plantensoorten van zachte wateren heeft zich in met name het Goorven gevestigd vanuit de zaadbank of vanuit restpopulaties. Door de buffering van het Witven kunnen deze soorten zich in de komende jaren mogelijk ook vestigen in het Witven. Onzeker is nog of het mogelijk is om via het huidige doorstroomsysteem verzuring van het van Esschenven te voorkomen. De oevers van de opgeschoonde Oisterwijkse vennen zijn over het algemeen steil tot zeer steil. Hierdoor is er weinig ruimte voor amfibische waterplanten uit de oeverkruidklasse. Bovendien is vrijwel overal nog overhangend struweel en bos aanwezig, een bron voor hereutrofiëring (Brouwer e.a., 1996). Het gevaar bestaat dat binnen enkele jaren zich lokaal weer dikke lagen bladeren en takken zullen ontwikkelen en macrophyten uiteindelijk weer verdwijnen.



Figuur 13: Verspreiding van karakteristieke macrofyten van zwak gebufferde wateren in het Gooeven, 25 juni 1996.



Figuur 14: Verspreiding van karakteristieke macrofyten van zwak gebufferde wateren in het Witven, 25 juni 1996.

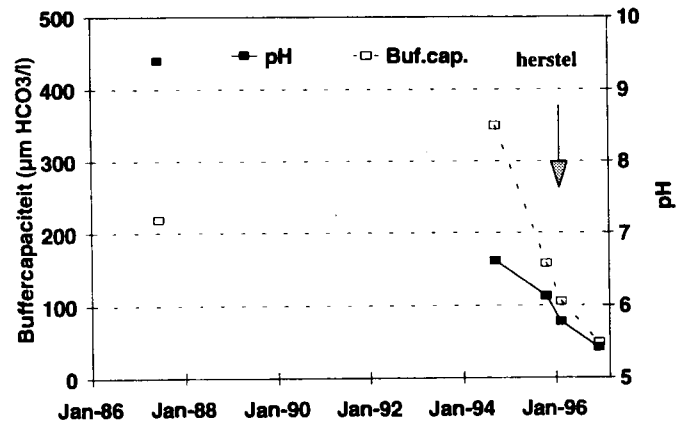
5.5 Het Groot meer bij Ossendrecht

Het Groot Meer bij Ossendrecht is alleen een groot meer tijdens perioden met overvloedige regenval. Gedurende het hele jaar overheerst wegzijging (lit). Lokale kwel is beperkt tot enkele kleine stroken aan de west- en noordzijde. Door de droge winter heeft in het ven sinds de uitvoering van herstelmaatregelen in november en december 1995 nauwelijks water gestaan. Metingen aan het beetje water wat af en toe in het midden van het ven stond laten zien dat de pH en de buffercapaciteit van het ven dalen (fig. 15). Buffering tegen verzuring zal voornamelijk moeten komen uit de veenlaag in het diepste deel van het ven, gezien de extreem lage buffercapaciteit van het zeer minerale zand in de overige delen van het ven (fig. 10). Het risico van verzuring wanneer de waterstand stijgt is daarom groot. De grondwaterpomp die bij het ven is geplaatst pompt slechts licht gebufferd water op van een diepte van 35 meter. Waarschijnlijk moet water van een grotere diepte worden opgepompt, wat wel voldoende gebufferd is. Temeer daar het ven droog stond, is geen grondwater opgepompt.

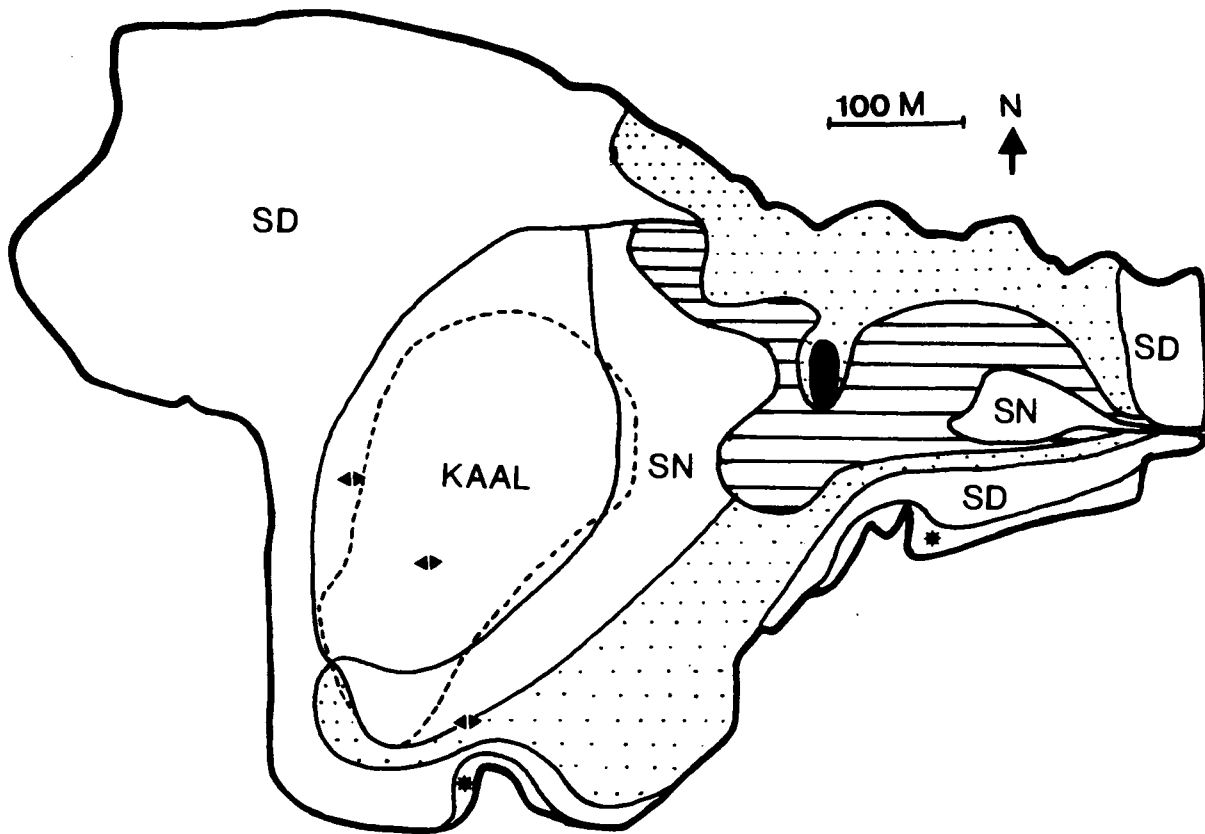
Gedurende de afgelopen decennia zijn de vegetaties van de oeverkruidklasse in het groot meer zowel in kwaliteit als in kwantiteit geleidelijk achteruit gegaan (fig 16). Voor uitvoering van herstelmaatregelen werd de vegetatie in de westelijke helft van het Groot meer gedomineerd door soorten die wijzen op eutrofiëring: Vensikkelmos (*Drepanocladus fluitans*), Knolrus, Waternavel (*Hydrocotyle vulgaris*) en Veenwortel (*Persicaria amphibia*) (fig. 16). Alleen de minerale delen van de noordoostoever werden grotendeels gedomineerd door Oeverkruid en Gesteeld glaskroos (*Elatine hexandra*). De hele westelijke helft van het Groot Meer is ontdaan van slib en vegetatie. De oostelijke helft van het Groot meer is nog meer geëutrofiëerd geraakt en is niet betrokken in de herstelwerkzaamheden.

Door het vroegtijdig droogvallen van het Groot meer is alleen vestiging van droogtebestendige soorten waargenomen (tab. 5). Oeverkruid is uitgelopen uit achtergebleven wortelstokken. Opvallend goed ontwikkeld is de grondsterretje-gemeenschap (Spergulario-Illecebretum); het Groot meer is een van de zeer weinige overgebleven groeiplaatsen van Rimpjes (*Corrigiola littoralis*) in het heidelandschap. De venige bodem in het midden van het Groot meer is begroeid geraakt met een hoge, plaatselijk gesloten vegetatie van duizendknoop-soorten. Waarschijnlijk komen uit het verdrogende veen veel voedingsstoffen vrij.

De lage hoeveelheden neerslag sinds het herstel van het Groot Meer maken het probleem van verdroging in het terrein eens te meer zichtbaar. Verdroging leidt tot afbraak van het veenpakket in de diepste delen, tot verzuring en verhindert het voorkomen van plantensoorten die afhankelijk zijn van nooit sterk uitdrogende delen, zoals Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*). Een tweede probleem dat herstel van vegetaties van zwak gebufferde wateren hier in de weg staat is de onvoldoende kwaliteit (buffercapaciteit) van het opgepompte grondwater. Het grootste deel van de "onderwater" bodem bezit een zeer geringe buffercapaciteit tegen verzuring. Terugkeer van de uitgestrekte vegetaties van gemeenschappen uit de oeverkruidklasse zal slechts plaatsvinden wanneer zowel voor deze waterkwaliteits- als de waterkwantiteitsproblemen een oplossing wordt gevonden.



Figuur 15: pH en buffercapaciteit van de waterlaag van het Groot Meer bij Ossendrecht. Gegevens 1994 uit van Beers (1996).



▬ = Naaldwaterbies-associatie

⋯ = Codominantie Vensikkelmos, Knolrus en Oeverkruid

★ = Codominantie Vensikkelmos, Oeverkruid, Waternavel en Moerasdroogbloem

SD = Sikkelmosdominantie, droge variant

SN = Sikkelmosdominantie, natte variant

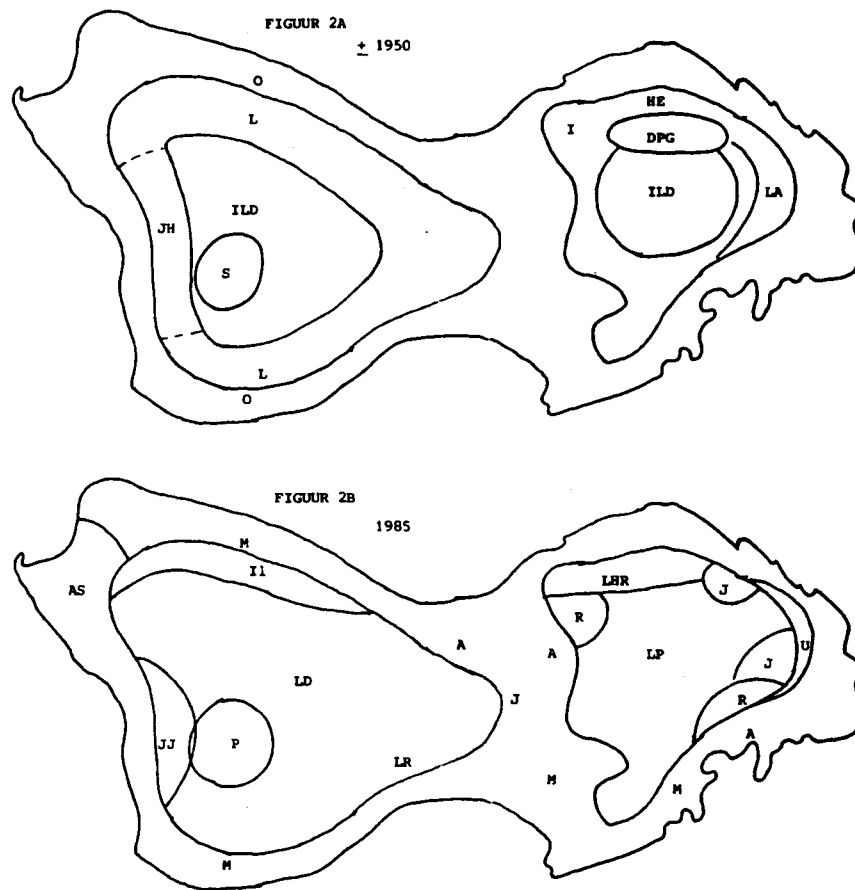
----- = Omtrek diepste deel met veenbodem

◄ = Peilschaal

● = Eiland in ven

Figuur 16 (vrg. blz.): Indruk van de vegetatie van de westelijke helft van het Groot meer bij Ossendrecht voor herstel, op 3 november 1995. De oostelijke helft is inmiddels grotendeels dichtgegroeid met soorten van eutrofe omstandigheden. Ter vergelijking zijn hieronder kaartjes van beide helften uit 1950 en 1985 opgenomen.

ILD = Isoeto-Lobelietum, O = vochtige heide met o.a. Grondsterretje (*Illecebrum verticillatum*) en Kruiwend struisgras (*Agrostis canina*), JH = Oever met eutrafente soorten. Dominantiegemeenschappen: L, LD, LR = Oeverkruid, S = Drijvende egelskop (*Sparganium angustifolium*), AS = Kruiwend struisgras, M = Pijpestrootje, II = Grondsterretje, P = Veenwortel (*Persicaria amphibia*), JJ = *Juncus* soorten (naar: Cals & Roelofs, 1990).



Tabel 5 (vlg. blz.): Tansley-opnamen uit 1996 van de vijf gemonitoorde referentieprojecten. (k) = Kiemplant, (u) = uitloper uit achtergebleven wortel. Ba = Banen, Ri = Rietven, Ro = Ronde ven, Ei = Eilandven, Pl = Pluzerven, Sc = Scherpven, VE = van Esschenven, Wi = Witven, Go = Goorven, Os = Ossendrecht. Oe = Oever, Ooe = oostoever, ZWoe = Zuidwestoever, Wa = Waterlaag, Wao = Waterlaag ondiep, Wad = Waterlaag diep.

	Ba Ooe 30/5	Ba Wa 30/5	Ba ZWo 30/5	Ba Ooe 24/9	Ba Wao 24/9	Ba Wad 24/9	Ri 16/7	Ro 16/7	Ei 16/7	Pl 16/7	Sc 28/9	VE Oe 25/6	Wi Oe 25/6	Go Oe 25/6	VE Wa 25/6	Wi Wa 25/6	Go Wa 25/6	Os 18/6	
Datum (1996)																			
Sliblaag (cm)				0-1	0-4	0-4	0-1	0-1	0-10	0-2		0	0	0	0 (5)	0-2	0(10)		
Tot. bed. (%)				70	30	1	10	5	10	3	15	2	8	5	1	10	5		
% drooggevallen							100	70	60	40									
Hoogte (cm ond./bov. water)				+10/+40	-10/+10	-20/-10						0/+100	0/+80	0/+80					
<i>Apium inundatum</i>	r			o	r														r
<i>Bryum tenuisetum</i>	a		f	a			o				f								o
<i>Callitriche hamulata</i>	o	f	o	s	f	f													s
<i>Campylium spec.</i>				s															
<i>Carex oederi</i>	r			r															
<i>Corrigiola littoralis</i>																			
<i>Echinodorus repens</i>	a	o	r	a	f														
<i>Elatine hexandra</i>		c		r	f	f													
<i>Eleocharis acicularis</i>	f	a	a	o	c	f													
<i>Eleocharis multicaulis</i>	s			s			o	r	r		f								
<i>Eleogiton fluitans</i>	o			f	r												s		
<i>Fossombronia foveolata</i>							r	r			r								
<i>Gentiana pneumonanthe</i>									o										
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	r			s							r								r
<i>Hypericum elodes</i>	f		r	f				r			o		o	o		s			o
<i>Illecebrum verticillatum</i>																			la
<i>Littorella uniflora</i>	o			f			o	o											
<i>Lobelia dortmanna</i>								r											o
<i>Lythrum portula</i>	o			f	o	r					r								
<i>Narthecium ossifragum</i>								r											
<i>Nitella flexilis</i>																		r	
<i>Pilularia globulifera</i>	f			r	r														
<i>Potamogeton gramineus</i>	o	r																o	
<i>Potamogeton polygonifolius</i>													r				o		
<i>Sparganium cf. angustifolium</i>							r		r	s								r	
<i>Sparganium cf. natans</i>																			r
<i>Veronica scutellata</i>																			
<i>Acer pseudoplatanus (k)</i>												r		s					
<i>Agrostis canina</i>	o			lc	o		o	f	f	r	r			r					f
<i>Agrostis cappilaris</i>							r		s	r				r					
<i>Agrostis stolonifera</i>	o		r			r					r								
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	r		f	r	o								s	o			o		
<i>Alnus glutinosa (k)</i>					r														
<i>Alopecurus aequalis</i>	o		c		o														s
<i>Alopecurus geniculatus</i>			r																s
<i>Amaranthus hybridus</i>					s														
<i>Amelanchier lamarckii (k)</i>							r	s											
<i>Anthoxanthum odoratum</i>									r										
<i>Apera spica-venti</i>							r												
<i>Aphanes inexpectata</i>																			r
<i>Atrichum undulatum</i>							r				r	o	o	o					f
<i>Atriplex spec.</i>																			
<i>Aulacomnium palustre</i>	f			f															
<i>Batrachium spec.</i>					s														
<i>Betula spec. (k)</i>	o		f	f	r		f	o	o	f	f	f	o	o					s
<i>Bidens frondosa</i>	r			s			o		r			r	r						r
<i>Bidens tripartita</i>			s		o				r					r					
<i>Brachythecium mildeanum</i>	c		c	a	o														
<i>Bryum argenteum</i>					r		r				o	r							
<i>Bryum barnesii</i>							r				o	r							
<i>Bryum cappilare</i>											s								
<i>Calamagrostis canescens</i>	lc			c	o		r												r
<i>Calliergon cordifolium</i>	f	o		f	r														
<i>Calliergon stramineum</i>	o		o																
<i>Calliergonella cuspidata</i>	f	r		o															
<i>Calitriche platycarpa</i>				r	o	r													
<i>Calluna vulgaris</i>							o		r	r	r								
<i>Calypogeia fissa</i>													r						
<i>Calystegia sepium</i>														s					
<i>Campylopus pyriformis</i>	o			r			o	o	r		a			r					
<i>Capsella bursa-pastoris</i>					s		r												s
<i>Carex cf. arenaria</i>																			r
<i>Carex cf. disticha</i>																			r
<i>Carex elata</i>												r		s					
<i>Carex nigra</i>										s									
<i>Carex pseudocyperus</i>	o			o	o		s					s	r						
<i>Carex spec.</i>				s	r							o		r					s
<i>Cerastium fontanum</i>											s								
<i>Cerastium semidecandrum</i>												r							s
<i>Ceratocarpus claviculata</i>							r	s	r	r									

Ceratodon purpureus						r			r	r			
Chamerion angustifolium						r		r					
Chenopodium album				r					r				r
Chenopodium ficifolium													r
Chenopodium rubrum				o		r	r						r
Cicuta virosa	o		r	o	r								o
Cirsium arvense	o		o	r	r		o	r	r	o	s	s	f
Cirsium palustre	r		r	o	r		r		s				r
Cirsium vulgare			o	r	r		r						r
Crepis capillaris				r									
Coronopus didymus										r			
Deschampsia flexuosa						r		o	r	s			
Dicranella cerviculata						f	o	o	f				
Dicranella heteromalla				o						r	o	o	o
Drepanocladus aduncus				c	a								r
Drepanocladus fluitans	c	o	a			la	ld		f	r	r		
Drosera intermedia						o	f	f	f	o			r
Echinogloa crus-galli				s	r								o
Eleocharis palustris	f		o	f	o	r	lc						
Epilobium ciliatum				r	r		f		r	s			
Epilobium hirsutum	r												
Epilobium palustre	r												
Epilobium parviflorum				o									
Epilobium spec.	r									r			
Epilobium tetragonum						r							
Erica tetralix						r	o	o	o	r			
Erigeron canadensis	o		f	o		o	o	r	r	o			
Eriophorum angustifolium						r	r	r					
Eupatorium cannabinum				r	r	r							
Eurhynchium praelongum						s							
Fagus sylvatica (k)												s	
Fontinalis antipyretica			r										
Festuca ovina									r				
Funaria hygrometrica						o				o			
Galium palustre	f		r	f	r								o
Galeopsis tetrahit						s							
Glyceria fluitans					r					r	r	s	
Glyceria maxima			r										r
Gnaphalium uliginosum	o		f	o	o	o				o	r		f
Hieracium pilosella						s							
Hieracium spec.								s					
Holcus lanatus			o	r		r		r	r	r	s		
Holcus mollis	r		r										
Hydrocotyle vulgaris	o		o	f	o		o	o	r	o	o	o	f
Hypnum jutlandicum				o		r				r	s		
Hypochaeris radicata				s	r			r					
Iris pseudacorus (u)										r			
Juncus acutiflorus	r				r								
Juncus articulatus			lc			r					o	r	o
Juncus bufonius				r	o	o	r	o	o	r	r	a	a
Juncus bulbosus	c	r	la	c	f	o	c	lc	lc	f	f	r	a
Juncus effusus	f		o	f	ld	r	o		r	o	f	o	o
Juncus squarrosus									r				
Juncus tenuis					s						o		s
Lemna minor		r	o										
Leontodon autumnalis						r				f			r
Leptobryum pyriforme	o		o		r		o						
Leptodictyum riparium	o		f	o	o								
Lolium perenne				s						r	s		s
Lotus corniculatus											s		
Lotus pedunculatus					r				s	s			
Luronium natans		o	r		o								
Luzula campestris								s					
Lycopus europaeus	a		f	f	o	s	r		s	o	o	r	f
Lysimachia nummularia											s		
Lysimachia thyrsoflora	c		r	f	r					r			
Lysimachia vulgaris	o		o	a	r		r		o		o	o	
Lythrum salicaria	r		f	o	o								
Marchantia polymorpha										r		s	
Matricaria discoidea											s		r
Matricaria reculta					s		r						
Matricaria spec.			r										s
Mentha aquatica	a		o	f	o	s							
Mentha arvensis				o									
Mnium homum						r	r		o	f	o	la	r
Molinia caerulea							s		o	f	o	la	f
Myosotis arvensis											r	o	r
Myosotis laxa													s
Myosotis scorpioides	o		o		r					o	o	o	
Myrica gale (k)								r					
Nuphar, Nymphaea (k)												r	o
Nymphaea alba			s		s					r			o

<i>Oenanthe aquatica</i>	o		o	s		o	r						r	o			r
<i>Persicaria amphibia</i>	r			o			r		r	o							a
<i>Persicaria hydropiper</i>			r		o			s			r		r		r	o	
<i>Persicaria lapathifolia</i>				r				r	r		r		r			o	
<i>Persicaria maculata</i>	o			o		o		r	o	o	r	o		r		l	
<i>Persicaria minus</i>				o		o		f	o			r				f	
<i>Persicaria mite</i>	r															r	
<i>Peucedanum palustre</i>				r								o					
<i>Phalaris arundinacea</i>						r											
<i>Phleum pratense</i>					s			s									
<i>Phragmites australis</i>	o	r	la			r	r	o				o	r	r			
<i>Pinus sylvestris (k)</i>	s							o	o	o	r	r	f	f	f	f	
<i>Plantago lanceolata</i>								s									
<i>Plantago major</i>	r	r			s			r				r	r			r	
<i>Poa annua</i>	r	o			o	r		o	r	o	r	o	o		s	o	
<i>Poa pratensis</i>								r									
<i>Poa trivialis</i>	s		o					s									
<i>Pohlia annotina</i>								r									
<i>Pohlia nutans</i>	o			o				r				r	r	r		r	
<i>Polygonum aviculare</i>						r		r				r	r			r	
<i>Polytrichum formosum</i>	o																
<i>Polytrichum com/for</i>				f				r	r			o		s		s	
<i>Populus spec. (k)</i>						r	s	s								s	
<i>Potamogeton cf. natans (k)</i>														r	r	f	
<i>Potentilla palustris (u)</i>															r	o	
<i>Prunus serotina</i>								r		s							
<i>Pseudephemerum nitidum</i>				o													
<i>Quercus robur (k)</i>	s			s				s			r	r	o	r	r	r	
<i>Ranunculus aquatilis</i>			o														
<i>Ranunculus flammula</i>	f		o	o		r		r									
<i>Ranunculus repens</i>	s		r	r	r							o	r				
<i>Ranunculus sceleratus</i>	o	f	s		o			r		r	r					s	
<i>Rhamnus frangula (k)</i>								r	r	r	o	o	o	r		s	
<i>Rhynchospora alba</i>								r	o	f	o						
<i>Rhynchospora fusca</i>								o	lc	lc	f	o					
<i>Riccia cf. beyrichiana</i>						s											
<i>Riccia cf. sorocarpa</i>						s											
<i>Riccia fluitans</i>	r		f			r											
<i>Ricciocarpus natans</i>				s													
<i>Rorippa amphibia</i>	r			o		r											
<i>Rorippa palustris</i>	f		o	o	o	o		r					r			a	
<i>Rubus fruticosus s.l.</i>				r				s	r		r	s	o	o	o	a	
<i>Rumex acetosella</i>								r	r	r	r					o	
<i>Rumex hydrolapathum</i>	r		o	r		o		r								f	
<i>Rumex maritimus</i>						s		r		s							
<i>Rumex obtusifolius</i>						s						r					
<i>Rumex palustris</i>			o														
<i>Sagina procumbens</i>			o			s		r				o	r			r	
<i>Salix alba (k)</i>								r									
<i>Salix caprea (k)</i>				o		r						o	r	r			
<i>Salix cinerea</i>	f	r		f		o		r									
<i>Salix repens</i>																r	
<i>Salix spec (k)</i>								o	o	r	r	f					
<i>Salix triandra</i>					o		s										
<i>Salix viminalis (k)</i>						r											
<i>Sambucus nigra</i>								r	s			s					
<i>Scir/typh/spar (k)</i>												r	r	r	f	f	
<i>Scirpus lacustris</i>								s						r			
<i>Senecio inaequidens</i>				s													
<i>Senecio jacobea</i>								s									
<i>Senecio sylvaticus</i>	s			s				r	o	o	r	s					
<i>Senecio vulgaris</i>						r											
<i>Solanum dulcamara</i>				r		r											
<i>Solanum nigrum</i>				r		r										s	
<i>Sonchus asper</i>				r		s		s									
<i>Sonchus oleraceus</i>								r			s						
<i>Sorbus aucuparia (k)</i>	r							o		r	o	s	o	r	r	s	
<i>Spergula arvensis</i>								r					s				
<i>Spergularia rubra</i>								r					r			o	
<i>Sphagnum cuspidatum</i>									o	la	f		r				
<i>Sphagnum denticulatum</i>	o		d		r			la	f	r	r		o	o		r	
<i>Sphagnum fimbriatum</i>													r				
<i>Sphagnum palustre</i>	o																
<i>Sphagnum squarrosum</i>	o			f													
<i>Stellaria media</i>				r		r		r					s			r	
<i>Stellaria uliginosa</i>	s		o			s		s				s					
<i>Taraxacum officinale</i>				s		r		r		s		r					
<i>Trifolium repens</i>			r			r		r					o	s		r	
<i>Tussilago farfara</i>	r			s				s					r				
<i>Typha (k)</i>	r		o				r									r	
<i>Typha latifolia</i>		r															
<i>Typha spec (k)</i>								r									
<i>Urtica dioica</i>						s							s				
<i>Urtica urens</i>																r	
<i>Veronica serpyllifolia</i>								s								s	

H.6 Voorlopige conclusies monitoring 1996

Het gebruik van gebufferd grondwater om verzuring in opgeschoonde vennen te bestrijden of te voorkomen blijkt in de praktijk goed te kunnen werken. De waterkwaliteit herstelt zich zodanig dat de hoeveelheid kooldioxide daalt tot waarden waarbij de groei van met name Knolrus geremd wordt. De verhouding tussen de beschikbare hoeveelheid ammonium en nitraat daalt, iets wat bijzonder gunstig is voor de groei van planten van zachte wateren. Kenmerkende macrofyten van zachte wateren keren terug of breiden zich uit in de met grondwater gebufferde vennen. Voorbeelden hiervan zijn de Oisterwijkse vennen en de Bergvennen. De mate waarin terugkeer van plantensoorten van zachte wateren plaatsvindt is met name afhankelijk van de vitaliteit en samenstelling van de zaadbank.

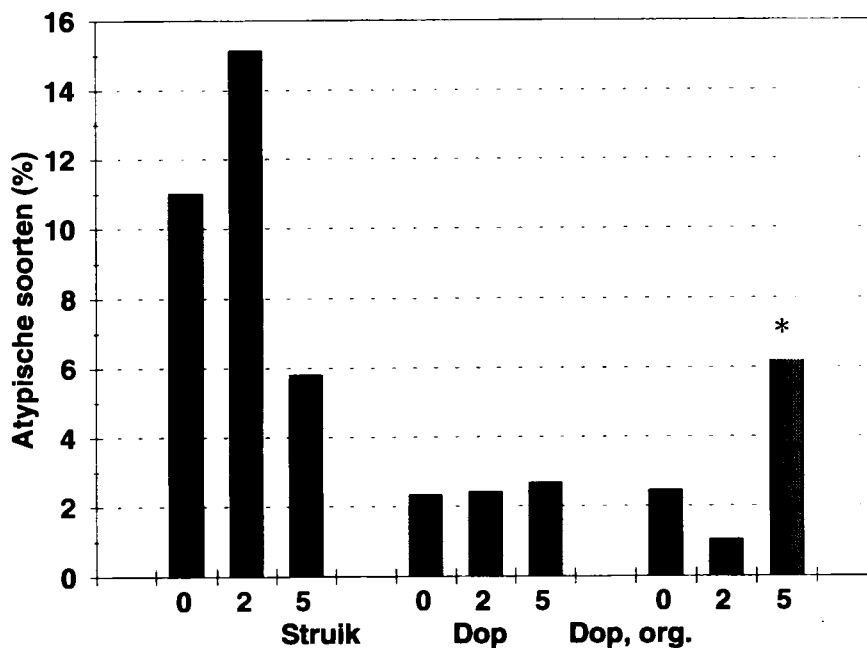
Belangrijkste knelpunten bij de inlaat van grondwater zijn de soms niet voldoende kwaliteit van het opgepompte grondwater en de nog intensieve metingen die nodig zijn om te sterke of te zwakke buffering te voorkomen. Dit laatste probleem zal verdwijnen wanneer meer ervaring is opgedaan met de inlaat van sterk gebufferd water. Verder lijkt het moeilijk om via een doorstroomsysteem meer dan twee vennen achter elkaar in een gradiënt te bufferen. Het droogvallen van verbindingssloten in droge perioden verhindert soms de doorstroom van een voldoende hoeveelheid gebufferd water. Door de toestroom van verzuurd water vanuit het inzigtgebied kan in de verder van het inlaatpunt gelegen vennen verzuring dan niet worden opgeheven of voorkomen.

In verzuurde systemen lijkt het nodig jaarlijks opnieuw grondwater in te laten om herverzuring te voorkomen. Het gaat hierbij om hoeveelheden die ongeveer overeenkomen met een tiende tot een twintigste deel van het gemiddelde venvolume, per jaar. In niet verzuurde en al eerder met grondwater behandelde systemen is waarschijnlijk minder wateraanvoer nodig. Op dit moment worden data verzameld waarmee algemene richtlijnen voor het beheer kunnen worden opgesteld. Hierbij wordt vooral gedacht aan de jaarlijks in te laten hoeveelheid water, de periode waarin dit kan worden ingelaten en het moment waarop inlaat noodzakelijk wordt om verzuring te voorkomen. Gestreefd wordt naar het opstellen van richtlijnen aan de hand waarvan geschat kan worden hoeveel grondwater jaarlijks nodig is om de juiste waterkwaliteit te handhaven. Wanneer dit kan worden aangevuld met een extensieve monitoring, kan de inlaat van grondwater in de toekomst een praktische maatregel tegen verzuring in opgeschoonde vennen worden.

H.7 Catchment liming

De praktijk-ervaring met bekalking en grondwaterinlaat leert dat toestroom van verzuurd water uit het inzigtgebied de voornaamste bron van herverzuring is in oppervlaktewateren. Bovendien kan door de toestroom van zuur water naar een gebufferd ven kooldioxide worden gevormd in een ven, waardoor de koolstoflimitatie wordt opgeheven. Dergelijke problemen kunnen worden voorkomen door het inzigtgebied te bufferen. Er is echter vrijwel niets bekend over de snelheid waarmee dit gebufferde water zich door de bodem verplaatst. Ook is niet zeker wat de invloed van bijvoorbeeld buffering door bekalking is op de omringende heidevegetatie en op de samenstelling van het oppervlakkige grondwater. Experimenteel onderzoek naar de mogelijkheden van buffering van het inzigtgebied middels bekalking is opgestart in 1996. Voorlopige resultaten wijzen op een verplaatsingssnelheid van toegevoegde bufferstof van enkele decimeters per half jaar. Het toedienen van 2 ton kalk per hectare lijkt geen nadelige effecten te hebben op de heidevegetatie (fig. 17). Wel verandert als gevolg van het toedienen van mergel de moslaag sterk van samenstel-

ling; zuurminnende soorten worden vervangen door baseminnende soorten. Gebruik van 5 ton kalk per hectare veroorzaakt op de minerale bodem van de Schoapedobbe geen toename van atypische heidesoorten. Op de bodem van de Bieze, die rijker is aan organisch materiaal, is dit wel het geval. Mogelijk wordt dit ook veroorzaakt door de aanwezigheid van meer ruderaal soorten in de zaadbank van Bieze bodem als gevolg van zaadaanvoer door Everzwijnen. Ook lijkt Pitrus (*Juncus effusus*) op bekalkte bodem uit de Bieze harder te groeien. Catchment liming kan dus alleen worden toegepast op geplagde, niet venige bodems. Inmiddels is ook een tweetal locaties geselecteerd waar op praktijkschaal een inziggebied kan worden bekalkt, (Bobbink e.a., 1996). Te gebruiken hoeveelheden kalk zullen worden bepaald aan de hand van de eerste resultaten van het experimenteel onderzoek.



Figuur 17: Kieming en vestiging van heideplanten op bekalkte (2 en 5 ton/ha) en onbekalkte heidebodem met zaadbank. Uitgezet is het percentage individuen van niet typische heidesoorten dat na 5 maanden kweken onder experimentele omstandigheden overleefd heeft. Per bak zijn 3 tot 8 soorten hogere planten gekiemd, met een totaal van 9 tot 57 individuen. "Typische heidesoorten": *Molinia carulea*, *Juncus bulbosus*, *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris*, *Galium saxatile*, *Jasione montana*, *Juncus squarrosus*, *Gentiana pneumonanthe* en *Rhynchospora alba*. "Niet typische heidesoorten": *Juncus effusus*, *Agrostis capillaris*, *Agrostis canina*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Erigeron canadensis* en *Sagina procumbens*. * = Deze kolom verschilt significant ($P = 0.02$) van de 2 voorgaande kolommen. "Struik": bodem van droge heide, "dop" = bodem van natte heide, "dop, org" = bodem van natte, venige heide. Naar Brock, 1997.

H.8 Literatuur

- Beers, P.W.M., van (1996). Inventarisatie Noord-Brabantse vennen 1994. Rapport Provincie Noord-Brabant. 46 pp plus bijlagen (258 pp).
- Bobbink, R. & J.G.M. Roelofs, 1995. Nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: the empirical approach. *Water, Air and Soil Pollution* 85:2413-2418.
- Bobbink, R., de Graaf, M.C.C., Roelofs, J.G.M. & van der Ven, P.J.M. (1996). Vervolgonderzoek naar knelpunten bij effectgerichte maatregelen tegen verzuring en verdroging in droge en vochtige heischrale milieus. Tussenrapport 1996. Vakgroep Oecologie, K.U.Nijmegen. 30 pp.
- Brock, A., 1997. Doctoraalverslag Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, in voorbereiding.
- Brouwer, E., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M. & Verheggen, G.M. (1996). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma tweede fase. Vakgroep Oecologie, K.U. Nijmegen. 200 pp.
- Bruinsma, J. (1997). Gras is om in te liggen, deel 52. Venkraai. mededelingenblad van de KNNV, afd. Eindhoven; nr. 132, blz 14-17.
- Cals, M.J.R. & Roelofs, J.G.M. (1990). Prae-advies effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U.Nijmegen, in opdracht van het Ministerie van LNV, 96 pp. + bijlagen.
- van Dam, H. & Kooyman-van Blokland, H. (1978). Man-made changes in some dutch moorland pools, as reflected by historical and recent data about diatoms and macrophytes. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.* 63 (5): blz 587-607.
- van der Drift, L.N.J.M. & Groen, J.A. (1980). Hydrologisch onderzoek "de Grootte Meer". Onderzoek naar de oorzaken van de wegzijging van de waterstand in het ven "de Grootte Meer". Rapport TH Delft, 266 pp + bijlagen.
- Duijnste, I. & Willems, N. (1992). Herstelmogelijkheden van de zachtwaterflora en effecten van buffering en sliblaagverwijdering op de waterchemie van de Bergvennen. Doctoraalverslag no. 345, Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, 64 pp + bijlagen.
- Geenen, J.P.W. (1991). De vegetatie van de Banen. Verslag no. 312. Vakgroep voor Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U.Nijmegen, 58 pp.
- De Graaf, M.C.C., Verbeek, P.J.M., Cals, M.J.R., & J.G.M. Roelofs, 1994. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van matig mineraalrijke heiden en schraallanden. Eindrapport monitoringsprogramma eerste fase. Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, 227 pp.
- Roelofs, J.G.M., Smolders, A.J.P., Brandrud, T.E. & Bobbink, R., 1995. The effect of acidification, liming and reacidification on macrophyte development, water quality and sediment characteristics of soft-water lakes. *Water, Air and Soil Pollution* 85:967-972.
- Roelofs, J.G.M., Brandrud, T.E. & Smolders, A.J.P., 1994. Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lakes. *Aquatic Botany* 48: 187-202.
- Svedäng, M.A., 1990. The growth dynamics of *Juncus bulbosus* L. - a strategy to avoid competition? *Aquatic Botany* 37: 123-138.
- van der Voo, E. (1957). Grootte Meer. Excursierapport SOL. NWA SBB Doss. 49G, 5pp. + Bijlagen.
- van der Voo, E. (1967). De gevolgen van de wateronttrekking voor de flora van de "Grootte Meer" onder Ossendrecht. *Gorteria* 3, blz 126-130.
- Weeda, E.J., Westra, R., Westra, Ch. & T. Westra, 1987. Nederlandse Oecologische Flora. Wilde planten en hun relaties, 2. Haarlem, 317 pp.

Bijlage 1

Opnamen behorende bij de globale vegetatiekaart (november 1995) van het Groot meer bij Ossendrecht

Ossendrecht, 3-11-'95

	SD	Drep/Junc/Litt		Litt-Eleoch.	SN
Totale bedekking (%)	95	80	60	70	
Slibdikte (cm)	2/15	0/5	0/5	3/15	
Agrostis canina	a	o			
Bidens tripartita	r				
Callitriche hamulata		f	r	f	
Cirsium arvense	r				
Drepanocladus fluitans	d	c	c	d	
Elatine hexandra		lc	c	o	
Eleocharis palustris	r	o			
Galium palustre	f	r			
Gnaphalium luteo-album	r				
Hydrocotyle vulgaris	a	f			
Juncus bulbosus		c	o		
Juncus effusus		r			
Lemna minor		o		o	
Littorella uniflora	f	c	c	f	
Luronium natans		r			
Lycopus europaeus	o	r			
Lythrum portula	f	f		r	
Lythrum salicaria	r				
Molinia caerulea	r	r			
Persicaria amphibium	r	o	o	a	
Persicaria mite	r				
Potamogeton natans	s	r		s	
Rorippa palustris	f	o			
Rumex maritimus	r				
Sphagnum denticulatum	la				
Veronica scutellata	r				

