

52 APR 1976

De invloed van grondwaterstandsdeling op de vegetatie in natuurgebieden



Ab Grootjans

De invloed van grondwaterstands­daling op de vegetatie
in natuurgebieden

Een literatuurstudie verricht in het kader van de streek-
planvoorbereiding voor Oost- en Zuidoost-Drenthe

door AB GROOTJANS

Rapport Provinciale Planologische Dienst van Drenthe
September 1975

I N H O U D

	Blz.
Voorwoord	1
1. Inleiding en verantwoording.	3
2. Grondwaterstandsdeling: de afbakening van een probleem	7
1. Oorzaken van grondwaterstandsdelingen	7
1. Ontginning van heidevelden en veengebieden	7
2. Verlaging grondwaterpeil ten behoeve van de landbouw	7
3. Waterwinning	9
2. Gesignaleerde nadelen van grondwaterstandsdeling	9
1. Algemeen	9
2. De bodemgesteldheid in landbouwgebieden	10
3. De waterwinning	10
4. Het natuurlijk milieu	10
3. Zorgen voor de huidige ontwikkelingen	11
3. De waterhuishouding	13
4. Enige voorbeelden van veranderingen in flora en vegetatie door wijzigingen in de waterhuishouding	20
1. Het Groote Meer bij Ossendrecht	20
2. Meren in Zuid-Zweden	21
3. Infiltratie in de duinen bij Zandvoort	24
4. Een parallelkanaal bij Braunschweig	24
5. De Dove Elbe bij Hamburg	26
6. C.R.M.-reservaat de Reitma bij Elp	27
7. Andere voorbeelden	28
5. De invloed van het grondwater op de stikstofkringloop	29
1. De stikstofkringloop	29
2. Enkele experimentele studies over mineralisatie en denitrificatie	31
3. Het meten van stikstof in het veld	32
4. Het seizoenritme in de stikstofhuishouding	33
5. Enkele studies aan stikstofarme en stikstofrijke vegetaties	36
1. Vochtige hooilanden	36
2. Schrale hooilanden	38
3. Veranderingen in een rietvegetatie	38
4. Verdere literatuur	40
6. Samenvatting	40

	Blz.
6. De invloed van het grondwater op de fosforkringloop	41
1. De fosforkringloop	41
2. Oplosbaarheid en mineralisatie van fosfaten	41
3. Enkele voorbeelden van wijzigingen in de fosforhuishouding in natuurgebieden	43
4. Samenvatting	44
7. Korte samenvatting van een onderzoek van Klötzli (1969)	45
8. Vegetatie en grondwaterstand	46
1. Schommelingen in de grondwaterstand in enkele halfnatuurlijke vegetaties	46
2. Aanpassing en concurrentie bij verlaging van de grondwaterstand	50
3. Gevolgen van ontwatering in hoogveengebieden en natte heidevelden	52
4. Voorlopige conclusies	54
9. Enige structuuroecologische principes in relatie tot de grondwaterstand	55
1. Het organisme en zijn milieu	55
2. Ruimtelijke en temporele variatie, patroon en proces	55
3. De relatie-theorie van Van Leeuwen	56
4. Successie en climax	57
5. Natuurterreinen en landbouwgebieden	58
1. Indeling van natuurterreinen	58
2. De situatie in landbouwgebieden	59
3. De situatie in natuurterreinen	60
10. Suggesties voor verder onderzoek	61
1. Algemeen	61
2. Onderzoek aan oecosystemen vanuit onderzoeksinstituten	61
3. Het vervolgen van ingrepen	62
4. Inventarisatie van kwetsbare gebieden aan de hand van indicatorsoorten	63
11. Samenvatting en conclusies	65
12. Literatuur	68

Bijlage I : lijst van bedreigde natuurgebieden in Drenthe

Bijlage II : Stellingen op het Colloquium "Grondwaterbeheer en vegetatie" (bijeenkomst op het Rijksinstituut voor Natuurbeheer op 11 april 1975)

Bijlage III: (eventueel) Onderzoeksverslag van Klötzli (1969)

VOORWOORD

De laatste jaren valt een toenemende zorg te constateren over de steeds verder voortschrijdende nivellering van het natuurlijk milieu. Het streven o.m. bij ruilverkavelingen, om overal voor de landbouw dezelfde mogelijkheden te scheppen, is daar in belangrijke mate debet aan. In historische tijd was de mens gedwongen zijn landbouwmethoden aan te passen aan de natuurlijke mogelijkheden. Door het langdurig toepassen van steeds dezelfde technieken kreeg de "natuur" (planten en dieren samenlevend in zgn. eco-systemen) de kans zich aan te passen aan de menselijke invloeden. Tegenwoordig zien we in de landbouw steeds weer andere machines verschijnen, nieuwe bewerkingsmethoden van de grond en nieuwe gewassen. De natuur kan deze veranderingen niet zo snel volgen en bovendien wordt overal hetzelfde gedaan, zodat ook de ruimtelijke variatie verloren gaat.

Een belangrijk deel van deze nivellering van het natuurlijk milieu kan worden toegeschreven aan vergaande ontwatering. Door de vele keileem in de ondergrond was Drenthe vanouds een natte provincie. De Drentse beken dankten hun ontstaan aan het feit, dat het water slecht vertikaal wegzakte en dus vooral oppervlakkig moest afstromen. Bij overvloedige regenval in de winter stonden vroeger grote delen van de stroomdalen onder water. Was dit voor de boeren niet zo prettig, voor de wilde flora in die gebieden was het juist een bestaansvoorwaarde.

Om de achteruitgang van flora en fauna tegen te gaan wordt reeds jarenlang een speciale bescherming gegeven aan natuurgebieden. Het blijkt echter uitermate moeilijk om deze natuurgebieden volledig af te schermen voor invloeden van buitenaf.

In de subgroep Natuur en Milieu van de Commissie Oost- en Zuidoost-Drenthe werd dan ook voorgesteld op dit punt nader onderzoek te laten verrichten. Ook de Advies- en Begeleidingscommissie voor onderzoek van het natuurlijk milieu in Drenthe achtte onderzoek gewenst, zodat een voorstel werd gedaan voor onderzoek en inventarisatie, te verrichten door twee studenten met specialisaties in de richtingen vegetatiekunde en hydrologie.

Bij de werving van studenten voor dit onderzoek bleek helaas slechts één geschikte kandidaat beschikbaar te zijn. Na een korte oriëntatie kwamen we toen tot de conclusie dat er in de eerste plaats behoefte was aan een literatuurstudie van reeds verrichte onderzoeken.

Het resultaat van deze literatuurstudie ligt nu voor u. Het geeft een goed overzicht van de stand van de huidige kennis op dit gebied. Hoewel we getracht hebben het verhaal zo overzichtelijk mogelijk te maken is het toch vrij ingewikkeld geworden.

Hieruit blijkt echter des te meer hoe ingewikkeld de problematiek is.

Planologisch gezien geeft dit rapport weinig ruimtelijke informatie; het draagt vooral achtergrondinformatie aan over de processen die in natuurgebieden een rol spelen. En dat is een zaak die bij de "procesplanning" toch wel van groot belang is.

November 1975.

De secretaris van de Advies- en Begeleidings-
commissie voor Onderzoek naar het Natuurlijk
Milieu in Drenthe,

J.C. Smittenberg.

1. Inleiding en verantwoording.

Bij waterstaatkundige en cultuurtechnische ingrepen wordt regelmatig de vraag gesteld, wat de invloed van deze ingrepen zal zijn op de plantengroei in landbouw- en natuurgebieden. In 1952 werd deze vraag in Duitsland gesteld aan de plantenoecoloog Heinz Ellenberg. Hij antwoordde toen dat het niet mogelijk is de gevolgen van een ingreep te voorspellen, indien men de toestand voor en na de ingreep niet kent. Hij wees erop, dat het grondwater, hoewel zeer belangrijk, niet de enige factor is, die de samenstelling van de vegetatie bepaalt. Een plantengemeenschap is een te gecompliceerde eenheid om haar te beoordelen op slechts enkele bekende eigenschappen (Ellenberg 1952).

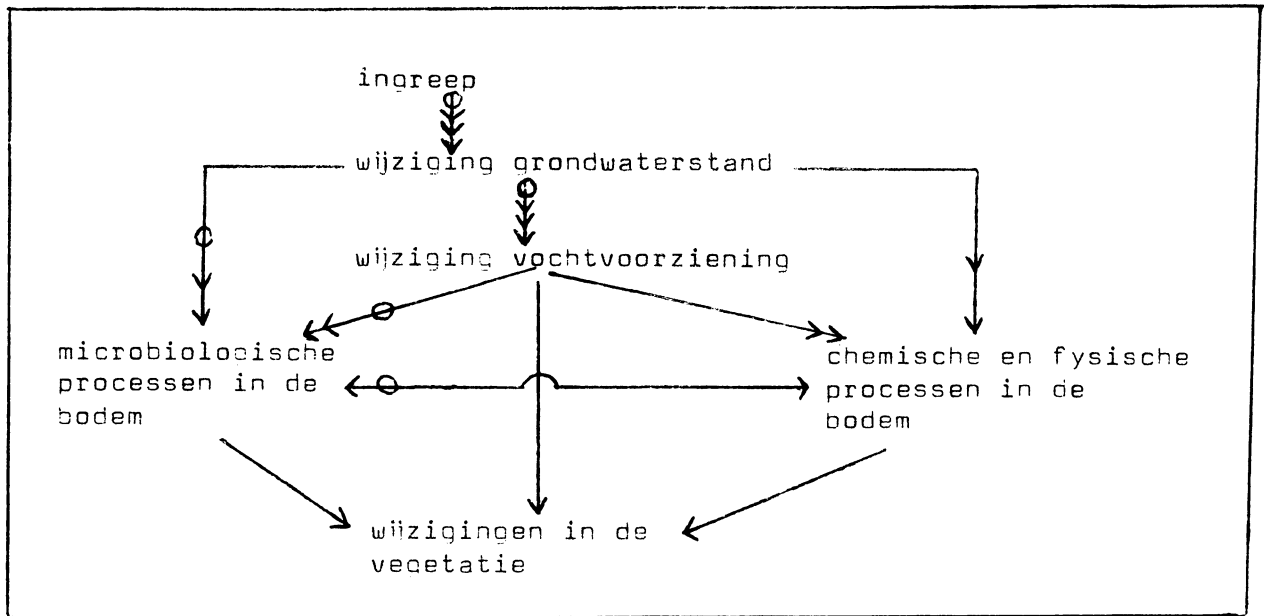
Wat betreft de situatie in natuurterreinen, is dit indertijd gegeven antwoord nog steeds van toepassing. Weliswaar zijn oecologen door jarenlange ervaring met het beheer van natuurreservaten en door lering te trekken uit de gevolgen van menselijk ingrijpen in het natuurlijk milieu, zeker in staat om in grote lijnen aan te geven wat het gevolg van ontwatering in bepaalde reservaten zal zijn, maar men kan meestal niet precies aangeven bij welke grondwaterstand welke veranderingen zullen gaan optreden. Zijn de door grondwaterstandsverlagingen veroorzaakte veranderingen groot in vergelijking met de natuurlijke milieufluctuaties, dan is ernstige schade aan de aanwezige vegetatie te verwachten.

Een globaal antwoord op de vraag omtrent de gevolgen van ontwateringen in natuurterreinen werd gegeven op een colloquium over natuurbeheer op 11 april 1975:

"Iedere verandering in het milieu leidt tot veranderingen in de vegetatie. Veranderingen zijn in oecologisch opzicht meestal nadelig, vooral wanneer het levensgemeenschappen betreft die een lange ontwikkelingsduur achter de rug hebben en die gebonden zijn aan relatief voedselarme milieu's".
(dr. G. Londo, stelling 4, zie bijlage II).

In het landbouwkundig onderzoek kan men tegenwoordig de samenhang tussen bodem, grondwater en vochtvoorziening met behulp van rekenmodellen goed kwantificeren, zodat het effect van grondwaterstands dalingen op de opbrengsten kan worden voorspeld (zie bijv. stelling 2 van prof. W.H. v.d. Molen op bijlage II). Hierbij moeten we ons echter wel realiseren dat we in de huidige landbouw te maken hebben met plantengemeenschappen die veel minder gecompliceerd zijn dan die in natuurterreinen of in de hooilanden, waarover Ellenberg in 1952 sprak.

Juist omdat de relaties in natuurterreinen zo gecompliceerd zijn en omdat we hierover nog zo weinig weten is het niet waarschijnlijk dat op korte termijn de gevolgen van grondwaterstands dalingen in natuurterreinen met behulp van rekenmodellen voorspeld kunnen worden. Voorlopig zullen slechts uitspraken gedaan kunnen worden als men de situatie van voor en na de ingreep kent (zie ook fig. 1.)



- <<< — relaties bekend
- << — relaties nauwelijks voorspelbaar
- < — relaties nauwelijks bekend
- proces relatief snel omkeerbaar
- proces relatief langzaam of niet omkeerbaar

Fig. 1., naar: T. Couwenhoven, RIN colloquium 11-4-1975 iets gewijzigd.

In deze studie is geprobeerd aan de hand van voorbeelden te illustreren hoe complex de relatie tussen grondwater, bodem en vegetatie is. Er is met voorbeelden gewerkt omdat de beschikbare tijd beperkt was (5 maanden). Bovendien is er over de gevolgen van grondwaterstands dalingen op vegetaties in natuurterreinen erg weinig gepubliceerd. Slechts een aantal studies over dit onderwerp konden worden behandeld, waarbij het meestal gaat om gevolgen die met het oog zijn waar te nemen. Literatuur over de gevolgen van kunstmatige verandering van de grondwaterstand op de chemische en microbiologische processen in bodems van natuurlijke standplaatsen, is vrijwel niet beschikbaar. Wel is er in het buitenland enig onderzoek verricht naar het verband tussen grondwaterfluctuaties, de mineralisatie van de humuslaag en de vegetatie.

Aan de invloed van het grondwater op de stikstofkringloop wordt veel aandacht besteed omdat van de factoren die met elkaar de samenstelling van de vegetatie bepalen, de stikstofhuishouding één van de belangrijkste lijkt te zijn. Bovendien is op dit punt vrij veel experimenteel onderzoek verricht. Een voor de vegetatie wellicht nog belangrijker factor is het fosfaatgehalte. Omdat er over de invloed van het grondwater op de fosforcyclus vrijwel geen literatuur beschikbaar was, is dit onderwerp slechts summier behandeld. Hierbij moet echter duidelijk gesteld worden dat de stikstof- en de fosforcyclus slechts behandeld zijn om te illustreren hoe het grondwater allerlei bodemprocessen beïnvloedt. Uit een complex van milieufactoren zijn er twee geïsoleerd, waarvan men denkt dat ze voor de samenstelling van de natuurlijke vegetatie van doorslaggevende betekenis zijn.

Een goed voorbeeld van een complex van samenhangende milieufactoren geeft het onderzoek van Klötzli (1969) aan broekbossen. Een deel van zijn verslag is voor belangstellenden als bijlage III bij dit rapport bij de P.P.D. beschikbaar.

Door de vele relaties binnen een complex van milieufactoren is het vrijwel onmogelijk exacte voorspellingen te doen omtrent de gevolgen van grondwaterstands dalingen. Wel is in dit rapport getracht om, op basis van ervaringen in het vegetatiekundig onderzoek, enige algemene regels te geven omtrent de door menselijk ingrijpen veroorzaakte veranderingen in het natuurlijk milieu.

Tevergeefs zal men in deze studie aanwijzingen vinden waar wel en waar niet waterstaatkundige en cultuurtechnische ingrepen of waar wel of niet een pompstation voor drinkwaterwinning gevestigd kan worden.

Deze vraagstelling ligt buiten het kader van deze studie. Wel is een begin gemaakt met het samenstellen van een lijst van natuurterreinen waar gevolgen van ontwatering geconstateerd zijn of verwacht kunnen worden (Bijlage I).

Literatuur over de ontwatering van hoogvenen, vooral met betrekking tot de hydrologische situatie, is o.a. verzameld door W.L.Ph. Schrofer (rapport P.P.D. van Drenthe 1974) en wordt nog verder bewerkt door W.J. Willems (Geohydrologisch onderzoek van het hoogveengebied in Zuidoost-Drenthe). In dit rapport is daarom niet veel aandacht besteed aan dit onderwerp.

Voor hun hulp bij het verzamelen van gegevens over enige Drentse natuurterreinen ben ik de heren W.Ph. ten Klooster en H. Lanjouw van Staatsbosbeheer zeer erkentelijk. Voor het bespreken van de tekst is dank verschuldigd aan de heer G.J. Kolenbrander van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, aan prof. D. Bakker van het Laboratorium voor Plantenoecologie en aan de heer D. Otzen, eveneens verbonden aan dit laboratorium. In het bijzonder zou ik Herman van Dam (Rijksinstituut voor Natuurbeheer) willen bedanken voor het aanbevelen van geschikte literatuur voor deze studie.

Ab Grootjans,
augustus 1975.

2. Grondwaterstands­daling; de afbakening van een probleem.

2.1. Oorzaken van grondwaterstands­daling.

Door menselijk ingrijpen is de grondwaterstand in Drenthe de afgelopen 50 jaar aanzienlijk gedaald (variërend van enkele decimeters tot meer dan een meter). De ingrepen bestonden vnl. uit:

- a. Ontginning van "woeste" gronden, gepaard gaande met een versnelde afvoer van het oppervlakte water.
- b. Verlaging van de grondwaterstand in landbouwgebieden in het kader van ruilverkavelingen en andere werken.
- c. Wateronttrekking uit de diepe ondergrond ten behoeve van de drinkwatervoorziening en de industrie.

In dit hoofdstuk wordt eerst uiteengezet waarom de grondwaterstand de afgelopen 50 jaar verlaagd werd en vervolgens besproken waarom er van verschillende zijde vraagtekens worden geplaatst bij de voortgaande ontwatering.

2.1.1. Ontginning van heidevelden en veengebieden.

Vroeger bestonden grote delen van Drenthe uit heidevelden en veenmoerassen. In natte tijden hielden deze "woeste gronden" veel water vast. Daardoor hadden ze een regulerende functie. Door hun sponswerking werd het water opgenomen en slechts langzaam weer losgelaten. Beekjes waren dan ook smal en hadden een regelmatige afvoer.

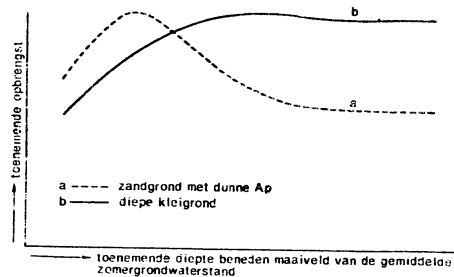
Met de intrede van de kunstmest werden uitgebreide ontginningen ter hand genomen. De bestaande evenwichtstoestand in de waterhuishouding werd geheel verstoord. Door de verminderde sponswerking werden grote hoeveelheden water in een korte tijd afgegeven. In de wintermaanden waren vooral in de lager gelegen gronden, inundaties het gevolg. Sinds 1900 werden daarom vele waterstaatkundige ingrepen uitgevoerd om de afvoercapaciteit van beken, sloten en kanalen te vergroten. Hierbij werden vaak de aangrenzende groenlanden herontgonnen, zodat ook daar de oorspronkelijke (half) natuurlijke vegetatie verdween.

2.1.2. Verlaging van het grondwaterpeil ten behoeve van de landbouw.

In de landbouw werd door de toenemende druk tot produktieverhoging meer kunstmest gebruikt, de arbeid werd gemechaniseerd en in gebieden met wateroverlast werd het ondiepe grondwater op een lager niveau gebracht.

Als voordelen voor de landbouw van de ontwatering van natte gebieden kunnen genoemd worden:

1. Opbrengstverhoging door verbeterde aëratie (luchtvoorziening) in de wortelzône. Door een verbeterde mineralisatie komen meer voedingsstoffen ter beschikking van de plant (Visser 1964, v.d. Valk en Schoneveld 1963), vgl. fig. 2.
2. Temperatuurverhoging van de grond in het voorjaar. De groei wordt niet meer zo sterk geremd door de lage temperatuur (veroorzaakt door de natte grond).
3. Het gevaar van stuktrappen van de zode door het vee wordt minder groot.
4. De grond is in het voorjaar en in het najaar beter toegankelijk voor zware landbouwmachines (Prov. Best. v. Drenthe 1956).



Schematische voorstelling van het verband tussen de opbrengst van akkerbouwgewassen en de gemiddelde zomergrondwaterstand

Fig. 2., uit: Haans en v.d. Sluis (1970).

2.1.3. Waterwinning.

Door het toenemende waterverbruik is het diepe grondwater plaatselijk enkele dm (bij Emmen zelfs 8 meter) gedaald (Naarding 1973). De belangrijkste reden waarom water uit diepere grondlagen gebruikt wordt voor de drinkwatervoorziening en industriële processen is gelegen in het feit, dat dit water in veel mindere mate dan het oppervlakte-water zuivering behoeft. Het is beter van kwaliteit, hygiënisch, betrouwbaarder en goedkoper (R.I.D. 1972). Slechts het pompstation de Punt onttrekt gedeeltelijk haar water uit de Drentse Aa. De waterwinning is hoofdzakelijk in handen van waterleidingbedrijven en industrieën. (tabel 1).

Tabel 1: Grondwaterwinning in Drenthe.

Industriële onttrekkingen	34.006.000 m ³ /jaar
Onttrekkingen door landbouwbedrijven	500.000 m ³ /jaar
Tijdelijke pompinstallaties	350.000 m ³ /jaar
Waterleidingbedrijven	41.233.600 m ³ /jaar

uit: Provinciale Waterstaat (1973). Cijfers 1971.

2.2. Gesignaleerde nadelen van grondwaterstands dalingen.

2.2.1. Algemeen.

De watervoorraad, die wordt advevoerd in het voorjaar kan niet meer gebruikt worden voor het doorspoelen van vervuilde kanalen, voor het aanvullen van de watertekorten, die vooral in de voorzomer in verschillende landbouwgebieden en natuurreserveaten ontstaan en voor infiltratie ten behoeve van de waterwinning (Naarding 1973).

2.2.2. De bodemgesteldheid in landbouwgebieden.

Door ontwatering kan een sterke veraarding optreden, vooral in veengebieden (bijv. in de veenkoloniën). Hierdoor verteert het veen onnodig snel. De humus kan bij veraarding door het veen zakken en daaronder schoensmeerachtige pakketten vormen (J.C. Pape tijdens R.I.N.-colloquium 1975). Bij sterke ontwatering kan het veen irreversibel indrogen (bijv. in het waterwingebied "de Groeve"), waardoor herontginning noodzakelijk wordt. Ook kunnen krimpscheuren ontstaan in de grond, zodat de ontwatering versneld wordt zonder dat dit de bedoeling is. Vooral wanneer scheuren ontstaan in slecht doorlatende lagen of wanneer door het aanleggen van sloten een keileemlaag wordt doorsneden, zijn de effecten van ontwatering vaak veel groter dan was voorzien. Door het gebruik van zware landbouwmachines wordt de verdichting en verslemming van de bodem versneld. Het voordeel van het gebruik van zwaardere machines in natte tijden wordt dan teniet gedaan door produktieverlaging in droge jaargetijden.

2.2.3. De waterwinning.

De Waterleidingmaatschappijen wijzen erop dat indien een aanzienlijk gedeelte van de jaarlijkse neerslag snel via het oppervlaktewater wordt afgevoerd, het diepe grondwater waarschijnlijk onvoldoende zal worden aangevuld. Er kan dan minder water gewonnen worden. Sinds 1966 is op veel meetpunten een daling van het diepe grondwater geconstateerd. Deze daling is vanaf 1969 sterker geworden en bedraagt gemiddeld meer dan 25 cm (soms meer dan 50 cm). In de laatste periode zijn de meeste ontwateringswerkzaamheden uitgevoerd, maar ook de jaarlijkse neerslag daalde gedurende deze tijd. In welke mate de ontwateringswerkzaamheden in de landbouw de dalingen hebben veroorzaakt is dus moeilijk aan te geven (Csengö 1974).

2.2.4. Het natuurlijk milieu.

In relatief korte tijd is het evenwicht verstoord, dat in de loop der eeuwen is opgebouwd tussen de waterhuishouding, het menselijk ingrijpen en flora en fauna. Door grootschalige ingrepen, een snelle afvoer van grondwater en een sterk wisselend beheer wordt een grote mate van "onrust" gehandhaafd, waardoor een nieuw evenwicht met een gevarieerde flora en fauna zich moeilijk kan instellen (vergelijk ook hoofdstuk 9)

De flora is verarmd en ook veel diersoorten zijn achteruitgegaan. Diepe ontwatering heeft bijv. een nadelige invloed op de weidevogelstand (Timmerman 1975). De invloed van grondwaterstandsverlagingen in cultuurgebieden strekt zich vaak ook uit tot de niet in cultuur gebrachte, meestal tot natuurreservaat bestempelde gebieden. Zo worden beekvegetaties met uitdroging bedreigd indien de voeding van de beek, door ontwatering van de bovenstroomse gebieden, wordt verminderd (ter Hoeve en Londo 1972). De invloed van waterwinning uit het diepe grondwater op het freatisch vlak (verzadigingsvlak van het ondiepe grondwater) en daardoor op de vegetatie is slechts in enkele gevallen direct aantoonbaar (bijvoorbeeld de situatie rond Emmen). In de meeste gevallen is het slechts één van de factoren die hun invloed doen gelden. Soms wordt de daling van het freatisch vlak ten gevolge van waterwinning gecamoufleerd door de aanvoer van (vaak voedselrijk & vervuild) oppervlaktewater (v.d.Voo 1967, Huisman en van Apeldoorn 1975).

2.3. Zorgen over de huidige ontwikkelingen.

Door de toenemende druk tot vergroting van de voedselproductie, heeft het natuurlijk milieu, vooral de laatste tientallen jaren, ernstig te lijden gehad. Alom werd er echter op gehamerd dat de maatschappelijke ontwikkelingen onvermijdelijk en ook gewenst waren. Economen rekenden ons voor dat vergroting van de voedselproductie economisch noodzakelijk was, maar vergaten de moeilijk te berekenen schade aan het natuurlijk milieu in hun berekeningen te betrekken (Hueting 1974). Om de maatschappelijke ontwikkelingen bij te kunnen benen werden strakke werkschema's opgesteld om te komen tot structurele hervormingen in de landbouw. Bij de uitvoering van deze plannen vertrouwde men veelal op de onfeilbaarheid van de techniek. Men ging er meestal van uit dat problemen zo spoedig mogelijk opgelost dienen te worden, dat nadelige gevolgen van die oplossingen een zaak was voor morgen en dat men die nieuwe problemen trouwens ook wel technisch zou oplossen (vgl. Tideman, rede 17 maart 1975, Amsterdam).

Voor de laatste 5 jaren beginnen velen zich zorgen te maken over deze ontwikkelingen. Zo worden van verschillende zijde vraagtekens gezet bij de huidige uitvoering van de ontwateringswerken. Met name de discussie omtrent de noodzaak van diepe ontwatering, waarbij grote delen van Drenthe doorgraven worden met 1.20 tot 1.40 meter diepe sloten (in de veenkoloniën zelfs nog dieper), staat in het middelpunt van de belangstelling.

Kritische geluiden worden geuit door een aantal mensen uit de sfeer van het landbouw- en bodemkundig onderzoek, door waterleidingmaatschappijen en vooral door de natuurbeschermingsorganisaties.

De natuurbeschermingsorganisaties wijzen op de steeds voortschrijdende aftakeling van veel reservaten. Vooral is er veel kritiek op het graven van waterlossingen en het winnen van water op geringe afstand van de reservaten. Men wijst er verder op dat zonder een doelmatig waterbeheer het beheren van natuurgebieden een vrijwel onmogelijke zaak is.

In kringen van de Cultuurtechnische Dienst wordt aangedrongen op meer aandacht voor het waterbeheer en op een betere afweging van belangen (Naarding 1973). Bij Waterleidingbedrijven bestaat weerstand tegen rigoreuze ontwateringen, omdat men vreest minder water te kunnen winnen en bij het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding is men bang dat door de waterwinning 's zomers voor de boeren watertekorten zullen gaan optreden, met name in de zandgebieden (v.d.Berg 1971). De roep om meer onderzoek is vrijwel algemeen (vgl. de stellingen in bijlage II).

In de discussies omtrent de noodzaak van diepe ontwatering kan men echter soms ook geluiden horen die op onjuiste wijze proberen de gesignaleerde problemen te kleineren. Hopelijk draagt deze literatuurstudie er enigszins toe bij dat een aantal argumenten, die in de discussies naar voren worden gehaald, beter op hun waarde geschat kunnen worden.

3. De waterhuishouding in de bodem.

In de algemene waterkringloop speelt de vegetatie een belangrijke rol. Een groot gedeelte van de jaarlijkse neerslag wordt door de vegetatie via verdamping weer in de dampkring gebracht. Dit is bijvoorbeeld weergegeven in figuur 3. Omgekeerd speelt water ook een belangrijke rol bij de groei van de plant. Voor de groei van de plant zijn vrij grote hoeveelheden water nodig. Het grootste gedeelte van dit water wordt gebruikt voor het transport van voedingsstoffen uit de bodem: het gaat van de wortels naar de bladeren, waar het verdampt wordt. De rest van het water wordt gebruikt bij de koolzuurassimilatie (opbouw van organische stof). De verdamping en de produktie van celmateriaal zijn recht evenredig (Makkink 1959) Zie bijv. fig 4.

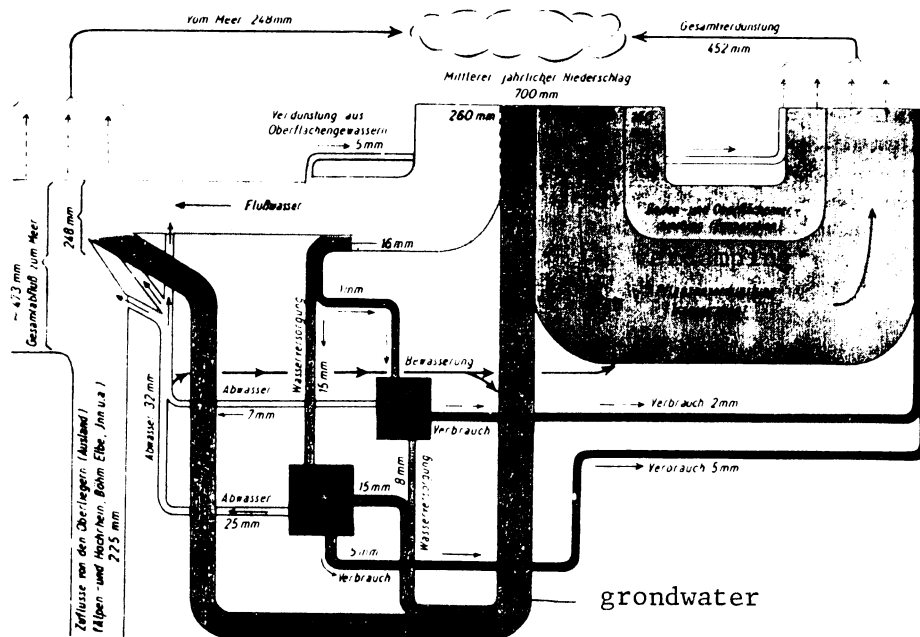


Fig. 3. Schema van de waterkringloop in een waterwingebied in Duitsland (uit Keller 1962).

Water beïnvloedt ook in sterke mate de grond waarin de plant groeit. Allerlei fysische, chemische en biologische processen vinden plaats onder sterke invloed van het water. De grond is opgebouwd uit 3 hoofdbestanddelen, te weten: water, lucht en vaste stof. Zie bijv. fig. 5. Het al dan niet plaatsvinden van veel bodemprocessen wordt in hoge mate bepaald door de verhouding van bodemlucht en bodemwater. Zo kan gebrek aan water het ene moment groeibeperkend zijn voor de vegetatie, terwijl op een ander moment gebrek aan lucht de groei remt. De verhouding van bodemlucht en bodemwater wordt beïnvloed door de granulaire samenstelling, het humusgehalte en de plaats in het profiel (hoe hoger het grondwater, hoe natter de bodem) vgl. fig. 6.

Niet alle water dat in de wortelzone in de grond aanwezig is staat echter voor de plant ter beschikking. Een groot gedeelte van het bodemwater is zo sterk aan de bodemdeeltjes gebonden, dat het niet door de plantenwortels kan worden opgenomen. De energie waarmee het bodemwater gebonden is aan de bodemdeeltjes, duidt men wel aan met het begrip vochtspanning. Een uitdrukking voor de vochtspanning is de pF (dit is de logaritme van de vochtspanning). Bij een pF groter dan 4,2 (verwelkingspunt) kan door de plant niet meer voldoende water aan de grond onttrokken worden. De hoeveelheid water en de kracht waarmee het vastgehouden wordt kan in verschillende gronden sterk uiteenlopen. Zo kunnen in leemgronden nog aanzienlijke hoeveelheden water aanwezig zijn, terwijl toch onvoldoende water voor de plant ter beschikking staat (te hoge vochtspanning). In fig. 7 is het verband tussen de vochtspanning (Duits: Saugspannung) en het watergehalte in verschillende gronden weergegeven.

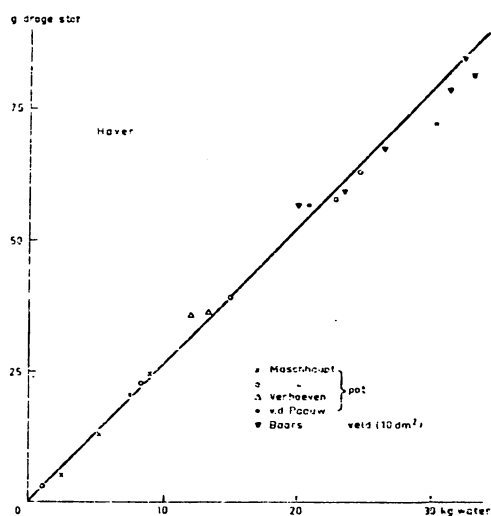


Fig. 4: Verband tussen de opbrengst aan droge stof en de transpiratie bij proeven van 3 auteurs (bij verschillende N-giften en watervoorzieningen). Op dezelfde schalen zijn de uitkomsten van berekeningsproeven te veld van Baars ingetekend, herleid op een oppervlak van 10 dm² (naar De Wit 1958)

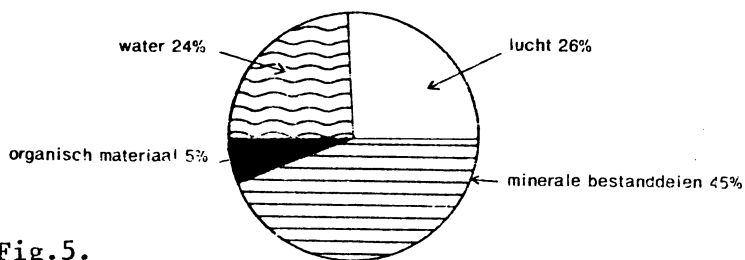


Fig. 5. Volume percentages, ingenomen door water, lucht en vaste bestanddelen in een humeuze zandgrond, bij voor plantengroei gunstige omstandigheden (uit: Haans en v.d. Sluis 1970).

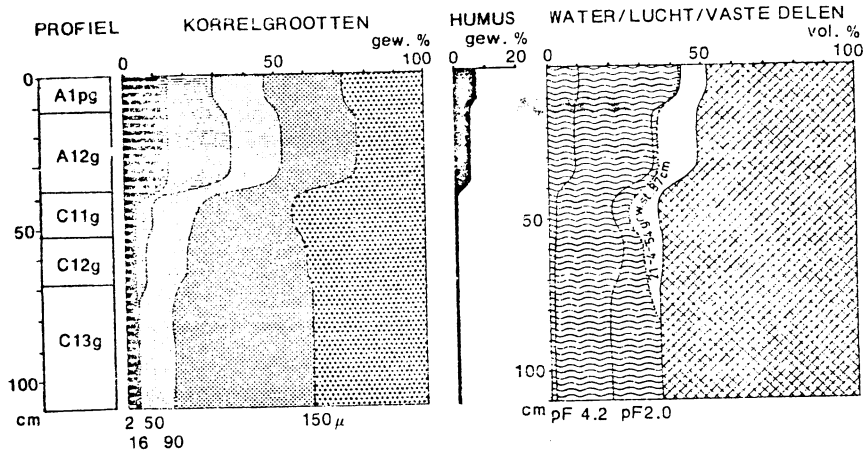


Fig.6: Granulaire samenstelling en grond-water-luchtverhouding van een zwarte beekerdgrond (zwarte gleygrond) met kleidek (uit: Haans en v.d. Sluis 1970).

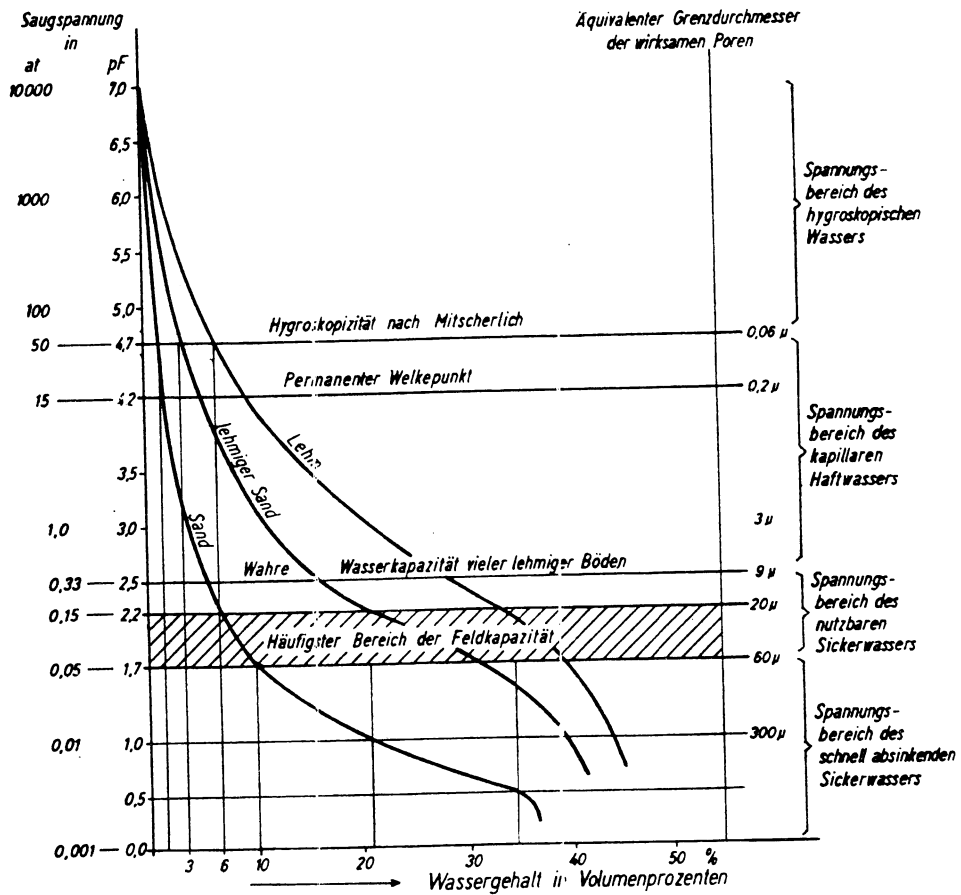


Fig.7: Verband tussen vochtspanning en watergehalte in zand, lemmig zand en leem. (uit Laatsch 1957).

Men onderscheidt naar het voorkomen van water in het profiel 3 zônes:

1. de grondwaterzône, waar alle poriën in de grond met water verzadigd zijn;
2. de capillaire zône, waar het water in de nauwe poriën capillair is opgestegen vanuit het verzadigingsvlak van het grondwater;
3. de hangwaterzône, waar het water eveneens capillair gebonden is, maar dit water is niet uit het grondwater afkomstig, doch is als zakwater (ickerwasser) na regenval in de grond achtergebleven.

De ligging van de verschillende zônes in het profiel wordt bepaald door het grondwaterniveau.

De grondwaterstand is een resultante van wateraanvoer en waterafvoer. De wateraanvoer wordt vrijwel geheel verzorgd door de neerslag. De waterafvoer vindt voor een groot deel plaats door verdamping. In de wintermaanden en in het najaar is de neerslag groter dan de verdamping. Er is dan een neerslagoverschot. In het voorjaar en in de zomermaanden is de verdamping groter dan de neerslag. Er is dan een neerslagtekort (zie fig. 8).

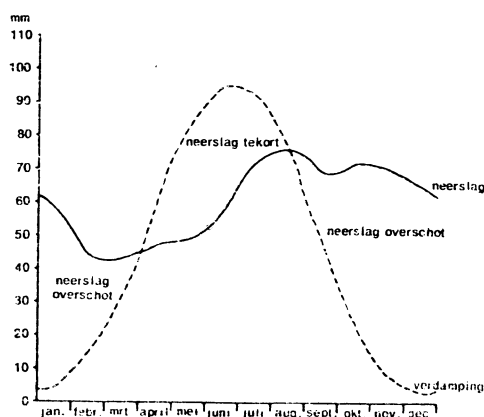


Fig.8: Neerslag en verdamping. Verdeling over het jaar; (veeljarig gemiddelde)

(uit: Haans en v.d.Sluis 1970)

's Zomers wordt er dus meer water aan de grond onttrokken dan er aan toegevoegd wordt. Om nu te weten te komen waar het water vandaan komt dat de plant voor de verdamping nodig heeft, is door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding in verschillende profielen gemeten welk deel van het water afkomstig is uit de neerslag, welk deel uit het grondwater (via capillaire opstijging) en welk deel uit het profiel. In figuur 9 en 10 is dit resp. weergegeven in een veen- en zandprofiel. (v.d.Berg 1962).

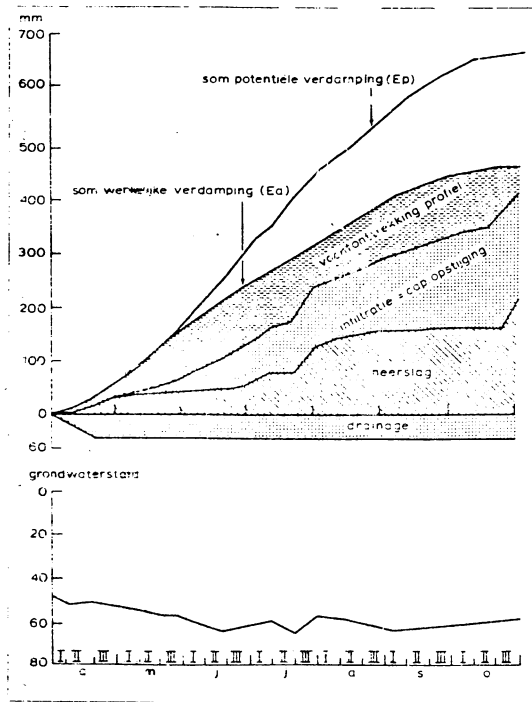


Fig.9. Gegevens gemeten aan een lysimeter met een ongestoord veenprofiel begroeid met gras in het meer "normale" jaar 1957. Grondwaterstand in cm min maaiveld (v.d. Berg 1962).

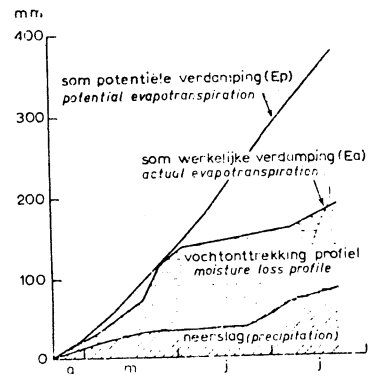


Fig.10. Gesommeerde verdamping, vochtonttrekking en neerslag op zandgrond met haver (Wageningen 1950) (uit: v.d. Berg 1962)

Onder zeer gunstige condities wordt de verdamping alleen nog beperkt door de zonnestraling en niet door de aanvoer van water uit de grond. Men noemt de verdamping onder die condities de potentiële verdamping (Makking 1959).

De verdamping is er de oorzaak van dat in de zomer de watervoorraad van de bodem vermindert. Om snel een indruk te krijgen van de watervoorraad in het profiel neemt men veelal de grondwaterstand op in grondwaterbuizen, die via perforaties in contact staan met het grondwater. In fig. 11 zijn de metingen over 10 jaren in één grafiek weergegeven.

Hieronder een overzicht van de gebruikelijke indeling in grondwatertrappen.

Hoofdindeling in grondwatertrappen <i>Main scheme of water-table classes</i>							
Gt: <i>Water-table class:</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII
Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) <i>Mean highest water table</i>	--	--	< 40	> 40	< 40	40-80	> 80 cm-m.v. <i>below surface</i>
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) <i>Mean lowest water table</i>	< 50	50-80	80-120	80-120	> 120	> 120	> 120 cm-m.v. <i>below surface</i>

¹⁾ 'Hydrologische jaren' (april tot april).

²⁾ *n* = minimaal acht jaren.

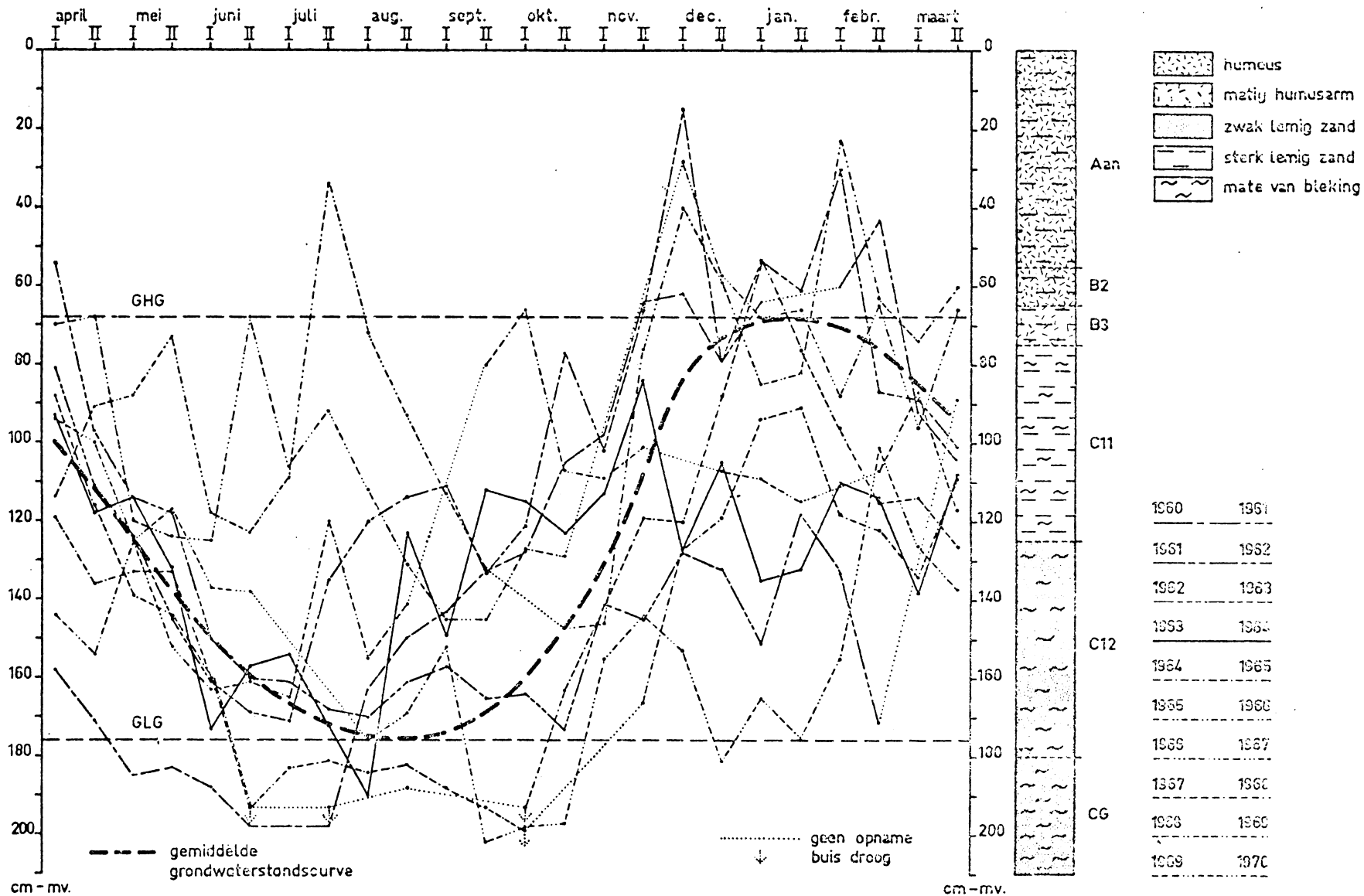


Fig. 11: Tijdstijghoogtelijnen van Stambuis 28A-L14 over de jaren 1960-1970 met de gemiddelde grondwaterstandscurve.

Opname eenmaal per veertien dagen.

Enkeerdgrond in sterk leemig dekzand, Gt VI.

Schets van het bodemprofiel rechts van de grondwaterstandscurven.

Gegevens verstrekt door het Archief van Grondwaterstanden TNO.

4. Enige voorbeelden van veranderingen in flora en vegetatie door wijzigingen in de waterhuishouding.

In dit hoofdstuk zullen enige voorbeelden gegeven worden van veranderingen in flora en vegetatie, die met het oog waargenomen kunnen worden en die verband houden met grondwaterstandsveranderingen. Onder "flora" wordt hier verstaan: de aanwezige plantensoorten. Met "vegetatie" wordt hier bedoeld: de ruimtelijke massa van plantenindividuen in samenhang met de plaats waar zij groeien en in de rangschikking die zij uit zichzelf hebben aangenomen (Westhoff o.a. 1969).

Duidelijk zal worden dat grondwaterstandsverlagingen vooral gekenmerkt worden door de vele opgeroepen neveneffecten. Het gaat daarbij vooral om vegetaties die sterk door het grondwater beïnvloed worden.

De aard van de problemen, veroorzaakt door grondwaterstandsveranderingen, is sterk verschillend. De schade die in de verschillende vegetaties wordt aangericht loopt eveneens sterk uiteen. Eén en ander hangt samen met de ontwikkelingsduur die een vegetatie achter de rug heeft.

4.1. De gevolgen van waterwinning op de vegetatie in het Groote Meer onder Ossendrecht (v.d. Voo 1967).

Door wateronttrekking uit diepere zandlagen door de N.V. Waterleiding Mij "Zuid-Beveland" daalde de waterstand en de periode van droogvallen van het ven werd in droge zomers verlengd. Tot

1957 had het ven een vegetatie, die gebonden was aan lemige zandgrond en zeer zuiver water (Het oeverkruidverbond met o.a. de soorten *Littorella uniflora*, *Isoëtes setacea*, *Juncus bulbosus* en *Sphagnum cuspidatum*).

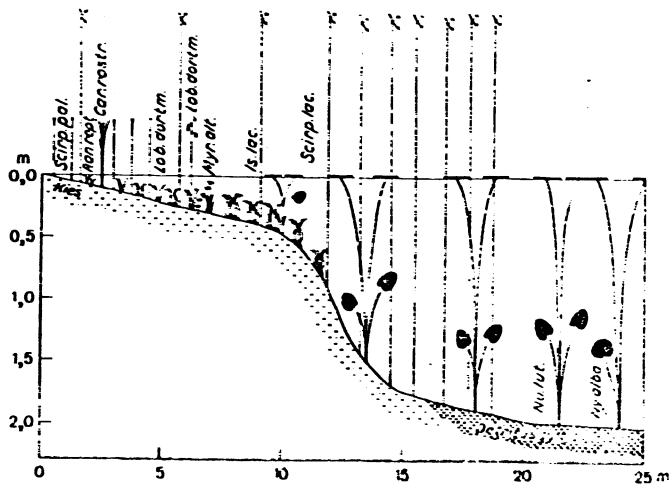
Ontginningswater (water afkomstig uit cultuurland) beïnvloedde in de wintermaanden het afgenomen watervolume veel sterker dan dat dit in vroeger jaren het geval was.

In 1959 vormden een aantal oorspronkelijk aanwezige soorten grote mozaïeken (*Littorella*, *Juncus bulbosus*). Plaatselijk vestigden zich nieuwe soorten. Dit waren soorten van natte minder zure, voedselrijke milieu's (*Bidens tripartites*, *Polygonum* spp, *Rumex maritimus* behorende tot de tandzaad-orde) en soorten van zônes met contrasten tussen voedselrijk en voedselarm en tussen nat en droog (*Juncus effusus*, *Agrostis canina*, *Hydrocotyle vulgare*, *Potentilla anserina* behorende tot het zilverschoon-verbond). Sommige soorten verdwenen om plaats te maken voor andere (bijv. *Sparganium angustifolium* verdween en in het open water verscheen in plaats ervan een groot veld *Polygonum amphibium*).

4.2. Gevolgen van peilverlagingen in meren in het oligotrofe (voedselarme) gebied van Zuid-Zweden (Lilliroth 1950).

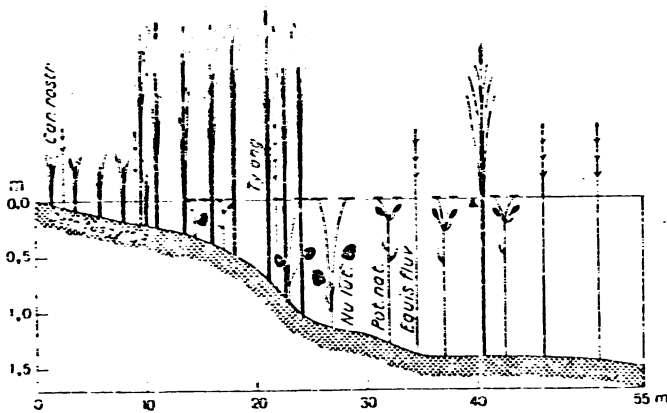
Drie meren, waar men in het verleden het waterpeil had verlaagd (omdat men meende de omliggende cultuurlanden hierdoor te kunnen verbeteren), werden vegetatiekundig en hydrobiologisch onderzocht. De resultaten werden vergeleken met de gegevens van drie andere meren in hetzelfde gebied, waar het waterpeil niet was verlaagd. In enkele gevallen konden in hetzelfde meer gegevens van voor en na de ingreep vergeleken worden. In het algemeen bleek hieruit, dat in een ondiep meer een daling van de waterspiegel een vergroting van de voor planten beschikbare hoeveelheid voedsel tot gevolg heeft. Er vindt dus eutrofiëring plaats. De mate van eutrofiëring zal afhangen van de diepte van de daling, van het watervolume van het meer en van de ligging van de oever. In diepe meren met steile oevers is een geringe daling van de waterspiegel vaak nauwelijks merkbaar. In ondiepe meren met vlakke oevers kan bij een daling van 10-20 cm de vegetatie echter al ingrijpend veranderen. Verlaging van de waterspiegel veroorzaakt namelijk langs de oever veelal een verhoogde erosie. Dit kan al of niet gepaard gaan met een plotseling afsterven van de oorspronkelijke oevervegetatie (door droogte, vorst etc.). De eutrofiëring wordt door deze processen sterk bevorderd. Ook kan door een verlaging van de waterspiegel een voedselrijke laag afgestorven plantenresten dicht bij het wateroppervlak komen. Langs de oever kan een voedselarm vegetatietype van minerale bodems op die manier vervangen worden door een vegetatietype van voedselrijke plaatsen (vergelijk fig. 12 en 13).

Ten gevolge van een verlaging van de waterspiegel met 10-20 cm, zet in een ondiep meer meestal een versnelde verlanding in, die veroorzaakt wordt door de toegenomen eutrofiëring. Dit is bijv. weergegeven in fig. 14 en 15 waar de versnelde verlanding vooral veroorzaakt wordt door *Typha latifolia* (grote lisdodde).



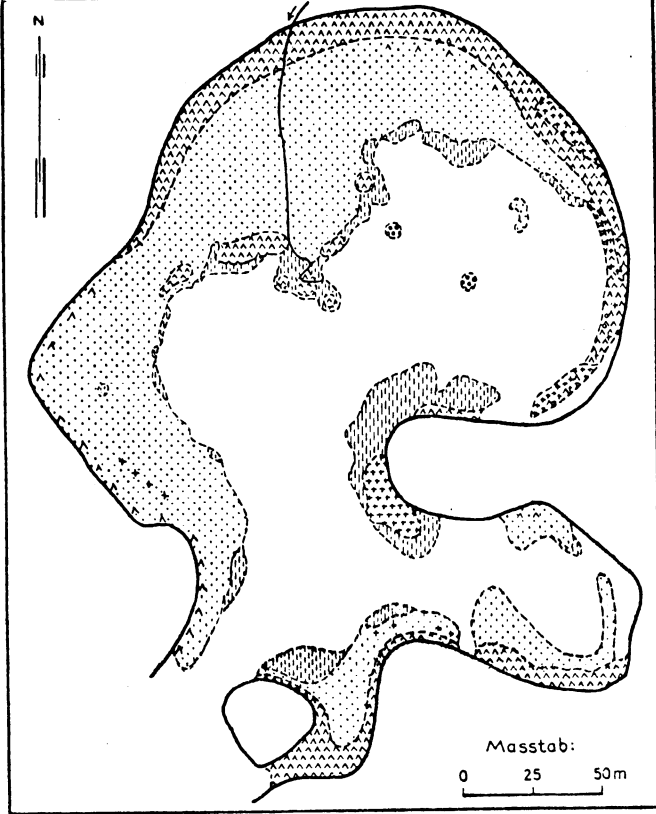
Figuur 12: Schematische weergave van een voedselarme vegetatie, gelegen op een minerale ondergrond.

Uit Lilliroth (1950)



Figuur 13: Schematische weergave van een vegetatie van voedselrijke plaatsen gevestigd op een laag afgestorven plantenmateriaal.

Uit Lilliroth (1950)








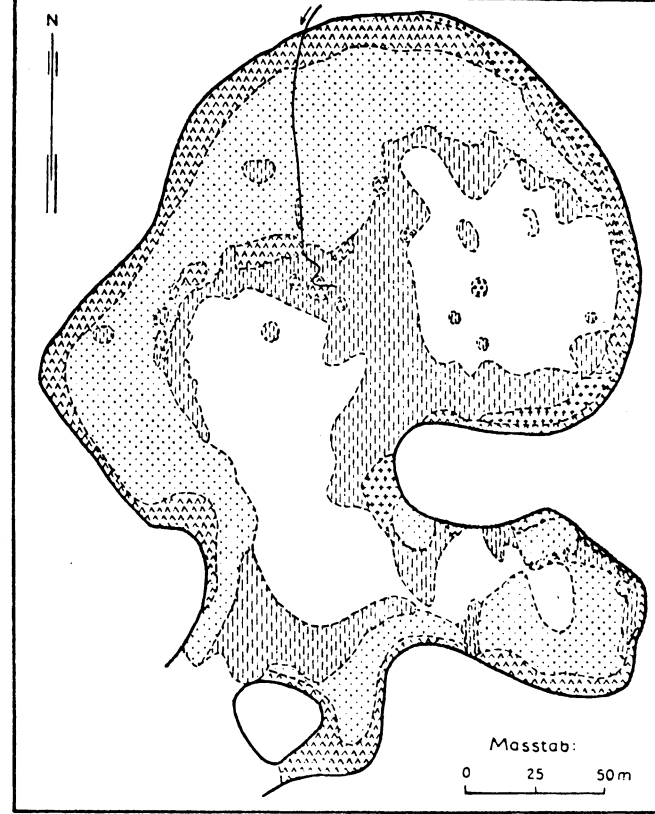
 *Carex rostrata*
 *Equisetum fluviatile*
 *Phragmites communis*
 *Scirpus lacustris*
 *Typha latifolia*

Abb. 63 a. Karte über die Schilf in der Bucht Kaptensgårdsviken des Aslungasjön während der Jahre 1912--1914. In der durch die Senkungen des Aslungasjön seicht gewordenen Bucht Kaptensgårdsviken besteht der Boden hauptsächlich aus mächtigen Lagern organogener Sedimente, die durch die Ablagerung destrukturierter Schilffragmente nach und nach zugenommen haben. Nach der Senkung hat eine starke Verlandung stattgefunden. So nahmen die Graminidenschilf in dieser Bucht etwa 20 Jahre nach der grössten Senkung des Sees zusammen ein relatives Areal von etwa 53 % ein. Von einzelnen Artbeständen nahmen *Equisetum fluviatile* ein relatives Areal von 34 %, *Carex rostrata* ein solches von 11 % und *Typha latifolia* von 6 % ein.








 *Carex rostrata*
 *Equisetum fluviatile*
 *Phragmites communis*
 *Scirpus lacustris*
 *Sparganium simplex und ramosum*

Abb. 63 b. Karte über die Schilf in der Bucht Kaptensgårdsviken im Jahre 1949. Die Karte zeigt den stark gesteigerten Zuwachs der Graminidenschilf seit 1914, in welchem Jahr der Wasserstand des Sees infolge verschlechterter Abflussverhältnisse 0,1--0,2 m gesenkt werden musste. Im Jahre 1949 nahmen die Graminidenschilf zusammen ein relatives Areal von nicht weniger als 69 % ein. Der Hauptteil dieser Zunahme entfiel auf die *Typha latifolia*-Schilf, die im letztgenannten Jahr ein relatives Areal von 20 % einnahmen. Über die diesbezüglichen relativen Areale vor der Wasserstands Senkung im Jahre 1914 siehe das nebenstehende Bild.

Fig. 14 en 15: Weergave van een versnelde verlanding na een kunstmatige verlaging van het waterpeil. (uit: Lilliroth, 1950).

4.3. Gevolgen van verhoogde grondwaterstand door infiltratie in de duinen bij Zandvoort (Londo 1966).

De gevolgen van een plotselinge verhoging van de grondwaterstand komen in grote trekken overeen met die van plotse-linge verlaging van de grondwaterstand. In de duinvalleien (die oorspronkelijk niet sterk door het grondwater beïnvloed werden) verdwenen de meeste soorten van de gevestigde vegetatie of gingen sterk achteruit. Deze achteruitgang werd vooral veroorzaakt doordat enkele soorten van de oorspronkelijke vegetatie zich explosief uitbreiden en een hoog opschietende dichte begroeiing vormden. Hierdoor werden andere soorten in hun ontwikkeling belemmerd. Door het plotseling natter worden van de grond stierven eveneens veel planten af. Zelfs planten die in andere gebieden langdurige overstromingen verdragen, kunnen door een plotselinge verandering van droog naar nat sterk achteruit gaan (bijv. *Salix repens*). Ook vestigden zich nieuwe soorten (soms tijdelijk, soms permanent), die zich in een aantal gevallen enorm uitbreiden (*Urtica dioica* en *Cirsium arvense*, soorten, die wijzen op een verhoogde beschikbaarheid van minerale stikstof).

4.4. De invloed van het graven van een parallelkanaal langs een beek bij Braunschweig (Duitsland, Ellenberg 1952).

Door het graven van een kanaal langs een beek werd het grondwaterpeil in bepaalde beekvegetaties verlaagd. Ellenberg was in staat de invloed van deze ingreep te volgen, omdat hij over vegetatie-gegevens beschikte van voor en na de ingreep. In fig. 16 zijn de grondwaterstanden weergegeven (na de ingreep) van 2 vergelijkbare gebieden. In het ene gebied was de invloed van het kanaal op de waterhuishouding langs de beek gering. In het andere was de invloed groter.

Verlaging van de grondwaterstand ging gepaard met het optreden van grotere fluctuaties. Conclusies, die uit het onderzoek verder zijn te halen zijn:

1. In vegetaties van een nat milieu treden grotere veranderingen op in de soortensamenstelling dan in vegetaties van drogere standplaatsen (tabellen 2 en 3).
2. In de meest beïnvloede gebieden viel een sterke opkomst van stikstofminnende planten waar te nemen (*Urtica dioica*, *Cirsium vulgare*, resp. brandnetel en speerdistel).

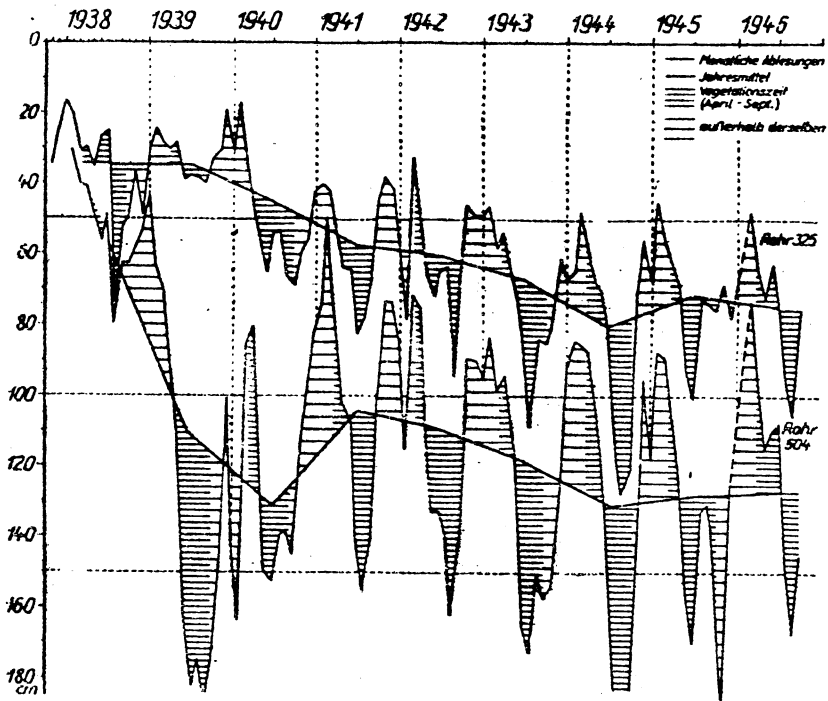


Fig. 16. Maandelijkse opnamen en jaargemiddelden van de grondwaterstand in een weinig (nr. 325) en in een duidelijk (nr. 504) door het parallelkanaal beïnvloede peilbuis. (uit: Ellenberg 1952).

Nr. der Proefvläche:	42	11		Nr. der Proefvläche:	8	
Datum der Aufnahme:	20.6. 24.6.	20.6. 21.6.		Datum der Aufnahme:	3.8. 21.6.	
	39 46	39 46			39 46	
Kennarten d. Glatthaferwiesen:				Kenn- u. Trennarten d. Gesellschaft (lokal):		
Arrhenatherum elatius	5.5 5.5	3.4 2.3	Glatthafer	Carex gracilis	3.3 1.2	Schlanke Segge
Trisetum flavescens	+2 +2	1.2 +2	Goldhafer	Calliergon cuspidatum	3.4 +2	SpieBmoos
Chrysanthemum leucanthemum	+2 1.2	1.2 3.3	Wucherblume	Galium palustre	2.2 +1	Sumpf-Labkraut
Pastinaca sativa	1.2 1.2	1.1 1.2	Pastinak	Phalaris arundinacea	+1 +1 ^o	Rohr-Glanzgras
Daucus carota	+1 1.2	+1 +1	Wilde Möhre	Glyceria maxima	1.1 +2 ^o	Wasser-Schwaden
Crepis biennis	+1 2.1	.	Wiesen-Pippau	Ranunculus flammula	1.1	Brennender Hahnenfuß
Anthriscus silvestris	+1 2.1	.	Wiesen-Kerbel	Glyceria fluitans	2.2	Flutender Schwaden
Heracleum sphondylium	+1 1.1	.	Bärenklau	Equisetum fluviatile	1.1	Schlamm-Schachtelhalm
Pimpinella maior	+1	.	Große Bibernelle			
Bromus mollis	+2	.	Weiche Trespe			
Trennarten d. Engelwurz-Glatthaferwiese:				Ordnungs-Kennarten der Feuchtwiesen:		
Cirsium oleraceum	+2 +1 ^o	+1	Kohldistel	Caltha palustris	+2 1.1	Sumpfdotterblume
Angelica silvestris	+2	.	Engelwurz	Angelica silvestris	+1 1.1	Engelwurz
Übrige Ordnungs-Kennarten der Feuchtwiesen:				Klassen-Kennarten der Kulturwiesen:		
Deschampsia caespitosa	1.2 +2	1.2 2.2	Rasen-Schmiele	Alopecurus pratensis	1.1 4.5	Wiesen-Fuchsschwanz
Lychnis flos-cuculi	+1 +1	+1 (+1)	Kuckucks-Nelke	Holcus lanatus	2.2 2.3	Wolliges Honiggras
Cirsium palustre	.	+1 + ^o	Sumpfdistel	Festuca rubra v. genuina	1.1 1.2	Rasen-Rotschwingel
Equisetum palustre	+1	.	Sumpf-Schachtelhalm	Anthoxanthum odoratum	1.2 +2	Ruchgras
Bromus racemosus	.	1.2	Trauben-Trespe	Rumex acetosa	+2 2.2	Großer Sauerampfer
Filipendula ulmaria	.	+2	Mädesüß	Bellis perennis	+1 +2	Gänseblümchen
Klassen-Kennarten der Kulturwiesen:				Begleiter:		
Dactylis glomerata	2.2 2.2	1.2 1.2	Knuelgras	Ranunculus repens	3.3 2.2	Kriech-Hahnenfuß
Poa pratensis	2.2 2.2	2.2 2.2	Wiesen-Risp	Festuca arundinacea	1.1 1.2	Rohr-Schwingel
Holcus lanatus	2.2 +2	3.4 1.2	Wolliges Honiggras	Mentha aquatica	1.1 +1	Wasser-Minze
Rumex acetosa	1.1 +1	1.1 1.1	Großer Sauerampfer	Galium uliginosum	+1 1.2	Moor-Labkraut
Anthoxanthum odoratum	1.2 +2	1.2	Ruchgras	Juncus effusus	+1 +2 ^o	Platter-Binse
Festuca pratensis	2.2 +2	. 1.2	Wiesen-Schwingel	Lysimachia nummularia	+1 3.2	Pfennigkraut
Festuca rubra var. genuina	. 2.2	2.2 3.3	Rasen-Rotschwingel	Juncus articulatus	+2	Glieder-Binse
Prunella vulgaris	. 1.2	1.1 2.2	Kleine Brunelle	Liobolus palustre	+1	Sumpf-Weidenröschen
Trifolium pratense	+2 +1	.	Wiesen-Rotklee	Agrostis alba	. 3.3	Weißes Straußgras
Cerastium caespitosum	+1	1.1	Rasen-Hornkraut	Glechoma hederaceum	. 2.2	Gundermann
Ranunculus acer	+1	+1	Scharfer Hahnenfuß	Stellaria palustris	. 1.1	Sumpf-Sternmiere
Begleiter:				Cirsium vulgare		
Veronica chamaedrys	+2 2.2	1.1 3.3	Gamander-Ehrenpreis	Ranunculus repens	3.3 2.2	Kriech-Hahnenfuß
Galium mollugo	+2 2.2	+2 2.2	Gemeines Labkraut	Festuca arundinacea	1.1 1.2	Rohr-Schwingel
Plantago lanceolata	1.2 +2	1.2 1.2	Spitz-Wegerich	Mentha aquatica	1.1 +1	Wasser-Minze
Achillea millefolium	1.2 2.2	1.2 1.1	Schafgarbe	Galium uliginosum	+1 1.2	Moor-Labkraut
Briza media	+2 +2	+2	Zittrgras	Juncus effusus	+1 +2 ^o	Platter-Binse
Ranunculus repens	+2 +2	+2	Kriech-Hahnenfuß	Lysimachia nummularia	+1 3.2	Pfennigkraut
Glechoma hederaceum	1.2 +2	+2	Gundermann	Juncus articulatus	+2	Glieder-Binse
Centaurea jacea	+1 +1	. +1	Wiesen-Flockenblume	Liobolus palustre	+1	Sumpf-Weidenröschen
Teraxacum officinale	1.1 2.2	. +1	Löwenzahn	Agrostis alba	. 3.3	Weißes Straußgras
Pimpinella saxifraga	+2 +1	.	Kleine Bibernelle	Glechoma hederaceum	. 2.2	Gundermann
Lotus corniculatus	. +1	. 1.1	Wiesen-Rotklee	Stellaria palustris	. 1.1	Sumpf-Sternmiere
Stellaria graminea	.	+1 1.2	Gras-Sternmiere	Cirsium vulgare	. +1	Lenzett-Distel
Hypericum perforatum	.	+1 2.2	Johanniskraut			

Tabel 3: Proefvlak in Scherpezegge-vegetatie (relatief nat) in 1939 en 1946 (uit Ellenberg 1952).

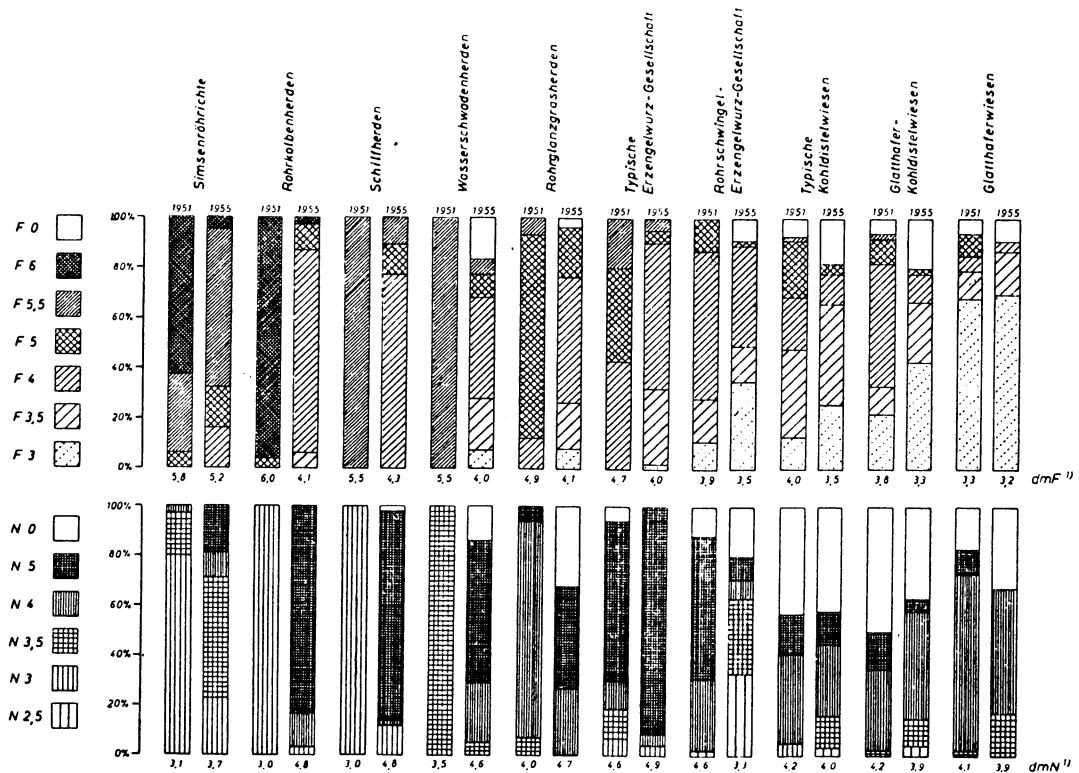
Tabel 2: Proefvlakken in Frans-raaigras-vegetatie (relatief droog) in 1939 en 1946 (uit: Ellenberg 1952).

4.5. De invloed van het leggen van een sluis in de Dove Elbe bij Hamburg (Meijer 1957).

Waterstaatkundige ingrepen veroorzaakten in de groenlanden aan de Dove Elbe een verandering van de waterhuishouding. Men constateerde een daling van de gemiddelde grondwaterstand en een afname van het aantal overstromingen. In permanente kwadraten werden de veranderingen in de soortensamenstelling gevolgd gedurende 5 jaar in vegetaties van natte en meer droge standplaatsen. Figuur 17 geeft weer hoe men iedere vegetatieopname geanalyseerd heeft op vochtigheidsindicatoren en stikstofindicatoren. (Soorten van natte standplaatsen scoren hoge vochtigheidsgetallen (F) en soorten, die groeien op plaatsen met een goede stikstofvoorziening scoren hoge stikstofgetallen (N)).

Aan de hand van deze indicatiesoorten zijn een aantal voorlopige conclusies te trekken (door nauwkeurige bodemanalyses werden deze conclusies bevestigd):

1. In vegetaties van natte standplaatsen treden grotere veranderingen op in de soortensamenstelling dan in vegetaties van drogere standplaatsen.
2. In "natte vegetaties" treedt door verbeterde luchtvoorziening een verbeterde stikstofvoorziening voor de plant op (tot uitdrukking komend in hogere N-getallen. In "droge" vegetaties treedt door verminderde vochtvoorziening een verminderde stikstofvoorziening op (tot uitdrukking komend in lagere N-getallen).



Prozentualer Anteil der Feuchte- und Stickstoffgruppen am Artengefüge von Grünlandgesellschaften an der Dove Elbe vor ihrer Abdämmung (1951) und 4 Jahre danach (1955).

1) Durchschnittliche mittlere Feuchte- bzw. Stickstoffzahl.

Fig.17: Aandeel van vocht- en stikstofindicatie-soorten in verschillende vegetaties vóór en na afdamming (uit: Meijer 1957).

4.6. Gevolgen van grondwaterstands dalingen in het C.R.M. Reser-
vaat "de Reitma" bij Elp (Ten Klooster 1974 en 1975).

In het natuurreservaat "de Reitma", één van de laatst over-
gebleven voorbeelden van een voedselarm hooiland (blauw grasland)
in Drenthe, is de grondwaterstand in vergelijking met gegevens
van vòòr 1963 gemiddeld 10-20 cm gedaald (plaatselijk zelfs nog
iets meer). De grondwaterfluctuaties namen toe, vooral gedurende
de laatste jaren toen het effect van lage grondwaterstanden nog
versterkt werd door de geringe neerslag. (zie fig. 18).

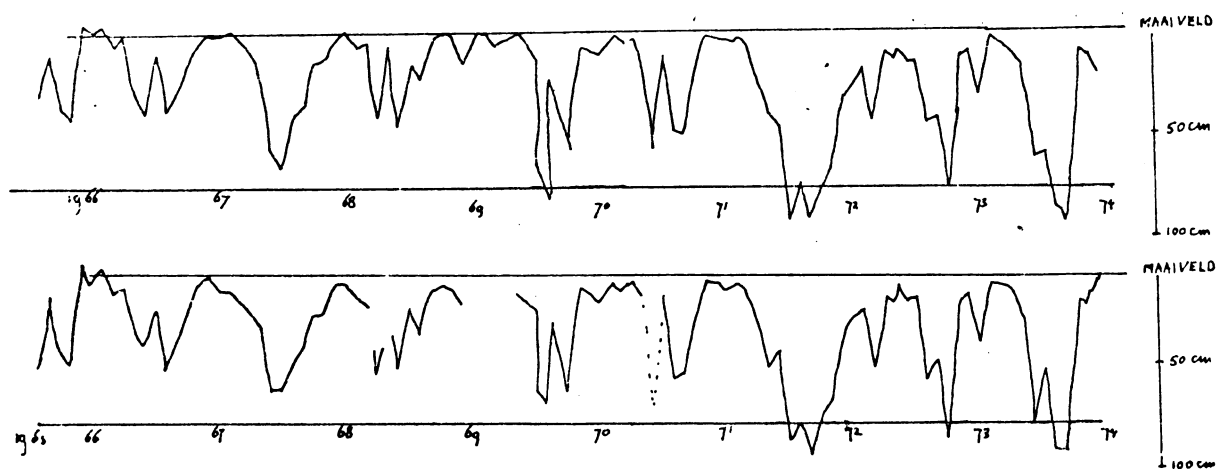


Fig. 18 Grondwaterstandsverloop (twee peilbuizen) in het reservaat
"de Reitma" bij Elp . De metingen lopen van 1965 tot 1974.

Uit: ten Klooster (1974)

Langs de oostzijde en de westzijde van het reservaat zijn
in 1963 waterleidingen ten behoeve van de landbouw gegraven.
Enige jaren geleden werd de leiding aan de westzijde verbreed
en uitgediept. Ondanks de in 1963 aangelegde leembekisting
(westzijde) en aarden wal (oostzijde) is het niet mogelijk ge-
bleken het gewenste waterpeil te handhaven.

In de winter kan niet voldoende water worden vastgehouden om de droge zomermaanden te overbruggen: "De diepe randontwatering maakt in het algemeen dat droge perioden met minder grondwater worden ingegaan. Dit kan voor een dergelijk reservaat funest zijn" (ter Hoeve 1974).

Wat de vegetatie betreft werd een achteruitgang of verdwijning geconstateerd van enige zeldzame, doch voor een blauw grasland kenmerkende soorten, zoals: spaanse ruiter, blonde en tweehuisige zegge en breedbladige orchis. Droogte en storingstolerante soorten als schapegras en rood zwenkgras namen toe. Vooral schapegras (*Festuca ovina*) breidde zich sterk uit.

4.7. Andere voorbeelden.

In de natuurreservaten "de Rottige Meente" in Zuidoost-Friesland (Douwes 1973) en "de Castenrayse Vennen" in Limburg (v.d. Munckhof 1974) heeft men als gevolg van grondwaterstandsverlagingen eveneens een toenemende eutrofiëring geconstateerd: Opkomst van brandnetels, pitrus en een versnelde verlanding waren het gevolg.

Wat betreft andere natuurterreinen in Drenthe raadplege men bijlage I.

5. De invloed van het grondwater op de stikstofkringloop.

5.1. De stikstofkringloop (zie ook fig. 19).

Gasvormige stikstof (N_2) uit de lucht kan door bepaalde micro-organismen (vooral bacteriën) in de levende cel worden vastgelegd. Deze biologische stikstofbinding kan onderverdeeld worden in symbiontische en niet-symbiontische stikstofbinding.

De niet-symbiontische stikstofbinding wordt uitgevoerd door vrij levende micro-organismen. Kwantitatief speelt dit in onze streken vermoedelijk een minder belangrijke rol (Dommergues 1970).

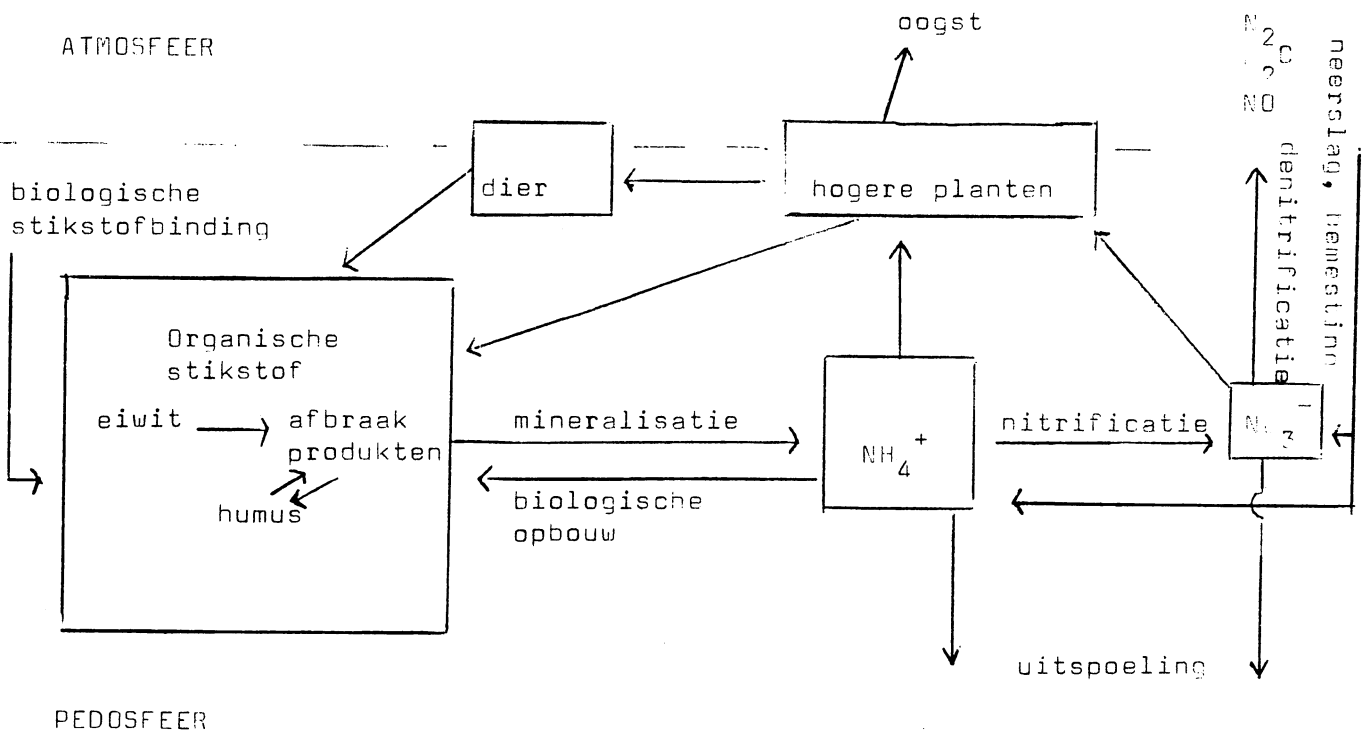


Fig. 19. De stikstofcyclus, naar: Mc. Laren)1967)

De symbiotische stikstofbinding wordt uitgevoerd door micro-organismen, die in symbiose leven met bepaalde plantensoorten. De bacteriën leven in zgn. wortelknolletjes, waar ze de stikstof met behulp van een gespecialiseerd enzymesysteem reduceren tot Ammonium (NH_4^+). Ammonium kan door vrijwel alle bacteriën en planten gemakkelijk ingebouwd worden in eiwitten en andere belangrijke celbouwstenen. Wortelknolletjes treft men wel aan bij Vlinderbloemigen en ook bij de Els.

Sterven levende organismen af en komt het organisch gebonden stikstof in de grond terecht, dan wordt dit door allerlei micro-organismen weer omgezet in Ammonium. Dit proces wordt wel mineralisatie of ammonificatie genoemd. De Ammonium kan door een aantal zeer gespecialiseerde micro-organismen omgezet worden in Nitriet (NO_2^-). Nitriet kan door andere gespecialiseerde soorten omgezet worden in Nitraat (NO_3^-). Het proces waarin Ammonium wordt omgezet in Nitraat noemt men nitrificatie. Het Nitraat kan worden opgenomen door hogere planten (groene planten). Het kan echter ook door andere bacteriën weer worden gereduceerd tot gasvormige stikstof (N_2). Dit noemt men denitrificatie.

Nitraat dat niet organisch wordt gebonden kan gemakkelijk in water oplossen en uitspoelen.

Het grondwater kan in de stikstofkringloop van invloed zijn op:

- a. de stikstofbinding;
- b. de processen van mineralisatie, nitrificatie en denitrificatie.

De niet-symbiotische stikstofbinding door vrij levende bacteriën is in onze streken minder belangrijk, de symbiotische kan echter wel van betekenis zijn; indien door grondwaterstandsveranderingen planten zich kunnen vestigen die met behulp van hun wortelknolletjes in staat zijn de stikstofvoorraad in de grond te verhogen (bijv. vlinderbloemigen), dan zal dit zeker invloed hebben op de verdere ontwikkeling van de vegetatie. In zeer zure en voedselarme bodems speelt dit waarschijnlijk een minder belangrijke rol dan in minder zure en meer voedselrijke bodems. Deze stikstofbinding zal hier echter niet verder besproken worden.

De processen van mineralisatie, nitrificatie en denitrificatie worden waarschijnlijk in belangrijke mate door het grondwater gereguleerd. Hierover gaat in hoofdzaak de rest van dit hoofdstuk.

5.2. Enkele experimentele studies over mineralisatie en denitrificatie.

Aan de stikstofhuishouding is veel experimenteel onderzoek verricht. Vooral over de relatie tussen ammonificatie, nitrificatie, denitrificatie en de vochtigheid van de grond is veel geschreven.

Uit een onderzoek van Miller en Johnson (1964) bleek dat bij grote bodemvochtigheid er in de grond alleen ammonificatie plaatsvindt. Organisch materiaal wordt dan anaëroob (zonder toetreding van zuurstof) afgebroken (zie fig. 20). Neemt de vochtigheid van de grond af (de vochtspanning = pF neemt toe), dan wordt de zuurstofvoorziening in de grond beter. Nitrificerende bacteriën, die sterk afhankelijk zijn van een goede zuurstofvoorziening, kunnen bij een goede doorluchting van de grond ammonium omzetten in nitraat. Bij een zeer lage bodemvochtigheid (droge grond met een hoge pF) namen Miller en Johnson een sterke remming waar van de ammonificatie, de nitrificatie en de afbraak van organisch materiaal. De bacteriën kunnen deze processen namelijk alleen uitvoeren in het bodemwater en niet in de bodemlucht (Frercks en Puffe 1957). Uiteraard worden deze processen ook beïnvloed door de bodemstructuur, de zuurgraad, de temperatuur enz. We komen hier later op terug.

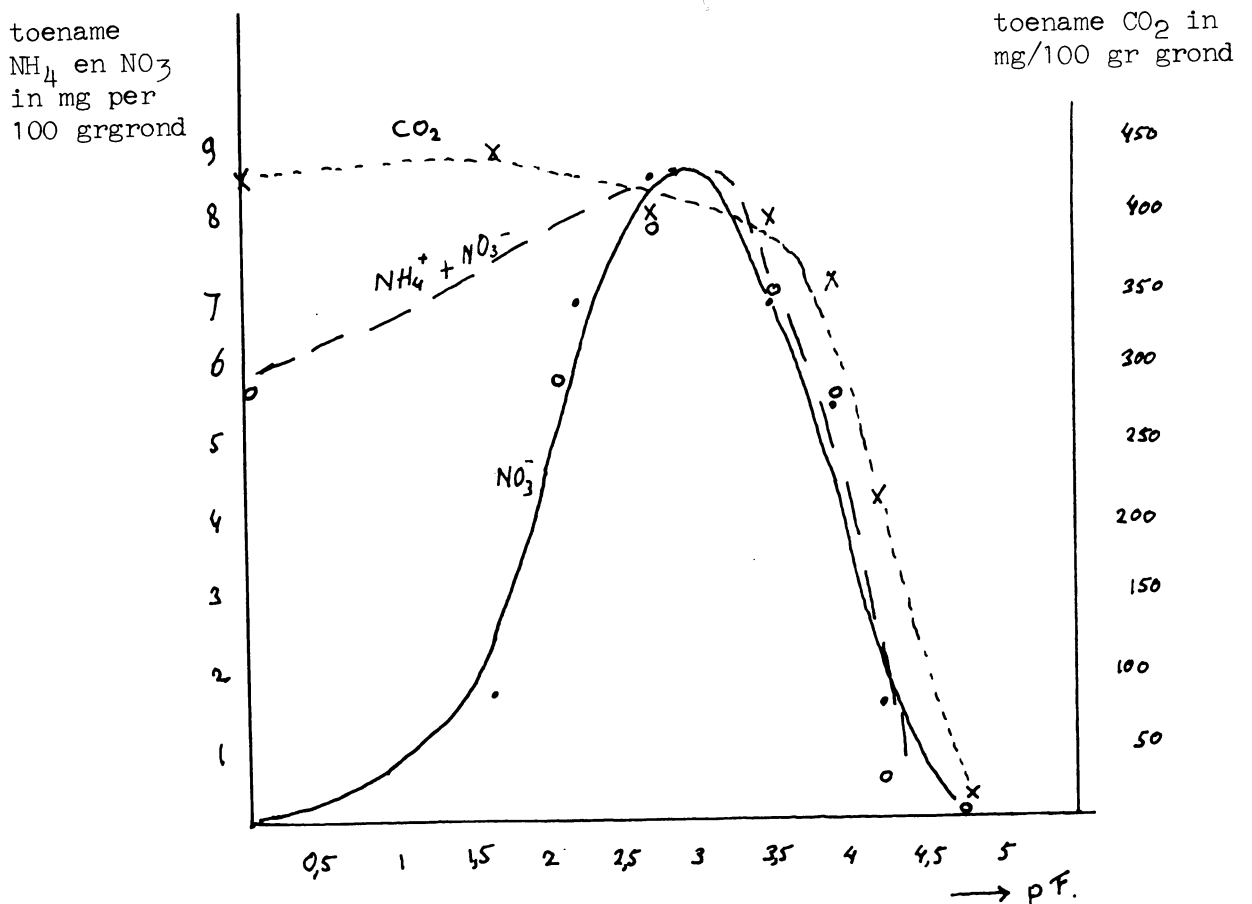


Fig. 20: De humusmineralisatie bij verschillende vochtigheids-
spanningen.
uit: Miller and Johnson (1964)

Ook de denitrificatie wordt sterk beïnvloed door de factor water. Dit proces kan door micro-organismen alleen uitgevoerd worden wanneer zuurstof niet of in zeer geringe mate aanwezig is. Uit laboratorium-experimenten, uitgevoerd door Cleemput en Patrick (1974) blijkt dat de denitrificatie-activiteit in de grond het hoogst is bij een hoge zuurgraad en een lage redox-potentiaal (de redox-potentiaal geeft weer: de mate waarin electronen kunnen worden opgenomen). Lage redox-potentiaal worden gemeten in gronden met zeer lage zuurstof-concentraties. In zeer natte gronden vinden we dus gunstige voorwaarden voor de denitrificatie, omdat hier vanwege een slechte doorluchting de zuurstofconcentratie zeer laag is. Onder dergelijke omstandigheden kan veel nitraat omgezet worden in gasvormige stikstof, die vervolgens in de atmosfeer verdwijnt.

5.3. Het meten van stikstof in het veld.

Voordat metingen omtrent de stikstofhuishouding in de bodem behandeld zullen worden moeten we ons eerst afvragen wat we eigenlijk meten. Aangezien planten vrijwel uitsluitend minerale stikstof kunnen opnemen (Dommergues 1970, Firth and all. 1972), is het van belang te weten hoeveel minerale stikstof er door de activiteit van micro-organismen vrijgemaakt kan worden uit het aanwezige organische materiaal (dit wordt ook wel de bruto mineralisatie genoemd).

Niet al deze minerale stikstof staat de plant echter ter beschikking. Een gedeelte (mede afhankelijk van het seizoen) wordt opgenomen door de micro-organismen. Een ander gedeelte kan vastgelegd worden in moeilijk afbreekbare humusverbindingen. In natte gronden kan ook nog een aanzienlijk gedeelte van de nitraat door denitrificatie verdwijnen.

Voor de plant is de netto mineralisatie van belang. Dit geeft de potentieel voor de plant beschikbare minerale stikstof weer. Om deze hoeveelheid minerale stikstof te meten gebruikt men wel de volgende 3 methoden (van Dijk 1972, Meyer 1957, Yerli 1970, Runge 1965):

- a. Bepaling van de totale voorraad minerale stikstof (NH_4^+ + NO_3^-) op één bepaald moment.
- b. Bepaling van de stikstof mineralisatie gedurende een bepaalde periode in het veld. Dit geeft een beeld van de stikstoflevering van de bodem onder veldcondities.
- c. Bepaling van de stikstof mineralisatie onder optimale condities in een laboratorium. Dit geeft de potentiële stikstoflevering van de grond.

De vraag welke van de 3 methoden het best de hoeveelheid stikstof aangeeft die de plant ter beschikking staat, kan niet zonder meer beantwoord worden (van Dijk 1972). Een belangrijke rol speelt hierbij het al dan niet verstoord zijn van het profiel. Vaak worden alle 3 methoden toegepast. Heeft men naast de mineralisatie ook inzicht in de mate van uitspoeling en denitrificatie dan kan men een stikstofbalans opstellen (Ellenberg 1964, Meyer 1957).

5.4. Het seizoenritme in de stikstofhuishouding.

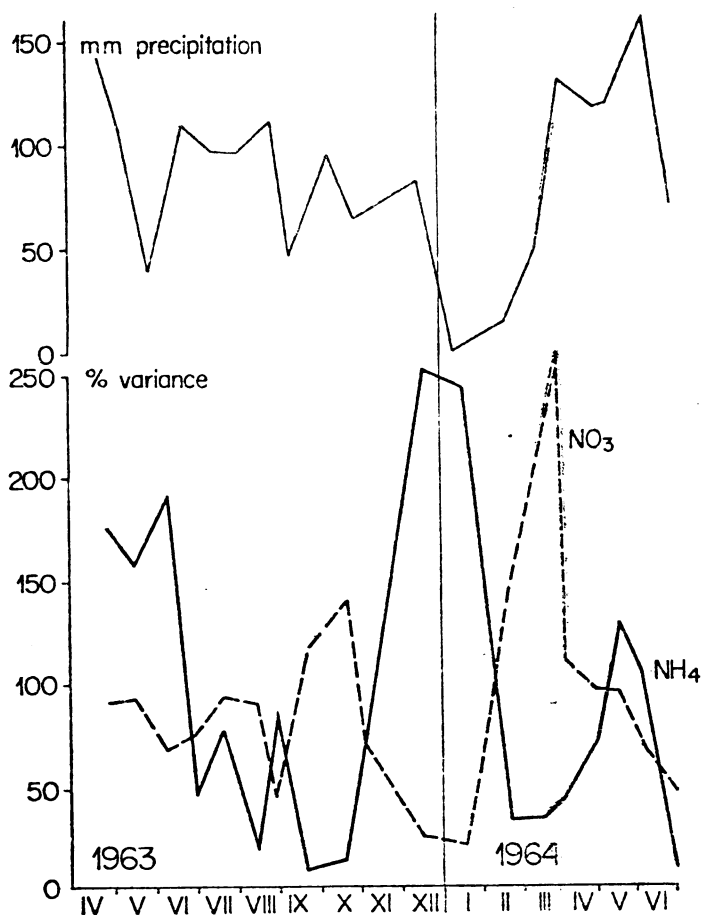
Zo'n 95-99% van de stikstof in de bodem is in organische vorm aanwezig. De voor de plant beschikbare stikstof behoort tot de resterende 1-5% minerale stikstof. De stikstof kan door de plant worden opgenomen in de vorm van Ammonium (NH_4^+) of Nitraat (NO_3^-). De hoeveelheid stikstof die gemineraliseerd wordt hangt af van: het watergehalte van de grond, het bodemprofiel, de verdeling van de bodemlucht in het profiel, de pH, de temperatuur, de voorraad totale stikstof in de grond en de aantastbaarheid van het organisch materiaal. Onder invloed van de jaargetijden vertonen gronden perioden van verhoogde mineralisatie en dus een verhoogde stikstofleverantie.

De invloed van het grondwater op de stikstofkringloop zal vooral besproken worden aan de hand van voorbeelden. De vegetaties van schrale en vochtige hooilanden krijgen hier veel aandacht, omdat hierover een aantal uitgebreide studies zijn verschenen.

Trevor Williams (1968) bestudeerde de seizoeninvloed op de stikstofhuishouding in vochtige hooilanden in Zwitserland, Frankrijk en Duitsland. Deze hooilanden zijn wat de vegetatie betreft enigszins te vergelijken met de hooilanden in het gebied van de Drentse Aa. Andere studies over het seizoenritme van de stikstofmineralisatie zijn verricht door Leon (1968), Yerli (1970) Davy en Taylor (1974).

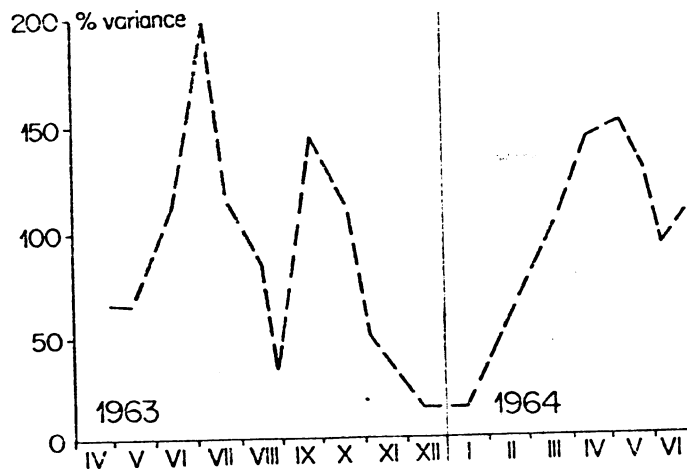
Bepaald werden de Nitraat en Ammoniumhoeveelheden, die op een bepaald moment in de bodem aanwezig waren, maar ook de stikstoflevering van de bodem onder veld- en laboratoriumcondities.

In de figuren 21 en 22 zijn enige resultaten van het onderzoek van Williams weergegeven. De metingen zijn verricht in Zwitserland. De grafieken geven gemiddelde waarden aan van een groot aantal metingen op zowel vochtige als iets drogere standplaatsen. Slechts veranderingen zijn weergegeven, dus niet de niveau's.



The nitrogen present at sampling in the field plots in Switzerland. (Curves represent the mean of all soils and are expressed as the % variance from the mean over the experimental period.) The upper curve shows the precipitation for 30 days prior to sampling. Standard errors: $\text{NO}_3 = 37.5$ $\text{NH}_4 = 18.0$

Fig. 21. uit: Williams (1968)



The nitrification in the field of the experimental areas in Switzerland. S.E. = 11.0

Fig. 22. uit: Williams (1968)

Over de seizoenfluctuaties kan op basis van de genoemde onderzoeken het volgende gezegd worden:

- a. In het begin van het voorjaar treedt in de gematigde streken vaak een verhoogde mineralisatie op. De activiteit van micro-organismen is dan groot. Organisch materiaal dat gedurende de wintermaanden is opgehoopt, bijv. door het afsterven van plantenwortels etc. bij vorst, wordt afgebroken en de minerale stikstof komt voor de plantengroei beschikbaar (Ehrhardt 1961, in Yerli 1970).
- b. In gronden waar de vochtvoorziening ruim voldoende is en waar in natte perioden de luchtvoorziening de beperkende factor is voor de mineralisatie, neemt in de zomermaanden de mineralisatie toe. Door de hogere temperaturen en de verbeterde luchtvoorziening in de grond (verdamping veroorzaakt 's zomers een lagere grondwaterstand) wordt de activiteit van de bodem-organismen bevorderd. Het hangt van het stikstofgehalte van de humus af hoeveel minerale stikstof er door de mineralisatie ter beschikking komt voor de plant.

De beschikbare minerale stikstof wordt ten dele door micro-organismen opgenomen en omgezet in bacterieel eiwit. Sommige auteurs menen dat de groene planten vooral 's zomers bij de concurrentie om minerale stikstof ten opzichte van micro-organismen in het nadeel zijn. Yerli (1970) bijvoorbeeld nam in de zomer een minimum waar in het minerale stikstofgehalte. Dit werd volgens hem veroorzaakt door de snelle groei van micro-organismen (een gebrekkige vochtvoorziening werd door hem niet waargenomen). Andere auteurs achten de concurrentiepositie van micro-organismen minder sterk (Harmsen en Kolenbrander in Bartholomeu en Clark 1965).

In gronden met een gebrekkige vochtvoorziening in de zomer, zal bij een lage zomerse grondwaterstand de mineralisatie geremd worden door droogte. Een verhoogde neerslag stimuleert dan de mineralisatie (zie bijv. fig. 23).

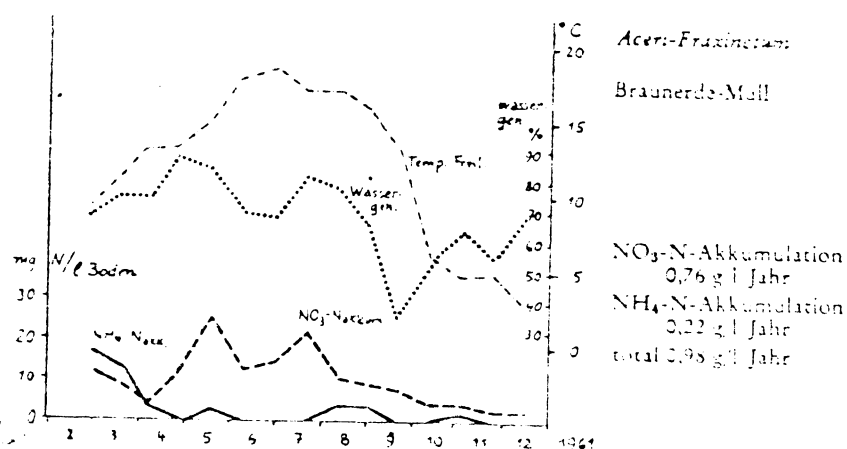


Fig. 23. Metingen omtrent de ammonium- en nitraat-accumulatie in een bosgrond. uit: Ellenberg (1964)

- c. Aan het eind van de zomer en in het najaar is er vaak een tweede maximum in de mineralisatie, dat veroorzaakt wordt door het afsterven van plantendelen. Voor de meeste vegetaties is deze mineralisatie van minder belang dan de mineralisatie in het voorjaar (Davy and Taylor 1974, Yerli 1970).

Enige conclusies die uit het werk van T. Williams, Yerli en Leon getrokken kunnen worden zijn de volgende:

1. De stikstofmineralisatie wordt net als vele andere bodemprocessen ten eerste beïnvloed door de factor water (Yerli 1970). Het is waarschijnlijk dat water de belangrijkste factor is die het seizoenritme van de stikstofmineralisatie reguleert (T. Williams 1968).
2. De bodemvochtigheid beïnvloedt de biologische activiteit van de bodem. Door een hoge grondwaterstand wordt de mineralisatie (nitrificatie) geremd en de denitrificatie bevorderd. In een situatie waarbij de vochtvoorziening de groeibeperkende factor is (bijv. in droge zandgronden) kan de nitrificatie juist door een verhoogde bodemvochtigheid gestimuleerd worden.
3. De metingen van de actuele gehalten aan minerale stikstof (fig. 21) geven aan dat indien het ammonium-gehalte in de grond hoog is, de nitraat-gehalten meestal laag zijn en omgekeerd. Verder komen de hoogste ammonium-gehalten voor in de natte jaargetijden. De nitraat-gehalten zijn dan het laagst. Ten dele is de hoge bodemvochtigheid en de lage temperatuur ('s winters) er de oorzaak van dat de nitrificatie geremd wordt. Ook wordt in zeer natte bodems de denitrificatie gestimuleerd, waardoor veel Nitraat kan verdwijnen. Misschien belangrijker nog is het verlies van Nitraat ten gevolge van uitspoeling door regenwater (T. Williams 1968).

5.5. Enkele studies aan stikstofarme en stikstofrijke vegetaties.

Wanneer we praten over stikstofarme of stikstofrijke vegetaties dan moeten we wel beseffen dat stikstof slechts één van de factoren is (hoewel waarschijnlijk een zeer belangrijke) die in de relaties tussen bodem en vegetatie een rol spelen.

5.5.1. Vochtige hooilanden.

Bij een onderzoek aan vochtige hooilanden vond T. Williams (1968) dat de hoogste mineralisatie plaatsvond in het droge vegetatietype (Arrhenatheretum), vgl. tabel 4. In de natte vegetatie-typen lag het niveau van de mineralisatie veel lager. Verder speelde in de vochtige hooilanden vooral Nitraat een belangrijke rol in de stikstofvoorziening. In enkele natte typen werd daarnaast een geringe invloed van Ammonium bespeurd.

Ungedüngte Wiesengesellschaften: Ungefähres Mineralstickstoffangebot pro Hektar und Jahr unter Feldbedingungen

Gesellschaften	Autor	kg ha J
Kalk-Halbtrockenrasen		
<i>Festuca-Mesobrometum</i>	G	20-30* (<)
<i>Colchico-Mesobrometum</i>	G	20-30* (>)
<i>Mesobrometum alluviale</i>	L	10
Kalk-Pfeifengraswiesen		
<i>Molinietum</i>		
- trocken	L	0
- mäßig feucht	L	2-15
- feucht	L	5-40*
- <i>schoenetosum</i>	L	0
- <i>juncoetosum</i>	L	0-30*
Saure Pfeifengraswiesen		
<i>Juncus-Molinietum</i>		
- trocken	L	0
- feucht	L	1
- naß	L	8
Kalk-Kleinsseggenrieder		
<i>Caricetum fascicularae</i>	L	0-5
<i>Schoenetum ferrugineae</i>		
- typisch	L	40*
- am Hang	L	0
Saures Kleinsseggenried		
<i>Caricetum canescenti-fuscae</i>	L	0
Großseggenried		
<i>Caricetum elatae</i>	L	>30*

Anmerkung: G = A.GIGON, L = R.LEÓN, (<) = wohl weniger, (>) = wohl etwas mehr, * = nicht mehr gemäht

Tabel 4: Bemeste, vochtige hooilanden (Ellenberg 1968)

Gedüngte Feuchtwiesen: Ungefähres Mineralstickstoffangebot pro Hektar und Jahr unter Feldbedingungen

Gesellschaften	Autor	kg ha J
Glatthaferwiesen		
<i>Arrhenatheretum typicum</i>	W	135-260
Kohldistelwiesen		
<i>Cirsium oleraceum</i> -Gesellschaft		
- frisch	W	80-210
- feucht	W	45-170
- naß	W	25- 70
Waldsimsewiese		
<i>Scirpus silvaticus</i> -Bestände	W	70

Anmerkung: W = WILLIAMS

Tabel 5: Onbemeste (schrale) hooilanden (Ellenberg 1968)

5.5.2. Schrале hooilanden.

Yerli (1970) verrichtte onderzoek aan schrale (niet bemeste) hooilanden, veelal gelegen op minerale grond onder sterke invloed van het grondwater. Een aantal associaties bleken een lage stikstofmineralisatie te vertonen. Het gehalte aan minerale stikstof was eveneens zeer laag. Nitraat was vaak in het geheel niet aantoonbaar. Ammonium was slechts in geringe mate aanwezig. Seizoensfluctuaties waren zwak. Hij vond dat de verschillende onderzochte associaties zich wat de stikstofmineralisatie betreft goed lieten onderscheiden, hetgeen ook blijkt uit gegevens van Gigon en Leon (Ellenberg 1968) weergegeven in tabel 5.

De gronden met een gehalte aan organische stof, groter dan 25% (bijv. niet meer gemaaid graslanden) vertoonden een actieve stikstof-mineralisatie. De vochtigste gronden met een grondwaterstand die bijna steeds tot vlak onder het oppervlak reikte, mineraliseerden alleen Ammonium. In minder vochtige organische bodems vond Leon (1968) een Nitraatlevering, die vergelijkbaar is met die van bosbodems (Ellenberg 1968). Hij kon slechts sporadisch Ammonium aantonen.

Opvallend is dat een (relatieve) rijkdom aan minerale stikstof niet altijd onontbeerlijk schijnt te zijn voor bepaalde hier onderzochte vegetatietypen. Met name blijkt dat *Molinia* (Pijpestrootje)-vegetaties en vegetaties met veel *Juncaceën* (Yerli 1970) ook voorkomen op gronden met een veel lagere stikstof-levering. We komen hier later op terug.

In elk geval blijkt dat er plantengemeenschappen bestaan die gebonden zijn aan een lage stikstof-mineralisatie en aan lage stikstofgehaltes. Andere gemeenschappen zijn juist gebonden aan een goede stikstof-mineralisatie en aan hoge stikstofgehaltes. Naast deze "stikstofarme" en "stikstofrijke" typen bestaan er ook plantengemeenschappen die min of meer indifferent voor stikstof schijnen te zijn. Misschien spelen andere milieufactoren hier een belangrijker rol. In dergelijke vegetaties kunnen zich echter, bij een plotselinge toename van de stikstofmineralisatie (bijv. door een sterke daling van het grondwaterniveau) wel nitrofiële soorten vestigen en zich uitbreiden ten koste van de oorspronkelijke vegetatie.

5.5.3. Plotselinge veranderingen in de stikstofbalans in een rietvegetatie.

Meyer (1957) beschrijft een onderzoek naar de stikstofhuishouding in een rietvegetatie waarvan door verlaging van de grondwaterstand en het uitblijven van jaarlijkse overstromingen de stikstofbalans geheel is verstoord.

In de vegetatie kwam dit tot uitdrukking doordat het riet verdrongen werd door brandnetels. De metingen (zie tabel 6) zijn in een laboratorium verricht en geven dus slechts verhoudingen weer. Opmerkelijk is dat de nitrificatie-capaciteit in de brandnetel-vegetatie veel lager bleek te zijn dan in een ter vergelijking onderzochte niet gestoorde rietvegetatie. Dit komt waarschijnlijk, doordat met het uitblijven van de overstromingen ook de aanvoer van gemakkelijk mineraliseerbaar organisch materiaal uitblijft. In de rietvegetatie is er echter een zeer grote denitrificatie capaciteit, die de Nitraat-productie teniet doen. Een belangrijk onderscheid tussen de riet- en de brandnetelvegetatie is het gehalte aan Nitraat en Ammonium. In de brandnetel-vegetatie zijn hiervan hoge gehalten gevonden ondanks de lage nitrificatie-capaciteit.

Intensität der Mikroorganismen-tätigkeit sowie Luft-, Wasser- und Trockensubstanzvolumina verschiedener Bodentiefen

Probestfläche	Tiefe	Ammonium- fraktion (mg NH ₄ 3d) (nach 24 Std.)	Ammonium- fraktion (mg NO ₂ 2d) (nach 5 Tg.)	Nitri- fikation (mg NO ₃ 2d) (nach 5 Tg.)	Denitri- fikation (mg NO ₃ in 48 Std. denitri- fiziert)	NH ₃ + NO ₂ -N (in mg) pro 100 cm ³ Boden zu am Beginn Schluß d. Beobachtung	Luft- volum. in (%)	Wasser- volum. in (%)	Trocken- substanz- volumen (in %)
aus einer Schilfherde hervor- gegangene Brennesselherde	5 cm	690	36	80	2,44	18,58	35,2	44,9	19,9
	25 cm	410	19	129	1,20	11,50	4,6	66,0	29,4
	50 cm	305	3,5	132	—	—	—	—	—
an der Dove Elbe (Fläche 1) Schilfherde an der Süderelbe (S 51)	5 cm	880	135	140	0,64	6,08	0,8	78,5	20,7
	25 cm	780	41	179	1,41	3,65	0,6	66,7	32,7
	50 cm	295	1,8	164	—	—	—	—	—

Tabel 6: Metingen in een wel (fl.1) en een niet (S51) gestoorde rietvegetatie (uit: Meyer 1957).

Uit dit onderzoek kan afgeleid worden dat de stikstofbalans van grote invloed is op deze vegetatie en dat deze balans in hoge mate wordt beïnvloed door de grondwaterstand. Wijzigingen in de waterhuishouding kunnen dan ook grote gevolgen hebben voor de stikstofhuishouding.

5.5.4. Verdere literatuur.

De stikstofhuishoudingen van hoogveenvegetaties en bosvegetaties worden hier niet besproken. Studies omtrent de stikstofkringloop in bosvegetaties zijn ondermeer verricht door Ellenberg (1964), Runge (1965), Kovács (1969) en Schönhar (1955). Door Klötzli (1969) is onderzoek verricht naar o.a. de stikstofhuishouding in elzen- en berkenbroekbossen. De samenhang van de biologische activiteit en de grondwaterstand in hoogveengronden werd door Dörner (1961) bestudeerd (zie Müller 1965).

5.6. Samenvatting.

Het grondwater speelt in de stikstofhuishouding een zeer belangrijke rol. De vochtigheid van de grond bepaalt in hoge mate de hoeveelheid en de vorm waarin de stikstof voor de vegetatie ter beschikking komt. Ook het seizoenritme in de stikstofvoorziening wordt sterk bepaald door de grondwaterstands-fluctuaties. Uit de onderzoeken van Meyer (1957), Leon (1968), Yerli (1970) en Williams (1968) blijkt dat een groot aantal vegetatietypen zich wat betreft hun stikstofhuishouding goed laten onderscheiden. Vegetaties die gebonden zijn aan een lage stikstofmineralisatie worden vooral gevonden in gronden met een hoge grondwaterstand. Vegetaties die gebonden zijn aan een hogere stikstofmineralisatie treffen we (in verder vergelijkbare omstandigheden) vooral aan op gronden met een minder hoge grondwaterstand.

Verlaging van de grondwaterstand heeft veelal een eutrofiëring tot gevolg in gebieden waar de mineralisatie beperkt wordt door de hoge grondwaterstanden. Ook kan eutrofiëring veroorzaakt worden door een verminderde denitrificatie of een verhoogde stikstofbinding of door een combinatie van de bovengenoemde processen. Een plotselinge toename van minerale voedingsstoffen (eutrofiëring) is voor de gevestigde vegetatie vaak zeer nadelig.

6. De invloed van het grondwater op de fosforkringloop.

6.1. De fosforkringloop.

Fosfor is een voor de plantengroei onmisbaar bodemmineraal. Het is echter vrijwel uitsluitend beschikbaar en opneembaar in de vorm van fosfaat (PO_4^{3-}). Van dit fosfaat zijn een aantal vormen te onderscheiden (zie ook fig. 24):

1. De direct opneembare vorm PO_4^{3-} , die opgelost is in het bodemwater.
2. PO_4^{3-} ionen die geadsorbeerd zijn aan bodemdeeltjes. PO_4^{3-} kan bijv. gebonden worden door tussenkomst van Ca^{2+} , Fe^{3+} en Al^{3+} (calcium, ijzer en aluminium) ionen.
3. Niet opneembare fosfaten die gebonden zijn aan minerale complexen.
4. Niet opneembare fosfaten, die gebonden zijn in het organisch materiaal.

De beschikbaarheid van fosfaat voor de plant hangt af van de oplosbaarheid van de nog niet opgeloste minerale fosfaten en van de snelheid waarmee het organisch gebonden fosfaat (15-80% van de totale fosfor in de grond) door mineralisatie kan worden vrijgemaakt.

6.2. De oplosbaarheid en mineralisatie van fosfaten.

Het pH traject waartussen het fosfaat ion beperkt oplosbaar is ligt ongeveer tussen $\text{pH} = 4$ en $\text{pH} = 6,5$. Bij een pH-waarde tussen 3 en 4 ontstaan onoplosbare ijzer- en aluminiumfosfaten. Bij een pH groter dan 6,5 ontstaan onoplosbare calciumfosfaten (Steenvoorden en Oosterom 1973).

De oplosbaarheid van fosfaat ionen wordt daarnaast ook beïnvloed door de redox-potentiaal. In gronden met een goede zuurstofvoorziening is fosfaat vaak gebonden aan een driewaardig ijzer ion (Fe^{3+}). Wanneer door een grondwaterstandsverhoging in de grond een situatie ontstaat met een slechte zuurstofvoorziening en een lage redox-potentiaal, dan gaat het ijzer ion over in zijn gereduceerde vorm (Fe^{3+} wordt Fe^{2+}). Hierdoor wordt het fosfaat ion minder sterk gebonden (gaat in oplossing) en is voor de plant beter beschikbaar.

Minerale stikstof en fosfaat komen beide vrij door mineralisatie van organisch materiaal. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er een verband gevonden wordt tussen de gehalten aan minerale stikstof en de fosfaatgehalten in de grond (Yerli 1970, T. Williams 1968, Klötzli 1969).

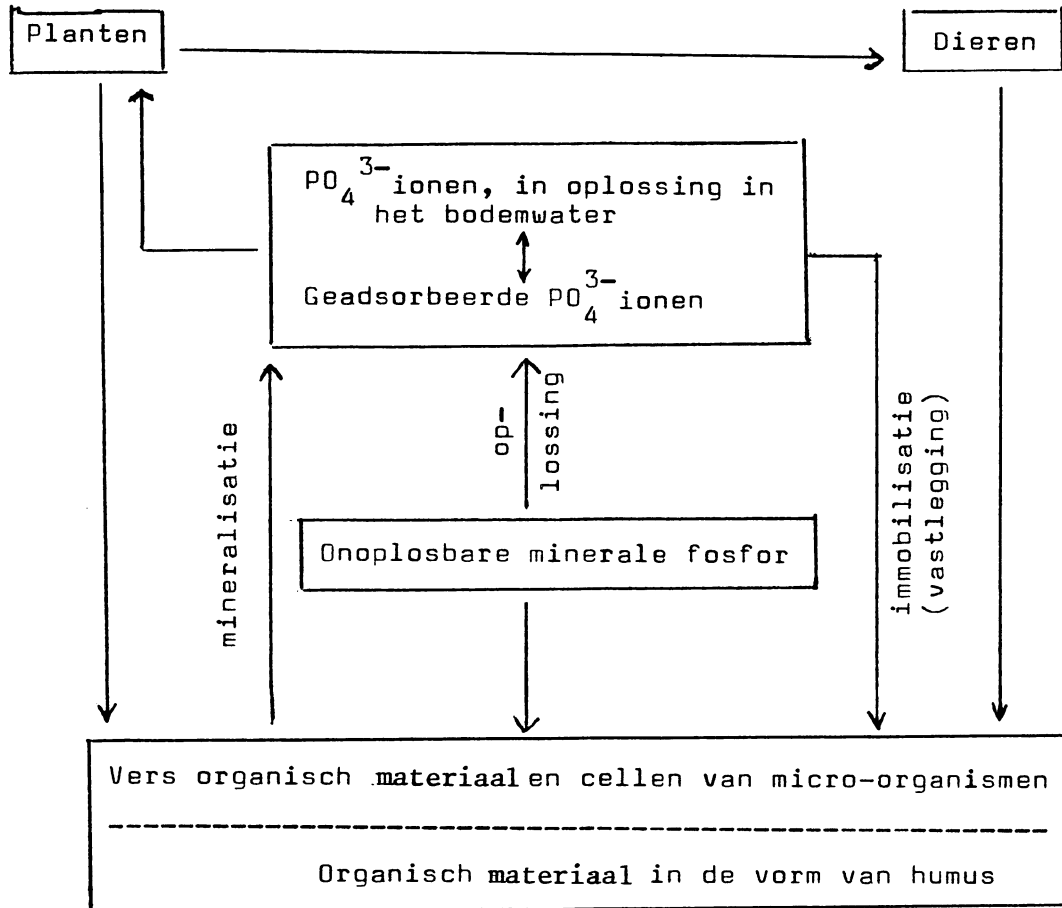


Fig. 24. De fosfor-cyclis. uit: Dommerques et Manganot (1970)

Trevor Williams vond in vochtige hooilanden dat lage fosfaatgehalten ongeveer samenvielen met een lage nitrificatie. Hij vond echter geen direct verband. In natte hooilanden vond hij lagere fosfaatgehalten dan in de drogere typen. Dit komt overeen met wat gevonden werd voor de minerale stikstofgehalten.

Indien sterke bemesting wordt toegepast zullen de resultaten uiteraard geheel verschillend zijn. In tegenstelling tot Nitraat spoelt het fosfaat-ion, vooral in gronden met een goede zuurstofvoorziening, heel moeilijk uit. Indien men in sterk bemeste gronden dus hoge fosfaatgehalten aantreft dan zegt dit weinig over de mineralisatie in de grond.

Wat betreft de seizoen-variatiës vond Trevor Williams dat maxima in de fosfaatgehaltenes ruwweg overeenkwamen met periodes van hoge grondwaterstanden (vgl. tabel 7) Dit heeft waarschijnlijk echter niet zo zeer te maken met een verhoogde mineralisatie, als wel met een verbeterde oplosbaarheid van het fosfaat-ion.

Phosphorus content of the mineral soils (mg/l) from Switzerland

Vegetation unit	1963			Sampling date					1964			
	27/4	14/5	6/6	26/6	Summer		27/8	13/9	Autumn			
					16/7	6/8			2/10	2/11	Winter	
											10/12	21/1
Wet	2.1	13.5	16.1	3.2	30.5	13.2	0	27.9	7.5	0	0	0
Typical	11.2	46.9	11.6	3.0	39.3	12.6	0	29.0	7.3	3.0	0	0
Dry	15.4	63.0	1.0	8.3	20.9	87.3	0	34.8	8.0	7.8	0	0
Arrhen.	19.6	187.5	111.6	6.6	17.1	7.3	0	96.7	13.3	2.2	0.7	0

Tabel 7: Fosfaatgehaltenes in minerale bodems (bepaald is het azijnzuur (0,5N) oplosbare fosfaat).
uit: Williams (1968).

6.3. Enkele voorbeelden van wijzigingen in de fosforhuishouding in natuurgebieden, die vermoedelijk veroorzaakt worden door veranderingen in de waterhuishouding van het gebied.

1. Wanneer men in bepaalde hoogveenvegetaties het grondwaterniveau te hoog opstuwt dan gebeurt het wel dat plaatselijk pitrus (*Juncus effuses*) zich gaat vestigen. Deze plant is karakteristiek voor plaatsen met een verhoogde dynamiek of milieuonrust (storing). Vermoedelijk heeft dit te maken met een verbeterde beschikbaarheid van fosfaat door de verhoogde waterstanden. Verlaging van de grondwaterstand zou in dit geval ook zeer nadelige gevolgen hebben voor de bestaande vegetatie, omdat hier naast een eventuele verhoogde mineralisatie ook onomkeerbare veranderingen kunnen optreden in de bodemstructuur. Dit voorbeeld geeft aan dat deze vegetatie gebonden is aan een zeer specifieke grondwaterstand en niet alleen aan "voldoende water". Een eventueel noodzakelijke verhoging van het grondwaterpeil dient dan ook zeer geleidelijk te gebeuren.
2. In het Naardermeer trad een sterke vertroebeling op door groenwieren, nadat ten gevolge van waterwinning in het Gooi de kwel naar het meer was afgenomen. Er was sprake van een verminderde aanvoer van ijzer-ionen door een gewijzigde waterbalans. Dit ging gepaard met een geringere binding van het fosfaat, waardoor dit voor de groei van de wieren beter beschikbaar kwam (Ter Hoeve en Londo, 1972).

6.4. Samenvatting.

Samenvattend zou men kunnen zeggen dat het watergehalte van de grond één van de regulerende factoren is van zowel de nitrificatie als van de beschikbaarheid van fosfaat (Klötzli 1969, T. Williams 1968, Davy and Taylor 1974). Door veranderingen in de grondwaterstand wijzigt men tevens de redox-potentiaal en de pH. Dit heeft direct gevolgen voor de oplosbaarheid van de aanwezige fosfaatverbindingen (dit geldt o.a. ook voor Mangaanverbindingen).

7. Korte samenvatting van een onderzoek van Klötzli (1969).

Klötzli heeft in Zwitserland onderzoek verricht aan elzen- en berkenbroekbossen. Hij verrichtte metingen met betrekking tot de waterhuishouding, de stikstofhuishouding, fosfaatgehalte, pH, uitwisselingscapaciteit van mineralen- en humusgehalte. In zijn verslag heeft hij tevens veel literatuur over deze onderwerpen besproken en een poging gedaan de verschillende factoren met elkaar in verband te brengen. Duidelijk blijkt dat de vegetatie die zich op een bepaalde bodem vestigt bepaald wordt door een samenspel van milieufactoren. De combinatie van factoren als koolstof-stikstof verhouding, kalkgehalte, stikstofaccumulatie, stikstofgehalte, zuurgraad, uitwisselingscapaciteit van mineralen etc. is van doorslaggevende betekenis. Samen met het watergehalte karakteriseren deze factoren een bepaalde plaats. De combinatie is belangrijker dan het op de voorgrond treden van één van de factoren afzonderlijk.

In de onderzochte elzen- en berkenbroekbossen blijken hoge waterstanden de productie te remmen. De waterspiegel vertoont weinig fluctuaties en bepaalt in hoge mate de vegetatie. Verlaging van het grondwaterpeil zal grote veranderingen in de vegetatie tot gevolg hebben. Onderzocht werden de seizoensschommelingen voor enige bovengenoemde milieufactoren en hun spreiding in het profiel. In een 3 dimensionaal-schema is weergegeven welke milieufactoren vooral een onderscheid tussen berken- en elzenbroeken mogelijk maken (fig. 25).

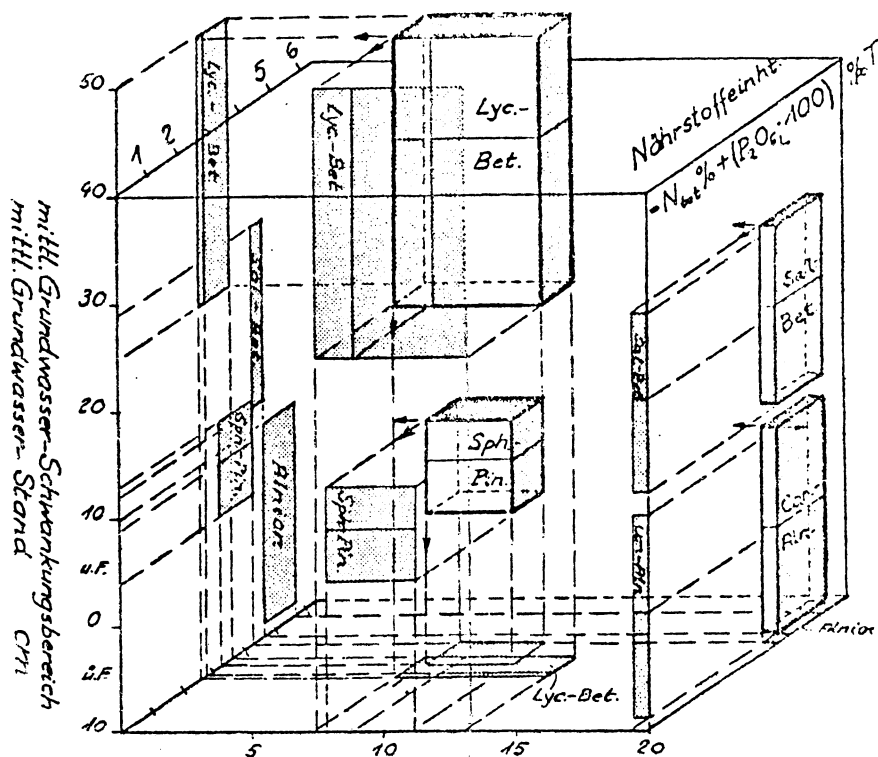


Fig.25. Schema van de oecologische grenzen tussen verschillende typen broekbossen m.b.t. grondwaterstand en calcium-, stikstof- en fosfaatgehaltenes van de bodem (Klötzli 1967).

8. Vegetatie en grondwaterstand.

8.1. Schommelingen in de grondwaterstand in enkele halfnatuurlijke vegetaties.

Het grondwaterniveau speelt een belangrijke rol in de grond en heeft als gevolg daarvan ook grote invloed op de vegetatie. Tüxen (1954, 1961) heeft van veel plantengemeenschappen het niveau van het grondwater en de fluctuaties ervan gemeten. Uit zijn onderzoek concludeerde hij dat veel plantengemeenschappen sterk afhankelijk zijn van het grondwater (zowel wat het niveau als wat de fluctuaties betreft). Ze hebben hun eigen fluctuatie-patroon (Grundwasserganglinie) (zie bijv. fig. 26). Van sommige plantengemeenschappen zijn de hoogste en de laagste grondwaterstanden scherp af te grenzen (buiten deze grenzen komen ze niet voor). Van andere plantengemeenschappen zijn die grenzen minder scherp of zelfs niet herkenbaar. Wat betreft plantensoorten kan hetzelfde gezegd worden (vgl. ook Niemann 1963).

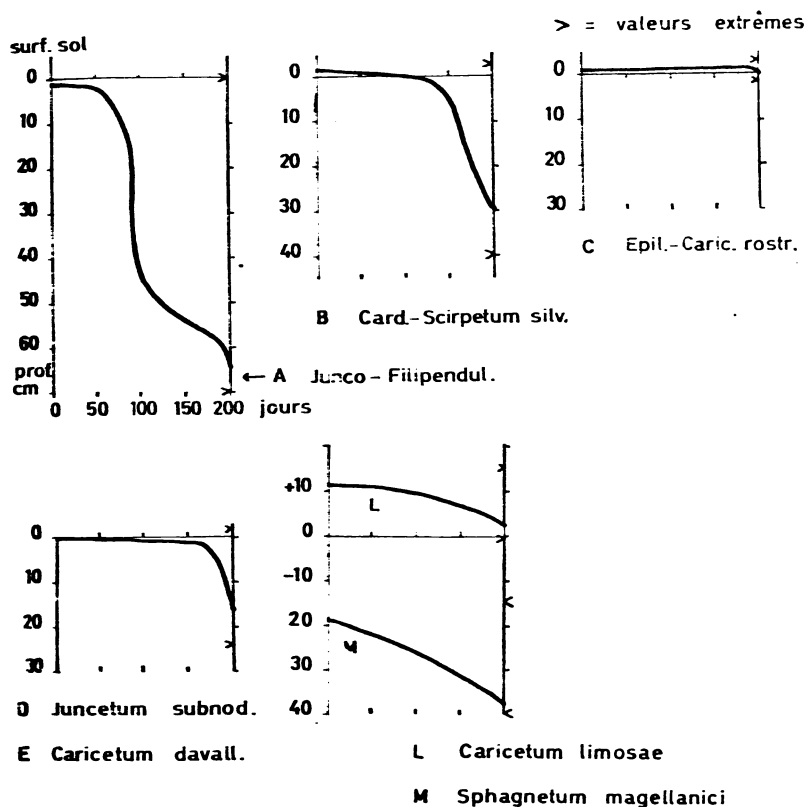


Fig. 26. Enige grondwaterfluctuatie-patronen voor de periode januari-oktober.
uit: Yerli (1970).

Om het vorenstaande enigszins te verduidelijken zullen in dit hoofdstuk de grondwater-fluctuatiepatronen van een viertal plantengemeenschappen besproken worden. Gekozen zijn enige associaties (lokale plantengemeenschappen), die in iets andere vorm ook in Drenthe voorkomen. De metingen zijn door Tüxen verricht in Noord-Duitsland onder een groot aantal nauw verwante vegetaties op zeer uiteenlopende bodemtypen (veen, zand en leem).

Per vegetatietype is een groot aantal meetpunten in één figuur samengebracht.

Figuur 27 geeft het fluctuatiepatroon weer van een associatie van natte hooilanden. Deze associatie van het dotterbloemverbond kwam oorspronkelijk veel voor langs de Drentse beken. De hoogste en laagste grondwaterstanden zijn vrij scherp begrensd en de fluctuaties zijn niet groot. De vegetatie wordt in hoge mate bepaald door het grondwater en is zeer kwetsbaar voor grondwaterstandsveranderingen.

Figuur 28 geeft het fluctuatiepatroon weer van een associatie van vochtige, niet sterk bemeste hooilanden op leem- of laagveengrond (goudhaververbond). Uit de onderzoeken bleek dat in gronden met zeer lage grondwaterstanden, de schommelingen vrij groot kunnen zijn. De vegetatie is in zo'n geval minder afhankelijk van het grondwaterniveau, maar wordt sterk beïnvloed door het capillaire hangwater wat beschikbaar blijft (in dit geval is het de leemgrond die veel water kan vasthouden). In gronden met een ondiep grondwaterniveau zijn de fluctuaties minder groot. Hier zijn wel vrij scherp omgrensde minima en maxima aan te wijzen. De vegetatie wordt dan wel sterk beïnvloed door het grondwaterniveau.

Figuur 29 geeft het fluctuatiepatroon weer van een associatie van zandige droge graslanden (borstelgrasverbond). Er treden vrij grote tot zeer grote schommelingen op. In de zomer zakt het water vrij diep weg. In het voorjaar kan het tot dicht onder het maaiveld stijgen. De vegetatie wordt slechts gedurende een korte periode direct door het grondwaterniveau beïnvloed. Er zijn nog wel maxima en minima in de grondwaterstand aan te wijzen maar deze zijn niet scherp begrensd.

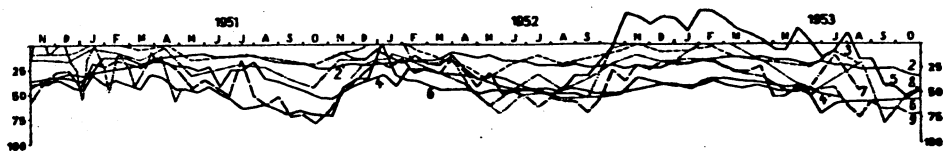


Fig. 27. Grondwaterfluctuatie-patroon van het *Senecionium racemosi* (Tüxen 1954)

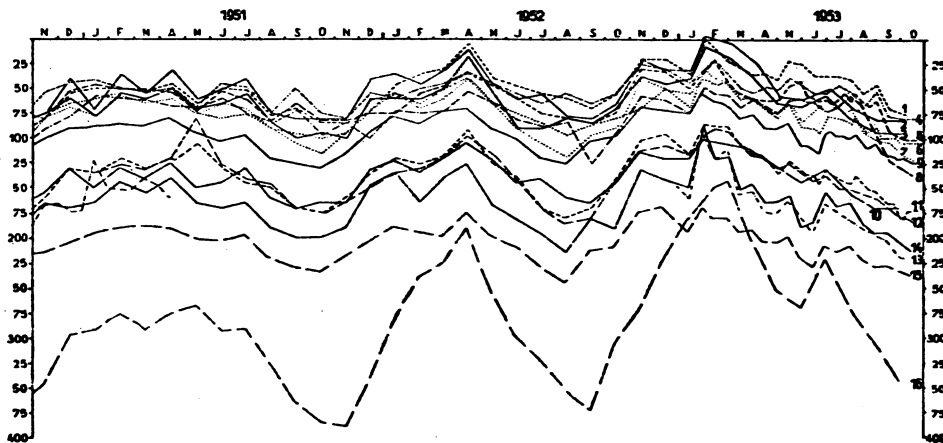


Fig 28. Grondwaterfluctuatie-patroon van het *Arrhenatherum elatioris alopecuretosum*.

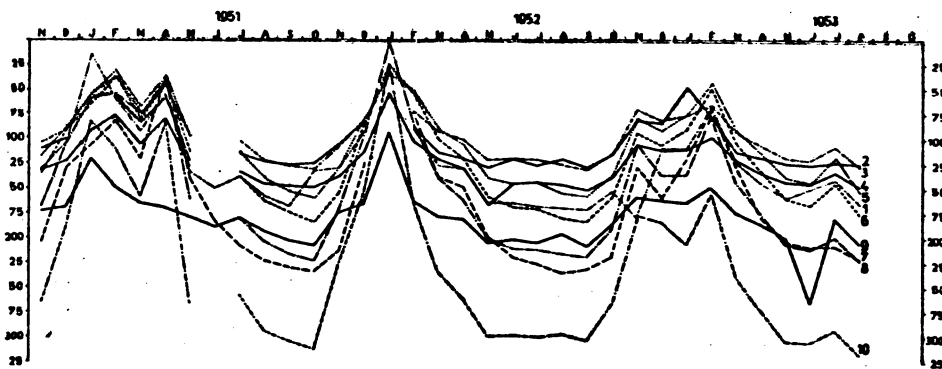


Fig. 29. Grondwaterfluctuatie-patroon van de associatie van *Succisa pratensis* en *Festuca ovina*.

Figuur 30 laat het grondwater-fluctuatiepatroon zien van een associatie van relatief droge akkergrond, behorende tot het korenslaverbond. De vegetatie wordt niet sterk door het grondwater-niveau beïnvloed. In de droge variëteit is ze zelfs geheel afhankelijk van het hangwater en niet van het grondwaterpeil. Er zijn geen duidelijke minima en maxima in de grondwaterstand aan te wijzen.

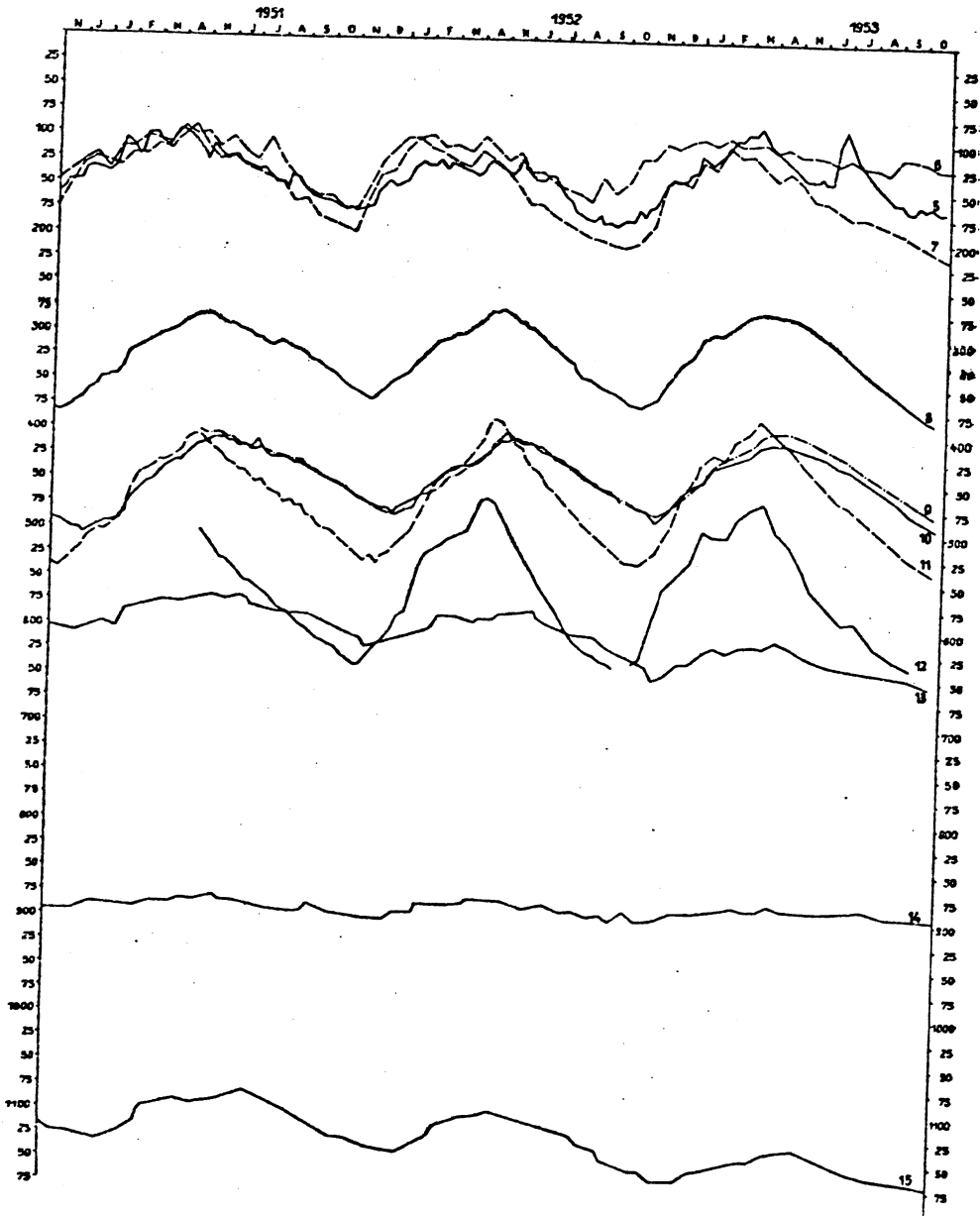


Fig. 30. Grondwaterfluctuatiepatroon van het *Teesdalis nudicaulis*-*Arnoseridetum minima* (Tüxen 1954).

Over de relatie tussen de vegetatie en het verloop van de grondwaterstand gedurende het seizoen werd verder o.a. onderzoek verricht door: Eskuche (1962), Linder (1960), Franssen en van Ingen (1973), Buchwald (1954) en Niemann (1963). Door Tüxen (1961) worden een twintigtal studies over dit onderwerp opgesomd. In Wilde planten (Westhoff e.a. 1970/1973) en in Westhoff en den Held (1969) staat van veel plantengemeenschappen globaal aangegeven bij welke grondwaterstand ze aangetroffen kunnen worden.

8.2. Aanpassing en concurrentie bij verlaging van de grondwaterstand.

Afhankelijk van haar eigenschappen, zal iedere plant op een karakteristieke wijze reageren op veranderingen in haar milieu. Belangrijk is hier de vraag in hoeverre de plant zich (als individu) bij een verlaging van de grondwaterspiegel en de daardoor veroorzaakte neveneffecten kan aanpassen. Landbouwgewassen reageren op een verlaging van de grondwaterstand met het ontwikkelen van een wortelstelsel dat zeer diep de grond in gaat. Sommige wilde planten kunnen hun wortels eveneens achter het grondwater aan sturen. Andere kunnen dit niet of in zeer beperkte mate. Vooral soorten van natte standplaatsen kunnen zich slecht aanpassen aan verlagingen van het grondwater. Daar komt bij dat ook de kiemomstandigheden vaak aanzienlijk ongunstiger worden. (vergelijk ook Londo 1975).

In de vorige hoofdstukken is al naar voren gekomen, dat de grondwaterstand van invloed is op de beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem en daarmee indirect op de samenstelling van de vegetatie. In sommige gronden bijv. kan stikstof door een grondwaterstandsverlaging behalve in de ammoniumvorm ook in de nitraatvorm beschikbaar komen. Voor de oorspronkelijke soorten kan dit een nadeel betekenen, voor andere soorten ontstaan dan nieuwe levensmogelijkheden. Zo zijn planten van het hoogveen, waar stikstof bij een lage pH in ammoniumvorm aanwezig is, niet in staat om nitraat voor hun groei te gebruiken. Andere planten (o.a. *Populus*, *Urtica*) gebruiken juist bij voorkeur nitraat en kunnen slechts bij een neutrale pH ammonium opnemen. Een derde groep (o.a. *Picea* en *Milium effusum*) prefereert nitraat, maar kan zelfs bij een lage pH, ook ammonium gebruiken. (Evers 1964 en Bogner 1966 in Yerli 1970).

Ellenberg (1963) illustreerde met zijn bemestingsproeven dat onder bepaalde omstandigheden de ene plantensoort wel in staat is de hem toegediende minerale stikstof voor zijn groei te gebruiken, terwijl een andere soort dit niet kan. In fig. 31 is de opbrengst van twee plantensoorten weergegeven bij verschillende grondwaterstanden.

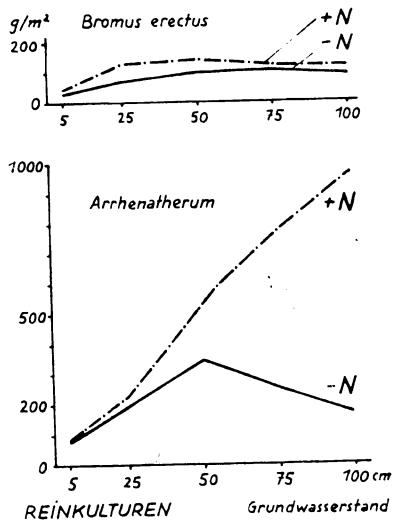


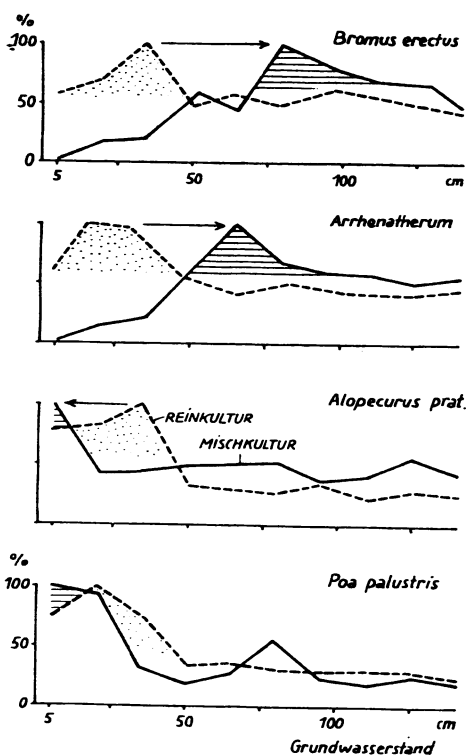
Fig. 31. Stijging van droge stofopbrengst door stikstofbemesting bij verschillende grondwaterstanden op voedselarme zandgrond.
uit: Ellenberg (1963).

Bij een lage grondwaterstand reageerde *Arrhenatherum elatius* (frans raaigras), op een stikstofgift, met een verhoogde opbrengst. Bij *Bromus erectus* (bergdravik) was dit niet het geval. Bij bemesting van relatief droge percelen bleek *Arrhenatherum* zich dan ook sterk uit te breiden ten koste van *Bromus erectus*.

Plantensoorten kunnen dus na een verandering in hun levensomstandigheden, verdrongen worden door soorten die aan de nieuw ontstane situatie beter zijn aangepast. Planten verdwijnen dus niet alleen doordat hun groei (fysiologisch gezien) onmogelijk wordt, maar ze verdwijnen vooral ook door de toenemende concurrentie van andere soorten.

Omtrent de concurrentie tussen plantensoorten, gekweekt bij verschillende grondwaterstanden, is door Lieth en Ellenberg (1958) eveneens onderzoek verricht. Voor een viertal weideplanten bepaalde hij bij welke grondwaterstand ze hun fysiologisch optimum vertoonden (d.w.z. die grondwaterstand waarbij de opbrengst van de plant, in afwezigheid van andere plantensoorten, het hoogst is). Het bleek dat, wanneer de vier plantensoorten in hetzelfde proefvlak groeiden, de planten een ander optimum (wat betreft de grondwaterstand) vertoonden, dan wanneer iedere soort apart in het proefvlak groeide (zie fig. 32). Met andere woorden: Door concurrentie kan een plantensoort gedwongen worden een plaats in te nemen die, wanneer we de eigenschappen van de plant zelf in aanmerking nemen, niet overeen komt met haar fysiologisch optimum.

Fig. 32. Verschillen in droge stof-opbrengst, in rein- en mengcultuur.
uit: Ellenberg (1963)



Relativer Trockensubstanz-
ertrag von 4 Wiesengräsern in Rein-
und Mischkultur bei verschiedenem
Grundwasserstand in Sandboden. Nach
ELLENBERG (1953 b), verändert.

Punktiert = physiologischer Optimalbereich,
schraffiert = Optimalbereich bei Einwirkung
von Konkurrenten. Die Pfeile deuten die Ver-
schiebung der Optima an.

Het optreden van concurrentie maakt het bijzonder moeilijk te voorspellen hoe de vegetatie zal reageren op veranderingen in haar milieu. Worden de bodemprocessen door grondwaterstandsverlagingen ingrijpend veranderd dan gaat dit gepaard met een verhoogde concurrentie tussen de plantensoorten. Hoe de vegetatie als gevolg daarvan precies zal veranderen is heel moeilijk aan te geven.

8.3. Gevolgen van ontwatering in hoogveengebieden en natte heidevelden.

In fig. 33 staan de verschillende stadia van de verdroging van een hoogveengebied aangegeven. Ontwatert men het groeiende (levende), veenmosrijke, hoogveen, dan vestigen zich planten van de natte heide, zoals dopheide, wollegras en pijpestrootje (zwak). Na sterkere ontwatering breidt het pijpestrootje (*Molinia coerulea*) zich uit en vestigen zich jonge berken.

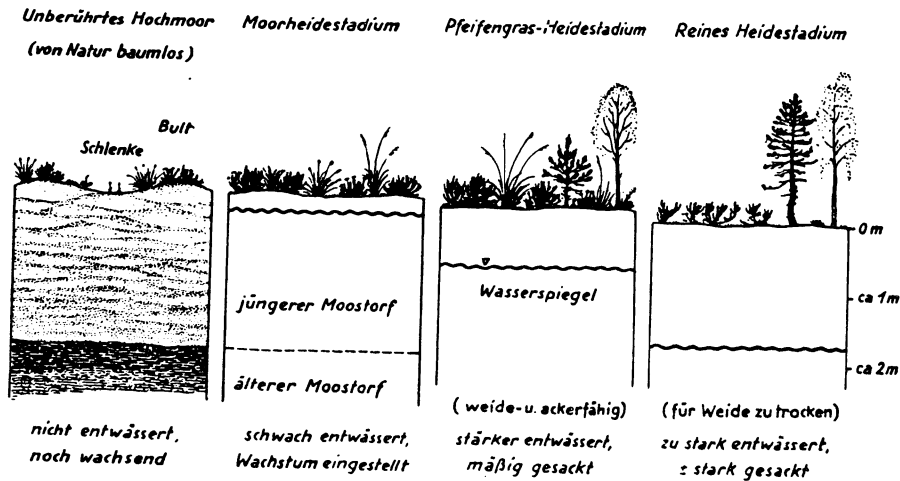


Fig. 33. Verdrogingsstadia van een hoogveengebied in Noordwest-Duitsland. uit: Ellenberg (1963).

Ook struikheide kan zich gaan vestigen. In een nog verder stadium van ontwatering kan een struikheide-vegetatie ontstaan en als het gebied aan zijn lot wordt overgelaten kan hieruit een bos ontstaan met berken, dennen of zelfs eiken (Ellenberg 1954). Aangezien in Drenthe vele hectaren veengrond met *Molinia* (pijpestrootje) begroeid zijn of begroeid dreigen te raken, lijkt het niet overbodig deze plant nader te bekijken.

Een uitbreiding van *Molinia* ten koste van dopheidevegetaties, treedt vaak op in situaties waar een storing in de natuurlijke grondwater-fluctuaties heeft plaatsgevonden. Een preciese verklaring voor dit verschijnsel kan hier niet worden gegeven. Voorzover bekend, is niet nauwkeurig onderzocht waarom *Molinia* zich vaak na een grondwaterstandsval uitbreidt. Wel zijn onderzoeken verricht in graslanden, waarin veel *Molinia* voorkomt. Ook heeft men de grondwaterstands-fluctuaties in zulke *Molinia*-graslanden wel vergeleken met die in dopheidevegetaties (Webster 1962, Bannister 1963). Definitieve conclusies zijn hier echter niet uit te trekken. Wel zijn er enige eigenschappen van *Molinia* bekend geworden, die hieronder summier worden besproken.

Molinia-vegetaties staan zowel op bodems met een zeer geringe stikstofmineralisatie als op gronden met een veel betere stikstofmineralisatie. De oorzaak hiervan schrijft Leon (1968) toe aan het feit dat *Molinia* in ongunstige jaargetijden de voor haar onmisbare mineralen kan opslaan in haar ondergrondse organen (*Molinia* heeft dus een zgn. "interne stikstofcyclus").

Zodoende kan Molinea zich, zelfs op zeer "arme" gronden (met een zeer lage stikstof- en fosfaat-mineralisatie) goed ontwikkelen. Wanneer Molinea op plaatsen groeit met een goede mineralisatie, dan blijkt de vestiging van soorten, die aangepast zijn aan een goede minerale voedselvoorziening, verhinderd te worden door hoge grondwaterstanden in het voorjaar. Bij toenemende beschikbaarheid van mineralen (bijv. door bemesting) kan Molinea steeds minder weerstand bieden aan de vestiging en uitbreiding van weide-grassen die in staat zijn de beschikbare mineralen sneller op te nemen.

Bij de ontwatering van natte heidevelden doen zich (vegetatiekundig gezien) ongeveer dezelfde problemen voor als bij de ontwatering van hoogvenen. De natte heiden zijn van nature boomvrij en zijn voornamelijk begroeid met dopheide-vegetaties, waarin ook Molinea wel voorkomt, maar met een geringe bedekking. Uitbreiding van Molinea en de vestiging van jonge berken wijst erop dat het betreffende gebied ontwaterd is (Dierssen en Dierssen 1974). Is de ontwatering niet te diep en is de duur van de ontwatering niet te lang dan kan de heide zich bij verhoogde grondwaterstanden nog wel herstellen. De berkengroei zet dan niet door en de oudere berken, waarvan de fijne wortels in zuurstof-arme lagen raken sterven af. Wanneer zich eenmaal een aanzienlijk aantal berken heeft gevestigd, dan wordt hierdoor de ingezette ontwatering versterkt. De berken zorgen voor een verhoogde verdamping, waardoor in de voorzomer de grondwaterstand extra daalt. Op deze manier scheppen de berken gunstige kiemingsvoorwaarden voor hun eigen zaden.

8.4. Voorlopige conclusies.

Uit het voorgaande kan men concluderen, dat, indien de bestaande grondwaterstand wordt verlaagd, het voortbestaan van de vegetatiekundig zeer waardevolle hoogveen- en vochtige heide-reservaten ernstig wordt bemoeilijkt, zo niet onmogelijk gemaakt. Sterke ontwatering heeft onomkeerbare gevolgen. Zo is het kappen van berken in sterk ontwaterde heiden, een vrij zinloze bezigheid aangezien het milieu voor regeneratie van de dopheide-vegetatie niet gunstig is. Er vestigt zich een Molinea-steppe, die weer gevolgd wordt door een berkenbos (Dierssen en Dierssen 1974). Is de heide niet sterk ontwaterd, dan kan men proberen de ingezette successie tegen te gaan door bijv. de berkenopslag te verwijderen of beweiding met schapen toe te passen.

9. Enige structuuroecologische principes in relatie tot de grondwaterstand.

9.1. Het organisme en zijn milieu.

In de oecologie houdt men zich bezig met de studie van de wisselwerking (relatie) tussen organismen en hun omgeving (milieu). De omgeving bestaat uit een biotische (plant, mens, dier) en een abiotische component (alle niet levende onderdelen van de omgeving). In voorgaande hoofdstukken zijn al enige wisselwerkingen ter sprake gekomen. Zo bestaan er wisselwerkingen tussen organismen en de abiotische omgeving, bijvoorbeeld de invloed van temperatuur op de plantengroei. Er bestaan verder wisselwerkingen tussen factoren van de abiotische omgeving, zoals de verbeterde oplosbaarheid van fosfaten bij hoge grondwaterstanden. Belangrijk zijn ook de wisselwerkingen tussen organismen onderling, zoals concurrentie. Er is al op gewezen dat het samenspel van alle wisselwerkingen ter plaatse de uitwendige levensomstandigheden (het milieu, de omgeving) van een organisme bepaalt.

Of bepaalde milieu-omstandigheden levensmogelijkheden bieden (gunstig zijn voor een bepaald organisme) hangt in de eerste plaats af van de eigenschappen van dat organisme zelf. Een organisme kan zich in een milieu handhaven binnen zekere grenzen; er is een grens van minimaal vereiste milieu-omstandigheden en een grens van maximaal toelaatbare milieu-omstandigheden. Voor verschillende plantensoorten is water hierbij de grens-bepalende factor.

9.2. Ruimtelijke- en temporele variatie , patroon en proces.

Wanneer we ons bezig houden met de bestudering van bijvoorbeeld een veenplas, dan kunnen we in die plas een ruimtelijke en een temporele component onderscheiden. De ruimtelijke variatie wordt veroorzaakt doordat in de plas de uitwendige levensomstandigheden van plaats tot plaats verschillen. Zo kunnen op de ene plaats waterlelies groeien en staan ergens anders lisdoddes. De temporele variatie wordt veroorzaakt doordat de uitwendige levensomstandigheden op een bepaalde plaats niet constant blijven. Zo kunnen op de plek waar eerst waterlelies groeiden, een tijd later lisdoddes staan.

In de structuuroecologie houdt men zich bezig met de bestudering van de ruimtelijke en temporele rangschikking van oecosystemen. Onder een oecosysteem verstaan we het biotische en abiotische milieu en hun wisselwerkingen op een bepaalde plaats.

Patroon is de ruimtelijke rangschikking (ordening) van een oecosysteem. Het patroon is fijnkorrelig (complex) of grofkorrelig wanneer er respectievelijk veel of weinig ruimtelijke verschillen zijn.

Proces is de temporale ordening van een stelsel en doet zich voor waar een bepaalde milieu-factor temporele variatie (verandering) vertoont. De ruimtelijke ordening van een oecosysteem kan via een proces veranderen; zo kan een rietveld onder invloed van grondwaterstands dalingen over gaan in een brandnetelveld (Meyer 1957). Er bestaat dus een relatie tussen patroon en proces.

9.3. De relatietheorie van Van Leeuwen.

Tussen patroon en proces bestaan de volgende relaties (van Leeuwen 1966, 1970, 1973):

1. Afname van temporele variatie (minder verandering) vergroot de ruimtelijke verschillen, d.w.z. afname van milieudynamiek heeft differentiatie in het vegetatiepatroon tot gevolg. Anders gezegd: door meer rust wordt alles overal anders. Dalende onrust in de levensomstandigheden gaat gepaard met afnemende concurrentie en toenemende samenwerking tussen de soorten. Het patroon wordt fijnkorrelig. Er is plaats voor veel soorten en per soort zijn er weinig individuen. Er zijn zeldzame (kieskeurige) soorten aanwezig.
2. Toename van temporele variatie (meer verandering, storing) veroorzaakt afname van de ruimtelijke verschillen, d.w.z. toename van milieudynamiek (bijvoorbeeld door menselijk ingrijpen van buitenaf zoals verlaging van de grondwaterstand of verandering van de beheersvorm) heeft nivellering van het vegetatiepatroon tot gevolg. Anders gezegd: door meer onrust wordt alles overal hetzelfde. Toenemende dynamiek bevordert de concurrentie tussen de soorten. Er zijn weinig soorten en per soort zijn er veel individuen. Er is geen plaats voor zeldzame soorten. Het patroon is grofkorrelig. Er treden weinig kieskeurige soorten op die vaak mozaïeksgewijs voorkomen.
3. Toename van ruimtelijke variatie veroorzaakt afname van temporele variatie. Hier is het patroon van invloed op het proces. Nemen we als voorbeeld een bos. Door de toenemende structuur in een bos wordt de invloed van extreme milieufactoren afgezwakt. Onder de boomkruinen is de invloed van een regenbui nog lang merkbaar. Het verschil tussen nat en droog is veel minder merkbaar in een bos dan op een heideveld. De invloed van de wind kan door de bomen ook sterk getemperd worden. De dynamiek neemt dus af.

9.4. Successie en climax.

Men kan constateren dat op een bepaalde plaats niet steeds dezelfde vegetatie staat. Er vinden op den duur veranderingen plaats in de soortensamenstelling en in de structuur van de vegetatie. Geleidelijk aan ziet men een opeenvolging van verschillende plantengemeenschappen op dezelfde plaats. Deze opeenvolging van (levens)-gemeenschappen noemt men in het algemeen successie. Successie tendert naar vermindering van de temporele variatie. Er vindt een ontwikkeling plaats naar minder onrust.

Eén van de factoren die in ons land meewerken in de richting van minder onrust is bijvoorbeeld de humusvorming (van Leeuwen 1970). De humuslaag zwakt de invloed van extreme milieufactoren af. Water wordt vastgehouden, warmte geabsorbeerd en mineralen worden slechts langzaam vrij gegeven. Ook planten kunnen in hun werking bijdragen tot minder onrust. De planten hebben net als de humus een regulerend vermogen.

Een proces dat werkt in de richting van meer onrust (toenemende dynamiek) is de mineralisatie. Door mineralisatie wordt de gevormde humus ontleed. Als neveneffect van grondwaterstandsverlagingen kunnen in natuurterreinen plotseling aanzienlijke hoeveelheden voedingsstoffen door mineralisatie vrijkomen, wat vrijwel altijd een ernstige storing (verhoogde dynamiek) betekent voor de bestaande vegetatie.

Iedere plantensoort heeft echter voor het uitvoeren van de levensprocessen een bepaalde mate van milieuveranderlijkheid nodig. Zo is voor de voeding een zekere mate van mineralisatie van de humus noodzakelijk en zonder wind kunnen veel planten hun zaden niet verspreiden.

Wordt de ontwikkeling naar minder onrust niet onderbroken of tegengewerkt, dan wordt tenslotte een stadium bereikt waarin het peil van onrust niet verder kan dalen. Dit stadium noemt men het climax stadium (fig. 34). In deze situatie is het patroon van het oecosysteem maximaal fijnkorrelig. Er is een rijk assortiment aan soorten. De relaties tussen organismen en hun omgeving zijn zeer complex, die interne regulatie is groot. Het oecosysteem is stabiel, doch wel kwetsbaar voor grote ingrepen van buitenaf, zoals veranderingen in de grondwaterstanden. De aanpassing aan de bestaande milieumomstandigheden is groot. Het aanpassingsvermogen aan veranderingen in de omstandigheden is klein.

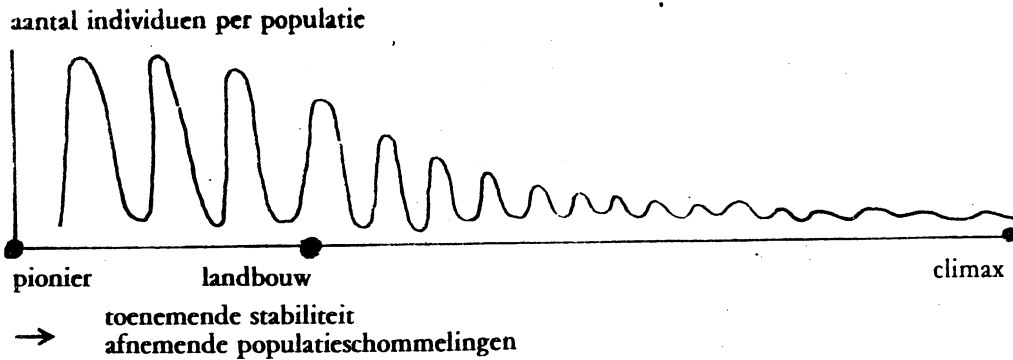


Fig. 34. uit: de Smidt (1973).

9.5. Natuurterreinen en landbouwgebieden.

9.5.1. De indeling van natuurterreinen.

Westhoff (1947) onderscheidt het landschap (waarbij hij vooral let op de flora, fauna en vegetatie) in 4 categorieën:

1. Natuurlijk landschap: flora en fauna zijn van oorsprong inheems en evenals de vegetatie niet door de mens beïnvloed. Dit landschap komt in Nederland niet voor.
2. Relatief natuurlijk landschap: flora en fauna zijn oorspronkelijk inheems, maar de vegetatie is tot op zekere hoogte door de mens beïnvloed. Voorbeelden zijn slikken, kwelders en een aantal typen loofbos.
3. Halfnatuurlijk landschap: flora en fauna zijn grotendeels oorspronkelijk inheems, maar structuur en uiterlijk van de vegetatie zijn diepgaand door de mens beïnvloed. Voorbeelden zijn: heiden, rietlanden, trilvenen, houtwallen.
4. Cultuurlandschap: Samenstelling van flora en fauna en ook de structuur van de vegetatie zijn ingrijpend door de mens veranderd. Dominerende soorten zijn vaak van elders aangevoerd. Voorbeelden zijn: akkers, naaldbossen e.d.

Men kan naast de indeling van natuurterreinen in een rangorde van toenemende beïnvloeding van de mens (vgl. fig. 35), ook een indeling hanteren waarin de rangorde bepaald wordt door toenemende milieudynamiek (vgl. fig. 36).

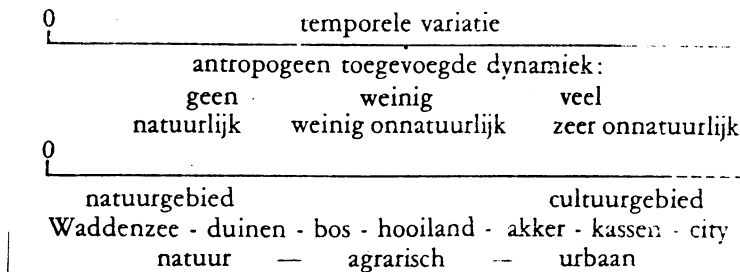


Fig. 35. Weergave van een rangorde van toenemende beïnvloeding door de mens.

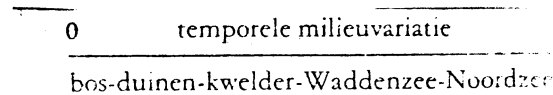


Fig. 36. Een rangorde van toenemende milieudynamiek. uit: van Leeuwen (1973).

9.5.2. De situatie in landbouwgebieden.

De tegenwoordige landbouw roept een beeld op van orde. De landbouwgebieden worden getypeerd door eenvormigheid, armoede aan soorten, rijkdom aan individuen per soort (monocultuur), grof-korreligheid van het patroon en duidelijk gemarkeerde grenzen. De milieudynamiek is hoog, de concurrentie tussen de soorten is groot, de ingrepen zijn intensief, grootschalig en steeds verschillend van aard (Bakker 1974). Diepe ontwateringssloten doorsnijden het landschap, het grondwaterniveau ligt veelal lager dan 1 meter onder het maaiveld. Men poogt in het voorjaar de grondwaterstand zo laag mogelijk te houden. 's Zomers moet veelal oppervlaktewater aangevoerd worden om het grondwaterniveau op een voldoende hoog peil te houden. De grondwaterfluctuaties zijn relatief groot (Tüxen 1954, Ellenberg 1952). De productie is gericht op de groei. Er is een open voedingsstoffen-kringloop (aanvoer van voedingsstoffen, afvoer van de oogst). De regulatie is zwak, er kunnen gemakkelijk ziekten en plagen optreden, er kunnen plotseling verliezen aan voedingsstoffen optreden (bijv. door uitspoeling) (Odum 1964). De situatie is weinig stabiel. De onderlinge relaties zijn in vergelijking met natuurterreinen niet zeer complex. De relaties zijn ook relatief goed bekend.

9.5.3. De situatie in natuurterreinen.

De meeste natuurterreinen in Drenthe behoren tot het half-natuurlijke landschap. De milieudynamiek is niet groot. De vegetaties staan op voedselarme, zure, vaak venige standplaatsen (Brouwer 1968). De verschillende organismen hebben "hun plaats" ingenomen na een lang proces (soms eeuwenlang) van kleinschalig, niet intensief, constant hetzelfde beheer (van Leeuwen 1970).

Tot voor kort werden de natuurterreinen gekenmerkt door veelvormigheid, soortenrijkdom, weinig individuen per soort, fijn korreligheid van het patroon en onduidelijk gemarkeerde grenzen (vage overgangen). Onder invloed van een langdurige lage milieudynamiek is de stabiliteit van het oecosysteem vrij groot; parasieten maken hier deel uit van de flora en fauna, maar zijn gering in aantal en zullen niet het plaagniveau bereiken (Bakker 1974). De concurrentie tussen de soorten is niet groot. De productie is gericht op onderhoud en niet op groei. Er is een gesloten voedingsstoffen kringloop. De onderlinge relaties zijn zeer complex.

In veel natuurterreinen wordt de vegetatie in sterke mate door het grondwater beïnvloed. De grondwaterfluctuaties waren vroeger klein (veelal niet groter dan 50 cm, soms zelfs 10-20 cm). Regenwater werd door de ondergrond vastgehouden en slechts langzaam weer afgegeven.

Tegenwoordig blijken veel natuurrezervaten echter sterk beïnvloed te worden door de grootschalige, intensieve, steeds weer andere ingrepen ten behoeve van de landbouw. In het voorjaar wordt, als de bufferzônes niet groot genoeg zijn, te snel water afgevoerd, terwijl 's zomers onvoldoende water beschikbaar is om het voor de vegetatie vereiste grondwaterniveau te handhaven. Vooral in jaren met weinig regenval doen de effecten van watertekorten zich sterk gelden (Schmidhüsen 1948, Erkamo 1958).

Het uitwendige beheer van reservaten is er op gericht veranderingen, die van buiten af opgeroepen worden (vervuiling, daling van de grondwaterstand etc.) tegen te gaan. Processen die zich toch gaan voordoen door ingrepen van buitenaf probeert men zoveel mogelijk te vertragen (vgl. Prov. Waterstaat Drenthe 1971, Bakker 1974). Zijn de ingrepen in de omgeving groot (zoals diepe ontwateringen) en worden niet voldoende bufferzônes ingesteld, dan is het niet mogelijk de opgeroepen processen op te vangen. De aftakeling van de natuurterreinen is dan onvermijdelijk. Ook de natuurbouw, d.w.z. het aanleggen van natuurterreinen, biedt onder dergelijke omstandigheden weinig perspectieven.

10. Suggesties voor verder onderzoek.

10.1. Algemeen.

In het voorgaande is op summiere wijze een aantal onderzoeken besproken die zijn uitgevoerd in Zweden, Frankrijk, Duitsland en vooral in Zwitserland. Weliswaar werden de onderzoeken verricht in vegetaties die nauw verwant zijn met een aantal in Drenthe voorkomende vegetatietypen, maar bodemgesteldheid, klimaat en ligging van de onderzochte terreinen zijn niet zonder meer vergelijkbaar. Zo zijn onderzoeken in Duitsland verricht in vegetaties op leembodems. In Zwitserland bestaan veel minerale bodems ook uit leem. In Zwitserland hebben we bovendien te maken met voorjaars-smeltwater, dat zijn invloed doet gelden op de waterhuishouding. In sommige terreinen werd ook een hoog Ca^{2+} -gehalte gevonden, dat in Drenthe bijna nooit het geval is. Wil men vergelijkingen trekken tussen situaties in Zwitserland en situaties in Drenthe dan zal men eerst moeten weten welke processen bepalend zijn voor de vegetatie hier.

Reageren vegetaties hier vooral op veranderingen in de stikstofhuishouding of reageren ze eerder op veranderingen in de fosfaathuishouding of spelen andere factoren een rol? Om meer inzicht te krijgen in de gevolgen van grondwaterstandsverlagingen op de Drentse natuurterreinen zal er meer onderzoek verricht moeten worden aan de Drentse vegetaties. Men kan denken aan de volgende typen onderzoek:

1. Onderzoek naar milieufactoren en hun onderlinge samenhang, dat aanwijzingen kan geven voor het milieu waarin de plant groeit. Dit kan op twee manieren:
 - a. Een nauwkeurige analyse van oecosystemen (Runge 1965, Klötzli 1969, Yerli 1970, Leon 1968).
 - b. Manipulaties met oecosystemen (Lieth en Ellenberg 1958).
2. Vervolgen van ingrepen (Ellenberg 1952, Meyer 1957, Londo 1966).
3. Inventariseren van gebieden, die kwetsbaar zijn voor grondwaterstandsverlagingen (Schuurmans en Schuurmans 1974, P.P.D. van Drenthe 1975).

10.2. Onderzoek aan ecosystemen vanuit onderzoeksinstituten.

Nauwkeurige analyses in en manipulaties met ecosystemen kunnen uiteraard slechts uitgevoerd worden door onderzoeksinstituten die hiervoor voldoende uitgerust zijn. Tot voor kort hebben dergelijke instituten hun aandacht vooral gericht op productie-verhoging van oecosystemen (productie-oecologie, landbouwkundig onderzoek).

De kennis omtrent structuur en functies van oecosystemen (bijv. toegepast in het beheer van natuurterreinen) is vaak door toevallige omstandigheden verkregen en minder door gericht onderzoek.

In navolging van onderzoek in Duitsland en Zwitserland zou meer onderzoek verricht moeten worden naar de groeibeperkende milieufactoren in de Drentse natuurterreinen. Het manipuleren met oecosystemen in natuurlijke omstandigheden of indien mogelijk in laboratoria, zou eveneens kennis kunnen opleveren die noodzakelijk is voor de natuurbouw (het aanleggen van natuurterreinen). Men zou gradiënten kunnen scheppen in nat en droog, met verschillende grondwaterfluctuaties.

10.3. Het vervolgen van ingrepen (proces-begeleiding).

Menselijke ingrepen in het landschap, zoals ontwatering ten behoeve van de landbouw of ten gevolge van drinkwaterwinning, zijn uiteraard ook een vorm van manipulatie met oecosystemen. En ook uit de gevolgen van deze ingrepen kan een hoop kennis vergaard worden.

In Drenthe is in bijna alle gevallen van ontwateringen in natuurgebieden de situatie van voor de ingreep (vegetatiekundig maar vooral hydrologisch) niet of nauwelijks bekend. Om niet steeds met dezelfde problemen geconfronteerd te worden is het dringend gewenst dat, nu vele ruilverkavelingen reeds zijn uitgevoerd, een begin wordt gemaakt met deze procesbegeleiding (vergelijk ook Meisel 1968).

Het vervolgen van veranderingen in de vegetatie dient te gebeuren gedurende een niet te gering aantal jaren. Voor verschillende vegetaties zoals blauwgraslanden, hoogvenen en vochtige heidevelden, is het trekken van conclusies op grond van 5 jaar onderzoek onjuist (Londo tijdens R.I.N. colloquium). Voor andere vegetatietypen (bijv. in natte hooilanden) is het vervolgen van de vegetatie gedurende 5 jaar veelal wel voldoende (Ellenberg 1952). Eén en ander is het gevolg van het feit dat vegetaties die een lange ontwikkeling achter de rug hebben vertraagd reageren op veranderingen (als die veranderingen tenminste niet te groot zijn, want het droogleggen van een heideven heeft natuurlijk onmiddellijke en drastische gevolgen).

De bovengenoemde onderzoeken zouden vooral uitgevoerd moeten worden voor de kwetsbare gebieden zodat vastgesteld kan worden hoe groot de bufferzônes er om heen moeten zijn en welke andere beschermende maatregelen genomen moeten worden.

In bijlage I wordt een overzicht gegeven van natuurgebieden en als reservaat bestemde gebieden, waar als gevolg van waterstaatkundige of cultuurtechnische ingrepen, veranderingen in de vegetatie zijn geconstateerd of verwacht mogen worden. De lijst is zeer onvolledig zowel wat betreft het aantal gevallen als wat betreft de aard van de problemen. Verdere inventarisatie van en onderzoek in deze gebieden is dringend gewenst.

10.4. Inventarisatie van kwetsbare gebieden aan de hand van indicatorsoorten.

Er bestaan plantensoorten die erg gevoelig zijn voor veranderingen in de grondwaterstand. Zij worden wel grondwaterplanten of freatofieten genoemd. Het zou nu erg gemakkelijk zijn als we beschikten over een lijst van plantensoorten waarmee we af konden lezen hoe diep de grondwaterstand in een bepaald gebied gedaald of gestegen was. Zo eenvoudig is dit echter niet.

Londo (1975) definieerde freatofieten als; plantensoorten (of andere taxa zoals ondersoorten) die in een bepaald gebied in hun voorkomen uitsluitend of voornamelijk beperkt zijn tot de invloedssfeer van het freatisch vlak (grondwaterverzadigingsniveau). Hier blijkt al uit dat er soorten zijn die in ons land alleen voorkomen binnen de invloedssfeer van het grondwater, maar dat andere, eveneens als freatofiet aangemerkte soorten, zich in bepaalde situaties ook wel anders gedragen. Zo is de blauwe zegge in Drenthe gebonden aan hoge grondwaterstanden. In het kalkrijke Zuid-Limburg komt de blauwe zegge echter voor op standplaatsen, die ver boven het grondwater zijn gelegen. Kalk en hoge grondwaterstanden beïnvloeden een bepaald proces vermoedelijk op eenzelfde wijze. We moeten hierbij misschien denken aan de afbraak van organisch materiaal.

Ook komen er in ons land soorten voor die veelal niet aan de invloedssfeer van het grondwater gebonden zijn, maar die in gronden waar het water slecht vastgehouden kan worden (zandgronden en duingebieden) zich wel als freatofiet gedragen. Verder bestaan er soorten die alleen voor hun kieming afhankelijk zijn van hoge grondwaterstanden (bijv. de moeraszegge).

Uit het bovenstaande zal duidelijk zijn dat het niet mogelijk is een universele lijst van freatofieten samen te stellen. Een lijst van freatofieten heeft slechts een lokale waarde (Londo 1975).

Het bepalen van de kwetsbaarheid van een gebied aan de hand van het voorkomen van freatofieten of hydrofieten (waterplanten) alleen, is onjuist. De factor water is slechts één van de factoren die een vegetatie bepalen. De kwetsbaarheid voor eutrofiëring (toename van de beschikbare minerale voedingstoffen) zal zeker in de beoordeling een belangrijke rol moeten spelen. Door verschillende onderzoekers zijn lijsten opgesteld van de indicatorwaarde van plantensoorten voor de stikstofmineralisatie, de zuurgraad, het licht en de waterhuishouding (Ellenberg 1975, Meyer 1957, Kovács 1969, Schönhar 1955, Bannink e.a. 1974). Aan de hand van zulke gegevens kan men de kwetsbaarheid van vegetaties aangeven voor veranderingen in het milieu.

Soorten die een grote constantie behoeven in het milieu zullen het eerst verdwijnen. In een blauw grasland kan bij daling van de grondwaterstand wel min of meer voorspeld worden in welke volgorde plantensoorten zullen verdwijnen (tweehuizige zegge → blonde zegge → vlozegge → blauwe zegge → gewone zegge). Men kan echter niet voorspellen bij welke grondwaterstand dit zal gebeuren.

Het bepalen van de kwetsbaarheid van gebieden voor grondwaterstands dalingen met behulp van indicatorsoorten (vooral vochtigheids- en stikstofindicatoren) heeft belangrijke voordelen boven het gebruik van plantengemeenschappen voor dit doel (vgl. Schuurmans en Schuurmans 1974). Plantensoorten duiden een verandering van milieufactoren beter aan dan plantengemeenschappen, vooral ook omdat plantengemeenschappen niet nauwkeurig gedefinieerd zijn (vgl. Londo 1975).

Plantengemeenschappen kunnen zowel een droge als een natte variant hebben. De kwetsbaarheid van de verschillende varianten kan sterk verschillen. Ook de schaal waarop een inventarisatie wordt uitgevoerd is sterk bepalend voor de nauwkeurigheid, de betrouwbaarheid en de kans op misverstanden wat betreft de kwetsbaarheid van een gebied voor grondwaterstands dalingen. Inventarisatie op associatie-niveau is nauwkeuriger en betrouwbaarder dan inventarisatie op verbondsniveau, aangezien in een verbond vele varianten zijn samengebracht.

11. Samenvatting en conclusies.

In het verleden is vrijwel steeds nagelaten de gevolgen van cultuurtechnische en waterstaatkundige ingrepen op landschap en vegetatie te registreren. De beschikbare kennis over dit onderwerp is dan ook gering. Voor deze literatuurstudie moest voornamelijk gebruik gemaakt worden van in het buitenland verrichte onderzoeken. De resultaten van deze onderzoeken zijn niet zonder meer overdraagbaar op de situatie in Drenthe. Daarvoor zal men eerst beter moeten nagaan wat in Drenthe de voornaamste factoren zijn, die de vegetaties van de natuurterreinen bepalen.

Op basis van de genoemde onderzoeken kunnen wel enige algemene regels gegeven worden omtrent de invloed van grondwaterstandsveranderingen op de vegetatie:

1. Grondwaterstandsveranderingen hebben consequenties voor alle bodemprocessen. Er zijn vele neveneffecten, die indirect tot uiting komen in de samenstelling van de vegetatie.
2. Grondwaterstandsdalingen in natuurgebieden gaan gepaard met het optreden van grotere grondwaterfluctuaties. De verschillen tussen natte en droge perioden worden groter. In landbouwkundige situaties kunnen soms de verschillen wel kleiner worden door goede drainage in natte en aanvoer van water in droge perioden. Hierbij hebben we echter te maken met grondwatertrap IV, VI of VII (zie hoofdstuk 3, pag.15). In natuurterreinen gaat het veelal om situaties met grondwatertrap I of II. De fluctuaties die veroorzaakt worden door een grondwaterstandsdaling van 10 cm. kunnen dan de natuurlijke fluctuaties verre overtreffen (vgl. Baden 1963).
3. In gebieden waar de productie door hoge grondwaterstanden beperkt wordt (er is dan sprake van een slechte zuurstofvoorziening) veroorzaakt een daling van het gemiddelde grondwaterpeil een versnelde mineralisatie van de humus en daarmee een eutrofiëring (verbeterde minerale voedselvoorziening) van de bodem.

De beschikbaarheid van voedingsstoffen is onder meer afhankelijk van de hoeveelheid humus en de rijkdom aan voedingsstoffen van de humuslaag. De snelheid waarmee de voedingsstoffen door micro-organismen uit de humus vrijgemaakt worden hangt af van fysische factoren, zoals temperatuur, zuurgraad en zuurstofgehalte. Deze factoren worden in gebieden met hoge grondwaterstanden sterk gereguleerd door het grondwater.

4. In gebieden waar de productie beperkt wordt door de beschikbare hoeveelheid water kan verlaging van de grondwaterstand in de zomer ernstige droogteschade veroorzaken. Eén en ander hangt af van de hoeveelheid water die door het profiel kan worden vastgehouden. Vooral in zandgronden kan in droge jaren door ontwatering ernstige schade ontstaan in vegetaties die niet zijn aangepast aan extreem droge perioden (veel graslanden, sommige bostypen).
5. Veranderingen in de grondwaterstand hebben tevens gevolgen voor de oplosbaarheid van mineralen, met name van fosfaten (en mangaanverbindingen).
Fosfaten zijn onder anaërobe omstandigheden, bij een lage pH, beter oplosbaar en dus voor de planten beter beschikbaar. In vegetaties, waar de mineralisatie op een laag niveau wordt gehouden door de waterstand (bijv. hoogveenvegetaties), kan ook een plotselinge verhoging van de grondwaterstand een eutrofiëring veroorzaken. Deze is dan vermoedelijk het gevolg van een verbeterde beschikbaarheid van fosfaat.
6. Ingrepen in de waterhuishouding in gebieden waar in de loop van tientallen jaren een evenwicht is opgebouwd tussen het grondwater en de vegetatie, veroorzaken een verhoogde mate van verandering (milieudynamiek). Zo'n verhoogde milieudynamiek is in oecologisch opzicht zeer nadelig. Met name door de diepe ontwatering kunnen in bodem en vegetatie processen op gang worden gebracht, die onomkeerbaar zijn.

Samenvattend kan men zeggen dat vegetaties van voedselarme, zure en natte gebieden, die bovendien een lange ontwikkelingsduur achter de rug hebben, het meest kwetsbaar zijn voor ontwatering.

De meest kwetsbare gebieden in Drenthe zijn de hoogveenvegetaties, de schrale vochtige hooilanden, de vochtige heidevelden en de heidevennen (die in Nederland steeds zeldzamer worden). Echter ook vegetaties waar de bodem veel minerale voedingsstoffen bevat, maar waar de productie beperkt wordt door het grondwater, zijn zeer gevoelig voor ontwatering. In Drenthe zijn dit de broekbossen, de oevervegetaties van meren en de laagveenvegetaties.

Slotbeschouwing.

Maatschappelijke ontwikkelingen hebben ertoe geleid dat in de landbouw ingrijpende veranderingen optraden in de productiewijze. Om het hoofd boven water te houden werd de productie steeds verder opgevoerd en de arbeid gemechaniseerd. Eén van de gevolgen hiervan was een vergaande ontwatering.

Oecologisch gezien betekent dit een streven naar toenemende instabiliteit. Voor de oecosystemen waarop wij onze productie baseren kan dit ernstige risico's inhouden. Voor veel natuurre-servaten is deze ontwikkeling funest. Het beheer van reservaten en het aanleggen van nieuwe natuurterreinen (de zgn. natuurbouw) biedt weinig perspectieven indien een goed waterbeheer niet mogelijk blijkt. Het is niet mogelijk via het inzaaien of inplanten van een rijk assortiment plantensoorten snel een stabiel oecosysteem in elkaar te zetten. Wel kan een gedifferentieerd en stabiel oecosysteem verwacht worden wanneer op een bepaalde plaats gedurende lange tijd weinig of geen veranderingen optreden in de levensomstandigheden.

Het reeds vaak aangehaalde rapport voor de Club van Rome illustreert hoe alleen het tegelijkertijd en in onderlinge relatie aanpakken van problemen een oplossing kan betekenen. Het rapport wijst er op, dat in het bestudeerde model het resultaat van een enkelvoudige ingreep steeds is, dat andere factoren uit de hand lopen. In dit verband lijkt de vraag of we met de diepe ontwatering wel op de goede weg zijn belangrijker dan de vraag waar een volgende ontwateringssloot wel of niet gelegd kan worden.

12. Literatuur.

1. Baden, W, 1963: Altbekannte Lehren der Moor- und Anmoorkultur im licht neuer hydrologischer Erkenntnisse und kulturtechnischer Möglichkeiten. Wasser und Boden, 15 jrg, p 237-248, Hamburg.
2. Bakker, D, 1974: Structuur-oecologie en natuurtechniek. Rede R.U. Groningen, 28 juni 1974.
3. Bannink, J.F., H.N. Leijns en I.S. Zonneveld 1974: Akkeronkruid-vegetatie als indicator van het milieu in het bijzonder de bodemgesteldheid. Pudoc Wageningen.
4. Bannister, P. 1963: The water relations of certain heath plants. J.Ecol. 52, p. 481-510.
5. Bartholomew and F. Clark, 1965: Soil Nitrogen, Madison, U.S.A.
6. Berg, C.v.d., 1962: Enige landbouwkundige aspecten van de droogte in 1959, I.C.W. publ. 34.
7. Berg, C.v.d., 1971: Waterhuishoudkundig onderzoek van het I.C.W. H₂O 4, 3.
8. Bon, J. 1969: De invloed van bos in Nederland op de afvoer van beekgebieden. Waterschapsbelangen 54-1.
9. Brouwer, G.A. 1968: Over natuurbehoud in Drenthe, Kroniek van een halve eeuw. In: Bijdragen over veldbiologie, natuurbeheer en landschap in het Drentse district. p. 33-119, Wageningen.
10. Breewsma, A en L.E. v. Engers 1975: Verontreiniging en zuivering van grondwater bij vuilstortplaatsen. H₂O 8.1.
11. Buchwald, K. 1954: Wasserhaushaltstufen und zonen des wassermangelgebietes unteres Selertal. Angew. Pflannensoziologie 8. p. 37-55.
12. Burger, A, 1958: Micro-organism in the Soil. London.
13. Cleemput, O. van and W.H. Patrick 1974: Nitrate and nitrite reduction in flooded Gamma-irradiated, soil under controlled pH and redox potential condition. Soil, Bioch. vol 6, pp 85-88.

14. Csengö, T. 1974: Enkele opmerkingen over de ontwateringswerkzaamheden in de provincie Drenthe. N.V. Waterleidingmaatschappij Drenthe.
15. Davy, A.J. en K. Taylor 1974: Seasonal patterns of nitrogen availability in contrasting soils in Chiltern Hills. Journ. of Ecology, vol 62, nr. 3.
16. Dierssen, B. en K. Dierssen 1974: Der Sand und Moorbirken aufwuchs in N.W. Deutschen Calluma und Erica Heiden. Natur und Heimat 34, p. 19-26.
17. Dommergues, V. et F. Manganot, 1970: Ecologie Microbienne du Sol. Paris.
18. Douwes, H.T. 1973: De waterbeheersing in het natuurrezervaat "de Rottige Meente" in Z.O.-Friesland. Ingenieursscriptie, Wageningen.
19. Dijk, H. van 1972: Der Aussagewert der verschiedenen Analysemethoden für potentielle pflanzen verfügbaren Stickstoff in Ackerböden. Sonderheft 2. Landwirt. Forsch. 27 II, p. 138-145.
20. Ellenberg, H. 1952: Auswirkungen der Grundwassersenkung auf die Wiesengesellschaften am Seitenkanal westlich Braunschweig. Angewandte Pflanzensoz. (Stolzenau/Weser) 6.
21. Ellenberg, H. 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In: Walter, H.: Einführung in die Phytologie IV/2, Stuttgart: Ulmer.
22. Ellenberg, H. 1964: Stickstoff als Standortsfactor. Berichten Deutscher Bot. Gesellschaft 77, p. 82-92.
23. Ellenberg, H. 1968: Zur Stickstoff und Wasserversorgung von ungedüngter und gedüngter Feuchtwiesen Stiftung Rübd, Heft 41. Zurich.
24. Ellenberg, H. 1975: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica IX.
25. Eskuche, U. 1961: Eine Anlage zur Messung des Grundwasser zu und abflusses im Wasserhaushalt von Pflanzengesellschaften. Die Wasserwirtschaft 51, p. 1-4.
26. Eskuche, U. 1962: Herkunft Bewegung und Verbleib des Wassers in den Böden verschiedenen Pflanzengesellschaften des Erftales. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forstendes Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

27. Erkamo, V. 1958: Über die Dürre des Sommers 1955 und deren Einwirkung auf die Pflanzen, besonders in Südfinnland. Ann.Bot.Soc.Vanamo 30, p 1-45.
28. Firth, P. and allies 1972: Nitrogen Balance studie in the Central Plain of Thailand. Soil Biol. Biochem. vol 5, p. 41-46. Pergamon Press.
29. Franssen, W.H. en H.J. v. Ingen 1973: Onderzoek naar de relatie tussen de meerjarige waterstandsfluctuaties en de vegetatie van hoogvenen en zandgronden in de Peel. Rapport R.I.N. Leersum.
30. Fonck, H. 1968: Afwateringsproblemen in zandgebieden, I.C.W.-reprints 74.
31. Frercks. W. von und D.Puffe 1957: Der Einfluss der Bodentemperaturen und Feuchten auf der verlauf der Boden atmung bei Moor und Heideböden, so wie Dampfflug und Fehnculturen. Zeitschrift für Pflanzen-ernähr. Düng. und Bodenkunde 78.
32. Gessel, S.P., D.W. Cole and E.C. Steinbrenner 1973: Nitrogen Balances in Forest Ecosystemes of the pacific northwest. Soil Biol. Biochem vol 5, p 19-32.
33. Haans en P.v.d. Sluis, 1970: Water en Luchthuishouding van de grond. Bodem en Bemesting, deel I.
34. Harms, W.B. 1973: Oecologische Natuurwaardering in het kader van de evaluatie van natuurfuncties. I.v.M.-V.U. Amsterdam.
35. Hueting, R. 1974: Schaarste en Economische groei. Agon. A'dam.
36. Huisman. H. en R. v. Apeldoorn, 1975: Rapport over de vegetaties in de benedenloop van de Drentsche Aa. Lab. voor Plantenoecologie, Haren.
37. Hoeve, J. ter. 1965: Over de waterhuishouding van een hoogveenreservaat in de Engbertsdijkvenen. Cultuurtechnisch tijdschrift april 1965.
38. Hoeve, J. ter 1971: Aanvullend beheersadvies voor het C.R.M.-reservaat. Meerstablok onder Emmen. Stencil S.B.B., Utrecht.
39. Hoeve, J. ter en G. Londo, 1972: Natuur en Landschapsbehoud in relatie tot grondwaterwinning. H₂O 23.
40. Jansen, J. 1975: Het Fochteloërveen. Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland.
41. Klooster W. ten 1974: Nota inzake de "Reitma", voornamelijk m.b.t. het externe beheer. S.B.B. Assen.
42. Klooster W. ten 1975: Daling van de grondwaterstand heeft grote gevolgen voor natuur en landschap. Cultureel Maandblad Drenthe, mei 1975.

43. Klötzli, F. 1969: Zur Ökologie nordschweizerischer Bruchwälder. Berichten Geobotan. Inst. E.T.H. Stiftung Rübel 39, p. 56-123.
44. Kovacs, M. 1969: Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften als Anzeiger der Bodenstickstoff. Acta Botanica Scient. Hung. 15 p. 101-118.
45. Leeuwen, C.G. van, 1966: A relation theoretical approach to pattern and proces in vegetation. Wentia 15, p. 25-46.
46. Leeuwen, C.G. van, 1966: Het beheer van natuurresevaten op structuur-oecologische grondslag. Gorteria 3, p. 16-28.
- 46a. Leeuwen, C.G. van, 1970: Onderzoek aan structuur en dynamiek van vegetatie. In: Het verstoorde evenwicht, Oosthoek, Utrecht.
47. Leeuwen, C.G. van, 1973: Oecologie en natuurtechniek. Natuur en Landschap, 1973/3.
48. Leon. R, 1968: Balance d'eau et d'azote dans les prairies à litiere des alentours de Zurich. Veröff. des Geobot. Inst. E.T.H. Stiftung Rübel, heft 41.
49. Lieth, H. und H. Ellenberg 1958: Konkurrenz und Zuwanderung von Wiesenpflanzen. Zeitschr. Acker und Pflanzen bau 106, p. 205-223.
50. Lilliroth, S. 1950: Über Folgen culturbedingter Wassersenkungen für Macrophyten und Planktongemeinschaften in seichten Seen des Südschwedischen Oligotrophie gebietes. Acta limnol 3.
51. Lousier, D. 1974: Response of Soil Testacea to soil moisture fluctuations. Soil Biol. Bioch. vol 6, p. 235-239.
52. Linder, R. 1960: Die jahreszeitlichen Veränderungen des physiologisch wirksamen Bodenwassers verschiedener Assoziationen im Gebiet des Nordlichen Bergstrasse. Beitragen Biol. Pflanzen 35, p. 475-514.
53. Londo, G. 1966: Veränderungen in flora en vegetatie van het Lekwater in het infiltratiegebied in de duinen bij Zandvoort. De levende natuur 69.
54. Londo, G. 1975: Nederlandse lijst van hydro-, freato- en afreatofyten. Rapport R.I.N. Leersum.
55. Mack, A.R. and S.A. Barber 1960: Influence of temperature and moisture on soil phosphorus. Soil Science Society Proceed. 1960, pp. 381-385.
56. Makkink, G.F. 1959: Plantengroei bij droogte. Stikstof nr. 24, band 2.

57. Mc. Laren and Peterson 1967: Soil Biochemistry. Dekker, New York.
58. Meisel, K. 1968: Vegetationsuntersuchungen als wesentlicher Bestandteil der Beweissicherung bei Eingriffen in den Wasserhaushalt der Landschaft. Natur und Landschaft 43 (7).
59. Meyer, F.M. 1957: Über Wasser und Stickstoffhaushalt der Rohr- richte und Wiesen im Elballuvium bei Ham- burg. Mitteil. Staats inst. Allg. Bot. (Hamburg) 11, p. 139-203.
60. Miller, R.D. and D.D.Johnson, 1964: The effect of Soil Moisture Tension on Carbon Dioxide Evolution, Nitrification and Nitro- gen Mineralisation. Soil Science Soc. Ame- rican Proceedings 1964, p. 644-646.
61. Müller, G. 1965: Boden Biologie. Gustav Fischer Verlag Jena.
62. Muller A. von 1954: Die Bodenfeuchtigkeit einiger Grünlandge- sellschaften des mittleren Weser-Gebietes im Jahreslauf. Angewandte Pflanzen soziol. 8, p. 114-115.
63. Munckhof, P.v.d. 1974: De ondergang van een Limburgs natuurrese- vaat, de Castenrayse Vennen: Natuurhisto- risch Maandblad 63, p. 5-15.
64. Naarding W.H. 1973: Discussienota Waterbeheer en waterbeheersing in Drenthe. C.D. Assen.
65. Niemann, 1963: Beziehungen zwischen Vegetation und Grund- wasser. Archief für Naturschutz und Land- schaftsforsch. 3, p. 3-36.
66. Odum, E.P. 1969: Stratigy of Ecosystem Development. Science 64, p. 267-270.
67. Patrick, W.H. and R. Wyatt 1964: Soil Nitrogen loss from alternate submergence and drying. Soil Science Soc. Proceedings 1964. p. 647-653.
68. Prov. Bestuur van Drenthe 1956: De betekenis van de waterbeheersing als be- langrijke bijdrage tot de agrarische struc- tuurverbetering in de Prov. Drenthe.
69. Prov. Planologische Dienst Drenthe 1975: Milieukartering in Drenthe, jaarverslag 1974.
70. Provinciale Water- staat Drenthe 1971: Waterbeheersing in het Reestdal.
71. Provinciale Water- staat Drenthe 1973: Overzicht grondwaterwinning in Drenthe, 1969, 1970, 1971 en 1972.

72. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening 1972: Geohydrologisch onderzoek Emmen.
73. Runge, 1965: Untersuchungen über die Mineralstickstoff-Nachlieferung an norddeutschen Waldstandorten, Flora 155, p. 353-386.
74. Smidt, J. de, 1973: Oecologie in de landbouw. Natuur en landschap 1973/3.
75. Schmithüsen, J. 1948: Wirkungen des trockenen Sommers 1947 als Forschungsaufgabe. Ber.deutsch. Landeskunde 5, p. 37-52.
76. Schönhar, S. 1955: Untersuchungen über das mengenmäßige Auftreten von Nitrat und Ammoniakstickstoff in Böden verschiedener Waldstandorte. Forstwissenschaftliches Centralblatt 74, p. 129-145.
77. Schothorst, C.J. 1969: Polderpeil en Grondwaterstand. I.C.W. miscellaneous reprints nr. 106.
78. Schrofer, W.L.Ph. 1974: Literatuurstudie betreffende de hydrologie der hoogvenen. P.P.D. van Drenthe.
79. Schuurmans A. en P. Schuurmans 1974: De invloed van grondwaterstandsdeling op de vegetatie in natuurgebieden in Oost-Gelderland. K.U. Nijmegen, afd. Geobotanie.
80. Shields J.A., E.A. Paul and W.E. Lowe, 1973: Turnover of microbial tissue in soil under field conditions. Soil Biol. Bioch. vol 5, p. 753-764.
81. Sluismans, C.M.J. en G.J. Kolenbrander 1970: De rol van kunstmest bij de vervuiling van oppervlaktewater. Landbouwkundig Tijdschrift 82, nr. 7.
82. Steenvoorden, J. en H.P. Oosterom, 1973: Stikstof, fosfaat en organisch materiaal in de grond en oppervlaktewater. Cultuurtechnisch tijdschrift 6.
83. Studiecommissie water-voorziening Drenthe 1974: Nota over Toekomstige drink- en industrie-watervoorziening in Drenthe.
84. Ter Wee, H.W., 1972: Geologische opbouw van Drenthe. Rijks Geologische Dienst rapp. 877.
85. Tideman, P. 1975: Met de voeten op de aarde. Rede Universiteit van Amsterdam, 17 maart 1975.
86. Timmerman, A. 1975: Verslag van enkele inventarisaties van de weidevogelstand bij verschillende intensiteit van agrarisch gebruik in het "Zwettegebied". S.B.B. Friesland, Afd. Natuurbehoud rapport nr. 4.

87. Tüxen, R. 1954: Pflanzensozologie als Brücke zwischen Land- und Wasserwirtschaft. Angewandte Pflanzensoziologie 8.
88. Tüxen, R. 1957: Lysimeter in Pflanzengesellschaften. Mitteilungen flor. soz. Arbeitsgem. N.F. 6/7, Stolzenau.
89. Tüxen, R. 1961: Bibliographie der Arbeiten über Grundwasserganglinien unter pflanzengesellschaften. Excerpta Botanica Sectio B: Sociologica 3.
90. Valk, v.d. en J.A. Schoneveld, 1963: Invloed van grondwaterstand op de productie van enkele gewassen op klei- en zavelgronden. I.C.W. med. 56.
91. Visser, W.C. 1964: De stikstofvorming in de grond en de ontwatering. Stikstof 43.
92. Voo, E.H. v.d. 1967: De gevolgen van de wateronttrekking voor de flora van de "Groote Meer" onder Ossendrecht. Gorteria 3, nr. 8.
93. Voo, E.H. v.d. 1964: Danger to scientifically important wetlands in the Netherlands bij modification of the surrounding environment R.I.V.O.N. comm. nr. 179.
94. Weerd, B. v.d. 1974: De invloed van de verlaging van het peil in het gedeelte Echten-Nieuw Brugsluis van de Hoogeveense Vaart op de afstroming van grondwater uit de belendende percelen. I.C.W.-nota nr. 827.
95. Webster, J.R. 1962: The composition of wet heath vegetation in relation to aeration of the groundwater and soil. Field studies of groundwater and soil aeration in several communities. J. Ecol. 50.3.
96. Westhoff, V. 1947: Schaakspel met de natuur. Natuur en Landschap 3, p. 54-62.
97. Westhoff, V. en den Held, A.J. 1969: Plantengemeenschappen van Nederland. Thieme Zutpen.
98. Westhoff, V. e.a. 1970/1973: Wilde Planten, 3 delen; uitgave Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten.
99. Wildschut, J.T. 1973: Grondwaterdaling in het duingebied van Schoorl Rapport R.I.N. Leersum.

100. Williams, J.T. 1968: The Nitrogen and water relations of wet meadows. Veröffentl. Geobot. Inst. E.T.H. Stiftung Rübel 41, p. 69-193.
101. Yerli, M. 1970: Ecologie comparée des prairies marécageuses dans les Prealpes de la Suisse occidentale. Veröff.Geob.Inst. E.T.H. Stiftung Rübel 44, p. 1-119.
102. Zon, J.C.J. van 1973: Visies op de bestrijding van waterplanten in eutroof oppervlaktewater in Nederland. Landbouwkundig Tijdschrift nr. 5.

Lijst van gebieden waar nadelige invloeden van ontwatering geconstateerd of te verwachten zijn.

1. Bruntingerbeek.

Door de werkzaamheden in verband met een ruilverkaveling is de voeding van de Bruntingerbeek sterk verminderd. Ondanks vroeger gedane toezeggingen dat de beek voldoende water zou behouden, zijn de indertijd gespaarde plantengemeenschappen langs de beek alsnog verdwenen.

2. Boerveense plassen.

Het heide- en vennenreservaat de Boerveense plassen wordt doorsneden door een afwateringssloot van aangrenzende landbouwgronden. Enkele jaren geleden is deze sloot verdiept ten behoeve van een betere afwatering van die gronden. Gevolg is dat het natuurgebied sterk is verdroogd en het te voeren natuurbeheer wordt bemoeilijkt.

3. Drentse Aa.

De beekvegetaties langs de Drentse Aa werden 10 jaar geleden nog regelmatig overstroomd in de winterperiode en het vroege voorjaar. De laatste jaren komt dit niet meer voor. De voeding van de beek is afgenomen door ontwateringen in het bovenstroomse gebied. Door de uitvoering van ruilverkavelingen in de omliggende cultuurgronden is ook de kwel naar de beek op veel plaatsen verminderd.

Op een aantal plaatsen zullen nieuwe leidingen gegraven worden (Annen, Anderen) of zullen oude leidingen uitgediept worden (Zeegse, Anderen).

Een aantal waardevolle vegetatietypen dreigen hierdoor verloren te gaan. Gevaar lopen een groeiplaats van de stengelloze sleutelbloem (Annen), een groeiplaats van de Noordse Zegge (Annen) en een blauwgrasland (Westerholt) bij Anderen. Een hydrologisch onderzoek omtrent de gevolgen van de aan te leggen waterleidingen zou zeer aan te bevelen zijn.

4. Fochteloërveen/Kolonieveld.

Grote ongerustheid bestaat er bij de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, over een afwateringsplan van het Waterschap Smilde. Dit plan wordt door het Waterschap beschouwd als een tijdelijke oplossing voor hun problemen. Om een definitieve oplossing te verkrijgen, zal er verder gestudeerd worden.

Terecht wijst de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten er op dat zelfs tijdelijke ontwateringen gevolgen kunnen hebben, die onomkeerbaar zijn. Met name hoogveenvegetaties zijn zeer gevoelig voor ontwatering en eutrofiëring. De Vereniging dringt er op aan een bufferzône te creëren rondom het reservaat om nadelige invloeden vanuit de landbouwterreinen verder tegen te gaan.

5. Jippingsveen, tussen Annen en Eext.

Een waterlossing naast de plas heeft voor de vegetatie aldaar nadelige gevolgen.

6. Kleine Houten bij Gieten.

Op nog geen meter van het bosje de Kleine Houten, met een zeer rijke kruidenvegetatie waarin onder meer de schedegeelster, is een plm. 2 meter diepe waterlossing gegraven. De sloot is gegraven door een dikke leemlaag. Maar het valt te vrezen dat een 2 meter diepe waterlossing, die zelfs een rand van het bos raakt, op den duur gevolgen zal hebben voor de vochtminnende bosvegetatie.

7. Kromme Dijk bij Eexterzandvoort.

Langs de Kromme Dijk ligt een wilgenbos, dat sterk ontwaterd is.

8. Mantingerbos.

Een nieuwe bedding voor de bovenloop van het Oude Diep is over een lengte van 300 meter vlak langs het Mantingerbos gegraven. Men weet niet in hoeverre de grondwaterstand hierdoor gedaald is, maar het bos lijkt zich ongunstig te ontwikkelen.

9. Old Neijenveen in Zuidwest-Drenthe.

Dit gebied ligt midden in een gebied, waar een ruilverkaveling is doorgevoerd. De verwachtingen tot behoud van het reservaat in zijn huidige vorm zijn niet hoog gespannen.

10. De Reitma bij Elp.

In dit blauwgrasland is de laatste tijd ernstige schade geconstateerd als gevolg van te lage grondwaterstanden, die vooral optraden tijdens de laatste 5 (relatief) droge jaren. In 1963 werd na het graven van ontwateringssloten rondom het reservaat, er al voor gewaarschuwd dat de toen gemeten voorjaarswaterstanden over het algemeen 0,00 m tot 0,10 m afweken van de in 1958 verrichte metingen. Aan de oostkant van het reservaat waren de verschillen groter. Hier werd het reservaat beïnvloed door een bemalen waterleiding. De aangebrachte leembekisting aan de westzijde van het reservaat kan waarschijnlijk niet voorkomen dat er water uit het reservaat wegzijgt. Door het uitdiepen van de leiding aan de westzijde lijken de problemen nog toe te nemen. Een verminderde aanvoer van kwelwater en/of de versnelde afvoer van het water in het reservaat is er vermoedelijk de oorzaak van dat de voorjaarswaterstanden op een te laag niveau beginnen, zodat 's zomers tekorten ontstaan. Een vegetatiekundig en vooral een hydrologisch onderzoek is dringend gewenst.

11. Tussenwater en Oude Diep ten Oosten van Zuidlaren.

Als gevolg van de Drinkwaterwinning door de Groninger Waterleiding Mij, een ruilverkaveling en een peilverlaging uitgevoerd in het waterschap "de Oostermoerse Vaart", is het natuurterrein Tussenwater en Oude Diep vrijwel geheel verdroogd. Bevatten de verlande rivierarmen in 1968 nog enig open water en stond voor de uitvoering van de ruilverkaveling van 1971 en de werkzaamheden van de Waterleiding Maatschappij, het water in het winterseizoen boven het maaiveld, na 1971 stond het grondwater 's winters 80-100 cm. beneden het maaiveld. 's Zomers stond het water 60-100 cm beneden het maaiveld.

12. Zure Venen.

De situatie is vergelijkbaar met "de Reitma". Men is er niet zeker van of er een verlaging van de grondwaterstand plaatsvindt. Aan de vegetatie is dit ook niet zo duidelijk te zien als in "de Reitma". Een nader onderzoek lijkt gewenst.

COLLOQUIUM "GRONDWATERBEHEER EN VEGETATIE" 11 APRIL 1975.

Stellingen

T. Couwenshoven (Commissie Grondwaterbeheer)

1. Wegens de onbekendheid met oorzaak-gevolg relatie wordt zoveel mogelijk getracht om, indien natuurwaarden in het geding zijn, de bestaande fysieke omstandigheden te conserveren.
2. Door herstel van de "oude" waterhuishoudkundige situatie wordt een eventueel als ideaal geschetst beeld van de vegetatie niet terugverkregen.
3. Vegetatiekundigen weten meer van de relatie grondwater/ecosystemen dan naar buiten blijkt.

W.H. van der Molen (Landbouw Hogeschool, Vakgroep Cultuurtechniek)

1. Niet de grondwaterstand is maatgevend voor de plantengroei, maar factoren als vochtvoorziening, aëratie en beschikbaarheid van voedingsstoffen.
2. De samenhang bodem-grondwater-vochtvoorziening is met de reken-techniek van Rijtema-De Laat goed te kwantificeren. Hiermede kan in de landbouw en in de bosbouw het effect van grondwaterdalingen op de opbrengsten worden voorspeld.
3. Voor natuurterreinen is deze voorspelling veel moeilijker wegens:
 - groter reliëf en grotere diversiteit van vegetatie
 - veel groter invloed van de aëratie op natte terreinen
 - veel grotere invloed van verschillen in vruchtbaarheid bij afwezigheid van bemesting.
4. Nader onderzoek (modellen, maar vooral onderzoek naar de invloed van verschillende factoren) is dringend nodig. In de landbouw ontwikkelde technieken lijken hiervoor bruikbaar.

J.C. Pape (Stiboka)

1. Wijziging van het grondwaterregime heeft in verschillende gronden een vaak zeer verschillend effect.
2. Het is dringend gewenst deze effecten nader te bestuderen.

3. Het verdient aanbeveling de bodemgesteldheid van de natuurterreinen in Nederland te inventariseren op zodanige schaal dat bij het beheer hiermede rekening kan worden gehouden.

G. Londo (Rijks Instituut voor Natuurbeheer).

1. Bij het onderzoek naar de samenhang tussen de factor (grond-)water en natuurlijke begroeiingen, dient men ook de andere milieufactoren te betrekken.
2. Voor de praktijk van het natuurbeheer zijn laboratorium-experimenten met uit hun natuurlijke omgeving geïsoleerde plantensoorten in eerste instantie minder zinvol.
3. Het is momenteel veiliger en gemakkelijker om de kwetsbaarheid van een gebied of vegetatie ten opzichte van veranderingen in kwantiteit en/of kwaliteit van het (grond-)water te bepalen aan de hand van plantensoorten (door middel van de lijst van freatofyten) dan aan de hand van plantengemeenschappen.
4. Iedere verandering in het milieu leidt tot veranderingen in de vegetatie. Veranderingen zijn in oecologisch opzicht meestal nadelig, vooral wanneer het levensgemeenschappen betreft die een lange ontwikkelingsduur achter de rug hebben en die gebonden zijn aan relatief voedselarme milieus.
5. Voor het natuurbeheer is het volgende onderzoek het meest urgent:
 - tijdige inventarisatie van kwetsbare milieus in gebieden waar mogelijke veranderingen in (grond-)waterregime zullen plaatsvinden, en het tijdig treffen van maatregelen om ongewenste veranderingen tegen te gaan (bijvoorbeeld het instellen van bufferzones).
 - jaarlijks onderzoek van natuurgebieden waar (grond-)waterstandsveranderingen in de omgeving plaatsvinden of hebben plaatsgevonden, en het tijdig ingrijpen in de hydrologische toestand wanneer nadelige gevolgen geconstateerd worden.

G. van Wirdum (Hugo de Vries Laboratorium)

1. Bij beschouwingen over het effect van grondwaterstandswijzigingen op spontane vegetatie wordt niet altijd voldoende rekening gehouden met veranderingen in de circulatiesnelheid c.q. verblijftijd van het water (zowel in het bemalingsgebied als in het gebied waarop wordt uitgeslagen) en de daarmee verband houdende verplaatsing c.q. verspreiding van het effect van andere o.a. landbouwkundige maatregelen.

2. Wanneer de functie van een boezem mede die van natuurreservaat is en de natuurbescherming daar een belangrijk "grondgebruiker" is, verdient het overweging na te gaan in hoeverre zonder aanmerkelijke schade aan de boezemfunctie iets van de natuurlijke hydrologische dynamiek kan worden hersteld.
3. In vele gevallen kunnen cultuurtechnici bijdragen tot het scheppen van natuurwetenschappelijk bijzonder interessante situaties. Evenmin als actief natuurbeheer kan echter cultuurtechniek het scheppingswerk geheel op zich nemen.