

Hoogveenontwikkeling in veentjes en kleinschalige hoogveencomplexen op het Dwingelerveld; een landschapsbenadering

Deel 2: Landschapsontwikkeling en hydrologie

A.J. Verschoor
G.J. Baaijens
F.H. Everts
A.P. Grootjans
W. Rooke
S. van der Schaaf
N.P.J. de Vries



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit

© 2003 Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Rapport EC-LNV nr. 2003/227 O
Ede, 2003

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij het Expertisecentrum LNV onder vermelding van code 2003/227-O en het aantal exemplaren.

Oplage <aantal> exemplaren

Samenstelling A.J. Verschoor, G.J. Baaijens, F.H. Everts, A.P. Grootjans, W. Rooke,
S. van der Schaaf, N.P.J. de Vries

Uitvoering RUG Groningen, EGG consult – Evers & De Vries

Druk Ministerie van LNV, directie IFA/Bedrijfsuitgeverij

Productie Expertisecentrum LNV
Bedrijfsvoering/Vormgeving en Presentatie
Bezoekadres : Horapark, Bennekomseweg 41
Postadres : Postbus 482, 6710 BL Ede
Telefoon : 0318 822500
Fax : 0318 822550
E-mail : Balie@eclnv.agro.nl

Voorwoord

Op vele plaatsen in Nederland wordt de ontwikkeling van 'levend' hoogveen nagestreefd. De inspanningen daarvoor zijn tot nu toe echter lang niet altijd succesvol geweest. Eén van de uitzonderingen is het Dwingelerveld. Hier heeft op een aantal plaatsen een opvallend snelle hoogveenontwikkeling plaatsgehad, als gevolg van gerichte vernattingsmaatregelen. De veenmosgroei verloopt op bepaalde plekken veel voorspoediger dan op andere plaatsen. Dit rapport geeft daarvan een verslag, waarbij veel nadruk wordt gelegd op de relatie tussen het vegetatieherstel en de hydrologie van de veentjes, vooral op mesoschaal. Besproken worden de waterstandfluctuaties, de watersamenstelling en het watertransport tussen de afzonderlijke veentjes. Zowel de succesvolle als de minder succesvolle projecten kunnen daarmee geduid worden. Dit heeft grote betekenis voor de wijze waarop elders in Nederland hoogveengebieden zouden moeten worden ingericht en beheerd. Ik beveel dit rapport dan ook graag aan bij de mensen die betrokken zijn bij het herstel van hoogvenen, die eertijds zo karakteristiek waren voor het Nederlandse landschap.

Behalve dit rapport, is in een eerdere fase van hetzelfde onderzoek een ander rapport verschenen. Daarin wordt de mogelijke ontstaansgeschiedenis van de veentjes besproken, in samenhang met de aanwezigheid van geulen in het landschap aan het eind van de laatste ijstijd. Deze analyse geeft inzicht in de begrenzing van het hydrologisch systeem van het Dwingelerveld, op macroschaal. Daarnaast worden de aantastingen van het gebied kort uiteengezet, alsook alle maatregelen die in de onderzochte veentjes zijn genomen. Tenslotte wordt in het eerste rapport beschreven wat de reactie van de vegetatie is geweest op die herstelmaatregelen, op basis van een 5-tal vegetatiekarteringen in de periode 1958-2001.

Het onderzoek van beide rapporten werd in de periode 2001-2002 uitgevoerd door de Rijksuniversiteit Groningen en EGG consult Everts en De Vries, eveneens te Groningen. Het onderzoek stond onder auspiciën van het Deskundigenteam Hoogvenen en werd gefinancierd door Staatsbosbeheer en door het Expertisecentrum LNV in het kader van OBN. Het onderzoek aan de watersamenstelling is uitgevoerd in samenwerking met de Universiteit Nijmegen (Smolders en Roelofs), die ook een groot deel van de wateranalyses voor haar rekening nam. Het onderzoek aan de kwantitatieve hydrologie is uitgevoerd in samenwerking met de LUW (Van der Schaaf) en Staatsbosbeheer (Streefkerk).

Drs. R.P. van Brouwershaven
Directeur Expertisecentrum LNV

Inhoudsopgave

Samenvatting		7
1	Inleiding	9
1.1	Betekenis van het Dwingelerveld	9
1.2	Mogelijke ontstaanswijze van de veentjes op het Dwingelerveld	10
1.3	De landschapsecologische grenzen van het Dwingelerveldsysteem	15
1.4	Indicatoren van verrijkt grondwater	16
1.5	Beenbreek een indicator van stroming van grondwater?	17
1.6	Aantastingen van het Dwingelerveld	18
2	Herstelmaatregelen	21
2.1	Overzicht herstelmaatregelen	21
2.2	Vogelkolonies	21
2.3	Vernattingmaatregelen	22
2.4	Overige maatregelen	23
3	De hydrologie van veentjes binnen een erosiegeul	25
3.1	Ondoorlatende lagen	25
3.2	De oorspronkelijke verbreiding van de inspoelingslagen	26
3.3	Waterbeweging tussen veentjes	28
3.4	Waterbeweging afgeleid uit temperatuurprofielen	30
3.5	Waterverliezen van de veentjes: de overloopmethode	31
3.6	Waterbeweging en veengroei	38
3.7	Interpretatie van waterstroming aan de hand van wateranalyses	38
3.8	Gevolgen voor het beheer	42

4	Veranderingen in de vegetatie (1958-2001)	45
4.1	Analyse van de vegetatieveranderingen	45
4.2	Evaluatie vegetatieveranderingen in de veentjes (1988-2001)	48
4.3	Veranderingen in waterkwaliteit (1967-2002)	50
4.4	Evaluatie herstelmaatregelen in 35 veentjes	54
5	Eindevaluatie en aanbevelingen	55
6	Literatuur	57
Appendix 1	Waterstandsverloop in zeven meetpunten (4 veentjes)	61
Appendix 2	Topografische kaart van het Dwingelerveldsysteem (1902) met vermoedelijke stromingsstelsels	67

Samenvatting

In het huidige rapport zijn de resultaten vastgelegd van een macroanalyse van het Dwingelerveld, een mesonanalyse van de hydrologie van een aantal afzonderlijke veentjes en een analyse van de vegetatieontwikkeling in 35 veentjes na vernattingsmaatregelen sinds 1988.

Uit de macroanalyse van het Dwingelerveld komt naar voren dat het hydrologische systeem van het Dwingelerveld een natuurlijke begrenzing heeft die veel verder naar het Oosten ligt dan de huidige begrenzing van het Nationale Park.

Uit het onderzoek op mesoniveau komt naar voren dat snelle hoogveenontwikkeling in een groot aantal veentjes die gelegen zijn binnen bepaalde erosiegeulen in het gebied, samen lijkt te hangen met het voorkomen van oude gliedelagen en inspoelingshorizonten. Deze liggen in een schotel om de veentjes heen en zijn onderling met elkaar verbonden. Waterstroming over deze oude organische lagen lijkt van belang te zijn voor de veenmosgroei in de regeneratieprojecten. Het (grond)water dat over de organische lagen de veentjes binnenstroomt is rijk aan CO₂ en lijkt de veenmosgroei sterk te stimuleren.

Uit de analyse van de vegetatieveranderingen komt naar voren dat 2/3 deel van de projecten als succesvol dan wel veelbelovend kan worden aangemerkt. De meest succesvolle projecten liggen binnen de geulsystemen en minder succesvolle projecten liggen op de randen daarvan. De minder succesvolle projecten kenmerken zich door een traag herstel, dan wel door de ontwikkeling van voedselminnende soorten zoals Pitrus. Dit betekent niet dat dergelijke projecten als mislukt kunnen worden beschouwd. Vooral de grote vernattingsprojecten zijn uitgevoerd in gebieden waar de hydrologie nog niet geheel optimaal kon worden ingericht en waar de externe ontwateringsactiviteiten in de zestiger en zeventiger jaren (in de beekdalen) zich nog steeds laten gelden.

1 Inleiding

1.1 Betekenis van het Dwingelerveld

Veentjes en kleinschalige hoogveencomplexen in oorsprongsystemen van beekdalen vormen karakteristieke elementen van het Pleistocene landschap. Ze zijn voor het natuurbehoud van belang omdat ze levensgemeenschappen herbergen die zowel nationaal als internationaal gezien zeldzaam zijn. Het betreft hier met name gemeenschappen van de hoogveenbulten en -slenken en elementen van trilveenmoerassen, resp. *Oxycocco-Ericion*, *Rhynchosporion* en *Caricion lasiocarpae*, *Sphagno-Utricularion*.

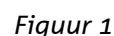


Foto 1 Inkijk in Poort 2, een veentje met een goed ontwikkelde hoogveenvegetatie

Buiten Nederland komen dergelijke veentjes veel in het oosten van Duitsland en in West-Polen voor, in de vorm van Ketelvenen. Ketelvenen zijn veel groter en hebben een andere ontstaanswijze; ze werden pas na de laatste ijstijd gevormd in dooijsgaten die tot 20 meter diep kunnen zijn (Timmerman 1990). Hoewel de Ketelvenen veel jonger zijn dan de meeste veentjes op het Dwingelerveld (gedurende de laatste ijstijd hebben de gletsjers ons land niet bereikt), komt de vegetatie sterk overeen.

Binnen Nederland behoren delen van het Drents-Friese keileemplateau als het Dwingelerveld en het Drents-Friese Woud tot de gebieden die het rijkst zijn aan veentjes. Het Dwingelerveld is het grootste aaneengesloten natte heidereservaat in NW-Europa en als zodanig heeft het de status van Nationale park gekregen. Het Park

Kenmerkend voor het plateau is de keileem, een residu van een grondmorene, die vrijwel overal in het gebied aanwezig is (Fig. 1). De keileem is zeer sturend voor de hydrologische condities in het veld. Ze werkt vertragend op de infiltratie waardoor in de neerslagrijke perioden stagnatie en plaspvorming optreedt. De tot NW-Europa beperkte en zeldzame natte heidegemeenschappen zijn daarvan afhankelijk. De stagnatie van water zorgt voor langdurige hoge grondwaterstanden die alleen gedurende een korte periode in de zomer wegzakken.

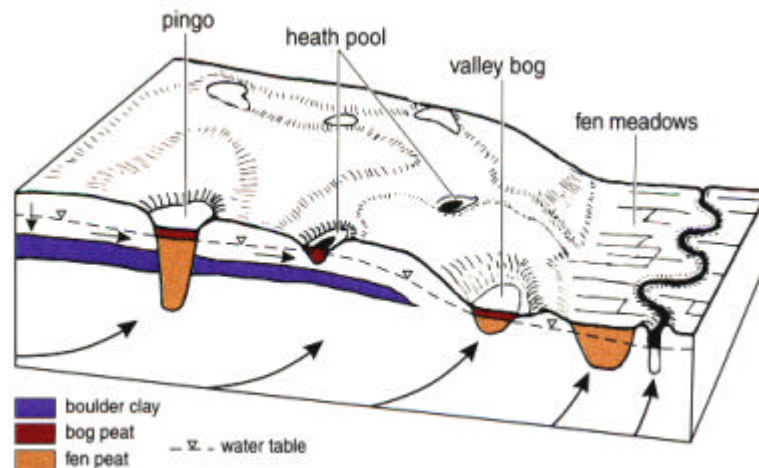


Schematische weergave van het voorkomen van keileem en de erosiegeulen in het Dwingelerveld (Grootjans & Van Diggelen 1998)

1.2 Mogelijke ontstaanswijze van de veentjes op het Dwingelerveld

² Daaraan zal wel niet vreemd zijn, dat hij in een variatie op het thema zondvloedtheorieën geloofde.

Ook De Gans (1972) laat zien dat het ontstaan van veentjes in pingo-ruïnes waarschijnlijk samen hangt met het voorkomen van voormalige stromingstelsels in een landschap dat nog sterk door permafrost werd beïnvloed. Het door De Gans geschetste beeld van het ontstaan van een veentje is evenwel niet het meest representatieve beeld in het Pleistocene landschap. Veentjes in pingo-ruïnes liggen in diepe zandige structuren die dwars door de keileem gaan en een verbinding hebben - of hebben gehad - met het grondwater onder de keileem (Fig. 2).



Figuur 2

Verschiede typen veentjes in een heidelandschap (Grootjans & Van Diggelen 1998)

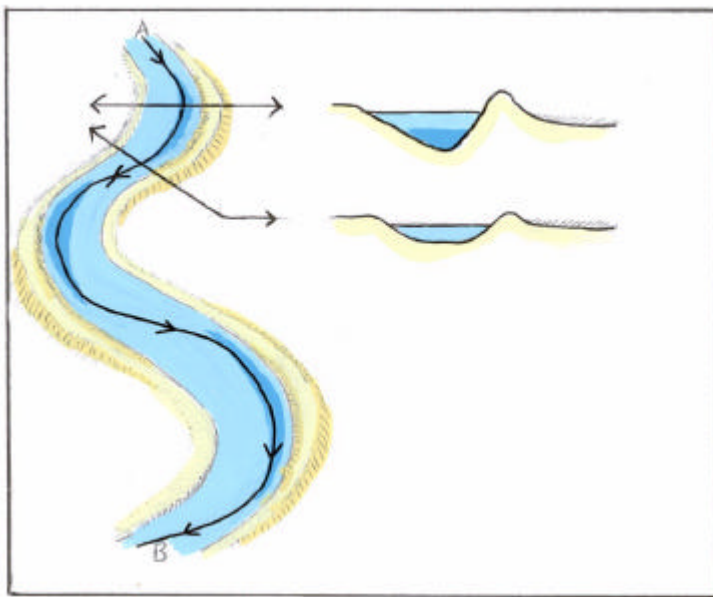
Hieronder willen we de ideeën van Lorie (1922), Winkelaar (1949), de Gans (1972) en Baaijens (1988, 1992) over de invloed van voormalige stromingstelsels op het ontstaan van veentjes in een Pleistoceen landschap verder uitwerken.

Het meest eenvoudige geval, een meanderend stelsel, is geschetst in figuur 3. Schematisch wordt een smeltwaterstroom op een bevroren ondergrond weergegeven. In de zomer periode was dat een algemeen verschijnsel. Dergelijke stelsels kennen verdiepingen in de buitenbochten en het stelsel meandert niet alleen in het horizontale, maar ook in het verticale vlak. Dat laatste is weergegeven in dwarsprofiel A. Toen de ondergrond ontdooide, werd oppervlaktewater een zeldzaam verschijnsel³. Na de permafrost kon het dan ook op grote schaal gaan stuiven, waarbij het meeste zand op (schaarse) plekken accumuleerde waar het nog vochtig of nat was. In het voorbeeld zijn dat de diepe buitenbochten van een meanderend stelsel (doorsneden B en C). Het lijkt daarbij waarschijnlijk dat de keileemafzettingen⁴ een belangrijke rol gespeeld hebben bij het ontstaan van natte plaatsen in periode na het smelten van de permafrost. Door instuiven van zand in de natte delen zoals de geulen, vond er niet alleen op grote schaal verstopping van het landschap plaats, maar ook omkering van het reliëf: wat het natste was, werd het hoogste punt. Omkering van het reliëf leidt er toe dat hoog lang niet altijd droog is, maar juist nat, terwijl er naast gelegen lagere plaatsen dat niet per definitie behoeven te zijn.

Figuur 5 geeft hiervan een voorbeeld. Als gevolg van uitstuiven van droge delen komen de natste delen hoog in het landschap te liggen. In het gekozen voorbeeld raakt het veentje in het laatste stadium ook nog eens overstoven. Op deze wijze zijn zogenaamde fortentjes ontstaan. Dit zijn overstoven veentjes die nog steeds water vasthouden op een inspoelinglaag. Ook in de boswachterij Dwingeloo verraadt veenmosgroei op de helling van ogenschijnlijk droge zandbulten dergelijke voormalige veentjes.

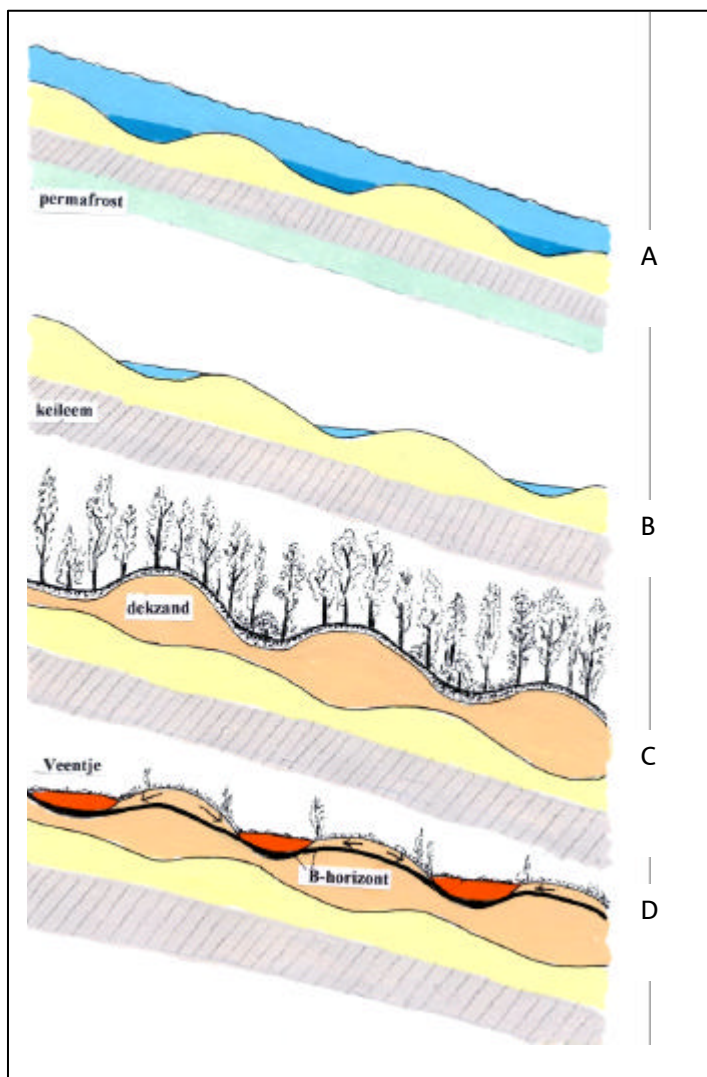
³ Eenvoudigheidshalve gaan we er hier aan voorbij, dat een deel van het dekzand tijdens interglacialen is afgezet en dus daarna nog weer vervormd kan zijn.

⁴ Er zijn aanwijzingen, dat ook op de plateaus de keileem niet ononderbroken behoeft te zijn. Pingo-ruïnes zijn daarvan het mooiste voorbeeld, maar ook los daarvan kunnen gaten in het keileemdek aanwezig zijn. Het keileemreliëf is afgezien van de hier beschreven geulen, ook verre van egaal (Van Loon 1950, De Roo 1952).



Figuur 3

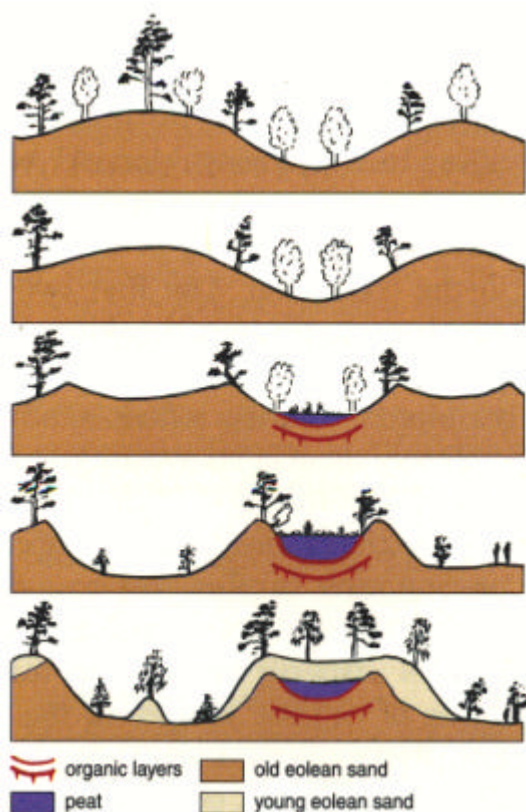
Oorspronkelijke geul met klassiek erosiepatroon



Figuur 4

Vorming van veentjes uit oorspronkelijk erosiegeul door omkering reliëf:

- A. oorspronkelijk erosie geul met water afvoer;*
- B. idem met lagere of geen afvoer;*
- C. omkering reliëf door invangen dekzand op natte plaatsen;*
- D. vorming schijnspiegels en veentjes in depressies*



Figuur 5

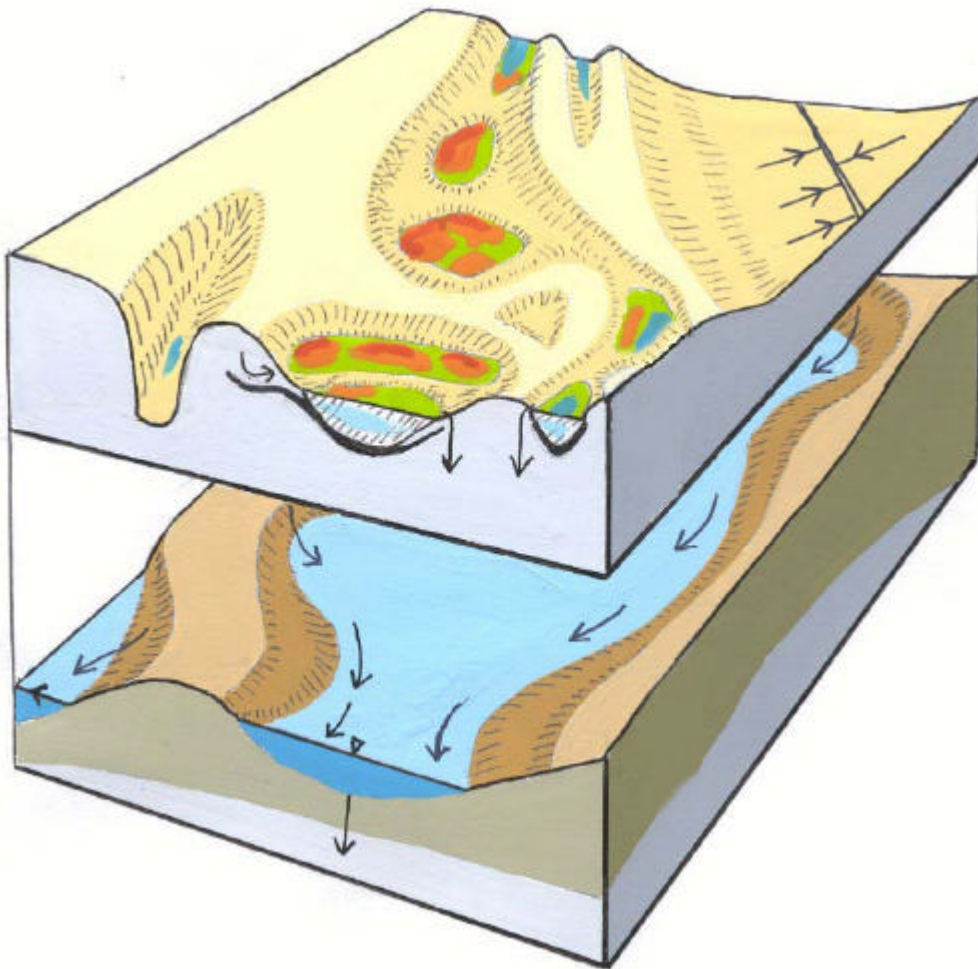
Ontstaan van een veentje en het omkeren van het reliëf. Gewijzigd naar: Schelling 1955.

In het Holocene raakte de gehele oppervlakte van de geul uit ons voorbeeld, uiteindelijk met bos begroeid (Fig. 4C). De grondwaterstanden stegen, in het voetspoor van de zeespiegel, en het tekort aan sediment in de oerdalen werd niet langer door verwaaiing en afspoeling vanaf de hogere delen opgevuld. Op grote schaal kwam het daar dan ook tot veenvorming. De stijgende zeespiegel zal ook gevolgen hebben gehad voor de bevolkingsdruk in het resterende, steeds kleiner wordende deel van West-Europa en uiteindelijk gaat men over tot vormen van grondgebruik, die elders in Europa al eerder vaste voet hadden verworven: landbouw en veeteelt⁵.

Deze omslag in landgebruik ging gepaard met ontbossing en vernietiging van de strooisellaag op de minerale ondergrond. Door vervanging van bos door een korte vegetatie neemt het neerslagoverschot toe en verspoelt een deel van de vroegere strooisellaag. In de laagten geeft deze verspoelde humus aanleiding tot vorming van gliedelaagjes, veelal op een verkitte B-horizon in de minerale ondergrond (Ponomareva, 1969). De B-horizons worden overigens ook op de kopjes gevormd, als podzolen. Podzolvorming werd sterk door menselijk handelen bevorderd, wellicht zelfs veroorzaakt. Onder oudere grafheuvels ontbreken ze bijvoorbeeld, terwijl men ze wel in jongere grafheuvels vindt, zowel onder de voet van de heuvel als in de heuvel (Van Giffen 1941).

⁵ Waterbolk (1968) heeft er al eens op gewezen dat het heel lang heeft geduurd voordat men in de kustzones rond de Noordzee de culturele sprong van jagen en verzamelen naar landbouw maakte.

De verticale doorlatendheid van de grond neemt door podzolvorming af, en ook dat bevordert de afstroming naar de laagten. In veel laagten treedt dan, als gevolg van deze slecht doorlatende laagjes, op den duur veenvorming op (Figuur 4D). Naarmate het areaal van het bos afneemt, neemt ook het aantal (hoog)veentjes toe (Waterbolk 1954). In de lagere delen van het landschap was de veenvorming al eerder begonnen en zal onder invloed van het toegenomen neerslagoverschot verder bevorderd zijn.⁶



Figuur 6 Ligging van de hoogveentjes in een geulensysteem waarin zich verkitte B-horizonten en gliedelaagjes bevinden, waarop het neerslagwater stagneert. Daaronder is het reliëf van de slechtdoorlatende keileemlaag aangegeven. De grondwaterstanden in de 'keileemkommen' kunnen sterk verschillen van de omliggende waterstanden (IWACO 1999).

Behalve in de geul is er ook naast de geul veenvorming mogelijk indien daar in het verleden beekleem afgezet is. De doorlatendheid daarvan is gewoonlijk aanzienlijk minder dan die van het onder- en bovenliggende zand en bij het stijgen van de grondwaterspiegels in het Holoceen was dat niet zonder betekenis: het belemmerde opwaartse waterbeweging en zorgde er daarmee voor, dat het daarboven gevormde veen slechts zijdelings kwelwater toegevoerd kreeg. Niet alleen binnen het hart van een glaciaal smeltwaterdal is veenvorming mogelijk, maar ook ter weerszijden van de vroegere geul. In alle gevallen geeft het aan, dat er aan de vorming van het dekzand meer water te pas is gekomen dan gewoonlijk wordt aangenomen.

⁶ Het lijkt niet uitgesloten, dat er in het Atlanticum niet eens zozeer sprake is van toenemende neerslag, zoals gewoonlijk wordt verondersteld, maar van stijgende grondwaterspiegels als gecombineerd effect van zeespiegelrijzing en een groter neerslagoverschot als gevolg van menselijk handelen, zoals het kappen of verbranden van bos.

Op het plateau zijn in de keileem eveneens erosiegeulen te zien zonder dat alle keileem is verdwenen (Fig. 6). In de bovenlopen van deze geulen is keileem zeker aanwezig, maar meer naar het zuiden op de overgang naar de Ruiner A ontbreekt deze afzetting waarschijnlijk. Dat geldt zeker voor de meest oostelijk geul waarin het Holtveen ligt (IWACO 1999). Deze geul is een oude loop van de Ruiner A. Uit geologische waarnemingen kan worden afgeleid dat vanaf het Holtveen naar de huidige Ruiner A keileem over een lang traject ontbreekt. Het valt niet uit te sluiten dat in de gehele slenk de keileem grotendeels afwezig is. Ook in de meer westelijk slenk, waarin de Benderse plassen liggen, is de kans groot dat keileem deels ontbreekt.

1.3 De landschapsecologische grenzen van het Dwingelerveldsysteem

Uit het voorgaande kan worden afgeleid dat er op het Dwingelerveld een grote variatie in slecht doorlatende lagen aanwezig is. De doorlatendheid van de bodem is daardoor verre van homogeen, zowel in het verticale als in het horizontale vlak. Dat betekent tevens dat daar waar keileemafzettingen dun zijn of ontbreken, peilverlagingen in de beekdalen tot ver in het Dwingelerveld ernstige effecten kunnen hebben. Ook het doorsnijden van ruggen, door het graven van sloten, kan nadelig uitpakken voor de hydrologie van geïsoleerde veentjes, vooral als de verkitte B horizonten of grofzandige lagen onder de ruggen aangesneden worden die als watervoerende laag fungeren. Dat maakt de ruggen- en geulenstelsels binnen het Dwingelerveld van grote betekenis voor de veentjes: het zijn de draadjes waaraan het systeem als het ware is opgehangen.

Bij de verkenning van de geulensystemen, of de daaraan gekoppelde ruggen, dient men er op bedacht te zijn dat binnen één en dezelfde geul zowel lage als hogere delen voor kunnen komen en dat veentjes zowel in de rug als er naast kunnen liggen. Een aantal van die geulenstelsels is al eerder in kaart gebracht (Bakker e.a 1986), maar een reeks waarnemingen in natte jaren maakt dat het beeld bijgesteld moest worden. En zelfs dan is met name aan de westzijde van het gebied, waar zandverstuivingen en dichte bebossing de waarneming wel zeer belemmeren, het beeld nog verre van compleet.

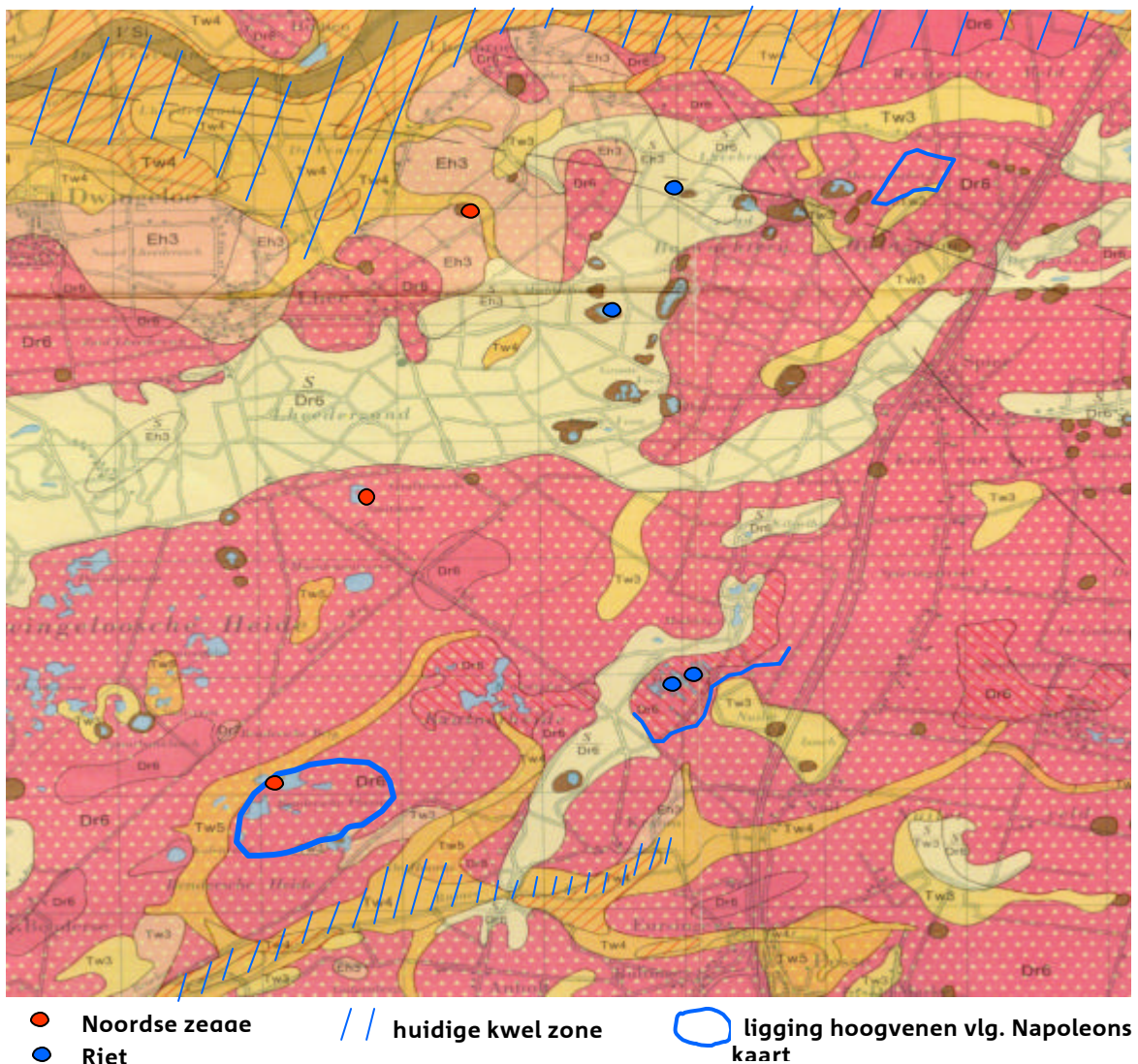
Vooralsnog is de westelijke begrenzing van het Dwingelerveldsysteem redelijk duidelijk (zie bijvoorbeeld De Heer & Brouwer 1995). Ze moet worden gezocht in het zgn. hoefijzer van het Oosteinde van Ruinerwold (zie hierover Oude Munnink 1985 en Baaijens 1987). Binnen deze boog vindt men overgangen van het lokale systeem naar een groter hydrologisch systeem; westelijker komt een lokaal systeem voor (de rug van Ruinerwold), dat de binnenzijde van het hoefijzer bepaalt. Juist de overgangen in het hoefijzer laten zien, dat het systeem van het Dwingelerveld aan de oostzijde niet tot aan de grote Drentse waterscheiding kan reiken.

Om de oostelijke begrenzing van het systeem van het Dwingelerveld vast te stellen is een studie van oude topografische kaarten noodzakelijk (Kaart Appendix 2). Het Oude Diep stroomopwaarts van Drijber kende rond 1900 omvangrijke graslanden, maar stroomafwaarts van Drijber is het beekdal op twee plaatsen bijna, en op één plaats geheel onderbroken. De geologische kaart laat ter plaatse van de complete onderbreking een waterscheiding zien. Een smeltwatergeul in de keileem heeft een vervolg in zuidwestelijke-, de andere in noordoostelijke richting. Waar de grondwaterstroming globaal in westelijke richting plaats vindt, wijst dat op ondergrondse verliezen. Dat patroon tekent zich al noordelijk van Drijber af; de bodemkaart suggereert de mogelijkheid van zowel een ondergrondse als een oppervlakkige verbinding via de Grondsels onder Wijster en het Nuilerveld in de richting van Nuil en Kralo. Rond 1900 is dat type verbinding inderdaad (in de vorm van ontwateringsloten ten behoeve van de turfwinning) tot stand gekomen, maar op de

oudste editie van de topografische kaart valt al het grote aantal duikers in de veldwegen op.

Dat houdt in, dat zonder het Linthorst-Homankanaal het stelsel van het Dwingelerveld ruwweg ter hoogte van Mantinge begon. Op de kaart in Appendix 2 hebben we de oostelijke grens van het Dwingelerveldsysteem dicht tegen het dal van de Eursinger stroom aangegeven.

Of dit nog steeds correct is, is een open vraag: het Linthorst-Homankanaal en het VAM-kanaal hebben er een ruwe winkelhaak in geslagen en het Oude Diep komt nu in dat laatste stelsel uit. Niettemin moet de oostgrens van het Dwingelerveldsysteem nog steeds dicht in de buurt van die kanalen gezocht worden en via allerlei geulen in de keileem, dan wel slotenstelsels bestaan er nog steeds contacten. Zo is het venige systeem in de slenk van het Holtveen rechtstreeks verbonden met het Looveen, (oostelijk van het Terhorsterzand), terwijl een zijtak van dit stelsel tot in het Terhorsterzand te vervolgen is.



Figuur 7 Het voorkomen van indicatoren voor verrijkt grondwater en door Plantensoorten geïndiceerde kwelzones rond het Dwingelerveld (naar: Everts e.a. 1984).

1.4 Indicatoren van verrijkt grondwater

In het Dwingelerveld komen plantensoorten voor zoals Riet (*Phragmites australis*) en Noordse zegge (*Carex aquatilis*) die in andere gebieden veelal voorkomen in

gedeeltelijk of geheel grondwatergevoede ecosystemen (figuur 7). Noordse zegge en Riet komen op een aantal plaatsen voor in veentjes op het Dwingelerveld. Het zijn soorten van eutrofe moerassen in de beekdalen waar kwel van basenrijk grondwater algemeen is (Everts e.a. 1984). Het Dwingelerveld is grotendeels een infiltratie-gebied, met langs de randen overgangsgebieden, waar infiltratie en kwel elkaar op lange termijn zowel ruimtelijk als temporeel in evenwicht houden. Toch vinden we beide soorten plaatselijk in het centrale deel van het Dwingelerveld, hetgeen wijst op verrijking van het water door grond- of oppervlaktewater.

Het is niet uit te sluiten dat in vroeger tijden het diepe grondwater een invloed heeft gehad in de centrale delen van het Dwingelerveld. Met name in pingo ruïnes die door de keileemlaag steken kunnen vroeger door regionaal grondwater beïnvloed zijn geweest. De kweldruk moet voor de ontwateringwerkzaamheden in de beekdalen en de heideontginningen stroomopwaarts, veel hoger zijn geweest dan tegenwoordig. Dus daar waar de keileem ontbreekt of dun is, kon het diepe grondwater opstijgen en kunnen we indicatoren voor basenrijk grondwater verwachten. Het Holtveen in het oostelijk deel van het Dwingelerveld is zo'n plek. Volgens de hydrologische modellering van het Dwingelerveld (IWACO, 1999) komt een deel van het Holtveen steeds als kwelgebied naar voren. Vroeger (en ook thans nog) kwam in het midden van het Holtveen een "pol" Riet voor. Die werd nooit groter of kleiner. In de droge zomer van 1991 was ze wat gemakkelijker bereikbaar. Toen bleek ze te wortelen in een klein puntbronnetje in het zand (een aantal putten is tot op het zand uitgeveend) en te worden begeleid door Drijvende Egelskop.

Het voorkomen van beekdal soorten⁷ in het centrum van het Dwingelerveld wijst erop dat deze gebieden niet alleen sterk door de waterpeilen in de flankerende beekdalen worden beïnvloed, maar ook dat de hydrologie in het gebied ten oosten van de A28 een belangrijke invloed heeft, of heeft gehad, op de hydrologie van het Dwingelerveld.

1.5 Beenbreek een indicator van stroming van grondwater?

In de literatuur is Beenbreek (*Narthecium ossifragum*), vaak in verband wordt gebracht met stroming van kalkarm grondwater aan de rand van veentjes of heidecomplexen (Summerfield 1972, 1974; Malmer, 1958, 1992, 1993; Everts & De Vries, 1991; Schaminée e.a. 1995). Werkelijke metingen van grondwaterstroming zijn bij al deze studies niet voorhanden. Uit onderzoek van Malmer (1962) komt naar voren dat de dichtheid van Beenbreekplanten aan de rand van veenplassen vaak groter dan op plaatsen daar verder vanaf. De plant groeit maximaal waar een hoge redoxpotentiaal is (Malmer, 1962) en waar de hoeveelheid opgeloste zuurstof tussen de 0.6 en 7.1 ppm ligt (Summerfield, 1971). Beenbreek mijdt dus zuurstofloze omstandigheden (Summerfield & Rieley, 1974) en heeft een voorkeur voor plaatsen met wisselende waterstanden, waarbij 's zomers de standen niet hoger komen dan 10 cm onder het maaiveld (Summerfield, 1971). De kiemplanten van Beenbreek zijn echter heel gevoelig voor verdroging. Summerfield (1971). Wanneer kiemplanten van verschillende leeftijden (2-3 dagen, 7-9 dagen en 35-40 dagen oud) aan verschillende droogteperiodes werden blootgesteld, overleed de jongste categorie al na drie uren aan een schimmelinfectie, terwijl de oudste zelfs een periode van 48 uur overleefden

⁷ Drijvende Egelskop (*Sparganium angustifolium*), Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) en Draadzegge (*Carex lasiocarpa*) zijn mesotrofe soorten die wijzen op iets verrijkt grondwater. De soorten bevinden zich vooral in de veentjes in de erosiegeulen. Ze liggen echter ook vrijwel allemaal naast stuifzandgebieden die nog in het begin van de vorige eeuw actief waren. In deze veentjes is dus veel zand ingewaaid (Vgl Stiboka 1975). Dit, en het feit dat veel veentjes enige tientallen jaren geleden nog open water hadden, heeft er toe geleid dat er nu in die veentjes nog een duidelijke mesotrofe invloed aanwezig is. Het voorkomen van deze soorten indiceert op het Dwingelerveld dus waarschijnlijk niet het voorkomen van diep, basenrijk grondwater.

en zich verder normaal ontwikkelden. Om zich te vestigen heeft Beenbreek dus plekken nodig, zoals de randen van veentjes, die in het voorjaar niet te droog zijn en ook niet heel nat.

Rooke (2002) vond in het Dwingelerveld inderdaad dat het water in de wortelzone van Beenbreek doorgaans meer mineralen bevat dan het water elders in het veen (zie voor de ligging van de meetpunten figuur 8). Vooral in het Grootte Veen werd duidelijk dat er lokaal grondwater vanuit de westkant binnentrad dat gekenmerkt werd door relatief hoge calcium en bicarbonaat waarden. Rooke (2002) heeft bovendien in het vroege voorjaar van 2002 temperatuurprofielen gemeten in vrijwel alle veentjes figuur 8. Daaruit viel af te leiden dat koud water vanuit de flanken de veentjes binnenstroomde (zie ook hoofdstuk 3). In de meeste van deze veentjes groeide ook Beenbreek (tabel 1).

Tabel 1 Het voorkomen van Beenbreek in relatie het voorkomen van waterstroming afgeleid uit gemeten temperatuurprofielen (uit Rooke 2002).

	<i>Narthecium ossifragum?</i>	Stroming op grond van profielen?	Verband stroming-Beenbreek mogelijk?
Witteveen	Nee	Nee	Geen Beenbreek
Reigersplas	Ja	Nee	Ja, stroming zichtbaar in centrum
Droseraveen	Ja	Ja	Ja
4076	Nee	Nee	Geen Beenbreek
Poort 2	Ja	Ja	Ja
Poort 1	Nee	Ja	Geen Beenbreek
Schurenberg	Nee	-	Geen Beenbreek
Barkmans veen	Ja	Ja	Ja
4063b	Nee	Ja	Geen Beenbreek
Grootteveen	Ja	Nee	Niet op grond van profielen
Langeveen	Ja	Nee	Niet op grond van profielen
Kleine veentjes	Nee*	Ja	Ja*

* Wel Beenbreek in overstroomgebied.

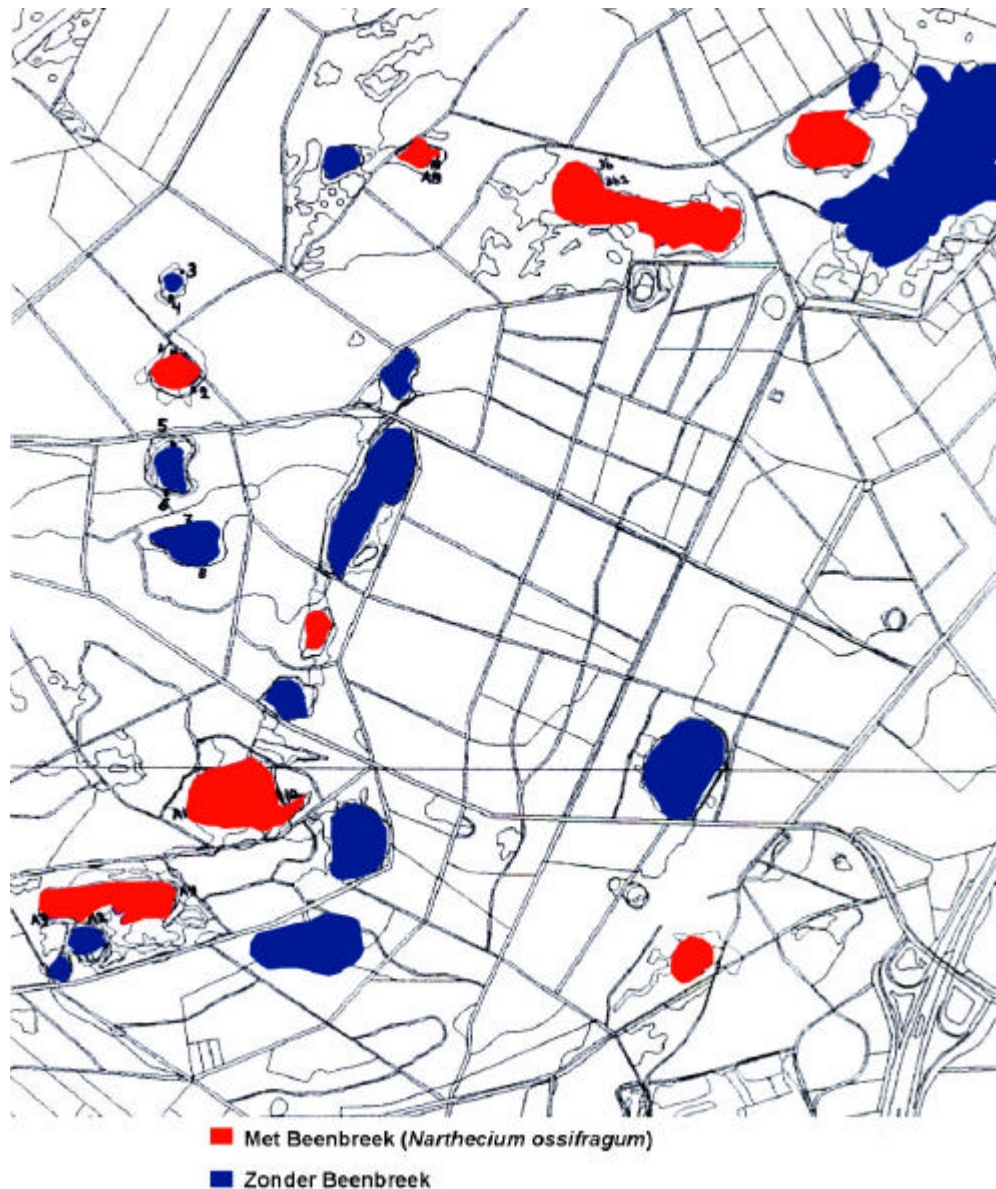
1.6 Aantastingen van het Dwingelerveld

Aantastingen van de veentjes en natte heiden in het huidige Nationale Park kennen al een lange geschiedenis. Vervening van de veentjes gaat het meest ver terug in de tijd. De gemiddelde diepte van de veentjes op het Dwingelerveld is momenteel ongeveer 140 cm. Veel veentjes zijn in het verleden gedraineerd en/of uitgeveend. De vele ontwateringsloten en veenputten die men bij de inventarisaties in de jaren tachtig van de vorige eeuw aantrof vormden daarvan de stille getuigen (Everts & De Vries, 1988). Er was geen veentje waar niet in was gegraven.

In de 2^e helft van de 19^e eeuw werd redelijk intensief, maar oppervlakkig, ontwaterd t.b.v. de boekweitcultuur en de turfwinning. De eerste grote ingrepen in het Dwingelerveldsysteem stammen uit de tijd dat de heiden werden omgezet in bossen. Daar lag een rationele inrichting van de gronden aan ten grondslag. Natte heiden werden intensief ontwaterd met een dicht en diep slotenstelsel. Dit heeft ongetwijfeld geleid tot een aanzienlijke daling van het freatische grondwaterniveau. Rechthoekige wegenpatronen ter ontsluiting van de bossen meden de veentjes niet. Veentje 4085 is een voorbeeld van een veentje waar een weg middendoor is aangelegd. De volgende grote verandering zijn de peilverlagingen geweest die vanaf de 30er jaren van de vorige eeuw, maar vooral in de 60er jaren, zijn uitgevoerd in de belendende beekdalen in het kader van cultuurtechnische werken. Bakker et al. 1986 hebben aangetoond dat de kenmerkende natte heiden door deze peilverlagingen sterk in areaal achter zijn uitgegaan. De infiltratie door de keileem is erdoor vergroot,

waardoor in neerslagarme perioden in de zomer water tekorten ontstonden en voor de vegetatie kritieke periodes met lage grondwaterstanden zijn verlengd.

Een derde type aantasting ontstond na de oorlog door een enorme groei van open vuilstortplaatsen in Drenthe. Deze stortplaatsen werden foerageerplaatsen voor meeuwen, die daarbij nabijgelegen veentjes met open water als broed- en slaapplekken kozen. Veel veentjes werden daardoor sterk geëutrofeerd. In Dwingeloo kreeg dit een extra dimensie door de landelijke vuilstort van de VAM bij Wijster. Mörzer Bruyns maakt al in 1950 melding van meeuwenkolonies in de Meeuwenplas. Door een geïntegreerd beleid van zowel natuurbeheerder (verstoren broedsucces) als de eigenaren van de vuilstort (o.a. afdekken stortplaats), was dit probleem eind jaren zeventig grotendeels opgelost.



Figuur 8 Het voorkomen van Beenbreek in een aantal veentjes in het noordelijk deel van het Dwingelerveld, alsmede de ligging van monsterplekken voor grondwateranalyses (uit: Rooke 2002).

In de 80-er jaren werden diverse studies uitgevoerd om de schade aan het Dwingelerveld in kaart te brengen (Bakker 1984, Castel 1984, Everts e.a. 1984, Everts &

De Vries, 1988). Hieruit kwam naar voren dat in het gros van de veentjes verdroging was waar te nemen, die de karakteristieke hoogveenontwikkeling ernstig deed stagneren. Deze verdroging werd mede veroorzaakt door maatregelen in het kader van de bosbouw. Het onderzoek heeft ertoe geleid dat na 1985 tal van vernattingmaatregelen in en rondom de veentjes zijn uitgevoerd.

Sinds begin jaren tachtig zijn in en om het Dwingelerveld veel maatregelen getroffen die de schade door bebossing en latere peilverlaging beogen terug te dringen. Zo zijn er veel maatregelen genomen om een snelle afstroming via ontwateringstelsels te verhinderen. Door IWACO zijn verschillende hydrologische scenario's doorgerekend omtrent mogelijke effecten van peilverhogingen in de omliggende beekdalen en het kappen van bos binnen het gebied (IWACO 1999). Hiermee is een goed beeld ontstaan in welke gebieden met hydrologische maatregelen de veenmosgroei gestimuleerd kan worden en waar dit voorlopig niet kan.

2 Herstelmaatregelen

2.1 Overzicht herstelmaatregelen

In het beheer van de vennen in natuurterreinen van SBB in Drenthe zijn de afgelopen vijftig jaar een tweetal fasen te onderscheiden. De eerste fase loopt tot ca 1985, de tweede vanaf 1985 tot heden. De eerste fase kenmerkt zich door een weinig actief beheer, waarin het accent lag op de bestrijding van meeuwenkolonies en het verwijderen van opslag van berk en grove den. In die periode was er ook aandacht voor de veentjes vanuit het onderzoek. Barkman baseerde zijn typologie van hoogveenvegetaties (Westhoff & Den Held 1969, Barkman 1992), voornamelijk op opnamemateriaal van veentjes in de Boswachterij Dwingelo. Er heerst in die tijd bij SBB tevens de gedachte dat hoogveengroei een autonoom proces was waarbij het beheer slechts een ondergeschikte rol diende te spelen. Slechts de afname van open water baarde sommige beheerders zorgen: er werd zelfs overwogen om nieuwe putten te graven, maar deze plannen werden nooit uitgevoerd.

Onder invloed van het landschapsecologisch onderzoek van Bakker e.a.(1986), deed zich na 1985 een kentering in het beheer voor. Ook de systematische inventarisaties geïnitieerd door SBB-Drenthe om de veentjes in de Drentse boswachterijen in kaart te brengen (o.a. Everts & De Vries, 1988; Everts e.a. 1990, 1991) hebben een verdere stimulans gegeven tot herstelmaatregelen. In Everts e.a. (2002) is een gedetailleerd overzicht gemaakt van al deze herstelmaatregelen die SBB de afgelopen twintig jaar heeft uitgevoerd. Daarbij werd de huidige vegetatie van de veentjes vergeleken met ook inventarisaties uit de jaren vijftig en zestig (Mörzer Bruyns, 1950; Glas en Van der Voo, 1958; Barkman en Van der Voo, 1962). Mede op basis hiervan is een tabel gemaakt waarin de effecten van herstelmaatregelen op de vegetatie per veentje is weergegeven.

2.2 Vogelkolonies

Verleden

Het accent in de eerste fase tot 1985 lag met name binnen de boswachterij Dwingeloo op bestrijding van de meeuwenkolonies. Meeuwen hadden in de vijftiger (waarschijnlijk ook al eerder Mörzer Bruyns 1950) en zestiger jaren, de vennen tot broedplaats gekozen. De effecten daarvan zijn tot op heden in de vegetatie traceerbaar. Abundantie van Pitrus, de presentie van Grote lisdodde en van Mannagras indiceren van eutrofiëring door kokmeeuwen. Vennen die in het verleden als broedplaats werden gebruikt zijn o.a.: Witteveen, Holtveen, Meeuwenplas-Zuid, Zandveen, en Reigerplas. Vooral de laatste twee hebben zich na de zeventiger jaren goed hersteld.

Na 1980 stak het probleem van de meeuwenkolonies in sommige gebieden weer de kop op. De extreme vernatting van het Witteveen in 1983, bijvoorbeeld, leidde tot een nieuwe broedvogelkolonie van wel 1000 paar. Deze kolonie is ongeveer 6 jaar aanwezig geweest en was in 1992 verdwenen door zowel het rapen van eieren als door vraat van vossen.

2.3 Vernattingmaatregelen

Bij de inventarisatie van de veentjes in de boswachterijen van Drenthe in de jaren tachtig, bleken veel veentjes ontwaterd. De boswachterij Dwingelo onderscheidde zich in positieve zin door een relatief hoog aandeel weinig verstoorde veentjes met een nog goed ontwikkelde karakteristieke hoogveenvegetatie. Poort 2 en het Lange veen zijn daarvan goede voorbeelden. Ze behoren tot de fraaiste veentjes van Nederland, met een zeer goed ontwikkeld hoogveenbulten -slenkenpatroon.

In vrijwel alle veentjes lagen ontwateringsloten of greppels die de rand van het veentjes doorsneden en zo het waterpeil danig verlaagden. De sloten en greppels zijn gegraven ten behoeve van zowel ontwatering voor de bosbouw als ook voor het graven van turf. De meest extreme maatregelen betreft veentjes waar wegen doorheen zijn aangelegd ter ontsluiting van de boswachterij, of waar diepe ruilverkavelingsloten doorheen zijn gegraven. In de boswachterij Dwingelo is veentje 4058 van het eerste een voorbeeld, en van het tweede het Witteveen. Het Witteveen was rond 1980 sterk verdroogd. Pijpenstrootje domineerde de vegetatie en hoogveenrelicten kwamen slechts lokaal voor. Het lag dan ook voor de hand dit soort aantastingen weg te nemen en over te gaan tot vernatting van de veentjes. Bij vernatting kan onderscheid worden gemaakt tussen interne en externe maatregelen. Interne maatregelen betreffen het dichtgooien van sloten in de veentjes zelf of het kappen van bomen. Externe maatregelen betreffen maatregelen in de omgeving van de veentjes. Op mesoschaal gaat het om versterking van de grondwaterstroming naar de veentjes, door het vasthouden van neerslagwater in de geulen. Op macro schaal gaat het om het opzetten van waterpeilen in belendende beekdalen. Maatregelen in de beekdalen en de flanken van het gebied blijven in dit rapport buiten beschouwing.

De vernattingmaatregelen ten behoeve van hoogveenherstel kunnen als volgt worden samengevat:

Interne waterstand verhogende maatregelen zijn:

Dempen van ontwaterende sloten en greppels. De waterstandverhogend effect is afhankelijk van de mate van ontwatering. Effecten die werden waargenomen variëren:

stabiel worden van het oorspronkelijk peilverloop, waarbij gedacht kan worden aan minder lang wegzakken van het peil in de zomer (Reigerplas, Karreeveen);
relatief sterke waterstandverhoging 20-30 cm (bijv. Wolfsklauwveentje);
zeer sterke waterstandverhoging van meer dan 60 cm (Holtveen, Witteveen), mede als gevolg van andere maatregelen, zoals het aanbrengen van dammen en stuwen.

Aanbrengen van dammen of stuwen in sloten of ophogen van lage plaatsen in de veentjesrand waar bij hoge standen het water overloopt. Voorbeelden hiervan zijn het Diepveen, Zandveen, Schurenberg. Deze maatregelen zijn vaak in combinatie met andere genomen.

Externe waterstand verhogende maatregelen gaan vooral uit van vernatting van grotere veensystemen in het gebied zoals Holtveen en Witteveen. Het effect dat daarvan uitgaat is een verdere stabilisatie van de waterstand en tevens meer instroming van grondwater uit de omgeving naar de in de buurt liggende veentjes. Bij sommige veentjes is ingeschat dat zo een waterstandverhoging is bewerkstelligd van ca 10 cm. Vernatting van het Witteveen bijvoorbeeld, heeft naar verwachting een stabiliserend effect op de waterstand in bovenstrooms gelegen veentjes als Karreeveen en Reigersplas. In deze hoek van de Nationaal Park zijn of worden in de bossen ook veel maatregelen getroffen, waarbij herstel van de oorspronkelijk natte laagten wordt beoogd. Ook de waterstandverhoging door interne maatregelen in het Zandveen en Diepveen heeft waarschijnlijk een gunstig effect gehad op de aangrenzende veentjes.

2.4 Overige maatregelen

Kappen rand

Langs veel vennen is de veentjesrand ontdaan van bos. Lokaal is hier al in de jaren 70 mee gestart. Deze maatregel beoogt enerzijds te voorkomen dat bladafval in het veentjes terecht komt. Hiervan wordt een eutrofiërend effect verwacht. Tegelijkertijd wordt de beschaduwing verminderd, wat de hoogveengroei ten goede komt.

Plaggen

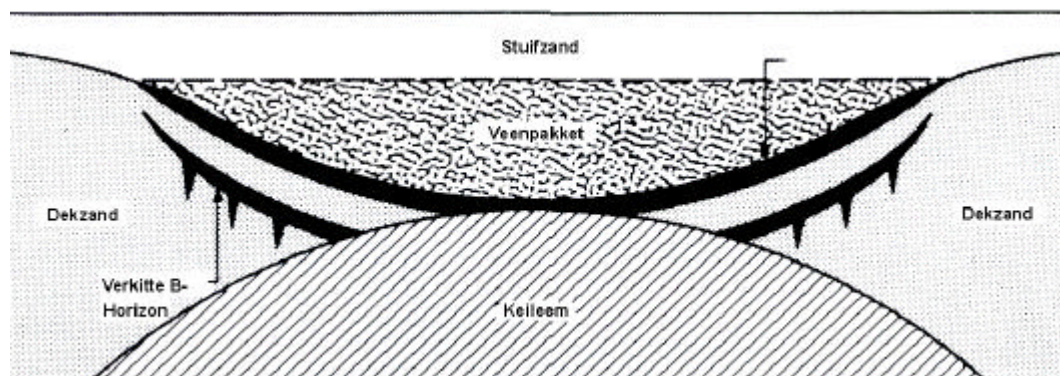
Plagmaatregelen zijn uitgevoerd om zowel de met Pijpenstrootje vergraste veentjesranden om te vormen naar hoogwaardiger heide, alsook om de eutrofiëring terug te dringen. Het Modderveen en afdeling 4031 bestonden rond 1980 voornamelijk uit een Pitrusvegetatie. Deze veentjes zijn om die reden uitgebaggerd. De Kibbelhoek is in omvang vergelijkbaar met het Witteveen en het Holtveen, en is in haar geheel geplagd. Hierbij zijn geen interne maar uitsluitend externe vernattingmaatregelen getroffen. In de Holtveenslenk is door het uitgraven tot op de zandondergrond een uitgangssituatie geschapen die hoogveenherstel mogelijk moet maken. De waterstand is daarbij door interne maatregelen opgezet (ca 60-80 cm).

Verwijderen opslag

In meerdere veentjes is in de loop der tijd opslag verwijderd. In de regel wordt de opslag gestimuleerd door verdroging. Door vernatting van de veentjes zal de noodzaak hiertoe langzaam verdwijnen. Het Blanke veen vormt hiervan een mooi voorbeeld.

Begrazing

Sommige veentjes liggen in een begrazingseenheid. De effecten van begrazing zullen in het algemeen beperkt zijn, zeker als de veentjes vernat zijn. De beesten grazen vrijwel uitsluitend langs de randen.



Figuur 9 Het profiel van een overstoven veentje, blootgelegd bij de aanleg van de A28 (Baaijens 1984)

Waterflux door gliedelagen en inspoelingslagen

Dat de lagen onder in een hoogveentje water lekken is al langer bekend. In 1985 is er bij Sellingen de waterwinning "Ir. A. Polstra" stopgezet en is er doorgerekend wat deze stopzetting betekent voor enkele verderop gelegen vennen. Hierbij werd duidelijk dat de verliezen van water door de inspoelingslagen aanzienlijk werden beperkt door de regionale grondwaterstanden terug te brengen tot hun oude peil (N.V. Waterleidingmaatschappij Groningen, 1988).

Doel van de proef was om de mogelijke invloed van een grondwaterstanddaling na te gaan op de wegzijging van water uit de vennen. Het ging hier om een grondwaterstanddaling die een gevolg kon zijn van een uitbreiding van de wateronttrekking van het pompstation. Ook STIBOKA (1986) heeft over de boven beschreven situatie een rapport uitgebracht. Het betrof een onderzoek aan een tweetal dicht gestoven vennen waarvan de slecht doorlatende venbodem bestaat uit een 'kazige B-horizont en een slecht doorlatende vette gliedelaag'. Met de uit het onderzoek verkregen waarden voor verzadigde doorlatendheid en dikte van de slecht doorlatende lagen kon de wegzijging berekend worden. Bij een verzadigde doorlatendheid van 0.005 cm/dag bedroeg de maximale flux over de venbodem 0.027 cm/dag (bij een vandiepte van 105 cm en een grondwaterstand van 115 cm onder de onderkant van de venbodem). Voor een minder diep deel van het ven werd een zelfde maximale flux berekend (hier was de venbodem dunner). Bij een verzadigde doorlatendheid van 0.01 cm/dag bedroeg de wegzijging in deze beide situaties respectievelijk 0.052 cm/dag en 0.047 cm/dag.

Verder werd berekend dat als de grondwaterstand met meer dan 50 cm verlaagd zou worden, de wegzijging het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot zou overtreffen. Gevolg hiervan is dat de vennen droog zouden vallen in geval zij alleen gevoed werden door neerslag. Laterale toestroming van neerslagwater vanuit de omgeving naar de vennen is in vergelijkbare gevallen bepalend of het ven droog valt of niet (de jaarlijkse variatie in neerslag hoeveelheden buiten beschouwing gelaten). Deze toestroming is te optimaliseren door vegetatietypen in de onmiddellijke omgeving van het ven te beperken tot typen met een lage evapo-transpiratie.

3 De hydrologie van veentjes binnen een erosiegeul

3.1 Ondoorlatende lagen

In een heidelandschap zoals het Dwingelerveld, zijn in het verleden door bodemvormende processen podzolprofielen ontstaan. Evenals onder een veentje, zijn in deze profielen inspoelingslagen (B-horizonten) aanwezig. Deze inspoelingslagen zijn niet gevormd door uitspoeling van humeuze veenresten, maar door uitspoeling van humeuze strooiselresten in een tijd die aan de eigenlijke veenvorming voorafging. Deze disperse humus kan de poriën in het zand volledig verstoppert. In de minerale bodem boven de B-horizonten is een duidelijke uitspoelingslaag (A-horizont) aanwezig. Zowel deze minerale uitspoelingslaag als de aanwezigheid van ijzer in de inspoelingslaag laat zien dat het een Bhfe horizont betreft van een podzolprofiel. Een inspoelingslaag onder een veen heeft deze kenmerken niet. Beide typen inspoelingslagen zijn hydrologisch slecht doorlatend.

De waterstand in een hoogveentje kan door verschillende slecht doorlatende lagen op een hoger peil worden gehouden dan de waterstand in zijn omgeving. Allereerst kan de waterstand op het keileemplateau bij veel neerslag in depressies hoger stijgen dan de grondwaterstand onder de keileem. Daarnaast is er onder de veentjes, onder een gliedelaag, een zeer slecht doorlatende inspoelingslaag aanwezig. Verder zijn onder enkele veentjes waterhard lagen en laagjes verkitte ijzer aangetroffen waarop het water kan stagneren. Baaijens (1984) beschrijft een fraai voorbeeld van de slecht doorlatende lagen onder een veentje die bij de aanleg van de A28 door graafwerkzaamheden werd blootgelegd (Figuur 9). Figuur 9 laat zowel keileem, gliede, alsook een waterhardlaag zien, die alle drie als weerstandsbiedende lagen voor waterstroming functioneren. De onderste veenlaag is overal sterk gehumificeerd en plantenresten zijn hierin niet meer herkenbaar. Het is een zwarte amorfe organische laag die op sommige plaatsen plakkerig en kneedbaar is en die op andere plaatsen erg hard is. In het matig fijne zand onder deze humeuze laag bevindt zich veelal een inspoelingslaag. Hydrologisch gezien zijn zowel de sterk vergane veenresten (ook wel 'zwartveen' genoemd) als ook de onderliggende inspoelingshorizonten slecht doorlatend voor water. Kortom, het zijn de voornaamste lagen waar het water in de veentjes op stagneert en waardoor het water in de veentjes en de vennetjes een hogere stand heeft dan het lokale grondwater in de omgeving. Van belang daarbij is dat vooral de verkitte inspoelingslaag als voornaamste weerstandsbiedende laag moet worden aangewezen, en niet de gliedelaag (tabel 2).

Tabel 2 Verschillende weerstand biedende lagen met hun doorlatendheden (STIBOKA 1986, Koopman 1988, Bakker 1984)

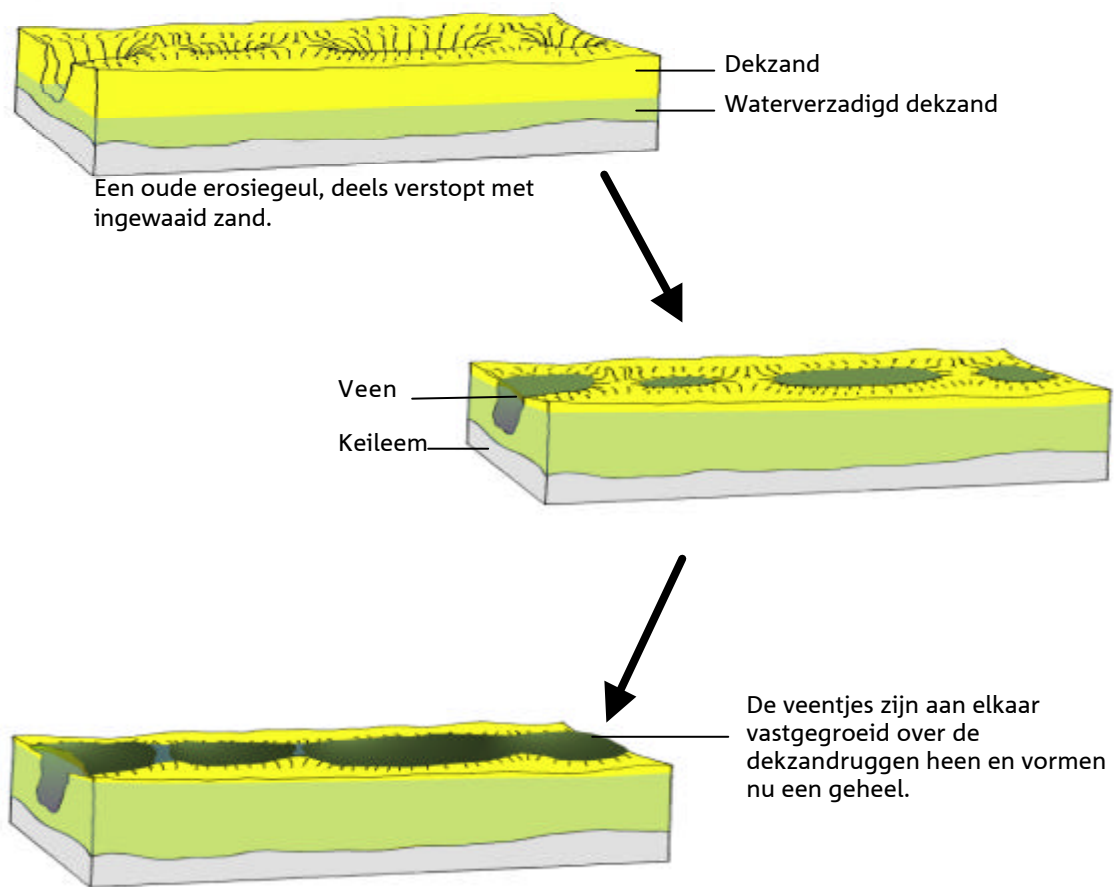
Weerstandbiedende laag	Verzadigde doorlatendheid (cm/d)
Kazige B-laag	0.001- 0.010
Zwarte Gliede	0.08 - 0.80
Zwarte gliede, uitgedroogd	5 – 8
Waterhard (20 cm dik)	0.0 - 0.7
Zeer fijn zand, zwak lemig	0.70 - 2.6
Keileem, 0.5 m dik	2
Keileem, 2 m dik	0.4
Matig fijn zand	38 – 56
Matig fijn zand, sterk lemig	11.5 – 24

In de winter verliezen veentjes met een schijnspiegel minder water aan de omgeving (door verdamping en wegzijging door de slecht doorlatende lagen) dan ze aan neerslag invangen. In het natte seizoen bereiken de veentjes derhalve hun hoogste waterstand en lopen dan ook vaak over. Ze lekken dan extra water naar hun omgeving. In de zomer is de balans tussen neerslag en verdamping omgekeerd, waardoor de waterstand in het veen daalt.

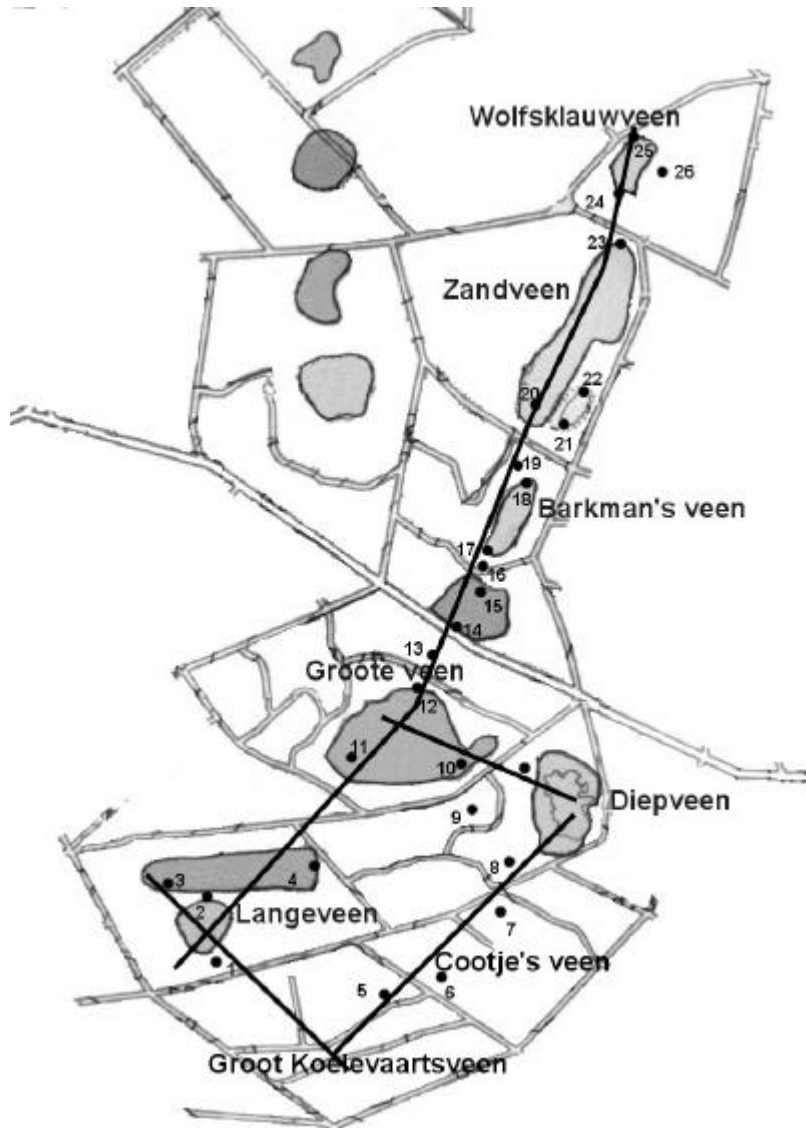
3.2 De oorspronkelijke verbreiding van de inspoelingslagen

Uit een bodemkundig onderzoek rond de veentjes komt naar voren dat organische inspoelingslagen zich veel verder uitstrekken dan de huidige positie van de veentjes. De slechtdoorlatende B-horizonten strekken zich soms tientallen meters rond de huidige veentjes uit. Naar alle waarschijnlijkheid hebben ook de oorspronkelijke veenpakketten een ruimere verspreiding gehad. Figuur 10 geeft een mogelijke impressie hoe de vroegere hoogveenverspreiding er kan hebben uitgezien.

Door uitvenen is in vele van de veentjes de veenlaag verwijderd tot aan deze sterk gehumificeerde zwartveen laag. Toen de omliggende dekzanden verstoven, zijn de meeste veentjes (deels) bedekt met een laag stuifzand.



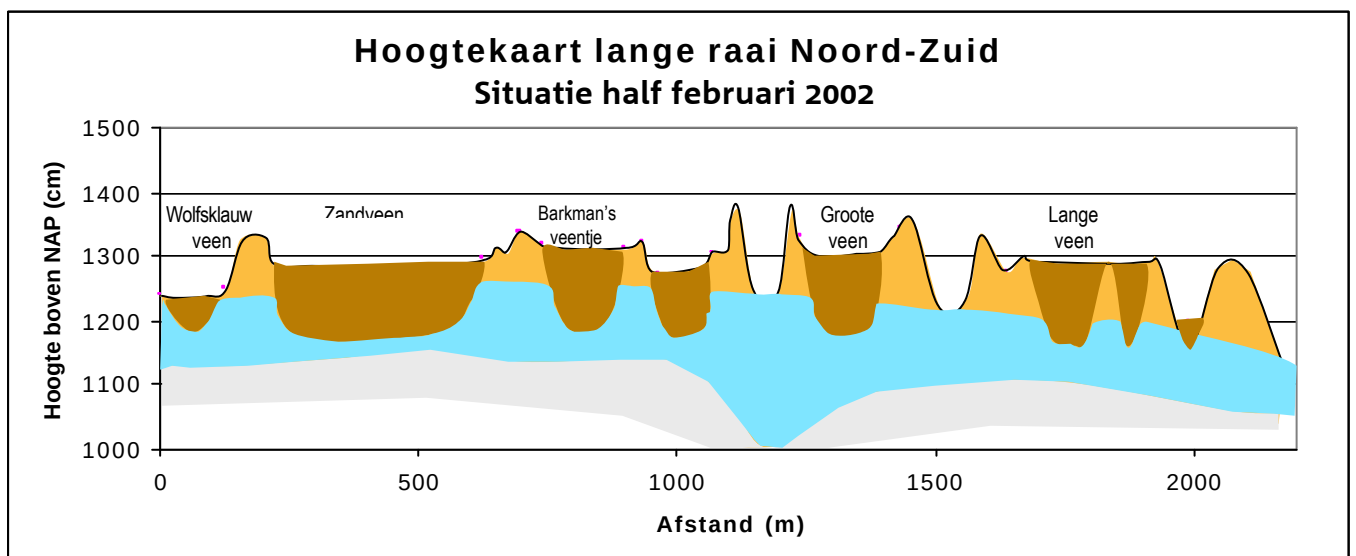
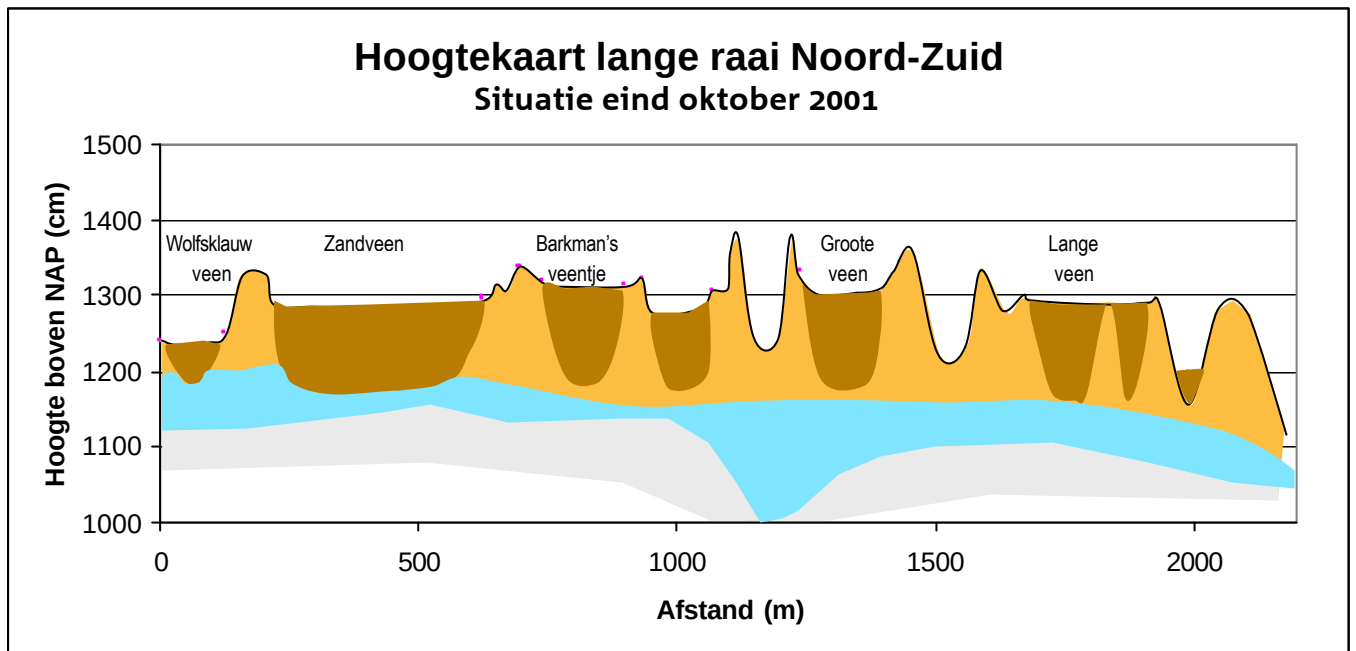
Figuur 10 *Mogelijke ontwikkeling van een aaneengroeiend hoogveen in een erosiegeul. Dit aaneengroeien van verschillende veentjes over een zandrug, is ook nu nog waarneembaar in het Langeveen.*



Figuur 11 De onderzoeksgeul met een reeks veentjes. Zwarte lijnen zijn onderzochte transecten. Zwarte stippen met nummers geven de positie van grondwaterstandbuizen weer.

3.3 Waterbeweging tussen veentjes

De vraag in hoeverre er binnen een geulensysteem sprake is van waterstroming tussen de veentjes willen we beantwoorden aan de hand van een nadere analyse van een geul in het Noordelijk deel van het Dwingelerveld met daarin een reeks van relatief kleine veentjes (Fig. 11). Van noord naar zuid treffen we achtereenvolgens aan: Wolfsklauwveen, Zandveen, veentjes 63a (Barkman's veen) en veentje 63b. Daarna volgt, voorbij de weg Dwingeloo- Spier, het Groote veen, het Lange veen en het Groot Koelevaartsveen. Diepveen ligt schijnbaar in een nevengeul. Tussen de laatste twee ligt een overstoven veentje dat vroeger beplant was met bos, maar nu weer nat is. Dit veentje hebben we het Cootje's veen gedoopt.



Figuur 12 Een doorsnede in de lengterichting van de geul (Fig. 11) van noord naar zuid. Waterstanden (groen/blauw= waterverzadigd zand) van eind oktober (boven) en half februari 2002 (onder) staan aangegeven. Grijs is keileem, geel/bruin is niet waterverzadigd zand. Bruin geeft de verspreiding van de huidige veentjes weer.

Waterbeweging kan zich zowel over als onder het grondoppervlak voordoen. Waar het water zichtbaar over het oppervlak afstroomt naar lager gelegen veentjes is de situatie duidelijk. Om de ondergronds optredende waterstroming op het spoor te komen, is een hydrologisch meetnet nodig. Figuur 11 laat tevens het hydrologisch meetnet zien dat in het huidige onderzoek is gebruikt. Het bestaande grondwaterbuizennet van Staatsbosbeheer maakte tevens onderdeel uit van ons meetnet. De waterstand in de buizen werd om de 14 dagen gemeten.

Waterstanden in en onder de veentjes

In natte perioden (eind december 2001, begin februari 2002) liggen alle veentjes met de veenbasis in het onderliggende grondwater (Figuur 12), maar in droge perioden is dit niet het geval omdat de grondwaterstanden onder de meeste veentjes diep weg zakken. Dit geeft aan dat instroom van grondwater naar de veentjes in droge perioden niet optreedt. Instroom van water lijkt beperkt tot water dat ondiep over slecht doorlatende B-horizonten afloopt en veelal afkomstig is van neerslagwater. Vooral in natte perioden, als de veentjes overlopen kan deze instroom van betekenis zijn.

De grondwaterspiegel loopt af van noord naar zuid. Een sturende factor lijkt hier de waterstand in de beekdalen. De (negatieve) invloed daarvan komt met name tot uiting op plaatsen, zoals het Groot Koelevaartsveen, waar de keileem heel dun is. Doordat de stijghoogte van het grondwater niet boven de keileem uitkomt, fungeert deze laagte als een put waar ondiep grondwater door wegzakt. Figuur 12 laat tevens zien dat het grondwater in de loop van het natte seizoen vooral stijgt in het midden en het zuidelijke deel van de geul. Blijkbaar ontvangt dit deel van de geul meer water dan het noordelijke deel. Dat er in de natte periode hier meer water aangevoerd wordt dan afgevoerd, moet gezocht worden in de relatief slechte doorlatendheid van het matig fijne dekzand.

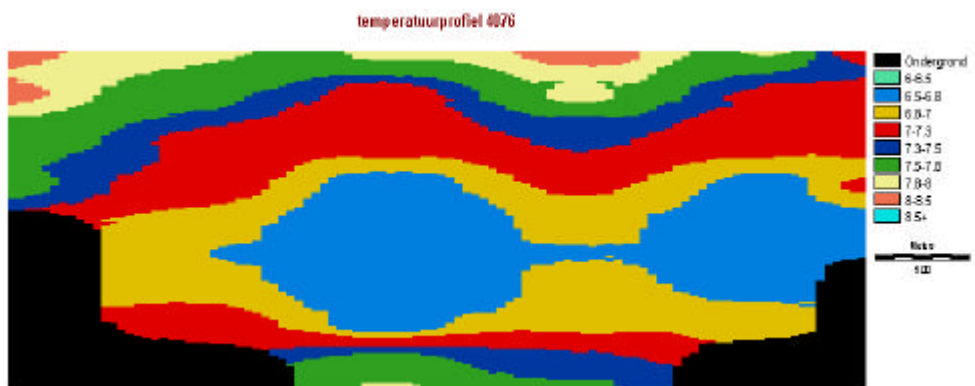
Figuur 13 geeft dezelfde situatie weer voor de periode december 2001. In de figuur worden tevens de concentraties van koolstofdioxide (boven) en bicarbonaat (onder) weergegeven. Hieruit komt naar voren dat de waterkwaliteit van het freatisch grondwater plaatselijk sterk beïnvloed wordt door mineralisatie processen in de ondiepe ondergrond. In de volgende paragraaf (3.5) zullen we hier nader op in gaan.

De stijgbuizen in de veentjes (met het filter boven de inspoelingslagen) geven een beeld van de waterstanden in een veen. Buizen met het filter in het zand boven de organische lagen laten meestal lagere standen zien dan het omringende oppervlaktewater. Er zijn echter twee plaatsen aangetroffen waar de stijghoogte in de buis hoger was dan het oppervlaktewater in het veen, hetgeen wijst op toestrooming van grondwater uit de omgeving. Dit is gemeten in het Langeveen en het Groot veen.

Ook uit de meetreeksen van de Staatsbosbeheer buizen is af te leiden dat in sommige veentjes (bijvoorbeeld het Zandveen) te zien dat instroom van grondwater uit de omgeving mogelijk is, met name in natte perioden. Deze ondiepe voeding wordt ter plekke mogelijk gemaakt door organische inspoelingslagen in de minerale ondergrond.

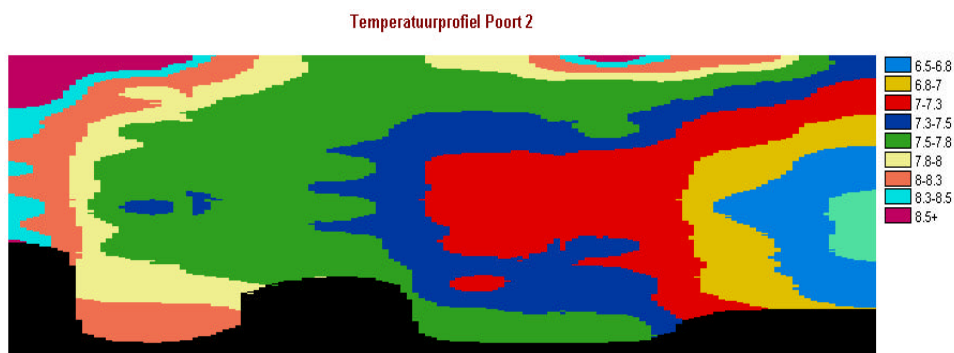
3.4 Waterbeweging afgeleid uit temperatuurprofielen

Grondwaterstroming beïnvloedt in principe de horizontale gelaagdheid van de temperatuur in de bodem. Bij afwezigheid van waterstroming bevindt het koude water zich in het voorjaar onder een laag opgewarmd oppervlaktewater. Rooke (2002) heeft in veentje 4076 een dergelijk profiel gemeten in het voorjaar van 2002. Figuur 13 illustreert dit fenomeen heel duidelijk. Er zitten twee 'koudwaterlichamen' op ongeveer een meter diepte.



Figuur 13 *Temperatuurprofiel door veentje 4076. Het temperatuurverloop vertoont een horizontale gelaagdheid, hetgeen wijst op stilstaand water. (uit: Rooke 2002).*

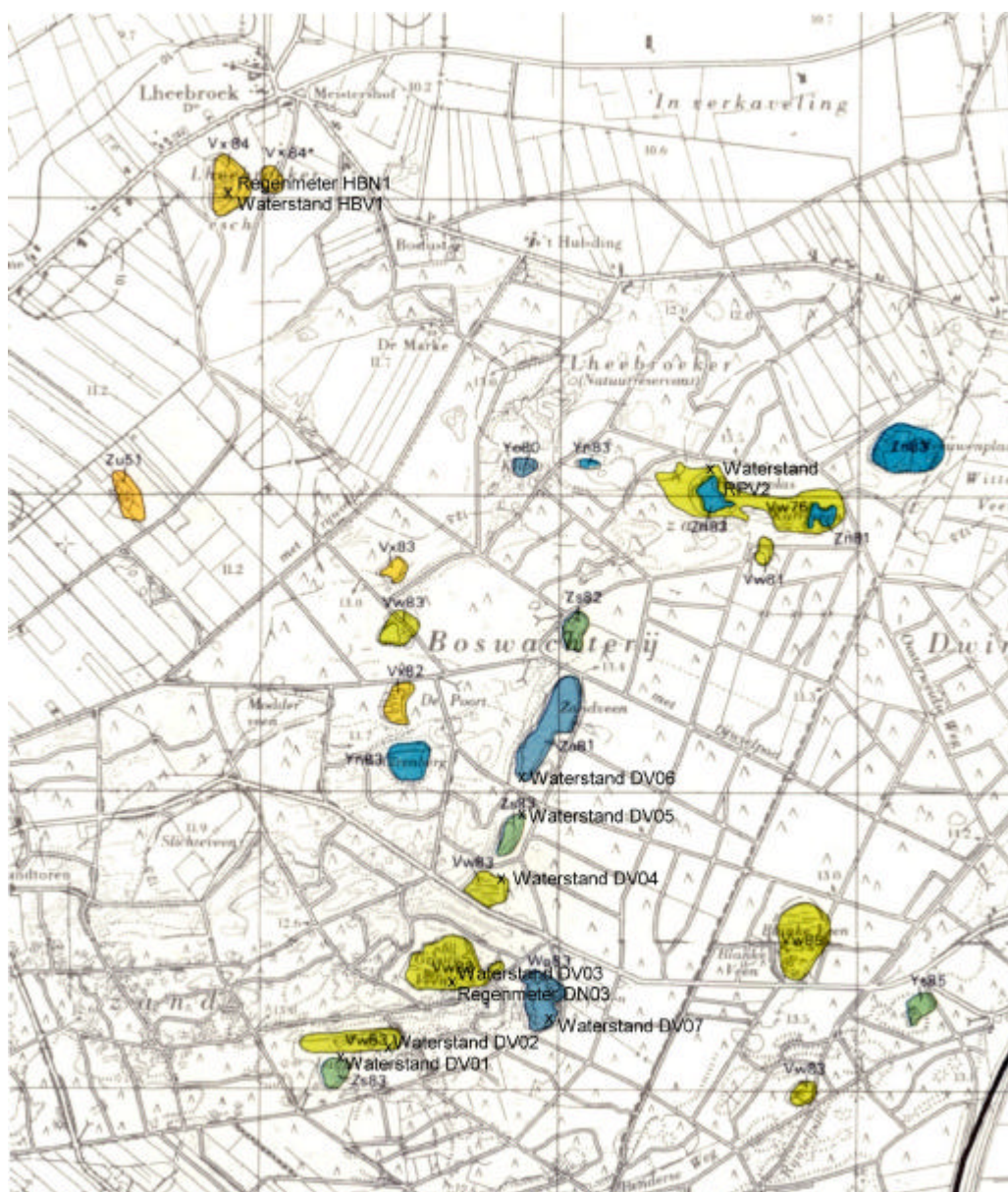
In Poort 2, een bijzonder mooi ontwikkeld veentje met veel Beenbreek, gelegen in de Poortslenk (Fig. 7), zien we een totaal ander beeld (Figuur 14). Het koudste water zit rechts en het warme water bovenin en links. Dit beeld geeft een duidelijke indicatie dat het veentje gevoed wordt door (koud) grondwater afkomstig uit een heuveltje in het zuid-westen (in de figuur rechts). In het voorjaar was in het veld waar te nemen dat het water aan de noordzijde van het veentje over de rand afstroomde. Bij de grondboring aan de zuidzijde werd een ondoorlatende laag aangetroffen. Zeer waarschijnlijk wordt het water via een podzol-B-horizont naar Poort 2 geleid.



Figuur 14 *Temperatuurprofiel door Poort 2. Duidelijk is te zien dat koud grondwater het veen van rechts binnenstroomt (uit: Rooke 2002).*

3.5 Waterverliezen van de veentjes: de overloopmethode

Om te kunnen vaststellen of de veentjes vanuit hun omgeving water krijgen toegevoerd en, zo ja, hoeveel, werden tussen december 2001 en november 2002 waterstanden gemeten in een aantal veentjes met zelfregistrerende waterstandmeters ("Divers"). Deze metingen werden aangevuld met incidentele handmatige metingen. Tevens werd de neerslag geregistreerd met een regenmeter. Figuur 15 geeft de ligging van de veentjes en van de meetapparatuur. Dit onderzoek sluit aan bij vergelijkbare metingen sinds 1998 in het Bolleveen en de Reigersplas.



Figuur 15 Ligging van de registrerende meetpunten in het Dwingelerveld. HBV1: Bolleveen; RPV1: Reigersplas; DV01: Lange veen zuid; DV02: Lange veen; DV03: Groote veen; DV04: Groote veen noord; DV05: Barkman's veen; DV06: Zandveen; DV07: Diepveen. Kaart met veentjes ontleend aan Bakker et al., 1986.

Schatten van de waterverliezen: de overloopmethode

Eind 1998 werden in het Bolleveen en de Reigersplas Divers® geïnstalleerd om de waterstand te volgen en om korte termijn reacties op neerslag vast te leggen. Daarom werd ook een regenmeter geïnstalleerd in het Bolleveen (HBN1 in Figuur 15). In 2002, toen het zwaartepunt van het onderzoek was verschoven naar de zuidelijker gelegen veentjes, werd de regenmeter overgebracht naar het Groote Veenveld (DN03 in Figuur 15). Het meetinterval van waterstand en neerslag was 15 minuten. Combinatie van neerslag- en waterstandsmetingen was bedoeld om informatie te krijgen over bergingseigenschappen van de veentjes in relatie tot de waterstand. Hierover is gerapporteerd in het kader van het OBN-onderzoek: "Onderzoek herstel en beheer van Nederlandse Hoogvenen" (van der Schaaf, 2002). In onderhavig rapport wordt daarop niet nader ingegaan. We beperken ons tot een beschouwing van het grondwaterstandverloop en een poging om een partiële waterbalans voor de veentjes op te stellen. Daarbij worden netto waterverliezen geschat uit het verloop in de tijd van stijghoogte, neerslag en referentieverdamping. Er wordt uitgegaan van een in beginsel aaneengesloten periode, waarin een bepaalde waterstand wordt onderschreden. Indien mogelijk is dat het peil, waarbij een veentje begint over te lopen en via oppervlaktewaterstroming water verliest naar zijn omgeving. De tijdstippen waarop de onderschrijding begint en eindigt kunnen op basis van de waterstandsmetingen met een resolutie van 1 uur worden vastgesteld. Indien er in de betreffende periode behalve verdamping, geen waterverliezen zijn of behalve neerslag geen instroming plaatsvindt, moeten neerslag en verdamping over de periode elkaar in beginsel precies opheffen. Indien dat niet het geval is, is er door het beschouwde systeem buiten neerslag en verdamping evenveel water verloren dan wel ontvangen als het verschil tussen neerslag- en verdampingsom.

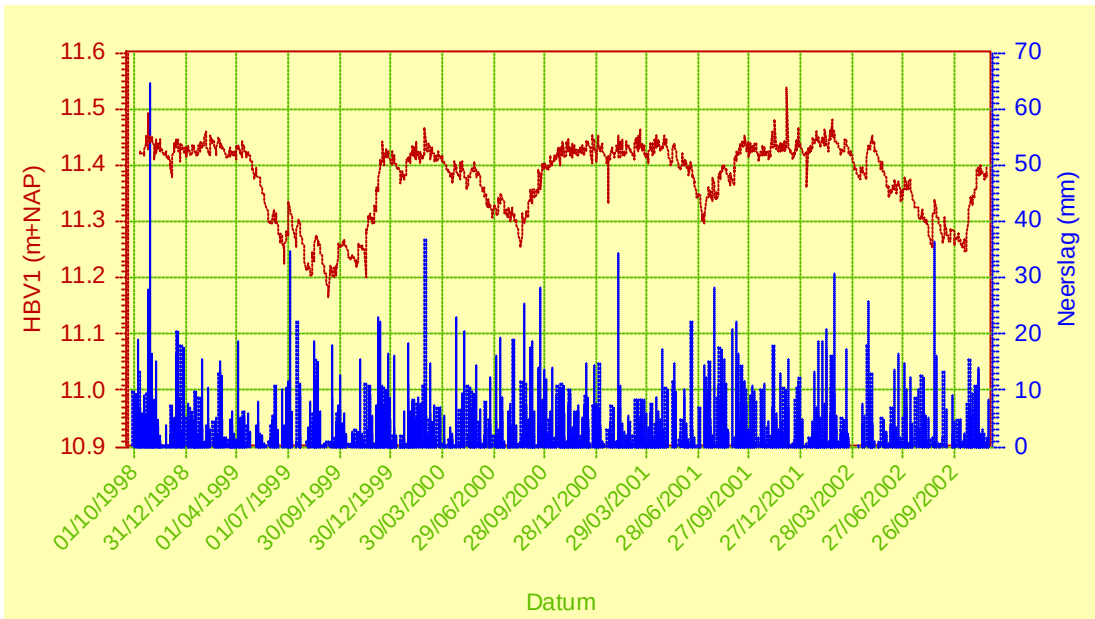
De toepassing van dit op zichzelf eenvoudige principe is door twee oorzaken lastiger dan misschien op het eerste gezicht lijkt. De eerste oorzaak is, dat neerslagmetingen een zekere foutenmarge hebben en dat bij gebruik van een enkele regenmeter, zoals in het onderhavige geval, geen rekening kon worden gehouden met ruimtelijke spreiding van neerslag. De tweede is, dat directe verdampingsmetingen ontbraken en moest worden gewerkt met de referentieverdamping, die niet noodzakelijkerwijs gelijk is aan de werkelijke verdamping van de veentjes. In dit geval werd de referentieverdamping van het KNMI-station Hoogeveen gebruikt. Doordat de ligging van alle negen veentjes redelijk vergelijkbaar is (tamelijk beschut, omringd door bos of in elk geval opgaande begroeiing) en de vochtvoorziening van de vegetatie optimaal is, mag worden aangenomen dat de onderlinge vergelijkbaarheid van de uitkomsten per veentje goed is. Daarbij moet worden aangetekend dat een verschil in de hoeveelheid open water als fractie van de totale oppervlakte mogelijk kan leiden tot verschillen in verdamping, waarbij het open water meer verdampt dan de gedeelten met een (korte) vegetatie.

Omdat de registrerende regenmeter in vorstperioden regelmatig problemen vertoonde, moesten voor enkele perioden van circa 1-1½ maand in de winters van 1998/1999, 1999/2000 en 2000/2001 gegevens van het KNMI-station Dwingeloo worden gebruikt. De gegevens van de regenmeter werden tevens gecontroleerd aan de hand van de gegevens van dit station.

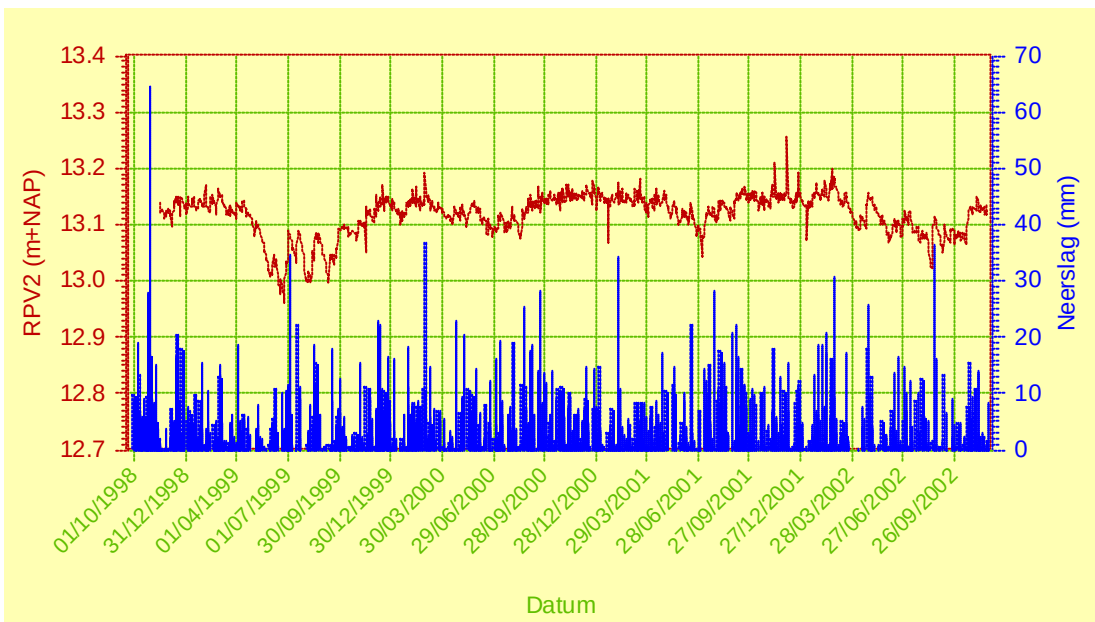
In het onderstaande worden eerst de tijdstijghoogtelijnen (het waterstandverloop) vergeleken, waarna een schatting van wegzijgingsverliezen zal worden gemaakt (zie inzet op pag. 24).

Tijdstijghoogtelijnen

Van zowel het Bolleveen als de Reigersplas is een meetreeks van 4 jaar beschikbaar. Deze worden daarom eerst besproken. Daarna worden de andere zeven meetpunten beschouwd, waarvan meetreeksen van één jaar beschikbaar zijn. Het grondwaterstandverloop in het Bolleveen (HBV1) is weergegeven in Figuur 16, dat van de Reigersplas (RPV2) in Figuur 17.



Figuur 16 Tijdstijghoogtegrafiek van het Bolleveen op basis van geregisteerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip.



Figuur 17 Tijdstijghoogtegrafiek van de Reigersplas op basis van geregisteerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip.

Uit de figuren blijkt dat de waterstandsfluctuatie in het Bolleveen aanzienlijk groter is dan in de Reigersplas. In de zomers van 2000 en 2001 treedt in laatstgenoemd gebied zelfs nauwelijks een daling van de waterspiegel op. Vastgesteld is, dat kwel in de in de Reigersplas als oorzaak van het verschil in fluctuatie met het Bolleveen kan worden uitgesloten. Uit de handwaarnemingen op vier piëzometers in de zandondergrond is gebleken dat de stijghoogte in het zand onmiddellijk onder het veen en de gliedelaag 0.60 tot meer dan 1 m onder de waterstand in de Reigersplas ligt. Ter verklaring van

het verschil in gedrag tussen Reigersplas en Bolleveen zijn er drie mogelijkheden, die elkaar niet uitsluiten:

- Een hogere bergingscoëfficiënt in de Reigersplas waar een groot deel van de hoogveenvorming in een drijftil plaatsvindt terwijl in het Bolleveen het veen overal direct op de minerale ondergrond rust.
- Watertoevoer naar de Reigersplas anders dan door kwel, bijvoorbeeld door oppervlakkige afstroming vanuit de hoger gelegen omgeving.
- Grotere wegzijgingsverliezen in het Bolleveen.

Het waterstandsverloop in de winter wijst in beide veentjes op een scherp gedefinieerd overloopniveau. In het Bolleveen ligt dat op ongeveer NAP+11.41 m, in de Reigersplas op circa NAP+13.13 m. Overigens moeten alle veentjes in het natte seizoen water afvoeren als gevolg van het jaarlijkse neerslagoverschot.

De tijdstijghoogtelijnen van het Lange veen, Groote veen, Diepveen en Zandveen staan weergegeven in Appendix 1 (Figuren 23a-f). Beschouwing van deze gegevens leidt tot de volgende conclusies per meetpunt:

- **Lange Veen Zuid (DV01).** De waterstand fluctueert ongeveer evenveel als in het Bolleveen. Er is geen duidelijk overloopniveau, hoewel het veen wel over het maaiveld van het aangrenzende zandgebied enig water naar het zuiden verliest. Daardoor stijgt de waterstand in de winter bij hoge neerslag wel door, maar relatief weinig (ongeveer 10 cm). De stijging van de waterstand in het najaar van 2002 is kleiner dan in het Bolleveen, vrijwel zeker door een grotere bergingscoëfficiënt als gevolg van de aanwezigheid van een drijftil in het Lange veen Zuid en vastliggend veen in het Bolleveen. Het geringe verschil in fluctuatie met het Bolleveen heeft dan ook vooral te maken met het doorstijgen van de waterstand in de winter, waarbij in het Bolleveen de overloop verdere stijging verhindert. Lange Veen Zuid ontvangt overloopwater van het Lange Veen over een aantal meters van het meest westelijke deel van de zandrug die beide veentjes scheidt,
- **Lange Veen (DV02).** Het peil ligt gemiddeld enkele cm hoger dan in het Lange Veen zuid, overigens lijken de grafieken sterk op elkaar. Boven een peil van NAP+12.67 m is er sprake van overloop naar Lange Veen Zuid, dat op zijn beurt water verliest naar het zuiden (zie vorige punt). De overloop naar Lange Veen Zuid is qua niveau niet scherp gedefinieerd, doordat de verbinding niet rechtstreeks via open water, maar via de acrotelm loopt,
- **Groote Veen (DV03).** Er is geen scherp gedefinieerd overloopniveau, waardoor de waterstandsstijging in de winter en daarmee de totale fluctuatie wat groter is dan in het Lange Veen; overigens zijn de verschillen in gedrag gering. Het zomergedrag verschilt nauwelijks van dat van het Lange Veen, met dien verstande dat in het Lange Veen in de tweede helft van de zomer een licht dalende trend blijft bestaan, wat in het Groote Veen niet het geval is. Dit verschil duidt op een wat kleiner waterverlies in het Groote Veen,
- **Diepveen (DV07).** Het Diepveen bestaat in feite grotendeels uit open water. Er is een duidelijker overloopniveau dan in het Groote Veen, wat valt af te lezen van de minder steile winterpiek. In de zomerperiode is er een sterker doorgaande dalende tendens dan in het aangrenzende Groote Veen. Dit duidt op een grotere wegzijging, die mogelijk te maken heeft met de ontstaanswijze (pingo-ruïne) en de diepte van de plas, waardoor een effectiever hydraulisch contact met de minerale ondergrond, waarin de stijghoogte tenminste 2.5 m onder het niveau van het open water ligt, kan ontstaan,
- **Groote Veen Noord (DV04).** Hoewel de waterstand ongeveer 60 cm lager ligt dan die in het Groote Veen, is er nauwelijks verschil in fluctuatiedrag met laatstgenoemd gebied,
- **Barkman's veen (DV05).** Er is een duidelijk overlooppeil van ongeveer NAP +13.05 m. Het peil zakt in de zomer dieper uit dan in het Bolleveen. De stijging in het najaar is te vergelijken met die in het Bolleveen, wat duidt op een vergelijkbare situatie qua bergingseigenschappen (geen of weinig drijftil). Het feit dat de waterstand 's zomers dieper wegzakt dan in het Bolleveen kan op een grotere

wegzijing duiden, maar kan ook te maken hebben met een ander verticaal verloop van bergingseigenschappen met de waterstand,

- **Zandveen (DV06).** In tegenstelling tot Zandveen Zuid heeft dit gebied, dat grotendeels uit open water bestaat, geen duidelijk overloopniveau. Het peil zakt in de zomer dieper uit dan in het Diepveen, dat tevens voornamelijk open water heeft. Dat duidt op een wat grotere wegzijing.

Waterbalansen

Omdat afvoermetingen ontbreken, kan van de veentjes geen volledige waterbalans worden gemaakt. Wel kan de omschreven methode van het optellen van neerslag en verdamping in een periode waarin de waterstand een bepaald overloop- dan wel referentiepeil onderschrijdt, worden gevolgd. Daarmee is in de waterbalans de term voor de afvoer via oppervlaktewater gelijk aan 0 en mag ervan worden uitgegaan dat het verschil in berging tussen begin en eind van de periode verwaarloosbaar is. Binnen de beschouwde perioden zijn aaneengesloten overschrijdingen van het referentiepeil gedurende hoogstens twee dagen met minder dan 2 cm geaccepteerd. Vanwege het verschil in lengte van de meetreeksen worden de meetpunten Bolleveen en Reigersplas enerzijds en de andere zeven meetpunten anderzijds, afzonderlijk behandeld. Aan de hand van de vier jaren voor Bolleveen en Reigersplas is de consistentie in de tijd van de gehanteerde methode af te lezen, vergelijking van de waarnemingen per meetpunt over 2001/2002 geeft een vergelijkend beeld van de veentjes. Het referentiepeil werd veiligheidshalve enkele cm onder het geconstateerde overlooppeil aangenomen.

Tabel 3 geeft de uitkomsten voor Bolleveen en Reigersplas over de periode 1999-2002. Er blijkt een groot verschil te zijn in waterverliezen tussen het Bolleveen en de Reigersplas. Het verlies in de Reigersplas is zelfs consequent negatief. Gezien het permanent natte karakter van het gebied met een drijftil en enig open water is een lagere verdamping dan de referentieverdamping praktisch uitgesloten. Omdat ook kwel moet worden uitgesloten, kan hier slechts sprake zijn van aanvoer via oppervlakkige afstroming uit de directe omgeving, wellicht gecombineerd met een relatief geringe wegzijing. De uitschieter van -0.69 mm/dag in 1996 heeft vermoedelijk te maken met het feit dat in de korte balansperiode herhaaldelijk grote hoeveelheden neerslag in korte tijd vielen (bijv 22.3 mm op 16 juni) waarbij relatief veel oppervlakkige afstroming kan zijn opgetreden. Dit heeft in een korte meetperiode een vrij grote invloed.

Het Bolleveen vertoont een berekend verlies van gemiddeld 0.45-0.50 mm/dag.

Tabel 3 Resultaten waterbalans voor perioden zonder overloop in Bolleveen en Reigersplas ('99-'02).

Meetpunt	Begintijd (UTC)	Eindtijd (UTC)	Dagen	Ref. peil (m+NAP)	Neerslag (mm)	Ref. verdamping (mm)	Verlies (mm)	Verlies per dag (mm)
Bolleveen	03-05-99, 09:00	12-12-99, 14:00	223.2	11.39	563	456	107	0.48
Bolleveen	10-05-00, 20:00	26-09-00, 08:00	138.5	11.39	430	347	83	0.60
Bolleveen	19-06-01, 06:00	03-09-01, 03:00	75.9	11.39	265	229	36	0.47
Bolleveen	28-05-02, 08:00	08-11-02, 21:00	164.5	11.38	412	354	58	0.35
Reigersplas	28-04-99, 11:00	18-11-99, 18:00	204.3	13.11	438	468	-30	-0.15
Reigersplas	10-06-00, 05:00	22-08-00, 16:00	73.5	13.11	189	198	-9	-0.12
Reigersplas	26-05-01, 06:00	13-07-01, 14:00	48.3	13.11	118	151	-33	-0.69
Reigersplas	18-05-02, 19:00	25-10-02, 19:00	160.0	13.11	346	367	-21	-0.13

De resultaten van de waterbalans van alle veentjes berekend over de periode Mei/Juni tot Nov 2002 staan weergegeven in tabel 4. Hieruit blijkt dat de berekende nettoverliezen in de meeste veentjes op het niveau liggen van het Bolleveen. Uitschieters naar boven zijn het Lange Veen, het Diepveen dat zoals eerder opgemerkt door zijn diepte vermoedelijk wat meer water verliest via wegzijging. Het Zandveen is onbetwiste koploper met 0.6 mm/dag. Deze grote verliezen in het Zandveen hangen waarschijnlijk samen met het feit dat hier een groot deel van de gliedelaag samen met het veen is afgegraven (mond. meded. Baaijens). Langeveen Zuid heeft gedurende een deel van zijn beschouwde periode overloop gehad uit het Lange Veen. Wanneer we de periode beschouwen waarbij geen overloop het plaatsgevonden, dan blijkt het Langeveen nog steeds meer water te verliezen dan Lange veen Zuid.

Tabel 4 Resultaten waterbalans voor overlooploze perioden voor 2002 in alle onderzochte veentjes

Meetpunt	Begintijd (UTC)	Eindtijd (UTC)	Dagen	Ref. peil (m+NAP)	Neer-slag (mm)	Ref. ver-damping (mm)	Verlies (mm)	Verlies per dag (mm)
Bolleveen	28-05-02, 08:00	08-11-02, 21:00	164.5	11.38	412	354	58	0.35
Reigersplas	18-05-02, 19:00	25-10-02, 19:00	160.0	13.11	346	367	-21	-0.13
Lange Veen Zuid	31-05-02, 14:00	07-11-02, 02:00	159.5 113.5	12.64 -	387 260	340 211	47 288	0.29 0.25
Lange Veen	16-07-02, 14:00	07-11-02, 02:00	113.5	12.66	260	211	49	0.43
Groote Veen	30-05-02, 05:00	07-11-02, 07:00	161.1	13.32	393	345	48	0.29
Diepveen	02-06-02, 15:00	09-11-02, 00:00	159.4	13.34	409	330	78	0.49
Groote Veen Noord	28-05-02, 13:00	08-11-02, 01:00	163.5	12.74	395	348	48	0.29
Barkman's veen	27-05-02, 11:00	08-11-02, 20:00	165.4	12.98	409	353	56	0.34
Zandveen	25-06-00, 10:00	08-11-02, 22:00	136.5	12.82	346	262	84	0.62

Conclusies

Op de Reigersplas na hebben alle beschouwde veentjes een berekend netto waterverlies. De berekende waarden zijn in feite de resultante van het verschil tussen referentie- en werkelijke verdamping, wegzijgingsverliezen en mogelijke oppervlakkige toestroming tijdens piekneerslagen. De onderlinge verschillen komen overeen met wat uit de tijdstijghoogtegrafieken kan worden afgeleid. Gegeven de redelijk overeenkomende beschutte ligging van alle veentjes, mag ervan worden uitgegaan dat de onderlinge verdampingsverschillen gering zijn, wellicht met uitzondering van de gebieden met overwegend open water (Diepveen en Zandveen), waar de werkelijke verdamping wellicht hoger ligt dan in de andere veentjes met een veenvormende vegetatie, veelal op een drijftil. Het is echter waarschijnlijk dat andere factoren (weghalen gliedelaag in zandveen, mogelijk beter contact van Diepveen met de zandige ondergrond) verantwoordelijk zijn voor de grotere berekende waterverliezen in deze venen. Afgezien van lokale overloop (Zandveen en Barkman's veen) blijkt uit de getallen geen netto aanvoer van water, met uitzondering van de Reigersplas. Daarmee valt overigens niet uit te sluiten dat plaatselijk oppervlakkige aanvoer optreedt, maar dit zal vooral in heel natte perioden gebeuren. Bij de berekeningen met de overloopmethode vallen deze hele natte perioden buiten beschouwing. Onzekere factoren bij de berekende waterverliezen zijn het ontbreken

8 Ter vergelijking met Zandveen. Verschil in berging (21 mm) gebaseerd op een peilverschil van 28 mm en een op basis van de waterstandsreactie op enkele piekneerslagen geschatte bergingscoëfficiënt van 0.75.

van gegevens over de werkelijke verdamping en, vooral met betrekking tot Diepveen, onduidelijkheid over aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen in de ondergrond. Voor een nauwkeuriger inschatting van de waterverliezen zijn verdampingsmetingen gedurende tenminste één groeiseizoen noodzakelijk. Voor een betere interpretatie van de grote verliezen in het Zandveen en in Diepveen zijn aanvullende profielbeschrijvingen aldaar noodzakelijk.

3.6 Waterbeweging en veengroei

Waterbeweging kan voordelig zijn voor veenmosgroei (Gaudig, 2001). Dit verschijnsel is in de literatuur veelal herleid tot een grotere beschikbaarheid van nutriënten voor de veenmossen (Andrus 1986, Clymo & Hayward 1982). Recent onderzoek heeft uitgewezen dat CO_2 een voor optimale veenmosgroei een beperkende factor kan zijn. Smolders et al. (2001) laten zien dat een verhoogde CO_2 waarde in de acrotelm van gunstige invloed is op de groei van *Sphagnum*. In hun experiment was een waarde van $700 \mu\text{M}$ CO_2 in de acrotelm voldoende om de groei van *Sphagnum* te optimaliseren. In het veld treedt verrijking van CO_2 concentraties op als gevolg van mineralisatie processen.

3.7 Interpretatie van waterstroming aan de hand van wateranalyses

Figuur 18 geeft de resultaten weer van een analyseronde van grond en oppervlaktewater in een dwarsdoorsnede door het geulensysteem. Weergegeven zijn de CO_2 en HCO_3 waarden. Duidelijk komt naar voren dat het freatisch grondwater plaatselijk sterk beïnvloed wordt door mineralisatie processen in de ondiepe ondergrond. Deze verrijking van het water vindt waarschijnlijk plaats tijdens het transport van het water over organische horizonten. Dit water kan deels ook uit de veentjes afkomstig zijn.

De resultaten van de analyses van het oppervlaktewater zijn weergegeven figuur 19, met daarin pH (blauw/zwart) en de CO_2 concentraties (rood). De pijltjes in deze figuur geven de waterstroming weer zoals die in het veld zijn waargenomen of afgeleid zijn uit verschillen in berekende waterverliezen volgens de overloopmethode.

De waarden van het oppervlaktewater in de onderzochte geul beginnen met ongeveer $250 \mu\text{M/L}$. Water in evenwicht is met de lucht heeft een CO_2 concentratie van ca. $16 \mu\text{M/L}$. In alle veentjes in de onderzochte geul vindt dus verrijking met CO_2 plaats. Een opvallend hoge waarde van de CO_2 concentraties bevindt zich in het oppervlaktewater van het Groote veen, aan de kant van het Diepveen. Deze hoge waarde is vermoedelijk niet een gevolg van instroom van grondwater vanuit het Diepveen. Er valt echter niet uit te sluiten dat hier instroming plaatsvindt van lokaal gevallen neerslagwater dat afstroomt over het maaiveld, een verkitte B-horizont of de tussen beide veentjes aangetroffen doorlopende gliedelaag. Tijdens dit transport stroomt water vermoedelijk over sterk veraarde organische lagen, waarbij kennelijk verrijking met CO_2 plaats vindt. Opvallend is de relatief hoge pH waarde van 5.5 in het Wolfsklauw veentje dat vol staat met Veenmossen. De hoge pH waarde aldaar kan dus alleen verklaard worden door instroom van water, waarschijnlijk afkomstig uit het Zandveen en getransporteerd over de oude kitlagen.

In de geul is in twee systemen de waterstand opgezet: het Diepveen en het Zandveen. Dit is gerealiseerd door de afwatering dicht te stoppen en langs het pad aan de oostkant van beide venen een dijkje aan te leggen van lemig zand. In extreem natte perioden zoals de winter van 2001/2002, leidt dit tot waterstroming tussen de venen. Er stroomt dan water uit het Diepveen richting Groote veen en waarschijnlijk ook vanuit het Zandveen richting het Wolfsklauwveentje. Hiermee illustreren zowel het Diepveen als het Zandveen dat grote delen van de oude bodemkundige structuren in

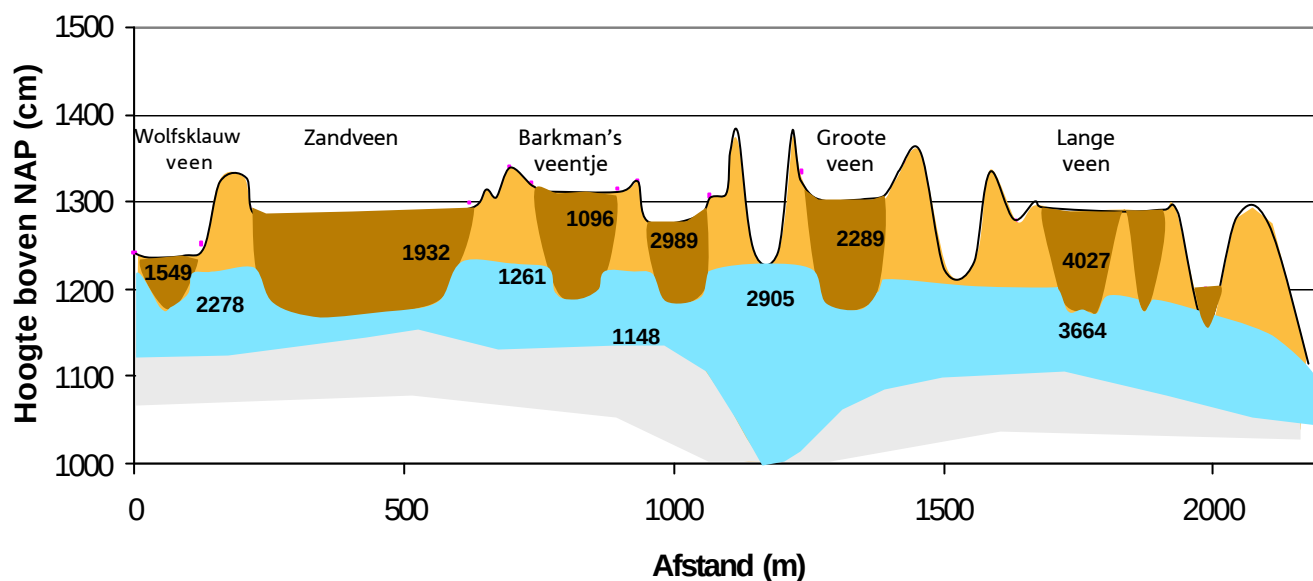
het gebied nog van invloed zijn op de hydrologie van de veentjes. De enige factor die nodig is om ze weer te laten functioneren is extra waterbeschikbaarheid.

Echter, niet overal waar stroming plaats vindt, is ook een organische B-horizont aanwezig. Het Langeveen is hiervan een goed voorbeeld (Figuur 20). Vanuit het Langeveen vindt, als de waterstanden hoog genoeg worden, stroming plaats naar Langeveen zuid (Bassin IV in Figuur 20). Dit transport verloopt over een zandrug, waarbij een deel van het water infiltreert. In de loop van het natte seizoen raakt deze zandrug geheel met water verzadigd door aanvoer van oppervlaktewater uit bassin III. Bij een nog grotere aanvoer stroomt het water direct over de rug naar bassin IV.

Op vergelijkbare wijze loopt het zuidelijk bekken van het Zandveen op haar beurt over naar naast gelegen laagten. Zo zit dit systeem vol met nieuwe overlopen, tot het moment bereikt is dat de afvoer gelijk is aan de aanvoer. Ook op andere plaatsen is een dergelijke overloop te zien. Het Diepveen loopt aan de zijde van het Cootjes veentje over, waarbij de tussenliggende zandondergrond wordt verzadigd met water.

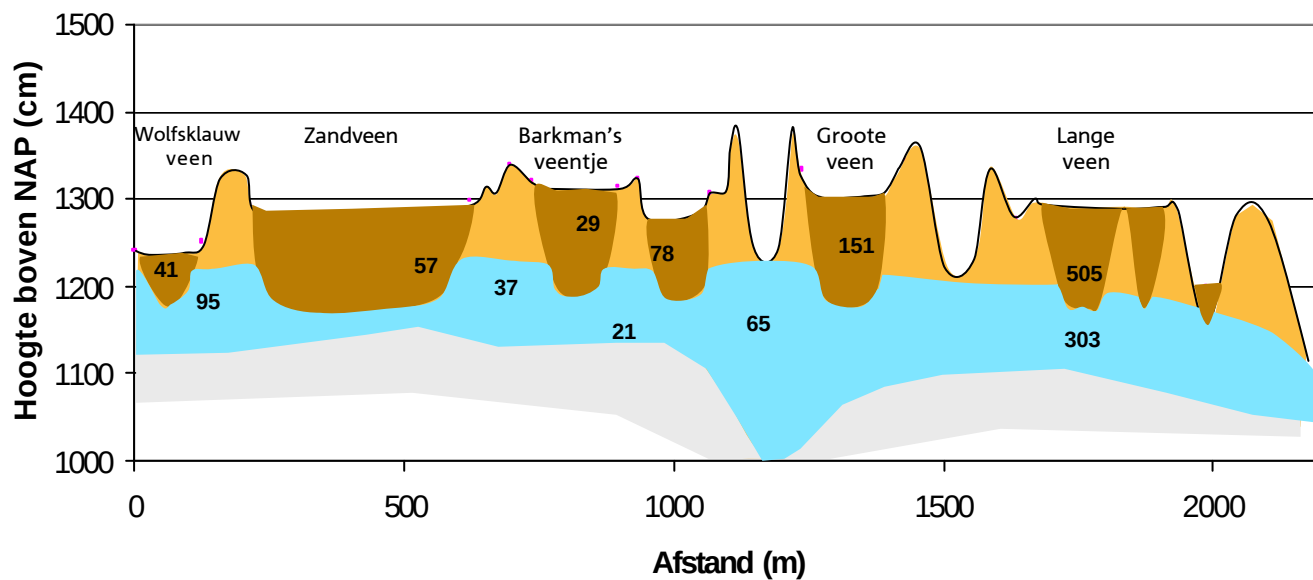
Hoogtekaart lange raai Noord-Zuid

Situatie eind december 2001

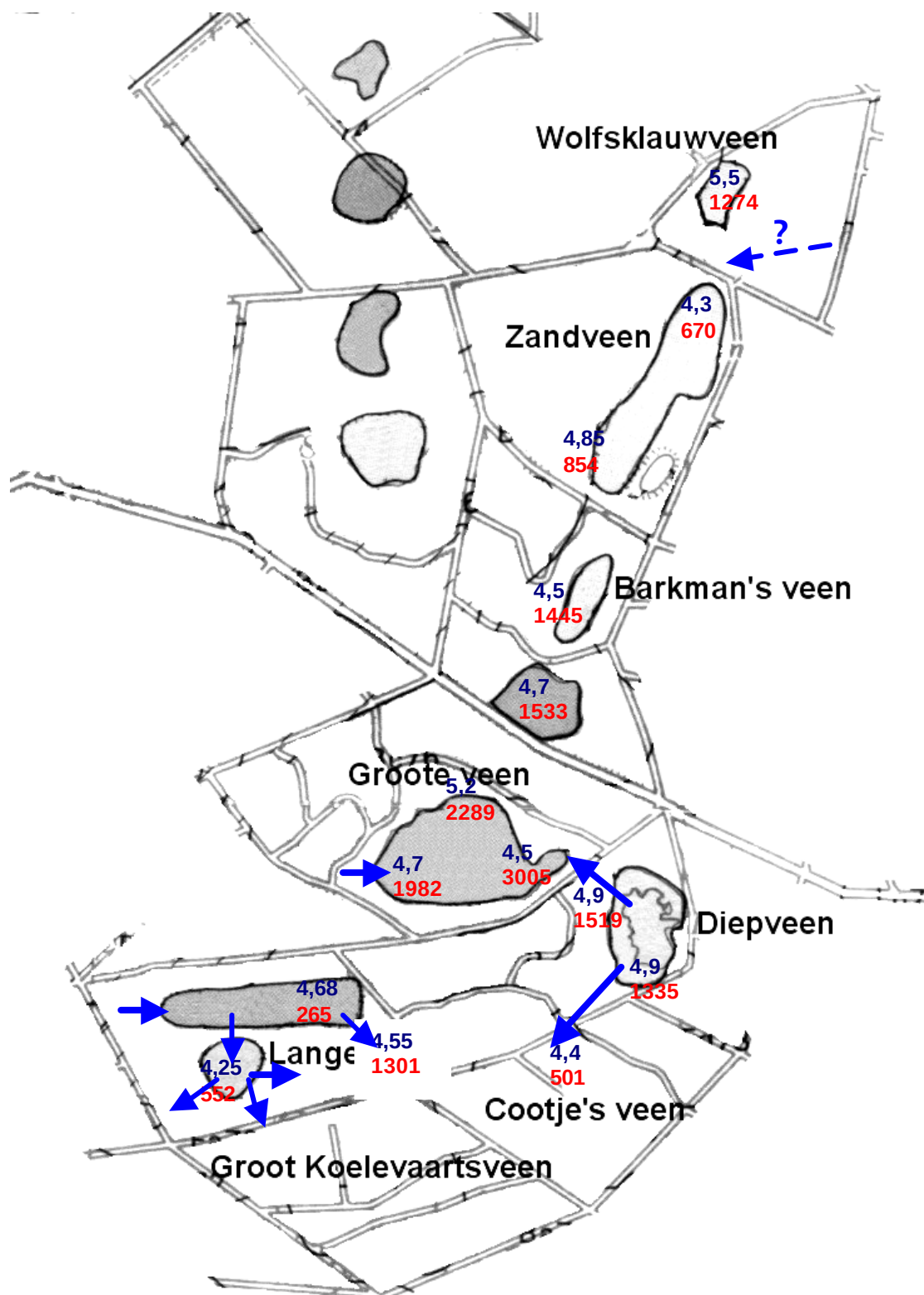


Hoogtekaart lange raai Noord-Zuid

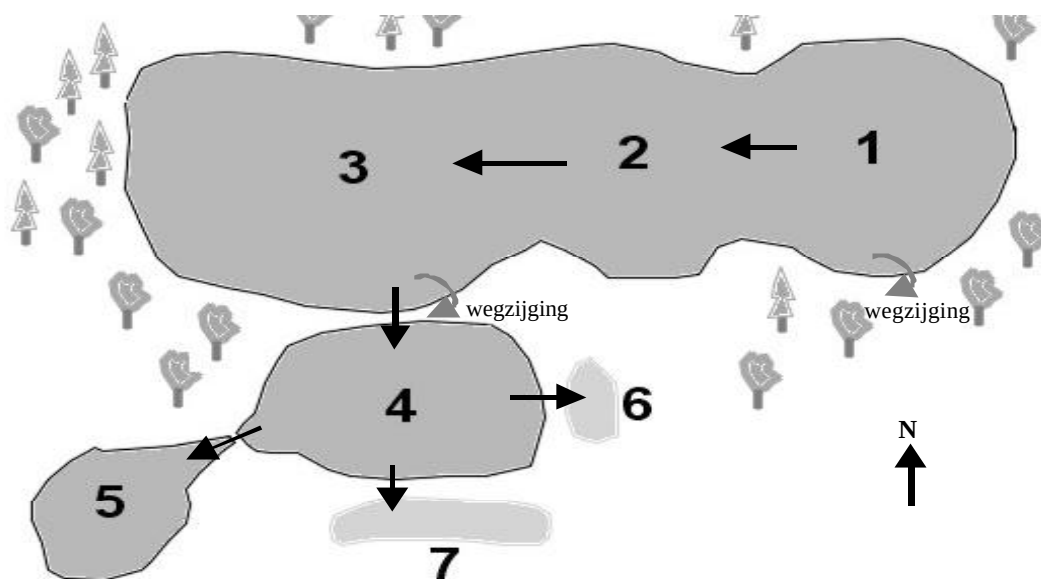
Situatie eind december 2001



Figuur 18 Doorsnede als figuur 12, maar met waterstanden van eind december. Grijs is keileem, geel is zand en groen/blauw is waterverzadigd zand. Donkerbruin geeft het voorkomen van de huidige veentjes weer. De getallen geven de concentraties weer van CO₂ (boven) en bicarbonaat (onder) in μmol/l.



Figuur 19 De onderzoeksgeul met waterstroming van en naar de veentjes. Tevens staan in deze figuur pH waarden (blauw) en CO₂ (μmol/l) waarden (rood) van het oppervlaktewater (December 2001).



Figuur 20 Het overlopen van het Langeveen gebeurt in verschillende stappen. Bassin 1 verliest water aan bassin 2 en aan de zandondergrond (rode pijl). Bassin 2 watert af naar bassins 3, 3 naar 4 en naar de zandondergrond. Bassin 4 watert af naar 5, 6 en 7, in die volgorde. Uiteindelijk verliest 7 een deel van zijn water aan het naastgelegen Groot Koelevaartsveen.

Het algemene beeld suggereert dat een groot deel van de onderzochte geul in natte omstandigheden uit oostelijke richting gevoed wordt, vanuit hoger gelegen zanden. Ook de isohypsenkaart van Bakker (1984) ondersteunt dit beeld. De overloop van het geulensysteem lag waarschijnlijk op verschillende plaatsen aan de oostzijde van het systeem. Waterbeweging zoals deze nu plaats vindt tussen het Diepveen en het Groote veen was vroeger waarschijnlijk omgekeerd.

3.8 Gevolgen voor het beheer

De nog intacte gliede- en inspoelingslagen in en om de veentjes van het Dwingelerveld lijken een belangrijke rol te spelen bij het herstel van de hoogveengroei. Veentjes binnen de erosiegeulen, hebben vroeger waarschijnlijk deel uitgemaakt van grotere hoogveensystemen.

Bij verdergaande vernattingsmaatregelen zorgen de oude inspoelingslagen ervoor dat lokale lokale hydrologische systemen weer geactiveerd worden doordat er weinig water verloren gaat naar de diepere ondergrond. Waterstroming over de organische inspoelingslagen lijkt tevens van belang te zijn voor een goede CO₂ voorziening van veenmossen. Het is dan ook van belang dit watertransport over de ondoorlatende lagen weer op gang te brengen daar waar dat niet meer functioneert. Het is daarbij effectief om de waterpeilen om de veentjes heen op te zetten.

Opzetten van de waterpeilen rondom de veentjes

IWACO (1999) heeft een scenariostudie uitgevoerd naar de mogelijkheden om grondwaterstanden boven de keileem te verhogen. Daarbij kwam naar voren dat bosomvorming de meest succesvolle maatregel is om de grondwaterstanden te laten stijgen in de boswachterij. Een vervanging van bos door heide zal, volgens het hydrologische model, een stijging in de grondwaterstand tot gevolg hebben van meer dan 50 cm rond het onderzochte geulensysteem (scenario 4; figuur 6.4.1), zowel 's winters als 's zomers.

Op een aantal plaatsen met oude B-lagen in de zandondergrond waar nu nog bos staat, zou dit op vrij korte termijn verwijderd kunnen worden. Daarmee wordt de verdamping verminderd en wordt het hydrologisch contact tussen de veentjes versterkt. Plaatsen die hiervoor in aanmerking komen zijn specifiek aan te wijzen: (i) het gebied tussen Groote veen en Diepveen, en (ii) het gebied rond het Wolfsklauw veentje.

Wegen en paden

De wegen of paden die zich tussen de veentjes bevinden vormen een barrière voor waterstroming. Eigenlijk zouden alle paden die zich op oude organische lagen bevinden moeten worden weggehaald. Als belangrijkste knelpunten kunnen worden genoemd: (i) het pad tussen het Groote veen en Diepveen, en (ii) het pad tussen Diepveen en het Cootjes veen (zie fig. 13). Verder verdient het zeker ook aanbeveling om het pad tussen het Zandveen en het Barkmansveentje te verwijderen. Het pad tussen het Zandveen en het Wolfsklauwveentje vormt momenteel waarschijnlijk ook een hydrologische barrière. Er bestaat momenteel een te groot verschil in waterpeil tussen deze veentjes. Indien het pad zou worden weggehaald zou de huidige vegetatie in het Wolfsklauwveen waarschijnlijk onder water komen te staan en zou eutrofiëring kunnen optreden. Het weghalen van dit pad bevelen we derhalve niet aan.

Situatie Groot Koelevaartsveen

Onder het Groot Koelevaartsveen is de keileemlaag relatief dun. Bovendien zijn de vroegere slechtdoorlatende veen- en gliedelagen thans vrijwel verdwenen. Eerst werd het veen afgegraven. Daarna werden sloten door de gliedelagen gegraven om de bosgroei te bevorderen, met als gevolg dat deze gliedelagen veel van hun ondoorlatendheid verloren (vgl. Stiboka 1983). Uiteindelijk is het bos verwijderd en is de hele organische toplaag afgevoerd. Momenteel functioneert het Groot Koelevaartsveen als een hydrologisch 'gat' en valt de zandbodem al vroeg in de zomer droog. Op de korte termijn lijkt hernieuwde veenvorming hier niet mogelijk, zeker niet indien nieuwvorming van een slechtdoorlatend organisch laagje door vertrapping door koeien wordt tegengegaan. Op de langere termijn zijn de perspectieven van het Groot Koelevaartsveen veel beter. Indien in de toekomst de waterstanden in de landbouwenclave in het centrum van het Dwingelerveld afgestemd worden op hernieuwde veengroei, zal dit ook de waterstanden rond het Groot Koelevaartsveen met decimeters verhogen (IWACO 1999). Een vervanging van bos door heide in een groot deel van de Boswachterij brengt in het stroomopwaarts gelegen geulenstelsel een stijging van meer dan een halve meter teweeg. Dit leidt niet alleen tot een sterkere doorstroming in dit geulenstelsel, maar ook tot een grotere wateraanvoer naar het Groot Koelevaartsveen. Wellicht behoort in de toekomst een verhoging van de beekpeilen in de Ruiner Aa en de Beilerstroom zelfs tot de mogelijkheden. De omgeving van het Groot Koelevaartsveen zal dan *dankzij* de dunne keileemlaag snel *van onderop* vernat kunnen worden en zal hopelijk niet meer droog vallen gedurende de zomer. Veenvorming wordt dan rechtstreeks mogelijk vanaf de minerale bodem of via verlanding in open water. Gelet op deze perspectieven, bevelen we niet aan om op korte termijn weerstandsbiedende lagen van gliede of keileem in het Groot Koelevaartsveen aan te brengen. Wel bevelen we aan om de begrazing door koeien in het Groot Koelevaartsveen te stoppen, omdat dit een natuurlijk herstel van de gliedelaag verhindert.

4 Veranderingen in de vegetatie (1958-2001)

4.1 Analyse van de vegetatieveranderingen

Bij de analyse van vegetatieveranderingen in 36 veentjes zijn een vijftal inventarisaties van het Dwingelerveld beschouwd:

- 1958 Glas en Van der Voo; kwalitatief
- 1982 Everts & De Vries; semi-kwalitatief (landschapsecologische kartering)
- 1988 Everts & De Vries; kwantitatief (vegetatiekartering)
- 1996 Van Leeuwen; kwantitatief (vegetatiekartering)
- 2001 Everts & De Vries; kwantitatief (vegetatiekartering)

Hoewel Glas en Van der Voo als begin van het onderzoek worden beschouwd, zijn er tevens beschrijvingen van de veentjes die verder teruggaan in de tijd. Er bestaat een beschrijving van Mörzer Bruyns van meerdere veentjes uit 1950. Ook heeft Beijerinck het vroegere hoofd van het Biologisch station Wijster, voor de oorlog beschrijvingen gemaakt van veentjes. De zijn evenwel te summier om bij het onderzoek te betrekken.

De werkwijze van de laatste drie karteringen is vrijwel identiek. Daardoor zijn interpretatieverschillen bij het vaststellen van typen in het veld beperkt, en zijn de gegevens goed vergelijkbaar. Er is gebruik gemaakt van de door Everts en De Vries (1988) ontwikkelde lokaal uitgewerkte vegetatietypologie die is afgestemd op de Frans-Zwitserse school. De inventarisatie van 1958 betreft slechts een kwalitatieve beschrijving waarbij het evenwel mogelijk is af te leiden welke lokale typen destijds voorkwamen. Omdat destijds slechts zelden kaartbeelden zijn gemaakt, kan uit deze beschrijving alleen de presentie worden afgeleid. Ook de landschapsecologische kartering van 1982 kent restricties. De auteurs hebben de vennen geassocieerd naar de samenstelling van vegetatietypen. Deze vegetatietypologie is de voorloper van de later ontwikkelde lokale typologie. Door de ventypen te vertalen naar de situatie per ven ontstaat evenwel een zekere ruis, doordat informatie bij de classificatie verloren is gegaan.

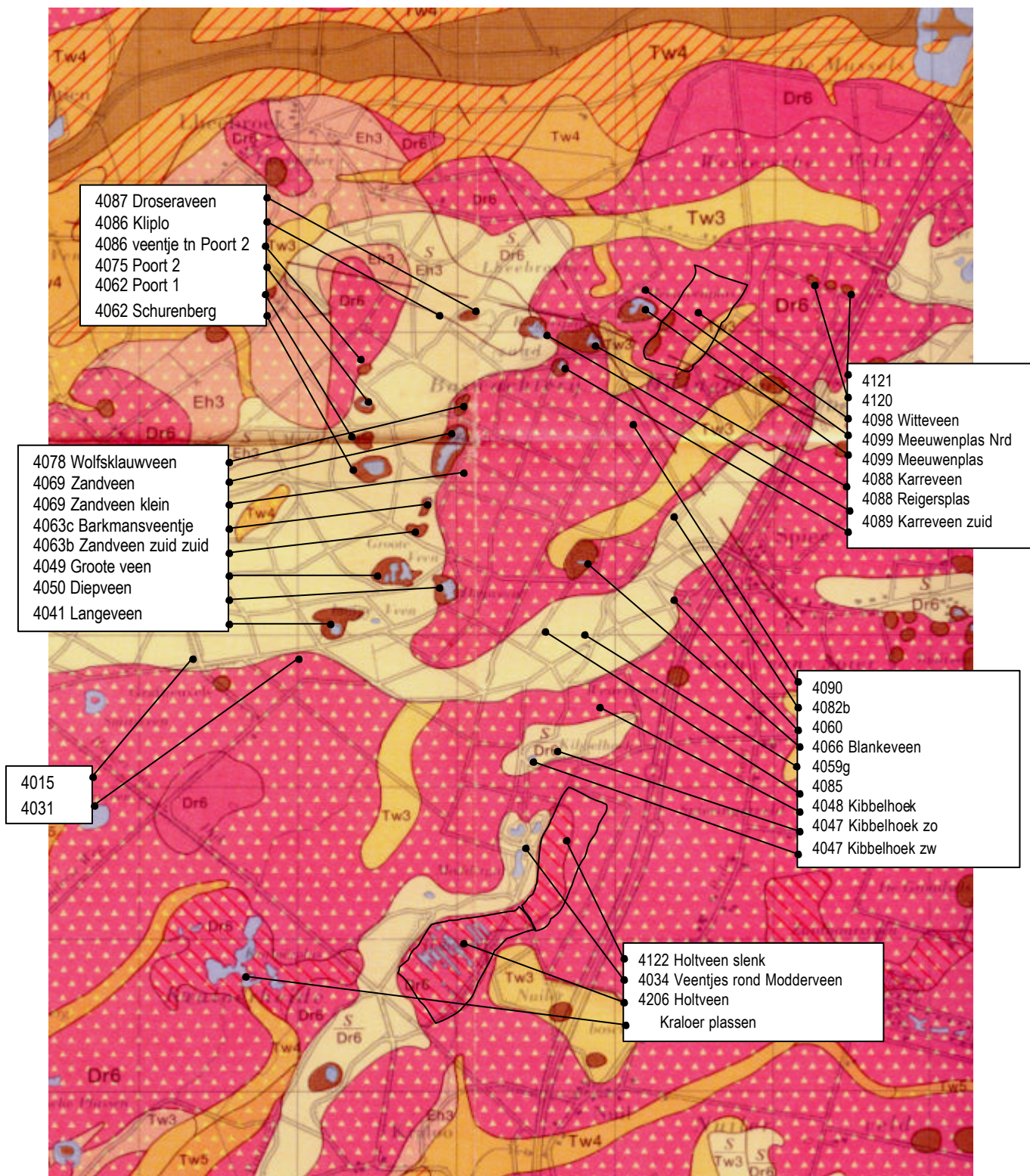
Op basis van de vegetatiekaarten is een inschatting gemaakt van het oppervlakteaandeel van de aanwezige lokale typen. Van de inventarisatie van 1958 is uiteraard alleen de presentie weergegeven. De betrouwbaarheid van de schatting van het oppervlakteaandeel loopt daarbij uiteen. De hoogste betrouwbaarheid heeft de schatting van het oppervlak van de inventarisatie van 2001, omdat oppervlaktes zijn berekend met GIS. Van de andere inventarisatiejaren waren op het moment van de verslaglegging geen GIS gegevens voorhanden. De oppervlakten zijn weliswaar systematisch maar op het oog geschat. Bij de kartering van 1988 was deels in het veld al een inschatting gemaakt van het oppervlakteaandeel, veelal van elementen van het complex binnen een kaartvlak. Bij de kartering van 1996 is deze schatting bij de complexen niet gedaan. De betrouwbaarheid van de gegevens van 1988 en 1996 is daardoor geringer dan die van de gegevens van 2001. De betrouwbaarheid van de kaart van 1982 is het meest gering omdat hier de gegevens zijn ontleend aan een generalisatie.

Met uitzondering van de inventarisatie van 1958 zijn de karteringen vrijwel gebiedsdekkend uitgevoerd. In 1996 en 1988 is het Holtveen niet gekarteerd, in 1996 zijn tevens enkele vennen langs de rand van de boswachterij nabij de Sterrenwacht buiten de kartering gebleven. De inventarisatie van 1958 is beperkt gebleven tot slechts een beperkt aantal, veelal de goed ontwikkelde veentjes.

Na de analyse is getracht de variatie in vegetatieontwikkeling van de afzonderlijke veentjes te ordenen op verwantschap. Dit heeft geleid tot een zestal hoofdgroepen van ontwikkelingstypen (tabel 5). Bij de ordening is zowel gelet op de uitgangssituatie als op de vegetatieontwikkeling die door de maatregelen in gang is gezet.

Tabel 5 Overzicht veentjestypen met verschillende ontwikkelingsreeksen

A	Sterk verdroogde hoogveentjes
A1a	Sterke vernatting door opzetten waterstand. Terugzetten naar open water met initiaal stadia. Eutrofiëring treedt op.
A1b	Vernatting door uitgraven en opzetten waterstand. Terug zetten naar open water met initiaal stadia. Eutrofiëring treedt op.
A1c	Lichte vernatting: terugzetten naar open water met initiaal stadia. Eutrofiëring treedt op.
A1d	Sterke vernatting door uitgraven. Terugzetting naar open water met initiaal stadia.
A2	Afgegraven of geplagd: (grotendeels) niet vernat.
A3	Geen maatregelen getroffen.
B	Veentjes met ogenschijnlijk spontane vernatting, door vernatting van de omgeving.
C	Licht tot matig verdroogde hoogveentjes
C1	Relatief sterk verdroogd hoogveentje, door vernatting teruggezet naar goed ontwikkelde initiaal fasen.
C2	Matig ontwikkeld hoogveentje door vernatting teruggezet naar initiaal fasen, alsmede aanzetten tot herstel van hoogveenbulten.
D	Goed ontwikkelde veentjes
D1	Goed ontwikkelde hoogveentje met open water: relatief grote waterstandverhoging. Toename initiaal fasen en afname latere fasen hoogveenbulten- en slenken.
D2a	Goed ontwikkelde hoogveentje met normale natuurlijke successie naar latere stadia van hoogveenontwikkeling: met vernattingmaatregelen.
D2b	Goed ontwikkelde hoogveentje met: normale natuurlijke successie naar latere fasen van hoogveenontwikkeling: zonder vernattingmaatregelen.
E	Veentjes voornamelijk met initiaal fasen van hoogveenverlanding: licht vernat.
F	Veentjes met voornamelijk open water: vernat.
G	Geëutrofieerde veentjes: vernat en/of uitgebaggerd.



Figuur 21 Ligging veentjes in de Boswachterij Dwingelo

Toelichting

Groep A omvat aanvankelijk sterk verdroogde hoogveentjes waarin hoogveenslenken en bultenvegetaties zeer beperkt aanwezig waren. De vernattingmaatregelen bij A1 hebben gemeen dat vrijwel altijd eutrofiëring optreedt na de vernatting. In groep A2 zijn in het veen plagmaatregelen uitgevoerd zonder dat aantoonbare vernatting heeft plaatsgevonden. Bij groep A3 is niets gebeurd.

Groep B zijn vrijwel geheel verdroogde veentjes die in de beschouwde periode natter zijn geworden. Opzetten van het grondwater in de omgeving ligt hieraan ten grondslag.

Groep C omvat een groep veentjes die minder extreem verdroogd waren en waarin nog initiaalstadia van hoogveenverlanding aanwezig waren voordat de vernattingmaatregelen werden getroffen. De onderverdeling wordt bepaald door mate van vernatting en daarmee samenhangende divergentie in vitale hoogveengroei.

Groep D omvat een grote groep van veentjes waarin in de uitgangssituatie al een goed ontwikkelde hoogveenreeks voorkwam. De onderverdeling vindt plaats op of wel of geen vernattingmaatregelen zijn getroffen, alsmede de mate van de vernatting.

Groep E zijn goed ontwikkelde veentjes, waarin initiële stadia van hoogveenverlanding overheersen. In deze veentjes zijn lichte vernattingmaatregelen getroffen.

Groep F bestaat uit veentjes met in de uitgangssituatie voornamelijk open water. Hierin zijn veelal de waterstanden opgezet. In deze groep is vrijwel geen successie opgetreden.

Groep G tenslotte omvat veentjes die in de uitgangssituatie sterk geëutrofiëerd zijn. Ze kenmerken zich door een vitale Pitrusvegetatie. De maatregelen, zowel vernatting als uitbaggeren, hebben niet geleid tot eliminatie van de eutrofe invloed, eerder tot versterking ervan en tevens niet tot herstel van hoogveengroei.

4.2 Evaluatie vegetatieveranderingen in de veentjes (1988-2001)

Als we alle ontwikkelingen in de veentjes van de boswachterij Dwingeloo overzien dan komt een aantal thema's naar voren. Allereerst wordt de reactie van de vegetatie op vernatting in belangrijker mate bepaald door de uitgangssituatie. Daarnaast is de mate waarin de waterstanden zijn opgezet van belang. Zo reageren sterk verdroogde hoogveentjes anders dan veentjes met een nog goed ontwikkelde hoogveenvegetatie. Bij extreme vernatting verdringt de vegetatie, terwijl een geringe vernatting kan leiden tot vitalisering van de gehele hoogveenreeks.

Mesotrofe elementen

In de periode tussen 1958 en begin jaren tachtig is de mesotrofe invloed in de veentjes van de boswachterij sterk achteruit gegaan. Drijvende egelskop is bijvoorbeeld in veel veentjes verdwenen, Malaxis en Gevlekte orchis zijn helemaal verdwenen. Mörzer Bruijns noemt in 1950 nog Malaxis in het Groote veen. Beijerinck vermeldt Gevlekte orchis voor de oorlog langs het Diepveen en bij het "Beenbreekveentje" langs de weg Spier-Lhee. In 1958 wordt langs het Lange veen nog melding gemaakt van deze soort. *Utricularia neglecta* is een andere mesotrofe soort die sinds 1958 is verdwenen uit het Groote Veen.

Er is een reeks van oorzaken voor de achteruitgang van deze mesotrofe elementen te noemen. De invloed van stuivend zand in de vennen is afgenomen, en depositie van

stikstof en zwavel is sinds de 50er jaren sterk toegenomen. Deze factoren hebben de verzuring en eutrofiëring versterkt. Maar het is ook zeer waarschijnlijk dat er een samenhang is met de uitvoering van de landinrichting in de aangrenzende beekdalen. De extreme waterstandsverlaging in de beekdalen heeft geleid tot een algehele waterstandverlaging in vrijwel het gehele Dwingelerveld. Bakker (1984) heeft aangetoond dat peilverlagingen in de beekdalen hebben geleid tot een verlenging van de periode met lage waterstanden in de zomer.

Recente vernattingsmaatregelen in sommige veentjes hebben echter geleid tot herstel van mesotrofe vegetaties. In het Diepveen, Karreveen en Lange veen zien we bijvoorbeeld Draadzegge toenemen.

Eutrofiëring

De sterke vernatting van de grotere, sterk verdroogde, hoogveencomplexen in de boswachterij gaat veelal gepaard met ernstige eutrofiëring. Voorbeelden hiervan zijn het Witteveen en het Holtveen. Hier lijkt een relatie met het gecreëerde open water. Tijdelijke meeuwenkolonies zijn hier mogelijk een bron van voedingsstoffen. Ook interne eutrofiering als bron van voedingsstoffen valt niet uit te sluiten. In het recentelijk uitgegraven Holtveen zijn door afgraven van de organische stof laag vrijwel alle nutriënten verwijderd. Toch ontwikkelen zich hier langs de randen uitgestrekte Pitrusvegetaties. Mogelijk zijn hier nog restanten van voedingsstoffen (met name fosfaten) aanwezig in de minerale ondergrond die door vernatting beter beschikbaar komen (vgl. Klooker, 1999). Veentje 4047 (Kibbelhoek zuidoost) is ook een voorbeeld waar door vernatting eutrofiëring optreedt, zonder dat vogels een rol spelen.

Deze voorbeelden maken duidelijk dat hoogveenherstel door middel van het scheppen van grote oppervlakten open water een risico inhoudt. Er zijn aanwijzingen dat interne eutrofiëring er door wordt gestimuleerd. Ook bestaat het risico dat open water vogels aantrekt die eveneens een sterke eutrofiëring kunnen veroorzaken.

Eutrofiëring treedt evenwel niet overal op. In sommige geëutrofiëerde venen zien we vaak een vitale ontwikkeling van initiaal stadia van hoogveenverlanding. Ook mag worden verwacht dat deze hoogveenontwikkeling op de lange termijn Pitrusvegetaties kan overgroeien. De vegetatieontwikkeling in de Meeuwenplas geeft dit duidelijk aan. Hier lijkt Pitrus de meststoffen in haar strooisellaag vast te houden en krijgt hoogveenontwikkeling weer een kans. Dit zijn evenwel processen van de lange termijn, waarbij zeker aan meerdere decennia moet worden gedacht. De ontwikkelingen in het Holtveen en in het Witteveen geven aan dat succesvolle regeneratie op grote schaal pas echt kan plaats vinden indien de negatieve effecten van ontwatering in de beekdalen en in het centraal gelegen landbouwgebied binnen het Dwingelerveld verder gereduceerd kunnen worden. Momenteel treden er in de grote vernattingsobjecten nog steeds te grote pijlfluctuaties op. Daar waar de geulensystemen extra grondwater toevoegen aan het Holtveen en het Witteveen zien we ook een betere hoogveen regeneratie.

Enkele voorbeelden geven ook aan dat plaggen van Pitrus-vegetaties om de eutrofiëringsinvloed terug te dringen, een geringe kans van slagen heeft. Waarschijnlijk kan beter de voorkeur worden gegeven aan maatregelen die hoogveengroei stimuleren. Op de zeer lange termijn is dan te verwachten dat de eutrofiëringinvloed verdwijnt.

Hoogveen herstel: afhankelijk uitgangssituatie en de mate van vernatting

In het algemeen hebben de vernattingmaatregelen een positieve invloed op de vitaliteit van de hoogveenvegetaties. Hoe de hoogveenvegetaties zich herstellen, is afhankelijk de uitgangssituatie en de mate waarin de standen werden opgezet. Er zijn een drietal mogelijkheden:

- Verdroogde hoogveentje met nog vitale initiaal stadia van de hoogveenverlanding en verdroogde droge bulten.
- Goed ontwikkelde veentjes met alle stadia van de hoogveenreeks.
- Veentjes met voornamelijk initiaal stadia van de hoogveenreeks.

Binnen de eerste groep maakt een vergelijking van vegetatieontwikkeling in de verschillende veentjes duidelijk dat de mate van vernatting bepaalt hoe de successie verloopt. Bij extreem opzetten van de waterstand worden de verdroogde hoogveenbulten geheel verdrongen, en wordt een uitgangssituatie met open water gecreëerd. De ontwikkeling in het Blankeveen geeft aan dat vanuit deze nieuwe uitgangssituatie een succesvolle ontwikkeling in gang wordt gezet, waarin na 20 jaar eerst immerse en later een vitale emerse slenkvegetatie is ontstaan en de eerste aanzetten naar slenkvegetaties met Witte snavelbies in gang is gezet. Bij minder sterke vernatting zien we een andere ontwikkeling. Alleen op de laagste delen van het veentje wordt eerst open water gecreëerd en ontwikkelen zich vitale initiaal stadia. De verdroogde hoogveenbulten verdrinken niet, maar worden vanuit de lagere delen door Waterveenmos gekoloniseerd. Zijn alle elementen van de hoogveenreeks nog enigszins aanwezig, dan zien we een veel snellere en vollediger regeneratie. De verdroogde hoogveenbulten worden snel door Waterveenmos gekoloniseerd en echte hoogveensoorten vestigen zich op de verdroogde bulten. Daarbij lijkt het dat een toegesneden verhoging eerder tot herstel van hoogveenbulten leidt dan grote peil verhogingen.

In het onderzoeksgebied komt een tiental veentjes voor met een van oorsprong goed ontwikkelde hoogveenreeks. Hier zijn de afgelopen twintig jaar veranderingen opgetreden die wijzen op een natuurlijke hoogveensuccessie. In de veentjes zijn, met uitzondering van het Diepveen, met terughoudendheid maatregelen getroffen die waarschijnlijk vooral tot een stabilisatie in het peilverloop hebben geleid. In het Diepveen heeft de relatief sterke vernatting geleid tot een terugzetting van de hoogveenontwikkeling waarbij zelfs goed ontwikkelde hoogveenbulten zijn verdrongen. In de andere veentjes met een reeds bestaande goed ontwikkelde hoogveenreeks, zijn de waterstandverhogingen veel minder extreem geweest (naar schatting maximaal ca 10 cm). Hier zien we in het algemeen een natuurlijke successie waarbij droge hoogveenbulten achteruitgaan ten gunste van vitale hoogveenbultengemeenschappen. De mate waarin dit is gebeurd loopt evenwel uiteen. In het ene veentje zien we een gunstige ontwikkeling waarbij bulten met Hoogveenmos ontstaan en droge bulten met Kraaiheide verdwijnen, terwijl in andere veentjes nog slechts kolonisatie van de droge bulten met Waterveenmos plaats vindt (bijv. in Karreeveen-zuid).

In het Wolfsklauwveentje ligt het accent meer op ontwikkeling van latere stadia in de successiereeks, dit in tegenstelling tot de ontwikkeling in Poort 1, waar de nadruk ligt op de ontwikkeling van initiaalstadia. Dit hangt waarschijnlijk samen met de uitgangssituatie. In het Wolfsklauwveentje is het aandeel randzone met Pijpenstrootje naar verhouding groter waardoor door de vernatting grotere delen ondiep zijn dan in Poort 1. Aan de andere kant is er ook een voorbeeld dat de vernatting nauwelijks heeft geleid tot een vitale successie.

Binnen de groepen B, C, D zijn de ontwikkelingen na de vernattingmaatregelen veelal succesvol geweest.

Open water, rem op de hoogveenontwikkeling

Ten slotte blijft er een groep van veentjes over die in de uitgangssituatie een belangrijk deel open water bezaten en de afgelopen 20 jaar vrijwel geen successie hebben gekend. Dit hangt waarschijnlijk samen met de dynamiek van het wateroppervlak onder invloed van de wind (Schaminée e.a. 1995). Voorstelbaar is dat de hoogveensuccessie daardoor vrij regelmatig wordt teruggezet.

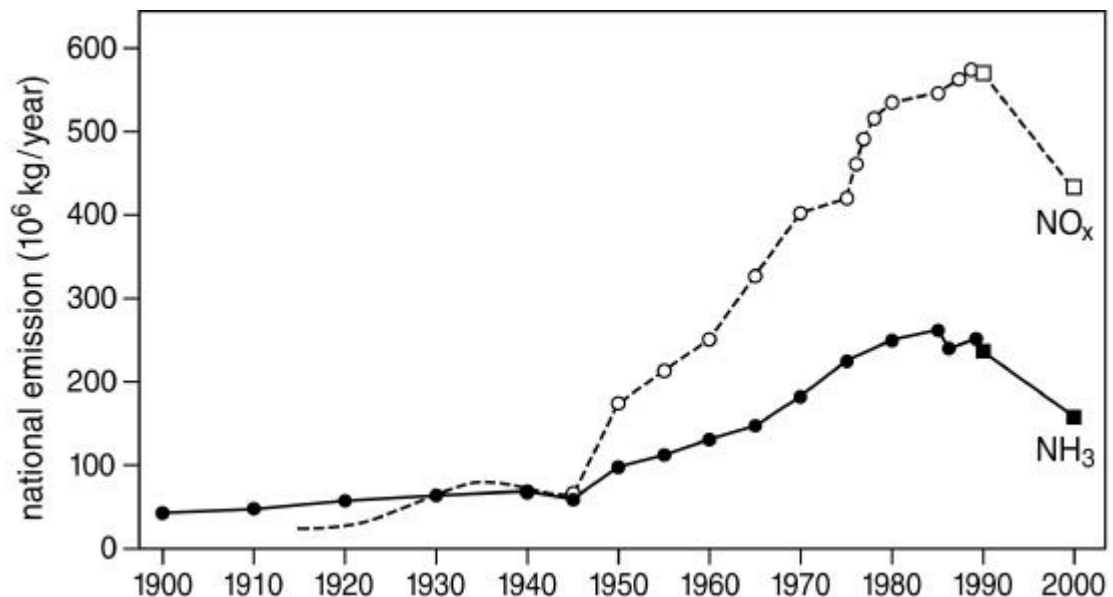
4.3 Veranderingen in waterkwaliteit (1967-2002)

In de jaren 1967-1968 heeft G.J. Baaijens de waterkwaliteit geanalyseerd in tal van veentjes waar de hoogveenontwikkeling voorspoedig verliep. De veentjes zijn niet alleen gelegen in het Dwingelerveld (Poort 2, Grote Veen, Lange Veen, Blanke Veen,

Benderseweg, Barkman's veen en Droseraveen) maar ook elders (Meerstalblok, Echtenerzand, Noodsveen en Duseniveen bij Diever en het Reeëveen bij Wijster). Mede vanwege de veranderingen in de depositie van verschillende nutriënten en mineralen sinds de jaren '60 is deze bemonsteringsronde (deels) herhaald om eventuele veranderingen in de watersamenstelling van deze veentjes te achterhalen. Naast de pH, zijn destijds de ionen Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ en Si^{2+} geanalyseerd. Een vergelijking kan daarom alleen van deze ionen worden gemaakt. Hierbij moet worden aangemerkt dat bicarbonaat en silicium slechts in een beperkt aantal monsters zijn geanalyseerd, waardoor een betrouwbare vergelijking wordt bemoeilijkt. Deze ionen zullen in de vergelijking dan ook achterwege blijven.

Stikstofdepositie

Met de opkomst van de intensieve landbouw nam de stikstofemissie naar het milieu drastisch toe. Diverse maatregelen tot beperking van deze emissie hebben geleid tot een landelijke daling in stikstof depositie sinds eind jaren '80. Figuur 22 geeft een duidelijk beeld van de landelijke ontwikkelingen in stikstofdepositie. Om een duidelijk beeld te krijgen van de totale stikstofdepositie moeten de waarden uit figuur 22 van NO_x en NH_3 bij elkaar opgeteld worden. In het zure milieu van hoogveen systemen wordt bijna alle aanwezige stikstof omgezet in ammonium (NH_4^+). Uit de grafiek blijkt dat de stikstofdepositie momenteel weer ongeveer op hetzelfde niveau zit als in de jaren zestig van de vorige eeuw.



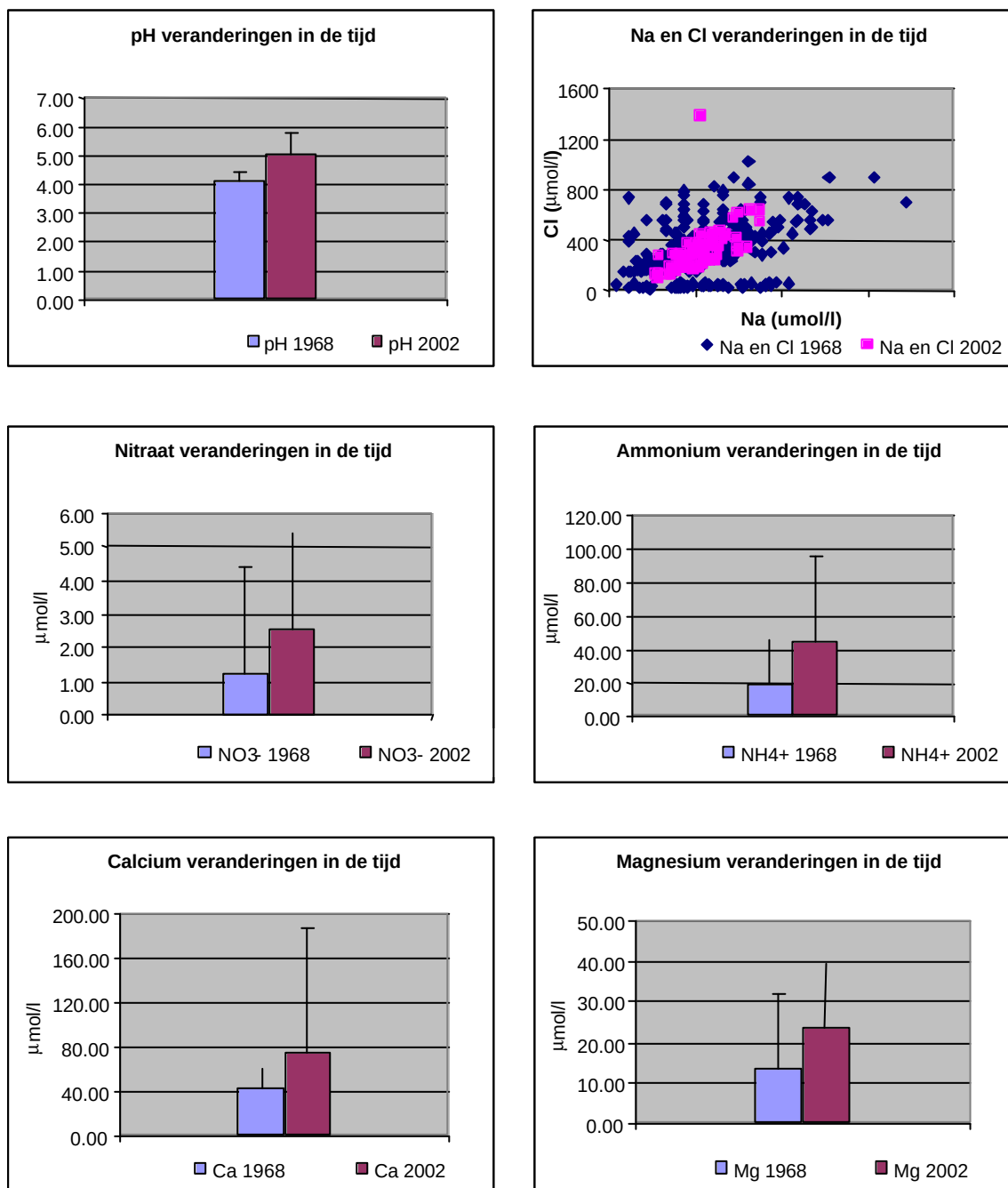
Figuur 22 Veranderingen in atmosferische stikstofdepositie van NO_x en NH_3 in Nederland (cirkels, Stuyfzand 1993). De gegevens zijn uitgebreid met waarden van 1990 en 2000 (vierkanten, RIVM 2001). Uit: Adema, 2002.

Veranderingen in enkele ionen

Van de verschillende geanalyseerde ionen zijn gemiddelde waarden en standaarddeviaties berekend. De belangrijkste waarden staan in figuur 23. De gevonden verschillen zijn niet toe te schrijven aan enkele van de venen of aan bepaalde monsterplaatsen. Uit analyse blijkt dat alle monsterplaatsen (bijvoorbeeld in open water of juist tussen de *Sphagnum magellanicum*) dezelfde trend laten zien. Ook laten systemen als het Meerstalblok een zelfde trend zien als de systemen binnen het Dwingelerveld.

De veranderingen zijn duidelijk: de pH is gemiddeld bijna een hele punt toegenomen. Ammonium waarden zijn ongeveer verdubbeld. De waarden van nitraat zijn erg laag en de verschillen zijn, vanwege de grote spreiding, statistisch gelijk. Natrium en chloride concentraties zijn gelijk gebleven, maar calcium en magnesium laten een

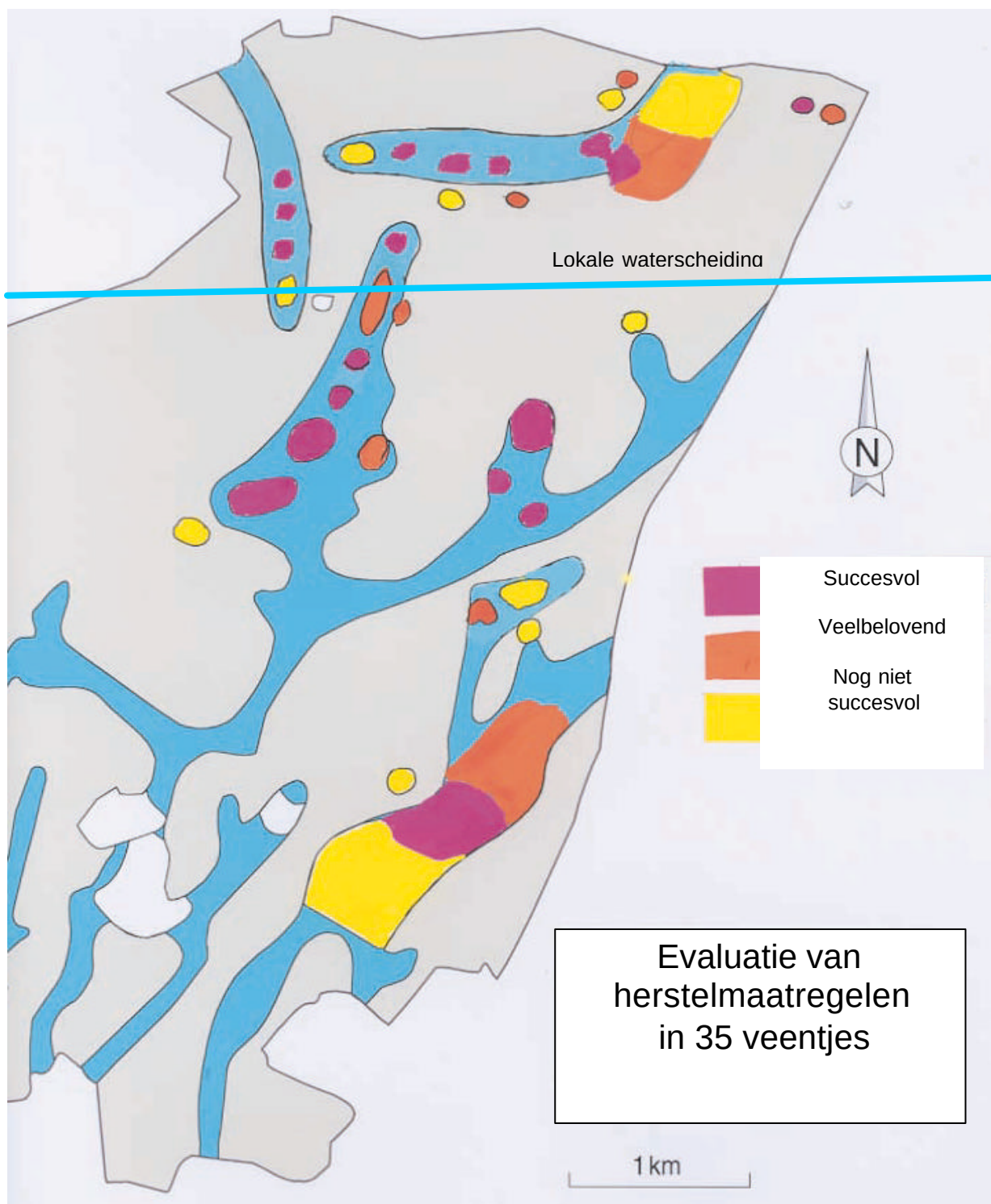
duidelijke stijging zien. De toename in Ammonium is opmerkelijk. Het landelijke beeld laat zien dat de stikstofdepositie recentelijk weer afneemt (Fig. 22) tot een niveau dat vergelijkbaar is met het niveau in 1968. Maar in de Drentse veentjes zijn de ammoniumwaarden in 2002 nog tweemaal zo hoog dan in 1986. Blijkbaar zegt de landelijke depositie onvoldoende over de lokale situatie. Het is zeer wel denkbaar dat de stikstofdepositie in de gebieden waar deze venen gelegen zijn juist is toegenomen sinds 1968. Meer gedetailleerde informatie over de stikstofdepositie is hier noodzakelijk om een duidelijk beeld te verschaffen.



Figuur 23: Verschillen in watersamenstelling van veentjes gemeten in 1967/68 en 2002

De verhoogde waarden in calcium en magnesium, alsmede de hogere pH's in 2002, wijzen op een grotere invloed van water dat in contact geweest is met de minerale bodem. Deze toegenomen invloed kan waarschijnlijk volledig worden toegeschreven aan de vernattingsmaatregelen rondom de veentjes, die lokale hydrologische

systemen hebben versterkt. Hierdoor kan meer water over ondoorlatende lagen afstromen naar de veentjes en kan het water ook dieper in de bodemlagen doordringen. De vernatting heeft dus zeer waarschijnlijk gezorgd voor een grotere differentiatie in water typen.



Figuur 24 Evaluatie van de herstelmaatregelen in 35 veentjes in het oostelijk deel van het Dwingelerveld. Het al dan niet succesvol zijn van de maatregelen is gebaseerd op de vegetatieontwikkeling tussen 1988 en 2002.

4.4 Evaluatie herstelmaatregelen in 35 veentjes

Op basis van de bovengenoemde vegetatieanalyse over de periode 1988-2001 hebben we de vegetatieontwikkelingen in 35 veentjes in drie grove categorieën ingedeeld (Fig. 24):

- Succesvol: goed hoogveenontwikkeling
- Veelbelovend: er zijn duidelijk ontwikkelingen naar een hoogveenontwikkeling waarneembaar,
- Nog niet succesvol, de vegetatie ontwikkeld zich nog niet duidelijk in de richting van een karakteristieke hoogveenvegetatie.

Bij succesvolle projecten heeft zich na maatregelen een ontwikkeling voorgedaan waarbij we zien dat vernatting aanvankelijk leidt tot uitbreiding van immerse stadia van de hoogveenverlanding. Later ontstaan vitale emerse stadia, onder andere met Witte Snavelbies. Soms zijn eerste aanzetten tot vorming van hoogveenbulten te zien. Tot de succesvolle projecten worden ook een tiental veentjes gerekend met een van oorsprong redelijk goed ontwikkelde hoogveen reeks die positief reageerden op verdere vernattingsmaatregelen.

Bij veelbelovende projecten zien we dat na vernatting de verdrogingsindicatoren afnemen en dat zich veenmostapijten gaan ontwikkelen. Ook kan een aanvankelijke dominantie van Pitrus worden doorbroken door een vitale veenmosgroei.

Bij de nog niet succesvolle projecten heeft zich in de onderzoeksperiode nog nauwelijks een successie naar een hoogveenvegetatie voorgedaan zoals in veentjes met veel open water of in veentjes met een dominante ontwikkeling van pitrus.

De uitkomsten van deze evaluatie van herstelprojecten staan weergegeven in figuur 24. Er blijkt een vrij duidelijke relatie aanwezig te zijn tussen de mate van succes van de herstelmaatregelen en de ligging van de veentjes ten opzichte van de geulen. De veentjes die in de geul liggen en stroomafwaarts van het hoogste waterniveau in de geul, doen het veelal beter dan de veentjes die naast de geul of op het hoogste punt in de geul liggen. Dit suggereert dat successie mede samenhangt met toe of doorstroming van freatisch water door deze veentjes, dus toevoer van koolzuurrijk grondwater. Ook hebben veentjes naast de geul waarschijnlijk grotere waterschommelingen te verduren dan veentjes die midden in de geul liggen. Sterk wisselende waterstanden zijn ongunstig voor hoogveenvorming.

5 Eindevaluatie en aanbevelingen

- Het Nationaal Park Dwingelerveld zou naar het Oosten uitgebreid moeten worden, waar het hydrologische systeem van het Dwingelerveld een natuurlijke begrenzing heeft.
- De snelle hoogveenontwikkeling in veel veentjes in het Dwingelerveld is grotendeels te danken aan het nog bestaan van oude gliedelagen en inspoelingshorizonten in en om de veentjes.
- De aanwezigheid van waterstroming over de oude organische lagen lijkt tevens van belang te zijn voor de veenmosgroei in de regeneratieprojecten.
- Het is van belang voor het herstel van de hoogvenen om het watertransport over deze lagen weer op gang te brengen, ook waar deze nu niet meer functioneert.
- Het opzetten van de waterpeilen om de veentjes heen lijkt een effectievere maatregelen voor hoogveenherstel dan vernatting in de veentjes zelf
- Op plaatsen waar zich bos bevindt boven oude B-horizonten met gliedelagen, zou dit gekapt moeten worden om het hydrologisch contact tussen de veentjes te bevorderen
- Paden die zich op de oude organische lagen bevinden zouden op termijn moeten worden weggehaald.
- Begrazing door koeien zou in het Groot Koelevaartsveen verhinderd moeten worden, omdat het beschadigen van de bodem een natuurlijk herstel van de gliedelaag verhindert.
- Niet plaggen in de randen van de veentjes, omdat wellicht de uitbreiding van de weerstandsbiedende laag wordt tegengegaan.

6 Literatuur

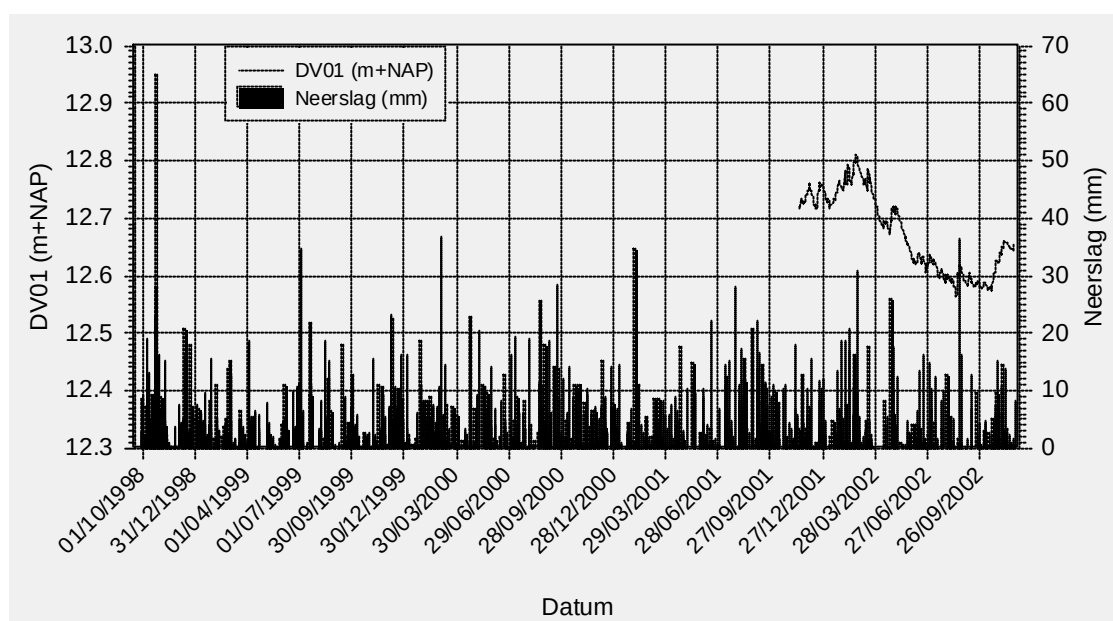
- Adema, E.B., 2002.** Alternative Stable States in Dune slack Succession; proefschrift Ru Groningen
- Andrus, R.E., 1986.** Some aspects of Sphagnum ecology. Canadian Journal of Botany, Vol. 64: 416-426.
- Anonymus, 2000.** Lijst van OBN projecten 1997-2000. SBB-Assen
- Arts, G.H.P., 1994.** Manspoel, Holtveen en Booi's Veentie. Inventarisatie van de vegetatie in drie vennen in Drenthe.
- Baaijens, G.J., 1970.** Oppervlaktewater in Drenthe : vroeger en nu.. Mededelingen Biologisch Station Wijster nr 159.
- Baaijens, G.J., 1987.** Effecten van ontwateringswerken in de ruilverkaveling Ruinerwold-Koekange. RIN-rapport 87/11. Leersum.
- Baaijens, G.J., 1988.** Het landgoed Hackfort – opties voor het natuurbeheer. Ms; RIN, Leersum. Zie ook: K.R. de Poel (1992): Hackfort: een onderzoek naar vormen van aangepaste landbouw in een zandgebied. COAL-publ. Nr. 53. Staringcentrum, Wageningen.
- Baaijens, G.J., 1992.** Types of heath pools and their origin. In Barkman 1992.
- Bakker, T.W.M., 1984.** Het Dwingelderveld; Geohydrologie. Rapport SBB, Lab. Voor Plantenoecologie, Haren.
- Bakker, T.W.M., I.I.Y. Castel, F.H. Everts & N.P.J. de Vries, 1986.** Het Dwingelderveld, een Drents heidelandschap. Landschapsstudies 8. Pudoc, Wageningen. 198 pp.
- Barkman, J.J., 1992.** Plant communities and synecology of bogs and heath pools in The Netherlands. In: Verhoeven, J.T.H. (ed). Fens and bogs in the Netherlands pp 173-235. Dordrecht.
- Barkman, J.J. & E.E. v.d. Voo, 1962.** Veentjes Poort 2, Inventarisatie NWA-SBB Assen
- Clymo, R.S. & Hayward, M., 1982.** The ecology of Sphagnum – In: Smith, A.J.E. (ed.): Bryophyte ecology. Chapman & Hall, London – New York: 229-289.
- De Heer, E & G.K. Brouwer, 1995.** De landelijke hydrologische systeemanalyse deelrapport 5: Deelgebied Noord-Nederland. Delft. Onderscheiden systeem van de Dwingeloosche heide en het Hollandse Veld.
- De Roo, H.C., 1952.** Over de oppervlakte-geologie van het Drentse plateau. Boor en Spade 5:102-118
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries, 1988.** Inventarisatie van natuurterreinen in de boswachterij Smilde en Dwingeloo, juli 1988., 91 pp.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries m.m.v. G.J. Baaijens, 1984.** Het Dwingelderveld. Vegetatie. Laag landbekenrapport no. 8. SBB/NM/RUG. 237 pp.
- Everts F.H., D.P. Pranger & N.P.J. de Vries, 1990.** Vegetatiekartering van natuurterreinen in de Boswachterij Appelscha, Ruinen en Gees. Rapport 90/5, Bureau Everts & De Vries/SBB, Groningen/Utrecht.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries, 1991.** De vegetatieontwikkeling van beekdalsystemen. Een landschapsoecologische studie van enkele Drentse beekdalen. (Proefschrift). Historische uitgeverij Groningen.
- Everts F.H., P.S. Hartog, D.P. Pranger & N.P.J. de Vries, 1991.** Vegetatiekartering van natuurterreinen in de Boswachterij Schoonloo, Grollo en Gieten. Rapport 91/3, Bureau Everts & De Vries-Groningen/SBB-Driebergen.
- Gaudig, G., 2001** Sphagnum als nachwachsender Rohstoff; Stand der Forschungen. Rapport Universiteit van Greifswald.
- Glas, P., (1958)** Schurenbergven. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Glas, P., (1958)** Natheciümveentje. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Glas, P., (1958)** Het Karreveen. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Glas, P., (1958)** Lange veen. Inventarisatie NWA-SBB-Assen

- Glas, P., (1958)** Groote veen. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Glas, P., (1958)** Kliplo-ven. Inventarisatie NWA-SBB-Assen.
- Glas, P., (1958)** Het Modderveen. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Glas, P., (1958)** Drosera veen. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Grootjans, A.P. & R. Van Diggelen, 1998.** Selected restoration objects in The Netherlands and NW Germany; a field guide. Laboratorium voor Plantenoecologie, Haren.
- IWACO, 1999.** Hydro-ecologisch modelonderzoek Nationaal Park Dwingelderveld. Eindrapportage fase 1 en 2, 8 november 1999.
- Klötzli, F., 1999.** On the birth of raised bogs. Pp. 24-28. In: Maltby, E. and L. Macleant (eds). peatlands under pressure. RHIER, University of London.
- Lamers, L.P.M, C.Farhoush, J. van Groenendael & J.G.M. Roelofs, 1999.** Calcareous groundwater raised bogs; the concept of ombrotrophy revisited. J. Ecol. 87:n 639-648.
- Lorié, J., (1922):** Hoe ontstonden de vennen van Oisterwijk? In: Ver. tot Beh. van Natuurmonumenten in Nederland. 1918-1922. Verslagen der Algemeene Vergaderingen benevens bijdragen over terreinen der vereeniging en over natuurbescherming, p. 73-81. Amsterdam.
- Oude Munnink, J.M.E., 1985.** Geohydrochemisch onderzoek Zuidwest-Drenthe. Rapport Prov. Waterstaat Drenthe. Assen
- Ponomareva, V.V., 1969.** Theory of Podzolization. IPST press. Jeruzalem
- Maarleveld, G.C. & R.P.H.P. van der Schans, 1961.** De dekzandmorfologie van de Gelderse Vallei. TKNAG 78,1:22-34.
- Mörzer Bruijns, M.F., (1950)** Excursie-rapport. Bezoek reservaten Boswachterij Dwingelo. Nov. 1950. Inventarisatie NWA-SBB Assen
- N.V. Waterleidingmaatschappij Groningen, 1988.** De Invloed van de grondwaterwinning door pompstation "Ir. A. Polstra" te Sellingen op de waterhuishoudkundige situatie in het winningsgebied.
- Schelling J., 1955.** Stuifzandgronden, uitg. versl. Bosbouwproefstation TNO, Band 2, verslag nr. 1, Wageningen
- Smolders A.J.P., Tomassen H.B.M., Pijnappel H.W., Lamers L.P.M. & Roelofs J.G.M., 2001.** Substrate-derived CO₂ is important in the development op Sphagnum spp. New Phytologist (2001) 152: 325-332.
- STIBOKA, 1986.** Bodemkundig en bodemfysisch onderzoek naar de invloed van grondwaterstandsverlaging op de wegzijging van water uit vennen nabij Sellingen. Rapport nr. 1859.
- Timmerman, T., 1999.** Sphagnum-Moore in Nordostbrandenburg: Stratigraphisch-hydrodynamische Typisierung und Vegetationswandel seit 1923. Dissertationes Botanicae Band 30.
- Van Belle, J. 2000.** Temperatuur gestuurde waterbeweging in de acrotelm van hoogveentjes. Doctoraalverslag Lab. Voor Plantenoecologie, Haren.
- Van Dam, H. & G.H.P. Art, 1993.** Ecologische veranderingen in Drentse vennen sinds 1900 door menselijke beïnvloeding en beheer. In opdracht van Provincie Drenthe en Zuiveringsschap Drenthe.
- Van Dieren, J.W., 1934** Organogene Dünenbildung. Den Haag.
- Von Frijtag Drabbe, C.A.J., 1972.** Aerial photograph and photo interpretation. Vol. II: A photostudy of the worlds erosion by water. Delft.
- Von Frijtag Drabbe, C.A.J., 1972:** Luchtfotografie – wat slechts weinig ogen zagen... Den Haag
- Van Giffen, A. E., 1941.** De tijd van vorming van heidepodsolprofielen aan de hand van archaeologische waarnemingen. Pp. 12-23 in: Besprekingen over het heidepodsolprofiel gehouden op de bijeenkomst der sectie Nederland van de Intern. Bodemkundige Vereeniging op 18 en 19 april 1941. Groningen.
- Van Leeuwen, R., (1997).** Vegetatieontwikkeling in de natuurterreinen van de boswachterij Dwingeloo. SBB Regio Drenthe-Zuid.
- Van Loon, W.E., 1950.** Glacigene ruggen in het Drouwenerveld, Drenthe. In: D. de Waard (red.): Sporen der IJstijd, p. 64-70. Zutphen.
- Van der Schaaf, S. (2002).** Waterkwantiteit. In: H. Tomassen en A. Smolders (Eds.), Onderzoek herstel en beheer van Nederlandse Hoogvenen. Eindrapportage 1998-2001. Rapp. EC-LNV 2002/139:123-134.

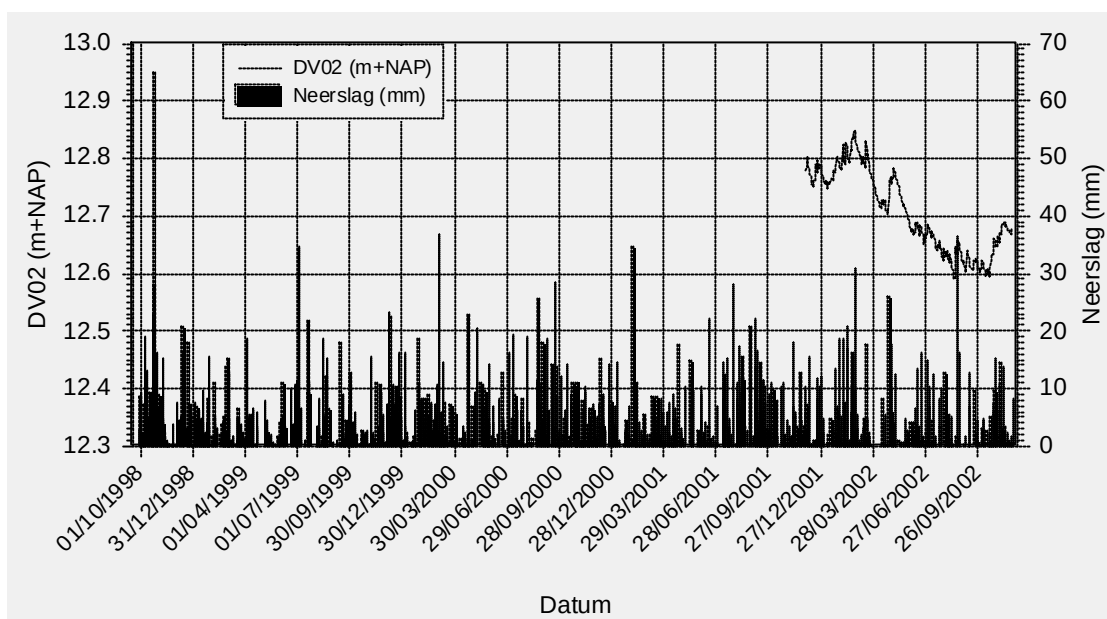
- Van der Voo, E.E., (1958).** Meeuwenplas bij het Lheebroekerzand. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Van der Voo, E.E., (1958).** Diepenveen. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Van der Voo, E.E., (1958).** Zandveen. Inventarisatie NWA-SBB-Assen
- Van Wirdum, G., 1991.** Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Datawyse, Maastricht.
- Waterbolk, H.T., 1954.** De praehistorische mens en zijn milieu. Proefschrift RU Groningen.
- Waterbolk, H.T., 1968.** Food production in prehistoric Europe. Science 162: 1093-1102.
- Winkelaar, F., 1949.** De beschikbare geologische gegevens en de geomorphologie van het Vlodrop-Herkenbosch gebied. In: Med.geol.St. serie C-I-3- no. 1:32-45.

Appendix 1 Waterstandsverloop in zeven meetpunten (4 veentjes)

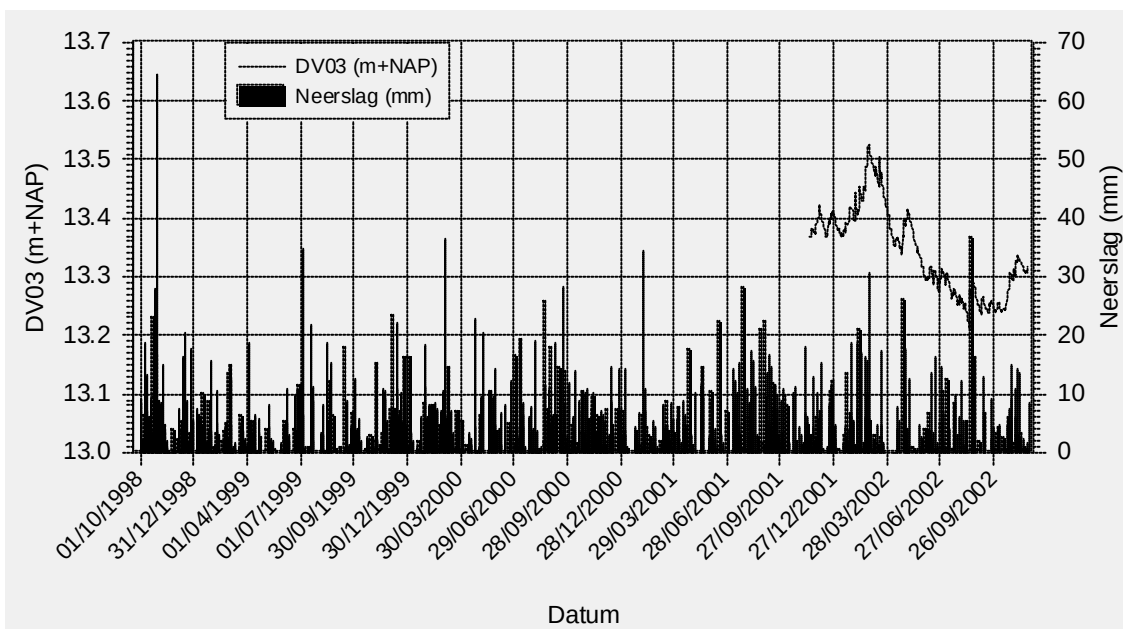
In elke figuur staat het neerslagverloop aangegeven in rood, het waterstandsverloop staat weergegeven in rood. De ligging van de meetpunten staan aangegeven in figuur 15.



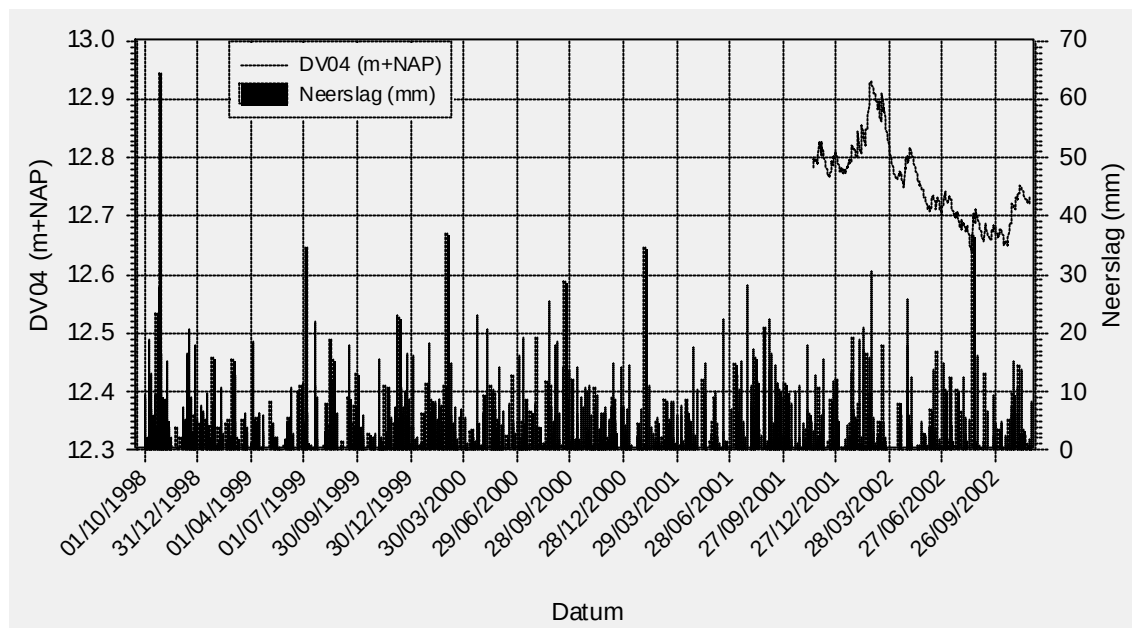
Figuur 25a Waterstandsverloop in Lange Veen zuid (meetpunt DV01) op basis van geregistreerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip.



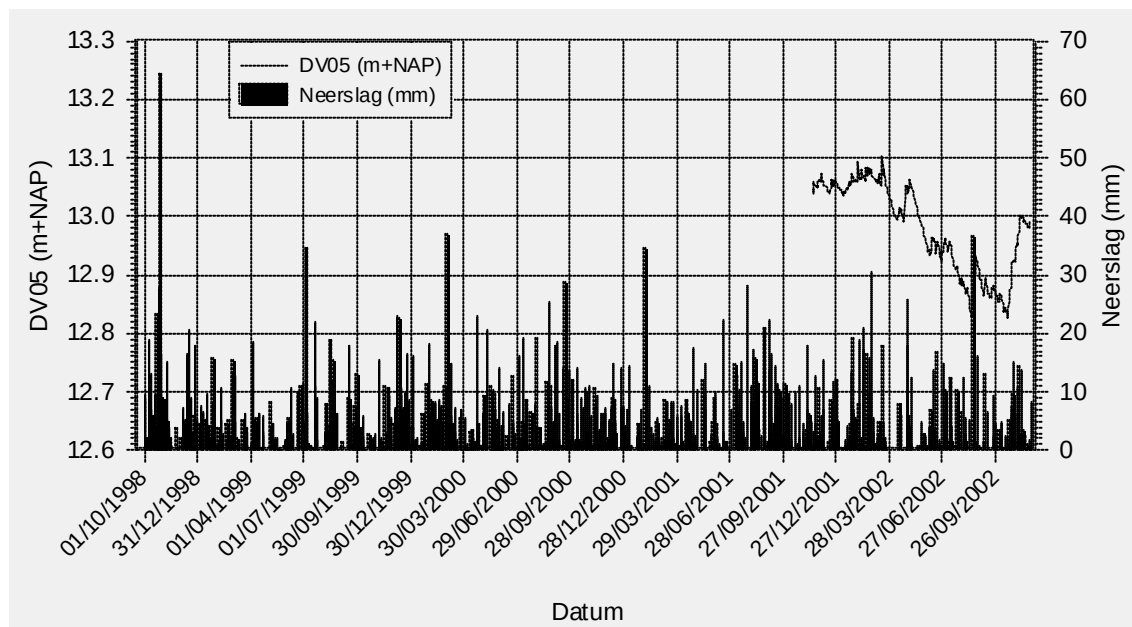
Figuur 25b Waterstandsverloop in het Lange Veen (meetpunt DV02) op basis van geregistreeerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip.



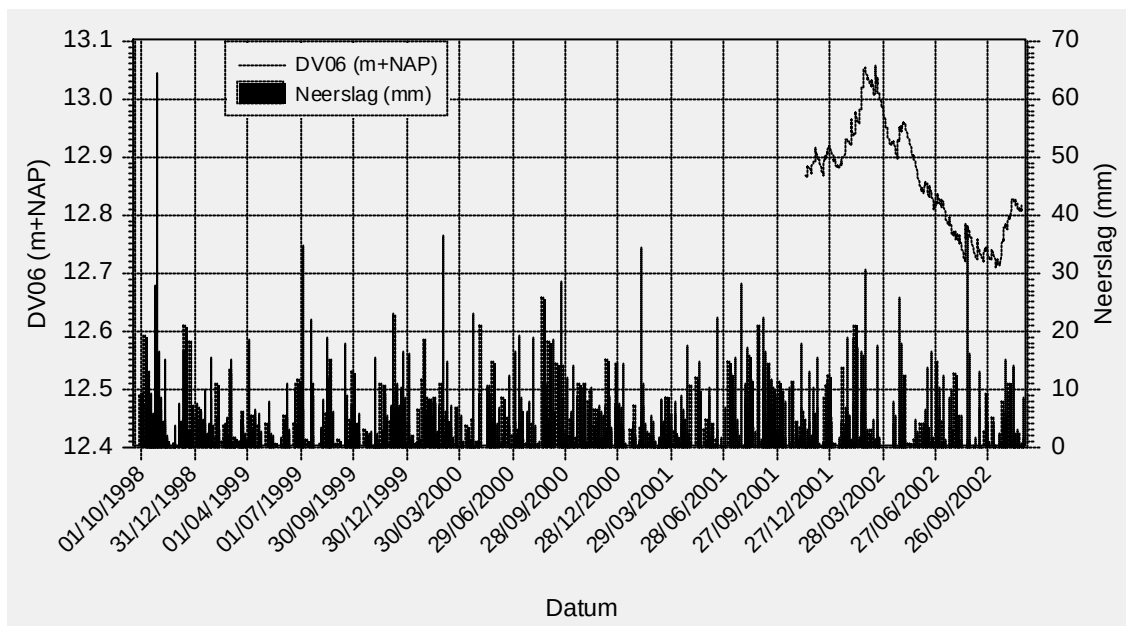
Figuur 25c Waterstandsverloop in het Groote Veen (meetpunt DV03) op basis van geregistreeerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip.



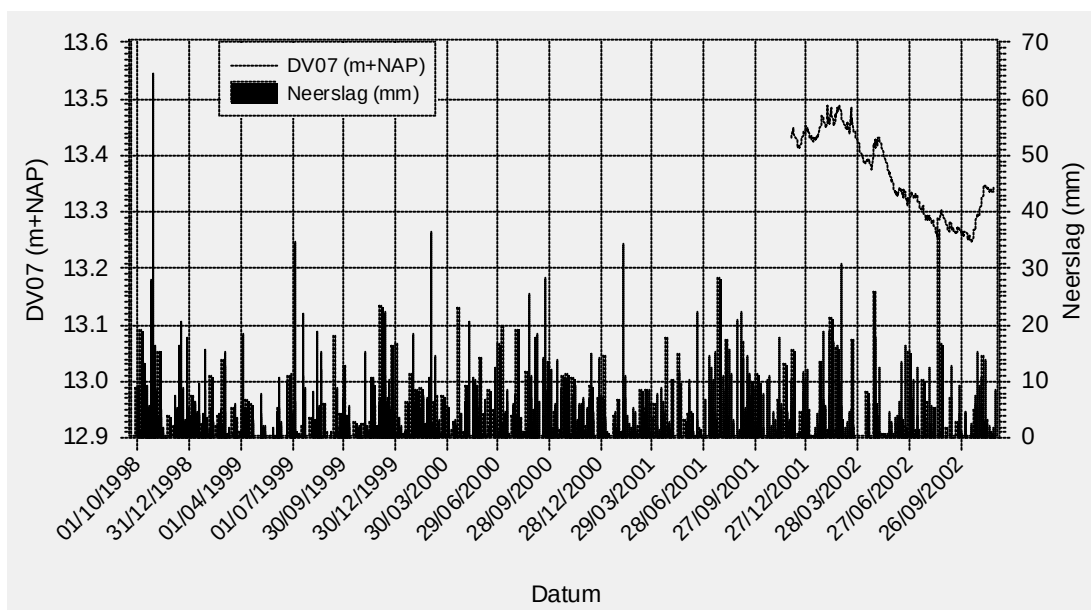
Figuur 25d Waterstandsverloop in het Grootte Veen noord (meetpunt DV04) op basis van geregistreeerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip.



Figuur 25^e Waterstandsverloop in het Barkman's veen (meetpunt DV05) op basis van geregistreeerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip.



Figuur 25f Waterstandsverloop in het Zandveen (meetpunt DV06) op basis van geregistreeerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip.



Figuur 25g Waterstandsverloop in het Diepveen (meetpunt DV07) op basis van geregistreeerde standen om 8:00 uur UTC met dagneerslagen, gesommeerd voor hetzelfde tijdstip

Tabel 6 Registrerende meetlocaties in het Dwingelerveld

Locatie	Code	Soort meting	Begindatum	Einddatum
Bolleveen	HBV1	Waterstand	12-10-1998	26-11-2002
Bolleveen	HBN1	Neerslag	12-10-1998	03-05-2002
Reigersplas	RPV2	Waterstand	18-11-1998	26-11-2002
Lange Veen zuid	DV01	Waterstand	19-11-2001	26-11-2002
Lange Veen	DV02	Waterstand	03-12-2001	26-11-2002
Groote Veen	DV03	Waterstand	19-11-2001	26-11-2002
Groote Veen	DN03	Neerslag	03-05-2002	26-11-2002
Diepveen	DV07	Waterstand	03-12-2001	26-11-2002
Groote Veen noord	DV04	Waterstand	19-11-2001	26-11-2002
Barkman's Veen	DV05	Waterstand	19-11-2001	26-11-2002
Zandveen	DV06	Waterstand	19-11-2001	26-11-2002

Appendix 2 Topografische kaart van het Dwingelerveldsysteem (1902) met vermoedelijke stromingsstelsels

