

NOTA 1181

Instituut voor cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

DE INVLOED VAN CHEMISCHE FACTOREN IN GRONDWATER EN BODEM  
OP ENKELE VEGETATIETYPEN IN HET CRM RESERVAAT  
'GROOT ZANDBRINK'

drs. R.H. Kemmers en ing. P.C. Jansen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-middelen, dus geen officiële publikaties.  
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.  
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

## I N H O U D

|                                                     | Blz. |
|-----------------------------------------------------|------|
| 1. INLEIDING                                        | 1    |
| 2. HYDROLOGISCHE RELATIES                           | 1    |
| 3. CHEMISCHE ASPECTEN VAN GRONDWATER                | 3    |
| 3.1. Absolute concentraties                         | 3    |
| 3.2. Relatieve concentraties                        | 4    |
| 4.. REGIONALE WATERKWALITEIT                        | 16   |
| 5. HISTORISCHE WATERKWALITEIT                       | 17   |
| 6. BODEMCHEMISCHE ASPECTEN                          | 18   |
| 7. VEGETATIE                                        | 23   |
| 7.1. Beschrijving                                   | 23   |
| 7.2. Kartering                                      | 27   |
| 8. RELATIES TUSSEN VEGETATIETYPEN EN MILIEUFACTOREN | 27   |
| 9. SAMENVATTING                                     | 32   |
| 10. LITERATUUR                                      | 35   |

## 1. INLEIDING

Bij het onderzoek naar de relaties tussen (half-)natuurlijke vegetaties en grondwater is het in de eerste plaats van belang inzicht te verwerven in kwantitatief hydrologische aspecten welke de waterverbruiksmogelijkheden van de vegetatie bepalen. Met behulp van waterbalansstudies kon een goede indruk worden verkregen van de relatie tussen enkele hydrologische parameters en fysiognomisch te onderscheiden vegetatietypen (JANSEN en KEMMERS, 1980).

Gedetailleerde vegetatiepatronen binnen de grootschaliger fysiognomische eenheden lijken veeleer samen te hangen met de chemische samenstelling van het grondwater en met de invloed daarvan op bodemchemische parameters. Ook bodemfysische aspecten zoals textuur en organisch stofgehalte welke mede bepaald zijn door de waterhuishouding, dragen bij tot de patroonvorming in vegetaties welke binnen de invloedssfeer van het grondwater tot ontwikkeling komen.

In deze nota zal met name ingegaan worden op dergelijke kwaliteiten van bodem en grondwater in relatie tot gedetailleerde vegetatiepatronen in een tweetal schraalgraslandachtige terreintjes.

## 2. HYDROLOGISCHE RELATIES

In het reservaat zijn op diverse plaatsen grondwaterstandsbuizen geplaatst met filterdiepten van 0,5 en 2,0 m-m.v.

De lokatie van deze buizen is aangegeven in fig. 1. De stijghoogte van het grondwater in de buizen wordt zeer regelmatig geregistreerd. Door punten met gelijke stijghoogten op eenzelfde tijdstip met elkaar te verbinden kunnen equipotentiaallijnen getrokken worden.

Met behulp van dergelijke equipotentiaallijnen kan het globale stro-

mingspatroon van het grondwater worden afgeleid. Stromingspatronen geven een antwoord op de vraag tussen welke punten een hydrologische relatie verwacht kan worden. Naast kwantitatieve aspecten is dit van belang voor de hydrochemische aspecten van het grondwater door het optreden van transport van opgeloste stoffen in de grondwaterstroom.

De regionale grondwaterstroming ter hoogte van het reservaat is zuidoost-noordwest gericht (MEINARDI, 1976). Op dit regionale stromingspatroon is het lokale stromingspatroon van het reservaat gesuperponeerd (zie ook VASAK, 1979). Om een indruk te krijgen van de variatie in dit lokale stromingspatroon is in fig. 2 tot en met 5 het isophypsenpatroon voor verschillende hydrologische seizoenen gegeven.

Uit fig. 2 blijkt dat in de zomer een overwegend ZO-NW gerichte stroming plaats vindt in het reservaat. Dit beeld sluit goed aan bij het regionale stromingspatroon. Een uiterst geringe opbolling van het freatisch vlak onder het reservaat heeft slechts geringe invloed op de overheersende regionale stroming.

In de winterperiode (fig. 3) vindt een opbolling van het freatisch vlak onder het reservaat plaats. Hierdoor ontstaan lokale stromingen in de richting van de reservaatstranden, welke gesuperponeerd zijn op de regionale stroming.

In het ZW schraalland lijkt sprake van een contactzone tussen een lokale stroom en de regionale stroom, welke in de winterperiode door de lokale stroming enigszins lijkt te worden teruggedrongen.

In de voorzomer (fig. 4) is er nog een zekere opbolling van het grondwater onder het reservaat aanwezig. De lokale stroming naar het ZW schraalland is in deze periode afgebogen in westelijke richting, waardoor de invloed van de regionale stroming weer is toegenomen.

In de volgende winterperiode (fig. 5) overheerst de lokale grondwaterstroming weer in het ZW schraalland. In het ZO schraalland is de situatie afwijkend van die in het ZW schraalland. In de winterperiode is uitsluitend een invloed van een lokale stroming aanwezig. Slechts in de zomerperioden ten tijde van lage grondwaterstanden wordt het ZO schraalland in geringe mate via capillair water beïnvloed door het regionale grondwater.

### 3. CHEMISCHE ASPECTEN VAN GRONDWATER

Sinds mei 1978 worden via grondwaterbuizen regelmatig monsters genomen van het diepere (2 m-m.v.) en zo mogelijk het ondiepe (0,5 m-m.v.) grondwater. Voorafgaande aan de bemonstering worden de buizen waaruit bemonsterd wordt leeggepompt.

Het monster wordt onttrokken aan het vers toegestroomde water. Het grondwater wordt in eigen laboratorium volgens NEN-normen geanalyseerd op een aantal chemische parameters.

#### 3.1. Absolute concentraties

Een uitgebreid overzicht van analyseresultaten is in tabelvorm opgenomen in een bijlage (tabel 1).

Voor een aantal karakteristieke monsterpunten is in fig. 6 het verloop van enkele parameters in de tijd aangegeven.

Van de gepresenteerde parameters treedt een min of meer duidelijke periodiciteit in waarden op waarbij in herfst en winter de concentraties afnemen en in de zomer en nazomer toenemen. Deze periodiciteit lijkt afhankelijk van het verdunningseffect dat optreedt in perioden met neerslagoverschot.

Ten aanzien van de anionen  $\text{Cl}^-$  en  $\text{SO}_4^{=}$  is de genoemde periodiciteit niet duidelijk aanwezig.

De  $\text{H}^+$ -ionenconcentratie is daarentegen juist in perioden met neerslagoverschot het grootst, hetgeen toegeschreven zou kunnen worden aan uitspoeling uit het bodemprofiel en de invloed van betrekkelijk zuur neerslagwater. In de loop van de zomer neemt de  $\text{H}^+$ -ionenconcentratie weer af wat in verband zou kunnen staan met de vorming van het  $\text{HCO}_3^-$ -ion tengevolge van microbiologische processen in de bodem waarbij  $\text{CO}_2$  gevormd wordt.

Bij vergelijking van de parameterwaarden van het grondwater op de verschillende monsterpunten blijkt dat de concentraties in buis 10 en 12 op een hoger niveau liggen dan die in de buizen 11 en 13. Monsterpunt 10 en 12 zijn in een kwelprofiel gelegen terwijl monsterpunt 11 en 13 in een infiltratieprofiel zijn gelegen. De verschillende concentratieniveaus lijken derhalve samen te hangen met af-

voer van mineralen vanuit het infiltratieprofiel en aanvoer naar het kwelprofiel. Met uitzondering van de pH zijn de fluctuaties in concentraties in het kwelprofiel groter dan in het infiltratieprofiel. Dit hangt samen met de hoge  $\text{HCO}_3^-$ -concentraties in het kwelprofiel welke een bufferend effect hebben op de  $\text{H}^+$ -ionenconcentratie.

Een uitzonderingspositie wordt ingenomen door de monsterpunten 19 en 3 welke volgens de isohypsenpatronen in een infiltratieprofiel zijn gelegen. Opvallend zijn de zeer lage pH-waarden in combinatie met hoge waarden voor het EGV, de  $\text{Cl}^-$ -concentratie en de  $\text{SO}_4^{=}$ -concentratie. Daarnaast komen in deze monsterpunten uiterst geringe  $\text{HCO}_3^-$ -concentraties voor in combinatie met middelhoge  $\text{Ca}^{++}$ -concentraties.

In fig. 7 wordt een beeld gegeven van de ruimtelijke variatie van de  $\text{Cl}^-$ -concentratie in de winterperiode. Het  $\text{Cl}^-$ -ion dat niet aan biochemische reacties deelneemt en daardoor een conservatief karakter heeft kan goed als tracer-ion gebruikt worden. In de figuur kunnen regionale grondwaterstroming en de lokale grondwaterstroming goed van elkaar worden onderscheiden aan de hand van de  $\text{Cl}^-$ -concentraties. Het lokale grondwater blijkt  $\text{Cl}^-$ -concentraties te bezitten die kleiner zijn dan 10 mg/l. Extreem hoge  $\text{Cl}^-$ -concentraties komen zeer lokaal voor in het oude bouwland en in het beboste infiltratieprofiel van het reservaat.

### 3.2. R e l a t i e v e c o n c e n t r a t i e s

Naast weergave van resultaten in de vorm van absolute concentraties kan de concentratie van elk der belangrijkste kationen worden uitgedrukt in percentages ten opzichte van de totale concentratie aan kationen. Op identieke wijze kunnen de belangrijkste anionen in percentages worden uitgedrukt.

Deze methode vormt de basis voor het onderscheiden van watertypen naar overeenkomsten en verschillen in chemische eigenschappen.

Verschillen in chemische eigenschappen van grondwater worden in hoge mate bepaald door interactie van het water met het bodemmateriaal. Door uitwisseling van ionen tussen het grondwater en het adsorptie complex van de bodem en het in oplossing gaan van calciumcarbonaat zouten kunnen de relatieve concentraties van de verschillende ionen

zich sterk wijzigen naarmate het stromende grondwater een langer traject door de bodem heeft afgelegd. Het meest extreme verschil in watertypen treedt op tussen recent geïnfiltreerd regenwater en kwelwater dat een langdurig verblijf in de bodem heeft gekend.

### 3.2.1. Typering van grondwater met behulp van kationen

Volgens BOTH en VAN WIRDUM (1979) is het verschil in de chemische karakteristiek van infiltratiewater en kwelwater goed weer te geven door het aandeel van de  $\text{Ca}^{++}$  ionen in de som van de maior-ionen  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  en  $\text{K}^+$  uit te zetten tegen de absolute  $\text{Ca}^{++}$ -concentratie.

In fig. 8 is van een aantal monsterpunten gelegen in infiltratie- of kwelprofielen het  $\text{Ca}^{++}$  aandeel uitgezet tegen de  $\text{Ca}^{++}$  concentratie.

Van een aantal monsterpunten zijn naaste analyseresultaten van het diepe grondwater ook die van het ondiepe grondwater weergegeven. In de figuur zijn chemisch verwante monsterpunten omkaderd.

Uit de figuur blijkt dat bij lage  $\text{Ca}^{++}$  concentraties het  $\text{Ca}^{++}$  aandeel snel toeneemt bij een geringe stijging van de  $\text{Ca}^{++}$  concentratie. Bij groter wordende  $\text{Ca}^{++}$  concentratie neemt het  $\text{Ca}^{++}$ -aandeel asymptotisch toe tot + 90%.

In reeks I blijken de laagste  $\text{Ca}^{++}$  concentraties en -aandelen voor te komen in het ondiepe grondwater van infiltratieprofielen. Voor het diepe grondwater van monsterpunt 13 geldt  $30\% < \text{Ca}^{++}$ -aandeel  $< 50\%$  en  $0,25 \text{ meq} < \text{Ca}^{++} \text{ conc.} < 0,5 \text{ meq}$ .

Het diepe grondwater van monsterpunt 11 heeft een iets rijker karakter waarvoor geldt:  $50\% < \text{Ca}^{++}$  aandeel  $< 65\%$  en  $0,5 \text{ meq} < \text{Ca}^{++} \text{ conc.} < 1,5 \text{ meq}$ .

Monsterpunt 12, gelegen in een kwelprofiel, heeft een  $\text{Ca}^{++}$  concentratie variërend van 2,5-4 meq  $\text{Ca}^{++}$ . Het  $\text{Ca}^{++}$  aandeel is gelegen tussen 70% en 75%. Verschil tussen ondiep en diep grondwater is niet aanwezig in het kwelprofiel.

$\text{Ca}^{++}$  aandelen groter dan 75% treden op bij concentraties boven de 4 meq. Dergelijk  $\text{Ca}^{++}$ -rijk grondwater komt voor in monsterpunt 10 gelegen in het oostelijk schraalland en in monsterpunt C uit het ZW-schraalland.

Ter oriëntatie is in fig. 8 de karakteristiek van regenwater (BOTS e.a., 1978) weergegeven, waaruit geconcludeerd kan worden dat recent geïnfiltreerd grondwater een nog sterke verwantschap heeft met regenwater. Dergelijk grondwater wordt ombrogeen genoemd en heeft een  $\text{Ca}^{++}$  aandeel kleiner dan 50% en een  $\text{Ca}^{++}$  conc. kleiner dan 0,5 meq. Grondwater dat langdurig in contact is geweest met het bodemmateriaal wordt lithogeen genoemd en is gekenmerkt door  $\text{Ca}^{++}$  concentraties  $> 2,5$  meq en een  $\text{Ca}^{++}$  aandeel  $> 70\%$ . Dit watertype kan in kwelprofielen worden aangetroffen.

Tussen deze uitersten kunnen intermediaire typen worden aangetroffen.

Opgemerkt moet worden dat met name bij deze intermediaire watertypen seizoensverschillen kunnen voorkomen. In winterperioden kan het grondwater een meer ombrogeen karakter hebben, terwijl in zomerperiode bij lagere grondwaterstanden op dezelfde plaats een meer lithogeen grondwater aanwezig is (zie monsterpunt 11, fig. 8). De gepresenteerde resultaten sluiten goed aan bij de resultaten van BOTH (1979). Uit het optreden van verschillende watertypen in infiltratie- en kwelprofielen kan afgeleid worden dat er een relatie moet bestaan tussen de grondwaterstandsamplitudo en het  $\text{Ca}^{++}$  aandeel in de ionensamenstelling van grondwater. In fig. 9 is deze relatie weergegeven, waaruit blijkt dat het grondwater in kwelprofielen, met een relatief geringe grondwaterstandsamplitudo, hoge  $\text{Ca}^{++}$  aandelen bevat en het grondwater in infiltratieprofielen, met een grote grondwaterstandsamplitudo, lage  $\text{Ca}^{++}$  aandelen bevat.

Tevens blijkt dat de spreiding het grootst is bij intermediaire situaties.

Niet aansluitend bij de resultaten van Both zijn de analyseresultaten van de monsters uit reeks II van fig. 8.

In deze reeks is sprake van aanzienlijk lagere  $\text{Ca}^{++}$  aandelen dan op grond van de concentratie verwacht mag worden.

De monsterpunten 3 en 19, beide in een infiltratieprofiel begroeid met bos gelegen, vertonen in hun absolute concentraties ook een afwijkend beeld (zie fig. 6). Met name de hoge zuurgraad en rijkdom aan 1-waardige kationen zijn opvallend.



De monsterpunten B en 14 hebben als overeenkomst dat zij binnen de invloedssfeer van een oud bouwland met een laarpodsol zijn gelegen. Uit de isohypsenpatronen (zie fig. 2 t/m 5) blijkt dat er zowel vanaf monsterpunt 19 als vanaf monsterpunt 14 een grondwaterstroming in de richting van B plaats vindt, zodat chemische verwantschap van het grondwater verwacht kan worden. Monsterpunt 14 en B hebben overeenkomstig lagere  $\text{Ca}^{++}$  aandelen dan verwacht mag worden en liggen ten aanzien van de absolute  $\text{Ca}^{++}$  concentratie op een vergelijkbaar niveau.

Monsterpunt 19 is in zoverre chemisch verwant met de punten 14 en B dat er sprake is van lagere  $\text{Ca}^{++}$  aandelen dan op grond van de  $\text{Ca}^{++}$  concentratie mag worden verwacht.

In deze reeks zou monsterpunt 3 beschouwd kunnen worden als om-brogene component van een systeem dat gekenmerkt is door lage pH-waarden in combinatie met rijkdom aan l-waardige ionen.

Het feit dat de  $\text{Ca}^{++}$  concentraties en -aandelen in het ondiepe grondwater van kwelprofielen kleiner zijn dan in het corresponderende diepe grondwater kan mogelijk worden toegeschreven aan het verdun-ningseffect van neerslagwater.

### 3.2.2. Typering van grondwater met behulp van kationen en anionen Stiff-diagrammen

Naast kationen dragen ook anionen bij tot het karakteriseren van grondwater. Methoden ter karakterisering van grondwater uitsluitend met behulp van anionen zijn minder betrouwbaar, daar behalve chlo-ride de maior anionen veelal betrokken zijn bij chemische en bioche-mische processen. Wel zijn een aantal methoden ontwikkeld om grond-water te typeren met behulp van zowel kationen als anionen (HEM, 1959). Typering van grondwater met behulp van stiff-diagrammen berust op weergave van zowel het percentage van elk der belangrijkste katio-nen ten opzichte van het totaal aantal milliequivalent kationen als het percentage van elk der belangrijkste anionen ten opzichte van het totaal aantal milliequivalent anionen. In het diagram kunnen tevens aanduidingen worden opgenomen voor het total aantal milli-equivalent kationen en anionen alsmede voor de pH (zie ook GEIRNAERT, 1971).

Stiff-diagrammen lenen zich goed om analyseresultaten van individuele monsterpunten met elkaar te vergelijken.

In fig. 10 zijn stiff-diagrammen weergegeven van het diepe en ondiepe grondwater van enkele monsterpunten in kwel- en infiltratieprofielen. In het ondiepe grondwater van de monsterpunten 11 en 13 domineren  $\text{Na}^+$  en  $\text{K}^+$  sterk. Het calcium-ion heeft een aandeel van 20-30% (zie ook fig. 8). Van de anionen domineert het sulfaat-ion. De totale ionen rijkdom is zeer gering en kleiner dan een milliequivalent. Dergelijk natrium/kalium sulfaat water is nog sterk verwant met neerslagwater. Het ondiepe grondwater van monsterpunt 12 wordt gekenmerkt door dominantie van calcium en hydrocarbonaat ionen. Dergelijk lithogeen grondwater is rijk aan ionen.

Bij de bespreking van de stiff-diagrammen van het diepe grondwater wordt in eerste instantie de bemonstering d.d. 19-9-1978 buiten beschouwing gelaten.

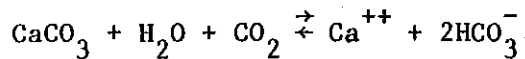
Van monsterpunt 13 komt ook bij weergave van de analyseresultaten met stiff-diagrammen de constante verhouding in de kationensamenstelling tot uiting. Natrium en kalium ionen domineren. Het calcium aandeel is steeds kleiner dan 50%. Ten aanzien van de anionen is het sulfaat-ion dominant. Ook het diepere grondwater van infiltratieprofielen heeft derhalve nog een enigszins ombroegen karakter, wat mede tot uiting komt in de geringe concentratie van het totaal aantal ionen:  $< 2 \text{ meq/l}$ . In winterperioden blijkt het  $\text{HCO}_3^-$  ion vrijwel afwezig te zijn. In zomer en herfst loopt het aandeel  $\text{HCO}_3^-$  op tot 40%. Deze periodiciteit van de anionen is tevens waar te nemen bij monsterpunt 11, waar in tegenstelling tot monsterpunt 13 ook een periodiciteit in de kationen aanwezig is.

Door ionenwisseling en uitspoeling zal bij percolatie van het arme en zwak zure regenwater aanvankelijk het rijkelijk aan het adsorptiecomplex aanwezige Ca-ion verdrongen worden door  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  en  $\text{H}^+$  ionen, welke de dominante ionen in regenwater zijn. Het  $\text{Ca}^{++}$  aandeel in het grondwater neemt hierdoor in eerste instantie sterk toe, zonder dat de concentratie sterk toeneemt (zie fig. 8).  $\text{Na}^+$  en  $\text{K}^+$  ionen zijn echter nog dominant in het grondwater aanwezig.

Het infiltrerende grondwater zal door  $\text{CO}_2$  invloeden in de bovengrond een zwak zuur karakter krijgen door vorming van geringe hoevee-

heden van het  $\text{HCO}_3^-$  ion. Het  $\text{SO}_4^{--}$  ion is echter nog dominant.

Bij voortgaande infiltratie en toenemende verblijfsduur in de bodem zal het zure grondwater de makkelijk oplosbare  $\text{Ca}(\text{CO}_3)$  zouten in oplossing brengen:

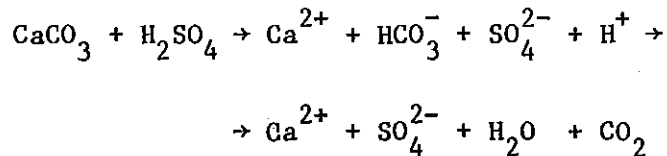


Door dit proces nemen zowel de  $\text{Ca}^{++}$  als de  $\text{HCO}_3^-$  concentraties sterk toe waardoor deze ionen dominant kunnen worden ten opzichte van de kationen respectievelijk anionen in het grondwater.

De ionendiagrammen van monsterpunt 13, 11, 12/10 vormen in deze volgorde een goede illustratie van dit proces. Daar monsterpunt 11 ruim onder de waterscheiding is gelegen (zie fig. 2 t/m 5) stroomt hier in de zomer water toe dat elders is geïnfiltreerd en dientengevolge reeds een langere verblijfsduur heeft gekend dan het grondwater van monsterpunt 13 welke nabij de waterscheiding is gelegen en dientengevolge recentër geïnfiltreerd grondwater bevat. Monsterpunt 11 heeft derhalve in de zomer een watertype dat intermediair is tussen infiltratie- en kwelwater (zie ook fig. 8). In de winterperiode heeft monsterpunt 11 een duidelijk infiltratiekarakter wat tot uiting komt in de samenstelling van het grondwater. De monsterpunten 10 en 12 bevatten grondwater dat een lange verblijfsduur in de bodem heeft gekend en dientengevolge van het  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  type is. Dit water is karakteristiek voor kwelprofielen en is zeer constant van samenstelling. Parallel aan het proces van verrijking met  $\text{Ca}^{++}$  en  $\text{HCO}_3^-$  vindt een toename plaats van de totale ionenrijkdom. Duidelijk blijkt ook de invloed van het  $\text{HCO}_3^-$  ion op de zuurgraad. Bij een toenemend aandeel van het  $\text{HCO}_3^-$  ion neemt de pH van het grondwater toe.

Het grondwater van de monsterpunten 19 en 3 levert uitzonderlijke ionendiagrammen op. Op grond van het bodemprofiel zou verwacht worden dat het grondwater een infiltratiekarakter bezit en overeenkomst vertoont met dat van monsterpunt 11 en 13. Monsterpunt 3 heeft een duidelijke dominantie van  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  ionen over de overige kationen en heeft derhalve een duidelijk infiltratiekarakter. Ten aanzien van de kationen is er bij 19 sprake noch van een uitgesproken infiltratie noch van een uitgesproken kwelkarakter. In zoverre bestaat er overeenkomst

met monsterpunt 11. Afwijkend is echter het ontbreken van de periodiciteit in zowel kationen als anionensamenstelling. Bij de anionen van zowel punt 3 als 19 is het  $\text{HCO}_3^-$  ion steeds afwezig en wordt het karakter sterk bepaald door het  $\text{SO}_4^{2-}$  ion. Bovendien is het grondwater aanmerkelijk zuurder en rijker aan ionen dan in overeenkomstig diep grondwater van andere infiltratieprofielen. In dit sterk zure milieu kan het volgende proces verondersteld worden te verlopen:



Weliswaar gaan de aanwezige carbonaatzouten in oplossing maar het ontstane  $\text{HCO}_3^-$  ion heeft in dit zure milieu een te geringe buffercapaciteit waardoor het omgezet wordt in  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . Als eindproduct ontstaat  $\text{CaSO}_4$  water. Bij dit proces neemt het  $\text{Ca}^{++}$  aandeel toe zonder dat het  $\text{HCO}_3^-$  aandeel toeneemt.

Opvallend is de grote overmaat aan anionen welke in principe in een equivalente concentratie als de kationen moeten voorkomen. In het sterk zure milieu is het echter goed mogelijk dat vrije  $\text{Al}^{+++}$  ionen aanwezig zijn.

Monsterpunt 14, gelegen in een oud bouwland ten zuiden van het reservaat vertoont eveneens een dominant aandeel van het  $\text{SO}_4^{2-}$  ion, ondanks dominantie van  $\text{Ca}^{++}$  bij de kationen, wat wijst op lithogeen water. Monsterpunt 14 zou beschouwd kunnen worden als een vertegenwoordiger van de eindfase van geïnfiltreerd grondwater in sulfaatrijke milieus.

Enige verwantschap met de monsterpunten 19 en 3 vertonen de monsterpunten 10, 11 en 12 op 19 september 1978. Grondwaterstanden in deze periode behoren tot de laagst voorkomende in het reservaat. De beide monsterpunten 10 en 12 worden op deze datum gekarakteriseerd door dominantie van het  $\text{SO}_4^{2-}$  ion wat een abnormale situatie is. Ook monsterpunt 11 heeft op deze datum een abnormaal karakter zoals geconcludeerd kan worden uit de combinatie van een groot  $\text{Ca}^{++}$  en  $\text{SO}_4^{2-}$  aandeel in de ionensamenstelling. Het is niet ondenkbaar dat op deze datum door de lage grondwaterstanden grondwater bemonsterd is dat

afkomstig is van buiten het reservaat.

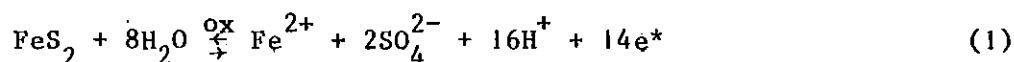
In fig. 11 zijn ionendiagrammen weergegeven van enkele aanvullende monsterpunten in het ZW-schraalland.

De monsterpunten A, B en C zijn zodanig gesitueerd dat zij verondersteld worden de drie grondwaterstromen naar het schraalland vanaf respectievelijk monsterpunt 19, 14 en 13 te onderscheppen (zie fig. 3). Zowel het diepe als ondiepe grondwater van monsterpunt A en C wordt gekarakteriseerd door overmaat  $\text{Ca}^{++}$  en  $\text{HCO}_3^-$ . Monsterpunt C bereikt zelfs  $\text{Ca}^{++}$  en  $\text{HCO}_3^-$  aandelen welke de 90% bereiken.

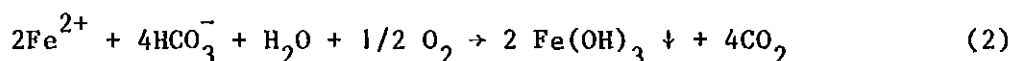
Opvallend is dat de ondiepe monsters hogere  $\text{SO}_4^{2-}$  aandelen en een grotere totale ionenrijkdom bezitten. Niet alleen het  $\text{SO}_4^{2-}$  aandeel maar ook de absolute  $\text{SO}_4^{2-}$  concentratie is veelal hoger dan van het corresponderende diepe monsterpunt. Daarentegen is het  $\text{HCO}_3^-$  aandeel van de ondiepe monsters veelal iets kleiner dan van het corresponderende diepe monster. Ditzelfde verschijnsel komt overigens voor bij de andere monsterpunten in kwelprofielen (10 en 12).

Het verschijnsel kan niet aan menging met neerslagwater, dat in de anionensamenstelling sterk door  $\text{SO}_4^{2-}$  wordt bepaald worden toegeschreven. In dat geval zou juist een kleinere  $\text{SO}_4^{2-}$  concentratie in de ondiepe monsters aangetroffen moeten worden, daar de  $\text{SO}_4^{2-}$  concentratie in neerslagwater zeer laag is.

Eerder moet gedacht worden aan de vorming van  $\text{SO}_4^{2-}$  tengevolge van oxydatie van gereduceerde S-verbindingen door toetreding van zuurstof in het ondiepe grondwater. Van de gereduceerde S-verbindingen is pyriet  $\text{FeS}_2$  een veel voorkomend mineraal. Oxydatie hiervan kan als volgt worden voorgesteld (HEM, 1960):



De gevormde  $\text{Fe}^{2+}$  ionen kunnen in aanwezigheid van  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{O}_2$  overgaan in  $\text{Fe}^{3+}$  ionen welke als  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  neerslaan:



Uit deze reactie kan verklaard worden dat de Fe-concentraties in het grondwater nauwelijks toenemen, hoewel vorming van  $\text{SO}_4^{2-}$  uit pyriet

\*Bij pH-waarden lager dan 3,5-4 kan deze reactie aanzienlijk versneld worden door Thibacillus ferrooxidans welke een katalyserende invloed heeft op deze oxydatie-reactie (BLOOMFIELD, 1972)

plaats vindt. De bij reactie (1) vrijkomende  $H^+$ -ionen worden gebufferd door de overmaat  $HCO_3^-$ -ionen, tengevolge waarvan de pH slechts weinig daalt.

Het diepe grondwater van monsterpunt B valt op door aanzienlijk grotere  $SO_4^{=}$  aandelen (30-40%) dan in het kwelprofiel van het ZW-schraalland gewoonlijk voorkomt (< 10%). Ook de absolute  $SO_4^{=}$  concentratie is zeer hoog: 100-150 mg/l tegenover 0,5-10 mg/l.

Het ondiepe grondwater van monsterpunt B heeft zelfs een uitgesproken  $CaSO_4$  karakter en heeft sterke gelijkenis met monsterpunt 14. Dit ondiepe grondwater heeft hoge sulfaatconcentraties (180-280 mg/l) en aanzienlijk lagere pH-waarden dan de overige ondiepe watermonsters uit het schraalland. Juist bij monsterpunt B blijkt de  $HCO_3^-$ -conc. van het ondiepe grondwater aanzienlijk lager dan van het diepe grondwater. Het is niet onwaarschijnlijk dat de bij het oxydatieproces (reactie 2) vrijkomende  $H^+$  ionen niet in voldoende mate door het  $HCO_3^-$ -ion gebufferd kunnen worden, waardoor de pH en de  $HCO_3^-$ -conc. dalen.

De verminderde beschikbaarheid van  $HCO_3^-$ -ionen kan een verklaring zijn voor de soms hoge Fe-concentraties in monsterpunt B. Reactie (2) zou in dit geval niet plaatsvinden, waardoor oplosbare  $Fe^{2+}$  zouten blijven bestaan. Reactie (2) is zeer gevoelig voor geringe veranderingen in pH en redoxpotentiaal waaruit de sterke fluctuatie in Fe-conc. in monsterpunt B verklaard zou kunnen worden.

Het lijkt aannemelijk dat de hoge  $SO_4^{=}$ -concentraties en aandelen in het grondwater bij monsterpunt B in verband staan met de hoge  $SO_4^{=}$ -conc. en -aandelen in de monsterpunten 19 en 14 via de eerder beschreven hydrologische relatie tussen de monsterpunten. Voorlopig onduidelijk blijft de herkomst van de hoge  $SO_4^{=}$ -conc. in de infiltratieprofielen van 19 en 3.

Ten tijde van inundatie van het schraalland werd ook oppervlakkig grondwater bemonsterd nabij de verschillende monsterpunten. De sterke invloed van de kwel blijkt uit het domineren van de  $Ca^{++}$ -ionen bij de kationen, waardoor dit water nog steeds een duidelijk litho-geen karakter heeft. Ten aanzien van de anionen is sprake van  $SO_4^{=}$  water, hoewel bij monsterpunten A en C nog een  $HCO_3^-$  aandeel van 30-40% aanwezig is. Ook de pH van de monsterpunten A en C is goed gebufferd.

In het sulfaatrijke monsterpunt B lijkt de  $\text{HCO}_3^-$ -conc. niet toereikend voor effectieve buffering van de pH in het oppervlaktewater. Het effect van vermenging met neerslagwater komt bij alle monsterpunten tot uiting door een geringer totaal aantal milliequivalent ionen ten opzichte van het diepere grondwater.

Geconcludeerd moet worden dat twee chemische processen een rol spelen die aan grondwater een verschillend karakter kunnen geven. Een van de processen leidt tot het onderscheiden van  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  water in het ondiepe grondwater van kwelprofielen, terwijl het andere proces ertoe leidt dat het ondiepe grondwater van kwelprofielen als  $\text{CaSO}_4$  water gekarakteriseerd kan worden. Beide processen leiden tot hoge  $\text{Ca}^{++}$  aandelen in de kationen samenstelling, zodat analyse van uitsluitend de kationen een onvolledig beeld kan opleveren.

#### Piperdiagrammen

Piperdiagrammen geven in principe dezelfde informatie als Stiff-diagrammen en berusten eveneens op weergave van de aandelen der verschillende kationen en anionen.

Doordat een piperdiagram de aandelen van de verschillende kationen en anionen als één punt weergeeft, leent deze methode zich goed om een overzicht te krijgen van de verschillende posities van de monsterpunten, ten opzichte van elkaar (PIPER, 1944; HEM, 1959; GEIRNAERT, 1971).

Ten aanzien van de kationen wordt in een piperdiagram onderscheid gemaakt naar primair en secundair water (PIPER, 1944). Er is sprake van primair water indien de 1-waardige ionen een aandeel hebben in de kationensamenstelling dat groter is dan 50%. Secundair water bevat een aandeel aan 2-waardige ionen dat groter is dan 50%.

Ten aanzien van de anionen kan onderscheid gemaakt worden in salien en alkalien water. Er is sprake van salien water indien het aandeel van de anionen die afkomstig zijn van sterke zuren groter is dan 50%.

Indien anionen, afkomstig van zwakke zuren uit een aandeel groter is dan 50% bestaan, is er sprake van alkalien water.

Aldus kunnen de volgende grondwatertypen onderscheiden worden (zie fig. 12):

1. Secundair alkalien ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  )
2. primair alkalien ( $\text{Na/K}(\text{HCO}_3)$  )
3. secundair salien ( $\text{CaSO}_4/\text{Cl}$  )
4. primair salien ( $\text{Na/K, SO}_4/\text{Cl}$ )
5. geen der ionen domineert

In fig. 12 zijn in een piperdiagram dezelfde monsterpunten weergegeven als in fig. 10 en 11.

Uit het diagram blijkt dat recent geïnfiltreerd grondwater (groep I) beschouwd kan worden als primair salien water. De reeks I, II, III, IV geeft een illustratie van de wijziging die het grondwater ondergaat naarmate de verblijfsduur in de bodem langer wordt. Bij dit proces neemt aanvankelijk het aandeel van de 2-waardige kationen sterk toe en het aandeel anionen van zwakke zuren nauwelijks, waardoor het water een secundair salien karakter krijgt (II). Later neemt het aandeel 2-waardige kationen nog weinig toe terwijl het aandeel van de zwakke zuren sterk toeneemt, waardoor, via een mengwater type (III) het secundair alkalien water ontstaat (IV). Opvallend is dat de monsterpunten waarvan het grondwater een intermediair karakter heeft (groep II en III) sterk fluctueren ten aanzien van de verhouding zwakke-sterke zuren (monsterpunt 11 en 13).

Het diepe grondwater in kwelprofielen heeft een duidelijk secundair alkalien karakter.

Tot zover kan met een piper-diagram geen nadere nuancering worden aangebracht bij de typering van grondwater dan met behulp van de methode waarbij uitsluitend kationen gebruikt worden (fig. 8).

Indien ook de resultaten van de analyse van het ondiepe grondwater in kwelprofielen in het diagram wordt weergegeven (groep V) blijkt een duidelijk onderscheid tussen diep en ondiep kwelwater mogelijk bij de monsterpunten 12 en A. Ondiep grondwater blijkt een aanzienlijk minder alkalien karakter te hebben dan diep grondwater. Bij monsterpunt C blijkt geen verschil in alkaliniteit op te treden tussen diep en ondiep grondwater.

Een tweede serie van groepen grondwatermonsters welke in het piper-diagram te onderscheiden is, wordt gevormd door de serie VI, VII, VIII. Deze reeks wordt gekenmerkt door een toenemend aandeel van de 2-waardige kationen, zonder dat de alkaliniteit toeneemt.



Groep VI vertegenwoordigt een infiltratieprofiel waarin sterk zuur grondwater voorkomt. Groep VII vertegenwoordigt grondwater dat reeds een zekere verblijfsduur in de bodem heeft gekend. Deze groep is ten aanzien van de kationen in wezen vergelijkbaar met groep III. Door het overmatig zure karakter van groep VII, blijven  $\text{HCO}_3^-$  ionen (zwak zuur) niet in oplossing, waardoor deze groep een salien karakter behoudt.

Groep VIII is een verzameling monsters welke representatief kan worden beschouwd voor de samenstelling van grondwater dat behoort tot een regionale betrekkelijk ondiepe kwelstroom. Dit grondwater heeft een relatief lange verblijfsduur gehad en is daardoor gekenmerkt door hoge  $\text{Ca}^{++}$  aandelen. In principe is deze groep vergelijkbaar met groep IV doch verschilt ervan door het hoge aandeel  $\text{SO}_4^{--}$  ionen. Op deze regionale kwelstroom is het lokale stromingspatroon van het reservaat gesuperponeerd (zie fig. 13), wat leidt tot contacten tussen beide stroomstelsels aan de randen van het reservaat, waar zich tevens de laagste plekken bevinden.

Het regionale water (groep VIII) kan slechts binnen het reservaat aangetroffen worden ten tijde van lage grondwaterstanden, als de interne watermassa van het reservaat vrijwel volledig afgevoerd is. Buiten het reservaat kan dit regionale water vrijwel steeds aangetroffen worden (VASAK, 1979).

De contactzone tussen beide stroomstelsels wordt gekenmerkt door een watertype dat intermediair is tussen het sec. alkaliene water van het reservaat en het secundair saliene water afkomstig uit de regionale kwelstroom. Groep IX in fig. 12 vertegenwoordigt een dergelijk intermediair watertype.

Opvallend is dat het ondiepe grondwater van monsterpunt B evenals van monsterpunt 12 en A een aanzienlijk minder alkalien karakter heeft dan het corresponderende diepe grondwater. Het ondiepe grondwater van monsterpunt B heeft zelfs een secundair salien karakter (zie par. 3.2.2 stiff-diagram).

Blijkbaar staan de monsterpunten 12 en A nog enigszins onder invloed van het regionale saliene grondwater. Monsterpunt C lijkt uitsluitend door het lokale grondwater te worden beïnvloed.

De positie van monsterpunt 10 in het piper-diagram is zeer variabel. In zomerperioden heeft het grondwater van dit punt een meer salien karakter en in winterperioden een meer alkalien karakter. De variërende samenstelling van het grondwater lijkt ermee samen te hangen dat de ondergrondse reservaatvoer nabij 10 tegengesteld is aan de overheersende regionale grondwaterstroom, waardoor een zekere opstuwing van het lokale grondwater plaats vindt. De contactzone tussen beide watertypen is daardoor slechts smal. Afhankelijk van de interne voeding met neerslagoverschot, zal de contactzone op en neer pendelen waardoor 10 een variabel karakter heeft.

Geconcludeerd kan worden dat een piper-diagram geen nieuwe informatie oplevert ten aanzien van de kationensamenstelling van het grondwater.

Ten aanzien van de anionen blijkt dat met behulp van een piper-diagram het lithogene grondwater met hoge  $\text{Ca}^{++}$  aandelen nader onderverdeeld kan worden in alkalien en salien grondwater.

Met behulp van het piper-diagram is het mogelijk gebleken de verschillende posities van grondwatertypen ten opzichte van elkaar weer te geven. Hieruit kan worden afgeleid dat in het ZW-schraalland een contactzone van twee hydrologische stelsels is gelegen: een regionaal stelsel met water dat gekenmerkt is door sterke zuren en een lokaal stelsel dat gekenmerkt is door zwakke zuren.

#### 4. REGIONALE WATERKWALITEIT

Vergelijkbaar hoge  $\text{SO}_4^{=}$  concentraties als in het grondwater op een aantal plaatsen in het reservaat, worden door VASAK (1979) aangetroffen in het hydrologische systeem dat door hem als het regionale Veluwe-Rand systeem wordt aangeduid. In dit Regionale Veluwe-Rand systeem, dat gesuperponeerd is op het diepe regionale Veluwe systeem, treden geschatte verblijftijden van het grondwater op variërend van enkele tientallen jaren in het relatief diepe stromingspatroon, tot enkele jaren in het middeldiepe en ca. één jaar in het ondiepe stromingspatroon.

In een proefgebied nabij de Glind grotendeels bestaande uit laar-podzolgronden, wordt met name in het middeldiepe en relatief ondiepe stromingspatroon van het Regionale Veluwe-Randsysteem  $\text{CaSO}_4$  water aangetroffen tot een diepte van ca. 3 m-m.v.

Vasak schrijft de hoge sulfaatgehalten toe aan de hoge bemestingsdruk van de landbouw, in deze regio.

In de studie van Vasak wordt  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  water aangetroffen op plaatsen waar het grondwater van het diepe Regionale Veluwe Systeem opkwelt. Dergelijk grondwater heeft een ionenvracht kleiner dan 4 meq/l

Het binnen het reservaat aangetroffen  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  water is afwijkend van dit diepe regionale water vanwege de aanzienlijke grotere ionen vracht (10-15 meq/l), waaruit afgeleid kan worden dat er sprake is van een lokaal verschijnsel in het reservaat dat tot de vorming van  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  water leidt.

## 5. HISTORISCHE WATERKWALITEIT

In het Regionale Veluwe Randsysteem zijn op vele plaatsen laar-podzolen aanwezig, welke wijzen op een eeuwenoud agrarisch gebruik, waarbij ophoging van het oorspronkelijk profiel met plaggen mest plaats vond. Dientengevolge mag verwacht worden dat de waterkwaliteit van oudsher beïnvloed is door bemesting. Pal aan de zuidzijde van het reservaat grenst een dergelijk oud bouwland met een laarpodzolprofiel. De hydrologische invloed van dit bouwland moet in vroegere jaren sterker zijn geweest dan recent het geval is (JANSEN en KEMMERS, 1980).

De ophoging van dergelijke oude bouwlanden kon plaatsvinden door dat met de plaggenmest ook enig zand op het land werd gebracht. Dit zand moet afkomstig geweest zijn van de bovenste horizonten van podzolprofielen, welke gekenmerkt zijn door het uitlogingsproces. Het is niet onwaarschijnlijk dat de oude bouwlandprofielen, waarin tal van gebleekte zandkorrels aanwezig zijn, bestaan uit minerale bestanddelen waaruit de carbonaatzouten door oplossing en uitspoeling volledig zijn verdwenen (ETHERINGTON, 1975).

Ook uit de studie van PAPE (1970) blijkt dat oude bouwlanddekken een zeer lage pH hebben en zeer basen arm zijn.

Het ionenuitwisselingscomplex is voor een groot deel bezet met  $H^+$ -ionen.

Verwacht kan worden dat door mineralisatieprocessen in geaëreerde bodems met hoge gehalten aan organische stof welke leiden tot de vorming van sterke zuren (ULRICH, 1978) het infiltrerende grondwater een proces ondergaat dat leidt tot salien grondwater zoals werd beschreven in par. 3.2.2.

Een andere verklaring voor salien grondwater in de periode voorafgaande aan die waarin een zware bemestingsdruk optrad, kan mogelijk gezocht worden in de aanwezigheid van marine Eemafzettingen in de ondergrond. Het voorkomen van zwavelverbindingen (o.a. PYRIET) in marine afzettingen is wel bekend (ERNST, DE RIDDER en DE VRIES, 1970; ETHERINGTON, 1975). In dat geval zou de regionale kwelstroom (VASAK, 1979) langs deze Eemafzetting stromen waardoor zwavelverbindingen worden meegevoerd. Deze gereduceerde zwavelverbindingen zouden bij contact met zuurstof in kwelprofielen geoxydeerd worden tot sulfaten.

VASAK (1979) komt echter op grond van zijn onderzoek tot de conclusie dat de invloed van deze Eemkleilaag op de samenstelling van het grondwater zeer gering is.

Uitgaande van deze veronderstelling moet in vroegere tijden het grondwater onder oude bouwlanden typologisch verwant zijn geweest met het huidige regionale grondwater.

Ten aanzien van de absolute concentraties zal sprake geweest zijn van aanzienlijk lagere waarden in vroegere situaties. Slechts vanuit deze veronderstelling lijkt het verklaarbaar dat de zeldzame gradiëntvegetaties in het ZW-schraalland van het reservaat in stand konden blijven ondanks de invloed van toenemende bemesting op de grondwaterkwaliteit in de afgelopen decennia.

## 6. BODEMCHEMISCHE ASPECTEN

Op een aantal plaatsen in het reservaat werden mengmonsters van de bovengrond (0-5 cm) verzameld ter bepaling van enige bodemchemische parameters. De lokatie van deze monsterpunten is aangegeven in fig. 18.

In tabel 2 zijn de analyseresultaten van de grondmonsters weer-  
gegeven.

Daar het adsorptiecomplex van de bodem voornamelijk wordt bepaald  
door het gehalte aan organische stof en de lutum fractie (FOTH, 1978;  
RIJP, 1971) werd de kationen uitwisselingscapaciteit (CEC) van de  
bodem berekend volgens:

$$CEC = 3 \times \% \text{ humus} + 1 \times \% \text{ lutum} + 0,5 \% \text{ sloef}$$

De waterstofionenbezetting op het adsorptiecomplex werd berekend uit  
het verschil tussen de kationen uitwisselingscapaciteit en de basen-  
bezetting ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ).

Door uitspoelingsprocessen tengevolge van infiltratie van regen-  
water zullen basen aan het adsorptiecomplex in toenemende mate ver-  
vangen worden door H-ionen. Er mag een relatie verwacht worden tussen  
de pH van de bodem en de basenbezetting. In fig. 14 is de relatie weer-  
gegeven tussen de pH en de basenbezetting in procenten. Uit de figuur  
blijkt dat bij stijging van de pH de basenbezetting toeneemt.

Daar van de basen het Ca-ion beschouwd wordt als het meest voor-  
komende ion (FOTH, 1978) kan een relatie verwacht worden tussen het  
aantal milliequivalenten  $\text{Ca}^{++}$  aan het adsorptiecomplex en het percenta-  
ge Ca-ionen (zie ook BOTH en VAN WIRDUM, 1979). Uit fig. 15 blijkt dat bij  
een toenemend aantal milliequivalenten uitwisselbare Ca-ionen het percentage  
 $\text{Ca}^{++}$  aan het uitwisselingscomplex toeneemt\*.

Daar de chemische samenstelling van het grondwater in hoge mate  
bepalend is voor de kationenbezetting van het adsorptiecomplex waar-  
mee het in contact staat, is het aannemelijk dat de concentratie van  
het calcium-ion aan het adsorptiecomplex afhankelijk is van de con-  
centratie van het calcium-ion in het grondwater.

\*Op grond van enkele onwaarschijnlijke combinaties van parameterwaar-  
den en het totaalbeeld van de analyseresultaten is verondersteld,  
dat bij analyse van de basenbezetting de monsters  $G_2$  en  $G_3$  en  $G_7$  ver-  
wisseld zijn met de monsters  $K_2$ ,  $K_3$  en  $G_8$ .  
Een herhaling van de bemonstering zal hierover uitsluitsel dienen te  
geven

Zo leidt grondwater met hoge percentages calcium in de kationensamenstelling tot een adsorptiecomplex met een hoog percentage calcium aan het adsorptiecomplex.

In het ZW-schraalland vallen een aantal duidelijke verschillen op in de basenbezetting van de diverse grondmonsters (fig. 14). De monsterpunten  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_7$  en  $G_8$  hebben een basenbezetting welke kleiner is dan 40%.

Indien deze zelfde monsterpunten in fig. 15 worden beschouwd blijken  $G_2$ ,  $G_3$  en  $G_7$  een aanzienlijk lager percentage calcium ionen aan het adsorptiecomplex te bezitten dan op grond van het aantal milliequivalenten verwacht mag worden.

Deze afwijkende waarden lijken samen te gaan met de relatief hoge ligging van de monsterpunten  $G_2$ ,  $G_3$  en  $G_7$  in het schraalland.

Door een lichte mate van ontwatering (JANSEN en KEMMERS, 1980) treedt op de wat hogere plaatsen in een wat grotere frequentie inzigging van regenwater op dan op de lagere plaatsen in het schraalland. De hoger gelegen monsterpunten zijn daardoor in iets grotere frequentie onderhevig aan uitspoelingsprocessen in de bovenste bodem horizonten waardoor zowel het basenpercentage als met name het calciumpercentage aan het adsorptiecomplex verminderd is.

Monsterpunt  $G_8$  heeft weliswaar een laag percentage basen maar heeft ook een laag calciumpercentage in combinatie met een zeer gering aantal milliequivalenten  $Ca^{++}$  aan het adsorptiecomplex. Er lijkt in dit geval geen sprake van storing. De lage basenbezetting van  $G_8$  gaat samen met een zeer lage pH-KCl waarde.

De lager gelegen monsterpunten  $G_1$ ,  $G_4$ ,  $G_5$  en  $G_6$  hebben aan het adsorptiecomplex een basenpercentage dat groter is dan 50%. Het  $Ca^{++}$  percentage aan het adsorptiecomplex schommelt rond 50%. Dit hoge calciumpercentage gaat samen met een groot aantal milliequivalenten calcium aan het adsorptiecomplex.

De relatief hoge percentages basen en calcium aan het adsorptiecomplex van de bodem op de lagere plaatsen lijkt samen te gaan met iets hogere waarde voor de pH-KCl dan die van de bodems op de wat hogere delen met relatief lage percentage basen en calcium.

De iets hogere gloeiverliescijfers van de monsterpunten  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_7$  en  $G_8$  lijken samen te gaan met iets lagere waarden van de pH-KCl.

De hoge gloeiverliescijfers duiden op enige accumulatie van organisch materiaal. De C/N ratio van het organisch materiaal ligt tussen 12,5 en 14,5 waaruit afgeleid kan worden dat sprake is van milde stabiele humus.

De iets lager gelegen monsterpunten  $G_1$ ,  $G_4$ ,  $G_5$  en  $G_6$  hebben doorgaands iets lagere gloeiverliescijfers en iets hogere pH-KCl waarden. De aard van de organische stof is eveneens mild en de C/N-verhouding varieert tussen 11,5 en 16,6.

Monsterpunt  $G_4$  lijkt een onverklaarbaar hoge C/N-ratio te bezitten. Als dit monsterpunt als uitzondering wordt beschouwd is de C/N-ratio van de wat lager gelegen plaatsen iets lager dan de wat hoger gelegen plaatsen. Lagere waarde voor de C/N-ratio lijken samen te gaan met een grotere basenbezetting (zie fig. 16). Uit het voorkomen van iets hogere C/N-waarden op de wat hogere plaatsen ( $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_7$  en  $G_8$ ) kan afgeleid worden dat de aard van de organische stof iets minder mild is. De organische stof is minder volledig omgezet, en vormt een bron voor onder andere anorganische stikstof bij optreden van mineralisatieprocessen.

In het ZO-schraalland wordt de bovenste bodemhorizont gekenmerkt door lage gloeiverliescijfers en lage lutumgehalten, wat een klein kationenuitwisselingscomplex tot gevolg heeft.

Monsterpunt  $K_1$  heeft het grootste aantal meq.  $Ca^{++}$  aan het adsorptiecomplex in combinatie met een Ca aandeel van 50 procent. De monsterpunten  $K_3$ ,  $K_2$  en  $K_4$  hebben in deze volgorde toenemende  $Ca^{++}$  concentraties en aandelen aan het adsorptiecomplex. Deze monsterpunten lijken een intermediaire positie in te nemen tussen de Ca-bezetting van het uitwisselingscomplex in infiltratieprofielen (lage  $Ca^{++}$  concentraties en aandelen) en dat van kwelprofielen (hoge  $Ca^{++}$  concentraties en aandelen). Op grond van de  $Ca^{++}$  bezetting aan het adsorptiecomplex kan niet geconcludeerd worden dat sprake is van storing tengevolge van ontwatering.

Indien de relatie tussen  $Ca^{++}$  concentraties en -percentage wordt vergeleken met de door BOTH en VAN WIRDUM (1979) gevonden relatie, dan blijkt in het onderhavig onderzoek het  $Ca^{++}$  aandeel een plateau te bereiken bij 50%. In het onderzoek van Both ligt dit plateau bij een percentage van 80-90%. Both heeft echter geen rekening gehouden met de waterstof

ionenbezetting aan het adsorptiecomplex. Niet te min blijkt uit de resultaten van Both dat bij de lage  $\text{Ca}^{++}$  concentraties het Ca-percentage aanzienlijk sneller toeneemt dan bij het onderhavige onderzoek het geval is. In dat geval zouden beide schraallandcomplexen beïnvloed zijn door toegenomen infiltratie en enige uitspoeling van  $\text{Ca}^{++}$ -ionen. Deze verstoorde relatie tussen het  $\text{Ca}^{2+}$  rijke grondwater en het  $\text{Ca}^{2+}$  ion aan het adsorptiecomplex zou in dat geval op de wat hogere plekken in het ZW-schraalland het sterkst tot uiting komen ( $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_7$ ).

De betrekkelijk geringe aandelen  $\text{Ca}^{2+}$  aan het adsorptiecomplex ( $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$ ) gaan samen met wat lagere waarden voor de pH-KCl (zie fig. 14).

In fig. 17 is de relatie weergegeven tussen de pH-KCl en de water oplosbaar fosfaatfractie van de totale fosfaatvoorraad in de bodem. De P-tot waarden (g/100 gr) werden omgerekend in mg/l met behulp van de formule van Boekel (Cult. Techn. vademecum) welke een relatie geeft tussen de dichtheid van de bodem en het percentage organische stof. Met behulp van deze formule kon de dichtheid van de bodem worden berekend aan de hand van het percentage organische stof. Bij dalende pH neemt de water oplosbare fosfaatfractie toe. Dit effect lijkt samen te hangen met een vergrote oplosbaarheid van calciumfosfaten bij pH-waarde kleiner dan 6 en groter dan 4. Uit fig. 17 moet geconcludeerd worden dat in het ZO-schraalland de fosfaten in iets grotere mate beschikbaar zijn dan in het ZW-schraalland. De monsterpunten  $K_5$  en  $K_6$  welke buiten de beide schraallanden in respectievelijk een moerpodzol- en een veldpodzol grond zijn genomen, vallen op door een hoge wateroplosbare fosfaatfractie.

De aard van de organische stof in het ZO-schraalland is niet wezenlijk verschillend van die in het ZW-schraalland (zie fig. 16). Als verschil moet genoemd worden de geringere accumulatie van organische stof in het ZO-schraalland zoals afgeleid kan worden uit de lagere gloeiverliescijfers.

Samenvattend kan gesteld worden dat het ZO-schraalland een iets zuurdere bodem heeft met een iets geringere basenbezetting maar met een iets grotere wateroplosbare fosfaatfractie dan het ZW-schraalland.

Bovendien is in het ZO-schraalland iets minder organische stof geaccumuleerd. De humus is vrij stabiel. De relatie tussen de  $\text{Ca}^{++}$



concentratie aan het adsorptiecomplex en het -percentage is niet verstoord. Op grond van deze relatie moet geconcludeerd worden dat de oost-helft van dit schraalland in geringe mate onderhevig is aan infiltratieprocessen. De westhelft van het schraalland heeft in de bovenste bodemlagen geen sporen van infiltratie en heeft een duidelijk kwelkarakter.

Binnen het ZW-schraalland komen op de wat hogere delen lagere  $\text{Ca}^{2+}$  percentages aan het adsorptiecomplex voor dan op grond van de concentraties verwacht mag worden. Op de lagere plaatsen is de relatie tussen het  $\text{Ca}^{2+}$  percentage en de concentratie volgens verwachting. De hogere delen lijken beïnvloed door een geringe ontwatering, waardoor uitspoeling van basen en lichte bodem verzuring is opgetreden. De organische stof heeft zich hier enigszins geaccumuleerd en heeft een relatief hoge C/N-ratio, waaruit geconcludeerd kan worden dat op de hogere delen enige nalevering van organisch N op kan treden. Over het geheel genomen lijkt het ZW-schraalland een geringe water oplosbare fosfaatfractie ter beschikking te staan dan het ZO-schraalland.

## 7. VEGETATIE

### 7.1. B e s c h r i j v i n g

Het reservaat bestaat uit een centraal open gedeelte met korte vegetaties dat omringd is, door een gesloten vegetatie van bomen.

Het centrale open gedeelte bestond oorspronkelijk uit een vegetatie welke tot het *Ericetum Tetralicis* behoorde. Recent wordt deze vegetatie sterk bepaald door *Molinia coerulea*. Nog slechts op een enkele plaats is *Erica tetralix* co-dominant aanwezig. De sterke dominantie van *Molinia* wordt aangetroffen op veldpodzolgronden. In vergelijking met de moerpodzolgronden, waar *Erica tetralix* zich nog redelijk heeft kunnen handhaven, blijkt bij veldpodzolgronden een sterke vochtafname uit het profiel plaats te vinden bij dalende grondwaterstand. De moerpodzolgronden lijken goed gebufferd tegen een dergelijke vochtverandering.

Op twee plaatsen komt aan de randen van dit centrale open gedeelte

een schrale grasachtige vegetatie voor over een geringe oppervlakte van  $\pm 0,1$  ha. De variatie in de vegetatie op deze kleine oppervlakten is niet te min aanzienlijk. Het onderzoek is met name gericht op deze beide schrale graslandjes in de zuidwestelijke en zuidoostelijk hoek van het reservaat. De variatie in de vegetatie is af te leiden uit de tabellen welke zijn samengesteld uit vegetatie-opnamen die in de zomer van 1980 zijn gemaakt. Tabel 3 geeft een beeld van de vegetatie in het ZW-schraalland.

Globaal kan de tabel in twee delen gesplitst worden. Het gedeelte bestaande uit de opnamen 11 tot en met 13 wordt gekenmerkt door een grote frequentie en bedekking van *Carex panicea*, *Carex hostiana* en *Carex pulicaris* en preferentie van *Molinia*. Deze soorten kunnen beschouwd worden als kensoorten van de *Molinietalia* (WESTHOFF en DEN HELD, 1969). Anderzijds wijst het grote bedekkingsaandeel van de zeggesoorten op aanwezigheid van de *Parvocaricetea*.

De groep met de opnamen 11 tot en met 9 wordt gekenmerkt door het frequent voorkomen van *Festuca ovina* en *Sieglingia decumbens* en onderscheidt zich daardoor van de opname 8 tot en met 13 waarin *Peucedanum palustre* preferent en met tamelijk grote bedekking optreedt. In deze laatste groep treden ook *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Filipendula ulmaria* en *Cirsium palustre* preferent op. Deze groep opnamen kan beschouwd worden te behoren tot het *Cirsio-molinietum* welke gekenmerkt wordt door een aantal *Filipendulion* soorten: *Cirsio-Molinietum* variant met *Peucedanum palustre*.

De opnamen 11 tot en met 1 worden gekenmerkt door het differentiërend optreden van *Cirsium dissectum* en *Succisa pratensis* en het preferent voorkomen van *Orchis maculata* en *Gentiana pneumonanthe*. Daar in vroegere opnamen (SMITTENBERG, 1973) ook melding wordt gemaakt van *Orchis incarnata* en *Epipactis palustris*, kan dit vegetatietype beschouwd worden als een orchideeënrijke subassociatie: *Cirsio-Molinietum* orchietosum.

De opnamen 11 en 10 onderscheiden zich door de afwezigheid van *Cirsium dissectum* en een grote bedekking van *Festuca ovina*. In combinatie met de redelijk grote bedekking van *Erica tetralix*, *Potentilla erecta* en *Sieglingia decumbens* zou dit erop kunnen wijzen dat hier sprake is van het *Violion caninae*.

Het *Cirsio-Molinietum orchietosum* vormt een overgang naar een vegetatie welke gekenmerkt is door *Parnassia palustris*, *Schoenus nigricans* en de buiten de opnamen voorkomende *Juncus alpino-articulatus* (opn. 33 t/m 9): *Parnassio-caricetum pulicaris*. Deze associatie behoort tot het *Caricion davallianae*, voor welk verbond met name *Carex pulicaris* zeer kenmerkend is. Opgemerkt moet worden dat *Schoenus nigricans* een uiterst zeldzame soort is in het binnenland en een indicatie vormt voor de aanwezigheid van een binnenlands schoenetum. De grootste verspreiding ervan is gelegen in de kuststreek, waar deze soort voorkomt in primaire duinvalleien.

In de opname 11 tot en met 9 treden een aantal soorten van de *Nardo-callunetea* in het algemeen en het *Violion caninae* in het bijzonder op: *Sieglingia decumbens*, *Erica tetralix*, *Potentilla erecta*, *Festuca ovina*, *Gentiana pneumonanthe* en *Orchis maculata*. Deze soorten wijzen op een enigszins zuur en relatief basenarm milieu, waaruit afgeleid kan worden dat sprake is van een acidoclien *Junco-Molinion*, waarvan het *Cirsio-Molinietum* een associatie is. Opvallend is dat in dit enigszins zure milieu ook elementen aanwezig zijn welke juist voorkomen in basenrijke milieus. De vertegenwoordigers van het *Caricion davallianae* vormen hiervan een voorbeeld.

Het tweede deel van de tabel, bestaande uit de opnamen 28 tot en met 21 wordt gekenmerkt door het differentiërend optreden van *Juncus subuliflorus*, *Juncus acutiflorus*, *Equisetum fluviatile*, *Juncus articulatus*, *Ranunculus flammula* en het preferent voorkomen van *Agrostis canina* en *Calamagrostis canescens*.

*Equisetum fluviatile* en *Calamagrostis canescens* zijn soorten die voorkomen in begroeiingen van het *Magno-caricion*. Daarnaast komen met een geringe bedekking en presentie soorten voor die wijzen op een invloed van het *Caricion-curtonigrae*: *Calamagrostis neglecta*, *Ranunculus flammula* en *Carex demissa*. *Juncus articulatus*, *Agrostis canina*, *Ranunculus flammula* en *Mentha aquatica* worden wel beschouwd als soorten die in de overgangssituatie van de *Caricetalia nigrae* naar het *Agropyro-Rumicion crispum* hun optimum vinden. Ook *Calamagrostis canescens* kan een soortgelijk gedrag worden toegeschreven. Begroeiingen van het *Agropyro-Rumicion crispum* worden beschouwd gebonden te zijn aan milieus die in meer of mindere mate gestoord zijn.

Tenslotte zijn er nog soorten aanwezig die affiniteit vertonen met het Junco-Molinion: *Juncus subuliflorus*, *Carex panicea*, -*pulicaris*, -*hostiana*, *Potentilla erecta*, *Festuca ovina* etc. Het aandeel van deze soorten is echter gering.

Dit tweede deel van de tabel is derhalve gekarakteriseerd door aanwezigheid van invloeden uit verschillende verbonden. Het acidocline *Cirsio-Molinietum* zou zich door een maaibeheer uit het *Caricion-Curto nigrae* ontwikkelen. Op zijn beurt heeft het *Caricion-curto nigrae* zich uit het *Magnocaricion* ontwikkeld via een natuurlijke successie (SMITTENBERG, 1973). De huidige vegetatie welke zich in het tweede deel van de tabel manifesteert, zou derhalve opgevat kunnen worden als een gestoorde begroeiing van een initiale fase van het *Cirsio-Molinietum*.

Tabel 4 geeft een overzicht van de vegetatie in het ZO-schraalland.

Globaal kan de tabel in twee groepen van opnamen worden gesplitst. De opnamen 11 tot en met 15 wordt gekarakteriseerd door het voorkomen van *Lysimachia vulgaris*, *Peucedanum palustre* en *Agrostis canina*. Binnen deze groep onderscheiden de opnamen 11 tot en met 17 zich door de aanwezigheid van een aantal soorten der *Molinietalia*: *Hydrocotyle vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Cirsium palustre*. De soorten *Carex panicea*, *Sieglingia decumbus*, *Carex hostiana* zouden erop kunnen wijzen dat hier sprake is van het *Cirsio-Molinietum*. In dit geval lijkt bovendien sprake te zijn van de *Peucedanum palustre* rijke variant van het *Cirsio-Molinietum* met elementen van het *Filipendulion*. Dit vegetatietype lijkt verwant aan de gelijknamige variant uit het ZW-schraalland, maar dan zonder invloeden van het *Caricion-davallianae*. Een floristisch verarmde variant van dit vegetatietype met slechts soorten van het *Filipendulion* bestaat uit de opnamen 13 tot en met 3. Soorten van het *Cirsio-Molinietum* zijn niet aanwezig.

De opnamen 5 tot en met 7 lijken gekenmerkt te worden door het preferente optreden van *Erica tetralix*, *Sieglingia decumbens*, *Potentilla erecta*, *Festuca ovina* en *Carex nigra*, welke thuishoren in respectievelijk de *Nardo-Callunetea*, het *Violion caninae* en het *Caricion curto nigrae*. Ook *Viola palustris* wijst op invloeden van het *Caricion-curto nigrae*.

Het sterk dominante voorkomen van *Molinia coerulea* in alle

opnamen is een indicatie dat de vegetatie in het ZO-schraalland een basenarm en enigszins acidofiel karakter heeft. *Molinia coerulea* wordt beschouwd als een soort die zijn optimum heeft in de *Nardo Callunetea*. Bij lichte vormen van ontwatering kan *Molinia coerulea* zich sterk uitbreiden ten koste van de andere soorten.

## 7.2. K a r t e r i n g

Door het gradiëntrijke karakter van de vegetatie in beide schraallanden is het aangeven van grenzen tussen vegetatie-eenheden een subjectieve aangelegenheid.

Bij de kartering is gebruik gemaakt van een 5 x 5 m raster waarvan de hoekpunten in het veld als piketten herkenbaar zijn. Tijdens het karteren werd enerzijds gebruik gemaakt van de voor de vegetatie-eenheden karakteristieke soorten combinaties en werd anderzijds de structuur van de vegetatie als criterium gebruikt. Indien mogelijk zijn associaties of sub-associaties gekarteerd. In andere gevallen werd volstaan met het karteren van verbonden. In fig. 18 en 19 zijn in kaartvorm de resultaten weergegeven van de kartering van de vegetatie in de schrale graslandjes.

## 8. RELATIES TUSSEN VEGETATIETYPEN EN MILIEUFACTOREN

Ten aanzien van de bodem in het ZW-schraalland is sprake van een middelgroot kationen uitwisselingscomplex dat varieert tussen 25 en 40 meq/100 gr. In de aanwezige variatie is niet een bepaald patroon te ontdekken. Indien de basenbezetting in beschouwing wordt genomen blijken in de laagste zone (beneden 3,70<sup>+</sup> NAP) van het schraalland hoge percentages basen, groter dan 50% aan het uitwisselingscomplex aanwezig. Deze grote basenbezetting resulteert in een pH die groter is dan 5,5. Het hoge percentage basen lijkt een direct gevolg van de in de betreffende zone optredende kwel met hoge aandelen Ca<sup>2+</sup>-ionen in het grondwater. De basenbezetting heeft een goede omzetting van de organische stof tot gevolg gehad waardoor een stabiele humus is ontstaan met een lage C/N ratio. De kenmerkende vegetatie voor deze zone bestaat uit soorten van het *Cirsio-Molinietum* en het *Filipendu-*

lion. Binnen de beschreven *Cirsio-Molinietum/Filipendulion* vegetatie is een structureel afwijkende vegetatie aanwezig welke tot het *Caricion davallianae* gerekend kan worden. Binnen dit verbond hebben zich verschillende associaties ontwikkeld: *Parnassio-caricetum pulicaris* en het *schoenetum*. Uit het feit dat deze associaties tot op heden in de vegetatie herkenbaar zijn, kan geconcludeerd worden dat nog steeds een afspiegeling van het milieu waarin deze associaties zich ontwikkelen, aanwezig moet zijn. Begroeiingen van het *Caricion davalliance* worden veelal beschouwd voor te komen in kalkrijke laagveen moerassen (WESTHOFF en DEN HELD, 1969). Recent wordt de ecologische positie van deze vegetaties door VAN WIRDUM (1979) beschouwd te zijn gelegen in zones waar contacten optreden tussen chemisch verschillend gekarakteriseerde watertypen waarbij  $\text{Ca}^{2+}$  rijkdom van het milieu een verplichtende factor is: poikilotrofe zone.

Met de chemische analyses van het grondwater en de gesignaleerde stromingspatronen kon aannemelijk gemaakt worden dat in de lage zone van het schraalland secundair alkalien grondwater afkomstig van lokale grondwaterstromingen in het reservaat in contact treedt met secundair salien grondwater afkomstig van regionale grondwaterstromen. In dit geval is het secundair alkaline stromingspatroon gesuperponeerd op een secundair saline grondwaterstroming. De gradiëntrijke vegetaties van het *Parnassio-caricetum pulicaris* en het *Schoenetum* lijken hieraan hun voorkomen te danken te hebben (zie ook GROOTJANS, 1979). Het gradiëntrijke milieu van een dergelijke contactzone lijkt onder andere tot stand te komen door de verschillen in de buffercapaciteit van de pH van het grondwater. Alkalien grondwater voornamelijk gevormd door overmaat  $\text{HCO}_3^-$  ionen kan extra toevoer van  $\text{H}^+$  ionen bufferen waardoor de pH nauwelijks verandert. Salien grondwater, gevormd door overmaat aan sterke zuren beschikt niet over een dergelijk buffermechanisme waardoor fluctuaties in de pH van het grondwater optreden.

Bij kwel van alkalien grondwater kunnen  $\text{H}^+$ -ionen aan het adsorptie-complex worden weggevangen door het  $\text{HCO}_3^-$ -ion, waardoor bodemverzuring wordt tegengewerkt en de bodem een hoge basenbezetting zal behouden. Een mechanisme om bodemverzuring tegen te werken is in een salien kwelmilieu niet aanwezig. Indirecte gevolgen van de verschillende watertypen zijn, via basenbezetting, het effect op omzetting van orga-

nische stof en via de zuurgraad het beïnvloeden van biochemische en chemische processen. Met name de beschikbaarheid van nutriënten, welke onder bepaalde pH condities in oplossing kunnen gaan, lijken beïnvloed te kunnen worden door verschillen in grondwatersamenstelling.

Van belang in de contactzone lijkt ook het permanente karakter. Uit chemische analyse is gebleken dat de alkaline pool van de contactzone zowel in zomer als in winter zijn karakter behoudt (monsterpunt C). Een van de redenen dat de vegetatie in de contactzone sinds 1950 in waarde is teruggelopen heeft mogelijk te maken met de verlaging van het gemiddelde grondwaterpeil. Naast de meer directe gevolgen is een indirect gevolg hiervan dat de interne watermassa van het reservaat eerder zal zijn afgevoerd, waardoor de alkaliene pool van de contactzone niet meer gevoed kan worden. Daarnaast moet het effect van verrijking van het regionale saliene grondwater door een toegenomen bemestingsdruk niet worden uitgesloten.

Het lijkt niet onwaarschijnlijk dat het milieu van het nu enigszins rudimentaire Schoenetum in Groot-Zandbrink overeenkomsten moet vertonen met het oorspronkelijke milieu van het Schoenetum in primaire duinvalleien. Bij het ontziltingsproces in primaire duinvalleien moet ook sprake zijn van de vorming van salien water als gevolg van het in oplossing gaan van door zeewater afgezette zouten. Aan de randen van de valleien, waar het Schoenetum zijn optimum vindt (ADRIANI e.a., 1980) zou in dat geval alkalien grondwater uit de reeds ontzilte duinruggen moeten treden.

Op de hogere delen van het schraalland (boven 3,70<sup>+</sup>NAP) is de basenbezetting procentueel lager: < 40%.

Aan het adsorptiecomplex is een groot aandeel H-ionen aanwezig welke de bodem een iets zuurder karakter geven: pH < 5,5. In dit basenarme milieu komt een vegetatie voor welke elementen heeft van het *Caricon-curto nigrae*. Vegetaties uit dit verbond worden doorgaans beschouwd thuis te horen in kalkarme laagveen moerassen.

De in deze vegetatie voorkomende storingsinvloeden van het *Agropyrum Rumicion crispum* zouden kunnen samenhangen met een geringe mate van ontwatering (JANSEN en KEMMERS, 1980).

In deze zone is de relatie tussen het Ca<sup>2+</sup> rijke kwelwater en de

basenbezetting van de bodem verstoord. Het percentage  $\text{Ca}^{2+}$  is in de betreffende grondmonsters aanzienlijk lager dan op grond van het aantal milliequivalenten  $\text{Ca}^{2+}$  verwacht mag worden. Deze zone ligt binnen de invloedssfeer van het saliene grondwater (monsterpunt A, 12, zie fig. 7, 12), zodat geen mechanismen aanwezig zijn om bodemverzuring tengevolge van een lichte mate van uitspoeling tegen te gaan.

In deze zone met relatief iets hogere gehalten aan organische stof en iets hogere C/N ratio's is een toegenomen mineralisatie van organische stof mogelijk door een betere aëratie van de bovenste bodemlaag. De toegenomen mineralisatie kan leiden tot grotere beschikbaarheid van anorganische stikstof. Met name de dominantie van *Calamagrostis canescens*, die in opnamen van 1951 (SMITTENBERG, 1973) niet voorkomt, zou hiervan het gevolg kunnen zijn.

In de contactzone van de genoemde watertypen is op de overgang van de basenarme hoge zone naar de basenrijke lage zone een vegetatie aanwezig die beschouwd kan worden als het *Cirsio Molinietum orchietosum*. Ook hier is de relatie tussen de chemische samenstelling van grondwater (B) en de basenbezetting van het adsorptiecomplex ( $G_7$ ) verbroken. Mogelijk is het massale optreden van *Cirsium dissectum* hiervan het gevolg.

Een vergelijkbare positie tussen basenarm hoog en basenrijk laag, maar buiten de contactzone van grondwatertypen gelegen, wordt ingenomen door een begroeiing die enigszins verwant is met het *Violion-caninae*. Deze vegetatie ligt binnen de invloedssfeer van alkalien grondwater.

Op plaatsen in het schraalland die een hoogteligging van 3,80 bereiken is een sterke uitspoeling van basen uit de bovenste bodemlaag opgetreden ( $G_8$ ). Op deze plaatsen heemt het  $\text{H}^+$ -ion een groot aandeel (95%) in op het adsorptiecomplex, wat tot uiting komt in een lage pH-waarde van de bodem ( $\text{pH} < 4,5$ ). Op dergelijke plaatsen is een vegetatie met een *Molinia* facies aanwezig. De sterke dominantie van *Molinia* lijkt samen te hangen met de opgetreden verzuring tengevolge van toegenomen infiltratie.

De vegetatie in het ZO-schraalland maakt in zijn totaliteit een wat schralere indruk. Dit lijkt duidelijk samen te hangen met een kleinere adsorptiecomplex van de bodem (11-18 meq/100 gr) dan in het



ZW-schraalland. Ook het organisch stofgehalte in het ZO-schraalland is laag: 2,3-4,0% humus. Ook de N-totaal gehalten zijn laag in vergelijking met het ZW-schraalland: 0,08-0,14 gr N/100 gr. In de westelijke strook ( $K_1$ ,  $K_4$ ) met wat rijkere begroeiingen van het Filipendulion en het Cirsio-Molinietum is een relatief hoge basenbezetting aanwezig (> 50%). De pH-waarden van de bodem zijn niet te min laag. Dit zuurdere karakter van de bodem lijkt de oorzaak van de verschillen van deze vegetatie met de verwante vegetatie uit het ZW-schraalland, waarin meer invloeden van het basifiele Caricion davallianae aanwezig zijn.

Het milieu waarin de vegetatie met elementen van het Violion caninae en het Caricion curto nigrae voorkomt ( $K_3$ ) is zuur (pH = 4,1) en heeft een lage basenbezetting (22%).

Het grondwater in het ZO-schraalland wordt gekenmerkt door zeer hoge  $Ca^{2+}$  gehalten en aandelen in het grondwater. Ten aanzien van de anionen is het grondwater variabel in samenstelling. Zowel alkalien als salien grondwater kunnen worden aangetroffen, waaruit afgeleid kan worden dat er sprake is van een pendelbeweging van de smalle contactzone tussen regionaal salien en lokaal alkalien water, wat resulteert in een instabiel milieu. Dit in tegenstelling tot de stabiele contactzone van beide watertypen in het ZW-schraalland.

Uit het hoge  $Ca^{2+}$  aandeel aan het adsorptiecomplex van de bodem ( $K_1$ ) mag afgeleid worden dat de relatie met het  $Ca^{2+}$  rijke grondwater nog betrekkelijk ongestoord is. De grondmonsters  $K_3$  en  $K_2$  (Violion caninae (Caricion curto nigrae)) lijken een intermediaire positie in te nemen tussen monsters uit podzolprofielen en kwelprofielen, gezien de relatief lage  $Ca^{2+}$  gehalten in combinatie met de lage  $Ca^{2+}$  percentages aan het adsorptiecomplex. Niettemin is het op grond van onderzoeksresultaten van BOTH en VAN WIRDUM (1979) niet onwaarschijnlijk dat enige uitspoeling van  $Ca^{2+}$  in het ZO-schraalland heeft plaatsgevonden.

De hierdoor optredende bodemverzuring heeft tot gevolg dat de wateroplosbare fosfaatfractie toegenomen is, wat een verklaring zou kunnen zijn voor de sterke dominantie van Molinia coerulea in het ZO-schraalland.

## 9. SAMENVATTING

Deze nota geeft een verslag van onderzoek naar de invloed van de chemische samenstelling van het grondwater op de variatie in vochtig tot natte vegetatietypen in het natuureservaat Groot-Zandbrink nabij Achterveld in de Gelderse Vallei.

Om inzicht te verkrijgen in de hydrologische relaties tussen diverse terreingedeelten van het reservaat werden voor winter- en zomerperioden isohypsen samengesteld waaruit de stroomrichting van het grondwater kan worden afgeleid. Hierbij blijken in de winterperioden lokale grondwaterstromingen naar de aan de randen van het reservaat gelegen schrale graslanden op te treden. Deze lokale grondwaterstromingen zijn gesuperponeerd op de regionale zuidoost-noordwest gerichte stroming die in dit deel van de vallei domineert. In het zuidwestelijke schraalland dringt de lokale grondwaterstroom de regionale stroom in de winter terug. Niettemin blijkt in dit schraalland een vrij permanente contactzone tussen het lokale en regionale grondwater te zijn gelegen.

Met behulp van  $\text{Cl}^-$  concentraties van het grondwater in de winterperiode konden de invloedssferen van het lokale en regionale grondwater van elkaar worden onderscheiden.

Bij chemische analyses van het grondwater blijken duidelijke verschillen in het elektrisch geleidingsvermogen voor te komen tussen beekeerdgronden en veldpodzolgronden. De concentraties van de verschillende ionen in het grondwater van beekeerdgronden zijn over het algemeen hoger en aan sterkere fluctuaties onderhevig dan in het grondwater van veldpodzolen. De pH in beekeerdgronden is daarentegen zeer stabiel. Een en ander lijkt samen te hangen met afvoer van mineralen uit podzolen en aanvoer naar beekeerdgronden.

Uitzonderlijk hoge concentraties anionen en eenwaardige kationen blijken voor te komen in het grondwater van beboste infiltratieprofielen.

Grondwater blijkt goed getypeerd te kunnen worden met behulp van de relatie die bestaat tussen de  $\text{Ca}^{2+}$  concentratie en het aandeel van het  $\text{Ca}^{2+}$  ion in de kationensamenstelling van het grondwater. Recent geïnfiltreerd grondwater wordt getypeerd door een  $\text{Ca}^{2+}$  aandeel kleiner

dan 50% en een concentratie kleiner dan 0,5 meq/l. Dergelijk grondwater heeft nog sterke gelijkenis met regenwater en wordt ombrogeen genoemd. Bij toenemende verblijfsduur van het grondwater in de bodem neemt aanvankelijk bij geringe stijging van de  $\text{Ca}^{2+}$  concentratie het aandeel sterk toe. Bij verdergaande stijging van de  $\text{Ca}^{2+}$  concentratie neemt het  $\text{Ca}^{2+}$  aandeel nog slechts langzaam toe tot een maximum van 80 à 90%.

Grondwater dat langdurig door de bodem is gestroomd wordt lithogeen genoemd en wordt getypeerd door  $\text{Ca}^{2+}$  concentraties groter dan 2,5 meq/l en een  $\text{Ca}^{2+}$  aandeel groter dan 70%. Dit water kan in kwelprofielen worden aangetroffen. Afwijkingen van de beschreven relatie blijken voor te komen in grondwater van beboste infiltratieprofielen waar aanzienlijk lagere  $\text{Ca}^{2+}$  aandelen worden aangetroffen dan op grond van de concentraties verwacht mag worden.

Anionen kunnen naast kationen in de typering van grondwater betrokken worden door analyseresultaten weer te geven in de vorm van Stiff diagrammen of Piper diagrammen. Recent geïnfiltreerd grondwater wordt gekenmerkt door dominantie van  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  in de kationensamenstelling en  $\text{SO}_4^{2-}$  in de anionensamenstelling. Dit ombrogene water is arm aan ionen en zuur. Bij toenemende verblijfsduur in de bodem wordt het grondwater rijker aan  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{HCO}_3^-$  ionen door het in oplossing gaan van carbonaatzouten.

Dergelijk grondwater wordt lithogeen genoemd en is gekenmerkt door overmaat  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{HCO}_3^-$  ionen, rijkdom aan ionen en hoge pH. Het grondwater in infiltratiegebieden en in kwelzones is zeer constant wat betreft de procentuele verhouding der ionen.

Grondwater in gebieden gelegen tussen deze uitersten varieert in samenstelling. 's Winters heeft het grondwater in dergelijke gebieden een ombrogeen karakter, terwijl in zomerperioden het karakter meer lithogeen is.

In milieus die tengevolge van sulfaatvorming zeer zuur zijn wordt het carbonaat/bicarbonaat evenwicht verschoven waardoor  $\text{HCO}_3^-$  ionen uit oplossing verdwijnen. Door de hoge concentratie sulfaten in deze milieus ontstaat een dominantie van anionen die afkomstig zijn van sterke zuren. Dergelijk salien grondwater kan in een bepaalde zone van het kwelprofiel van het ZW-schraalland worden aangetroffen. Met

name het zeer ondiepe grondwater in deze zone heeft een uitgesproken salien karakter. Het saliene grondwater behoort tot het regionale grondwater, is rijk aan ionen, heeft een hoog aandeel  $\text{Ca}^{2+}$  ionen en heeft derhalve een lithogeen karakter. Het grondwater dat afkomstig is van de hogere delen in het reservaat en als lithogeen water opkwelt in de lagere delen is gekenmerkt door anionen die afkomstig zijn van zwakke zuren en wordt alkaliën genoemd. De lokale alkaliene grondwaterstroom is gesuperponeerd op de regionale saliene grondwaterstroom. Een stabiele contactzone tussen beide watertypen is gelegen in het laagste gedeelte van het ZW-schraalland. In deze contactzone zijn plantesoorten aanwezig welke syntaxonomisch thuishoren in de zeldzame gradiëntrijke begroeiingen van het *Caricion davallianae* op de laagste delen en het *Junco Molinion* op de overgang naar het iets hoger gelegen gedeelte. Op het lage terreingedeelte buiten de contactzone hebben zich naast soorten van het *Junco Molinion* ook soorten van het *Filipendulion* ontwikkeld. De bodem in dit milieu wordt gekenmerkt door een hoge basenbezetting aan het adsorptiecomplex en het voorkomen van stabiele humus met een lage C/N ratio en rijkdom aan stikstofverbindingen.

Verondersteld wordt dat het milieu van de gradiëntrijke begroeiingen van het *Caricion davallianae*, een afspiegeling is van het milieu waarin deze vegetatietypen zich een dertig jaar geleden optimaal konden ontwikkelen. De typologie van beide stroomstelsels in de contactzone wordt verondersteld niet veranderd te zijn. Opgetreden veranderingen in de vegetatie sinds 1950 lijken te moeten worden toegeschreven aan toegenomen ionenconcentraties in het regionale water en een verminderde invloed van de lokale kwelstroom door verlaging van het gemiddelde grondwaterpeil.

Op het buiten de contactzone gelegen hoogste gedeelte van het schraalland konden invloeden van de verlaging van het gemiddelde grondwaterpeil worden waargenomen in de basenbezetting van het adsorptiecomplex van de bodem. Op deze plaatsen is het  $\text{Ca}^{2+}$  aandeel aan het adsorptiecomplex lager dan op grond van de  $\text{Ca}^{2+}$  bezetting verwacht mag worden. Er is hier sprake van enige accumulatie van organische stof met een iets hogere C/N ratio, welke door een iets minder volledige omzetting beschouwd kan worden als bron van anorganische stikstof

tengevolge van mineralisatieprocessen. Op deze hogere delen komen begroeiingen van initiale fasen van het Junco-Molinion voor met invloeden van het Agropyro-Rumicion *crispi* welke een aanwijzing vormen voor opgetreden storingen in het milieu. Dominerend in dit milieu is de soort *Calamagrostis canescens*.

Het zuidoostelijke schraalland heeft een iets zuurdere bodem en een wat kleiner adsorptiecomplex, waardoor een schrale indruk door de vegetatie wordt gewekt. De humus is vrij stabiel en betrekkelijk arm aan stikstofverbindingen. Op plaatsen met een hoge basenbezetting aan het adsorptiecomplex in de westelijke strook van het schraalland is sprake van een duidelijk kwelkarakter van de bodem. Hier komen begroeiingen voor van het Junco-Molinion en het Filipendulion. Het grondwater is steeds rijk aan  $CA^{2+}$  ionen maar heeft een afwisselend salien en alkalien karakter, waardoor geen stabiele contactzone tussen watertypen aanwezig is.

Op plaatsen die op grond van de basenbezetting van het adsorptiecomplex een karakter bezitten dat intermediair is tussen een kwel en een infiltratieprofiel, komen vegetaties voor met soorten van het Violion *caninae* en het Caricion-*curto nigrae*. De sterke dominantie van *Molinia coerulea* in het zuidoostelijke schraalland lijkt gekoppeld aan een grotere beschikbaarheid van de wateroplosbare fosfaatfractie tengevolge van een lichte mate van ontwatering waardoor uitspoeling van basen en enige verzuring van de bodem is opgetreden.

## 10. LITERATUUR

- ADRIANI, M.J., G.P. GONGRIJP, J.A. NIJKAMP en J.F. VAN REGTEREN-ALTENA, 1980. Ontdek de duinen. Uitgave IVN.
- BLOOMFIELD, C., 1972. The oxidation of iron sulfides in soils in relation to the formation of acid sulphate soils, and of ochre deposits in field drains. The Journal of Soil Science (23) 1-16.
- BOTH, J.C. en G. VAN WIRDUM, 1979, Landschapsecologie van enkele Gelderse natuurgebieden. Rapp. Commissie ter Bestudering van de Waterhuishouding van Gelderland, Arnhem (in voorbereiding).

- BOTS, W.C.P.M., P.C. JANSEN en G.J. NOORDERWIER, 1978. Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het Noorden des Lands. ICW Regionale Studies 13.
- ERNST, L.F., N.A. DE RIDDER and J.J. DE VRIES, 1970. A geohydrologic study of East Gelderland. *Geologie en Mijnbouw* 49,6.
- ETHERINGTON, J.R., 1975. *Environment and Plant Ecology*. John Wiley & Sons Ltd.
- FOTH, H.D., 1978. *Fundamentals of Soil Science*, 6th edition. John Wiley & Sons Ltd.
- GEIRNAERT, W., 1971. Het optreden van kationenuitwisseling in grondwater. *H<sub>2</sub>O* (4), 6,
- GROOTJANS, A.P., 1979. Effecten van grondwaterstandsaling op een beekdalreservaat in het stroomdallandschap van de Drentse Aa. *WLO mededelingen* (6) 3.
- HEM, J.D., 1959. Study and interpretation of the chemical characteristics of Natural water. *Geol. Surv. Water-supply paper* 1473.
- 1969. Chemical relationships among sulfur species and dissolved ferrous iron. *Geol. Surv. Water-supply paper* 1459-C.
- JANSEN, P.C. en R.H. KEMMERS, 1980. Relaties tussen hydrologische parameters en enkele vegetatietypen van het CRM reservaat 'Groot-Zandbrink'.
- MEINARDI, C.R. e.a., 1976. Geohydrologische gegevens van Zuidelijk Flevoland en de Gelderse Vallei. *Rapp. RID*.
- PAPE, J.C., 1970. Plaggen soils in the Netherlands. *Geoderma* Vol. 4 No. 3.
- PIPER, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Transactions, American geophysical union*. Vol. 25.
- SMITTENBERG, J.C., 1973. *Plantegroei in enkele Nederlandse landschappen*, Amsterdam.
- ULRICH, B, 1978. Production and Consumption of hydrogen ions in the ecosphere. *NATO Conference Series*.  
 Series I: Ecology, Vol. 4: Effects of Acid precipitation on terrestrial ecosystems.
- VASAK, L., 1979. De chemische samenstelling van het grondwater in het Barneveldse Beekgebied. *Rapp. van de Comm. Bestudering Waterhuishouding Gelderland*, Arnhem.

- WESTHOFF, V.V. en A.J. DEN HELD, 1969. Plantegemeenschappen in Nederland. Thieme & Cie, Zutphen.
- WIRDUM, G. VAN, 1979. Dynamic aspects of trophic gradients in a complex. CHO, TNO Proceedings No. 25..

Tabel 1. Resultaten van chemische analyses van het grondwater op een aantal verschillende monsterpunten

| Monster-punt | Datum      | pH       | mg/l            |            | µS/m       | mg O <sub>2</sub> /l          | mg P/l                       | mg N/l                       |                              |            |                               | mg/l          | ppm                           | mg/l                          |                 |                 |                |                  |                  |                  |   |
|--------------|------------|----------|-----------------|------------|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|---|
|              |            |          | Cl <sup>-</sup> | EGV        | COD        | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Tot.N (Kj) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | C             | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | CO <sub>2</sub> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Fe <sup>2+</sup> |   |
| 3            | 19- 9-1978 | 4,2      | 74,6            | 68,8       | 71,9       | 0,24                          | -                            | -                            | -                            | -          | 0,3                           | 0,02          | -                             | 1,09                          | -               | -               | -              | -                | -                | -                |   |
|              | 12- 3-1979 | 3,9      | 87,4            | 80,2       | 46         | -                             | 28,6                         | 7,48                         | 9,05                         | -          | -                             | -             | -                             | -                             | 6,0             | 1,1             | 6,1            | 2,0              | -                | -                |   |
|              | 18- 7-1979 | 3,4      | 97,2            | 108        | 46,2       | <0,1                          | 39,8                         | 4,0                          | 3,6                          | 448        | 11,0                          | 0             | 0                             | 40,3                          | 47,7            | 8,7             | 5,4            | 13,6             | 0,9              | 0,3              |   |
|              | 12-11-1979 | 4,3      | 51,3            | 59,5       | 34,3       | <0,01                         | 15,68                        | 3,18                         | 6,2                          | 200        | 11,0                          | 0             | 0                             | 40,3                          | 26,5            | 6,3             | 3,0            | 9                | 0                | 0                |   |
|              | 26- 2-1980 | 3,7      | 74,3            | 96,0       | 86,2       | <0,01                         | 27,17                        | 0,39                         | 4,59                         | 587        | 12,5                          | 0             | 0                             | 45,8                          | 35,1            | 8,3             | 0,5            | 11,5             | 0                | 0                |   |
|              | 16- 6-1980 | 3,9      | 82,1            | 104,0      | 82,1       | <0,01                         | 43,20                        | 3,75                         | 4,58                         | 562        | 9,8                           | 0             | 0                             | 35,9                          | 102,4           | 6,2             | 4,4            | 13,0             | 0                | 0,1              |   |
| 19           | 18- 7-1979 | 4,0      | 84,7            | 81,0       | 53,2       | <0,01                         | 11,1                         | 0,8                          | 1,4                          | 275        | 10,0                          | 0             | 0                             | 36,7                          | 19,0            | 6,3             | 10,1           | 33,6             | 0,9              | 0,8              |   |
|              | 12-11-1979 | 4,0      | 77,9            | 85,0       | 27,2       | <0,01                         | 13,42                        | 0,69                         | 3,58                         | 320        | 14,0                          | 0             | 0                             | 51,3                          | 44,1            | 5,9             | 11,5           | 40,0             | 0,8              | 1,0              |   |
|              | 26- 2-1980 | 3,8      | 92,0            | 78,0       | 43,2       | <0,01                         | 7,89                         | 0,69                         | 1,48                         | 408        | 8,5                           | 0             | 0                             | 33,3                          | 26,8            | 3,0             | 6,9            | 83,0             | 1,0              | 1,1              |   |
|              | 16- 6-1980 | 3,8      | 85,7            | 88,0       | 52,2       | <0,01                         | 25,32                        | 0,93                         | 2,15                         | 455        | 9,2                           | 0             | 0                             | 33,7                          | 42,0            | 5,7             | 6,2            | 24,9             | 1,1              | 1,1              |   |
| 13           | 12- 3-1979 | 5,2(4,4) | (17,5)          | 6,8(20)    | 24 (20)    | 0,25 <0,01                    | 0,21(1,15)                   | 0,79(1,23)                   | 1,89(1,69)                   | - (17,5)   | 1,74( 3,63)                   | 0,55( 0 )     | -                             | 5,98( 13,31)                  | 8,1( 5,5)       | 5,4(0,7)        | 2,5( 0,5)      | 7,7( 3,4)        | -                | -                |   |
|              | 18- 7-1979 | 6,3      | 8,2             | 10,8       | 29,3       | <0,1                          | 0,5                          | 0,5                          | 1,4                          | -          | 10,5                          | 24,2          | 0                             | 21,0                          | 6,9             | 5,8             | 3,4            | 6,7              | 25,8             | -                |   |
|              | 12-11-1979 | 6,1      | 7,4             | 12,0       | 11,1       | <0,01                         | 0,29                         | 0,46                         | 2,51                         | 31         | 12                            | 21            | 0                             | 28,9                          | 7,2             | 5,0             | 2,7            | 9,0              | 6,1              | 6,7              |   |
|              | 26- 2-1980 | 5,4      | 5,0             | 7,0        | 2,2        | <0,01                         | 0,25                         | 0,51                         | 1,59                         | 37         | 7,5                           | 3,6           | 0                             | 24,9                          | 4,4             | 1,4             | 1,1            | 6,0              | 6,7              | 40,5             |   |
|              | 16- 6-1980 | 6,5      | 8,1             | 9,2        | 16,2       | <0,01                         | 0,34                         | 0,67                         | 1,54                         | 24,5       | 10,9                          | 31,5          | 0                             | 17,2                          | 3,6             | 0,8             | 0              | 3,9              | -                | -                |   |
| 11           | 19- 9-1978 | 6,6      | 14,2            | 20,0       | 22,5       | <0,01                         | 0,36                         | 0,91                         | 0,50                         | 175        | 1,1                           | 3,43          | 0                             | 1,56                          | 6,5             | 0,4             | 5,3            | 27,5             | -                | -                |   |
|              | 12- 3-1979 | 5,6(4,8) | 7,5( 6,1)       | 54 ( 6,3)  | 83 (50)    | <0,01 <0,01                   | 0,27(0,37)                   | 1,81(2,10)                   | 1,69(2,03)                   | - (16,0)   | 3,41( 3,58)                   | 2,46          | 0                             | 10,7 ( 13,1 )                 | 7,4( 6,4)       | 11,3(2,3)       | 4,7( 0,8)      | 6,7( 1,9)        | -                | -                |   |
|              | 18- 7-1979 | 6,3      | 9,2             | 15,3       | 44,9       | <0,1                          | <0,1                         | 1,1                          | 1,4                          | 45         | 20,0                          | 46,2          | 0                             | 40,0                          | 5,9             | 2,2             | 3,3            | 13,6             | 6,0              | -                |   |
|              | 12-11-1979 | 6,1(5,0) | 8,1( 7,1)       | 17,0(10,0) | 17,2(18,2) | <0,01 <0,01                   | 0,44(0,31)                   | 1,62(0,31)                   | 4,1 (2,56)                   | 39 ( 23 )  | 25 ( 12 )                     | 43,7 ( 5,8)   | 0 ( 0 )                       | 60,1 ( 42,2 )                 | 8,1( 3,0)       | 0,7(3,4)        | 3,0( 1,0)      | 15,0( 5 )        | 5,7( 0,9)        | -                |   |
|              | 26- 2-1980 | 4,7(6,3) | 7,8( 8,5)       | 10,0(36)   | 16,7(99)   | <0,01 <0,01                   | 0,16(0,28)                   | 2,34(0,43)                   | 5,16(1,87)                   | 45 (<50)   | 27 (25)                       | 0 ( 57,7)     | 0 ( 0 )                       | 99,0 ( 50,1 )                 | 5,1( 4,7)       | 3,0(3,0)        | 1,7( 0,6)      | 5,0( 3,0)        | 2,2(14,7)        | -                |   |
|              | 16- 6-1980 | 6,1      | 7,1             | 14,0       | 50,4       | 0,10                          | 0,25                         | 0,73                         | 2,29                         | 49,5       | 23,5                          | 41,1          | 0                             | 56,5                          | 5,8             | 0,8             | 2,3            | 13,0             | 4,0              | -                |   |
| 12           | 19- 9-1978 | 7,1      | 27,0            | 45,4       | 23,6       | <0,01                         | 0,08                         | 0,61                         | 0,76                         | 210        | 4,8                           | 20,3          | 0                             | 2,92                          | 12,8            | 0,4             | 3,7            | 90,0             | -                | -                |   |
|              | 12- 3-1979 | 6,8(6,5) | 13,2( 9,5)      | 29,7(25,2) | 5 (30)     | <0,01(0,06)                   | - (0,02)                     | 0,79(0,84)                   | 2,03(2,03)                   | 0 ( 76 )   | 53,6 (31,6)                   | 197,6 ( 91,4) | 0 ( 0 )                       | 54,0 ( 49,9 )                 | 9,7( 9,6)       | 0,9(0,6)        | 10,1( 7,9)     | 64,4(583)        | -                | -                |   |
|              | 18- 7-1979 | 7,2      | 12,4            | 37,8       | 24,1       | <0,1                          | <0,1                         | 0,5                          | 0,7                          | 7          | 60,5                          | 267           | 0,3                           | 29,1                          | 9,2             | 1,2             | 9,6            | 60,2             | 4,1              | -                |   |
|              | 12-11-1979 | 6,9(6,5) | 13,5( 9,2)      | 48,5(35,5) | 8,1( 5,1)  | <0,01 <0,01                   | 0,07(0,07)                   | 0,27(0,23)                   | 1,5 (3,0)                    | 22 ( 72 )  | 77 (51)                       | 399 (147,5)   | 0 ( 0 )                       | 65,5 ( 80,6 )                 | 11,2( 9,6)      | 0,5(0,3)        | 12,0( 8,0)     | 78 ( 54 )        | 3,7( 1,1)        | -                |   |
|              | 26- 2-1980 | 6,7(6,5) | 11,3(14,1)      | 35 (37)    | 10,0(20,0) | <0,01 <0,01                   | 0,09(0,16)                   | 0,69(0,47)                   | - (0,94)                     | 5 ( 66 )   | 66 (69)                       | 225 (199)     | 0 ( 0 )                       | 78,4 ( 10,9 )                 | 9,2( 9,4)       | 0,6(0,3)        | 10,1( 9,6)     | 68 ( 66 )        | 3,7( 4,7)        | -                |   |
|              | 16- 6-1980 | 6,9      | 11,7            | 34,4       | 20,7       | <0,01                         | 0,20                         | 1,20                         | 1,48                         | 0,3        | 59,1                          | 230,7         | 0                             | 50,3                          | 9,8             | 0,7             | 8,9            | 61,6             | 2,9              | -                |   |
| 10           | 19- 9-1978 | 7,1      | 14,9            | 81,8       | 26,8       | <0,01                         | 0,12                         | 1,17                         | 0,58                         | 110        | 7,0                           | 29,7          | 0                             | 4,26                          | 10,1            | 0,2             | 8,0            | 202,5            | -                | -                |   |
|              | 12- 3-1979 | 6,8(6,1) | 17,8(25,0)      | 60,4(39,1) | 9 (49)     | <0,01 <0,01                   | 0,09 0,09                    | 0,73(1,08)                   | 1,35(1,22)                   | >150       | 80,5 (14,2)                   | 296,7 ( 24,8) | 0 ( 0 )                       | 81,1 ( 34,2 )                 | 11,1(16,3)      | 0,5(1,1)        | 7,9( 4,6)      | 167,3( 63,3)     | -                | -                |   |
|              | 18- 7-1979 | 7,0      | 14,2            | 81,0       | 20,9       | 0,1                           | <0,1                         | 0,8                          | 0,7                          | 116        | 123                           | 504,6         | 0                             | 87,0                          | 10,0            | 0,7             | 8,0            | 180,3            | 2,1              | -                |   |
|              | 12-11-1979 | (6,2)    | (18,8)          | (44,5)     | (16,1)     | <0,01                         | (0,08)                       | (0,48)                       | (2,3)                        | -          | (164)                         | (40)          | ( 80,9)                       | ( 0 )                         | ( 88,3 )        | (14,5)          | (0,4)          | ( 4,8)           | ( 70 )           | ( 3,0)           | - |
|              | 26- 2-1980 | 6,5      | 14,7            | 7,1        | 10,0       | <0,01                         | 0,15                         | 0,41                         | 1,2                          | 131        | 112                           | 324           | 0                             | 177                           | 10,7            | 0,5             | 7,7            | 170              | 1,0              | -                |   |
|              | 16- 6-1980 | 6,8      | 12,6            | 77         | 30,6       | <0,01                         | 0,20                         | 1,18                         | 1,2                          | 0,4        | 127                           | 469           | 0                             | 128                           | 10,3            | 0,3             | 6,7            | 163,2            | 0,9              | -                |   |
| A            | 10-12-1979 | 7,2(7,1) | 20,9(36,1)      | 38 (54)    | 18,1(32,0) | 0,01(0,04)                    | 0,06(0,13)                   | 0,23(0,41)                   | 1,21(1,64)                   | 7 ( 86 )   | 58,5 (69,2)                   | 258 (295)     | 0,29(0,35)                    | 28,1 ( 40,6 )                 | 9,6(12,8)       | 1,5(1,3)        | 10,8(14,6)     | 74,6(100)        | 3,6( 2,9)        | -                |   |
|              | 26- 2-1980 | 6,8(6,6) | 26,9(29,0)      | 36 (45)    | 26,5(22,1) | <0,01 <0,01                   | 0,12(0,13)                   | 0,39(0,45)                   | 1,38(1,50)                   | 3 ( 60 )   | 58 (78)                       | 213 (247)     | 0                             | 58,5 (107,5)                  | 8,9(16,3)       | 0,9(0,4)        | 10,0(11,4)     | 71,0( 56,0)      | 3,5( 5,8)        | -                |   |
|              | 16- 6-1980 | 6,9      | 19,8            | 37,0       | 26,1       | <0,01                         | 0,16                         | 1,24                         | 1,26                         | 0,4        | 56,8                          | 221,7         | 0                             | 48,3                          | 8,8             | 1,0             | 9,4            | 69,0             | 4,9              | -                |   |
| B            | 10-12-1979 | 7,4(6,9) | 32,2(36,1)      | 60 (46)    | 23,5(43,7) | 0,01 0,02                     | 0,12(0,73)                   | 0,41(0,43)                   | 1,01(1,92)                   | 156 (160)  | 55,7 (28,2)                   | 258 (110)     | 0,28 0                        | 17,7 ( 23,9 )                 | 26,8(25,4)      | 2,2(2,4)        | 16,0 10,6      | 103,5( 60 )      | 0,3(20,8)        | -                |   |
|              | 26- 2-1980 | 6,9(5,8) | 26,2(44,6)      | 45 (49)    | 19,9(53,0) | <0,01 <0,01                   | 0,12(0,13)                   | 0,47(0,59)                   | 1,46(1,81)                   | 108 (286)  | 50 (25)                       | 195 ( 26 )    | 0                             | 42,5 ( 72,6 )                 | 18,8(23,6)      | 1,8(1,8)        | 10,4(13,0)     | 83,0( 74,0)      | 1,2( 1,6)        | -                |   |
|              | 16- 6-1980 | 7,1      | 25,1            | 48,4       | 32,5       | <0,01                         | 0,17                         | 0,85                         | 2,17                         | 92         | 52,9                          | 225           | 0,3                           | 31,0                          | 18,7            | 2,1             | 10,5           | 82,4             | 0,2              | -                |   |
| C            | 10-12-1979 | 7,1(7,0) | 6,7(14,5)       | 40 (44)    | 14,9(99,1) | 0,01(0,02)                    | 0,06(0,11)                   | 0,51(0,41)                   | 0,94(1,35)                   | 11 ( 30 )  | 74,6 (84,6)                   | 318 (347)     | 0,37(0)                       | 43,7 ( 59,9 )                 | 7,6(12,0)       | 0,5(0,5)        | 3,9( 5,3)      | 90,4( 94,6)      | 2,9(15,0)        | -                |   |
|              | 26- 2-1980 | 6,9(6,8) | 8,5(13,5)       | 37 (40)    | 1,1(44,5)  | <0,01 <0,01                   | 0,08(0,15)                   | 0,30(0,39)                   | 1,65(1,61)                   | 3 ( 12 )   | 63 (87)                       | 245 (320)     | 0 ( 0 )                       | 53,6 ( 87,7 )                 | 6,0( 9,8)       | 0,3(0,4)        | 3,1( 4,7)      | 83,0 85,0        | 2,7( 8,4)        | -                |   |
|              | 16- 6-1980 | 7,3      | 7,1             | 39,4       | 13,5       | <0,01                         | 0,19                         | 0,67                         | 1,16                         | 0,2        | 71,5                          | 324           | 0,4                           | 28,1                          | 5,7             | 0,2             | 2,2            | 86,5             | 2,8              | -                |   |
| 14           | 12- 2-1980 | 4,7      | 37,2            | 74         | -          | 0,01                          | -                            | -                            | -                            | -          | 91                            | 4             | 0,2                           | 0                             | 14,5            | 16,6            | 6,7            | 7,9              | 111,0            | -                |   |

\*getallen tussen haakjes zijn analyseresultaten van grondwater op een diepte van 0,5 cm beneden maaiveld



Tabel 2. Resultaten van chemische analyses en textuurbepalingen van bodemonsters uit beekerdgronden ( $G_1$  t/m  $K_4$ ) een moerpodzolgrond ( $K_5$ ) en een veldpodzolgrond ( $K_6$ )

| Monster-<br>punt | Laag<br>(cm) | pH-KCl | pH-H <sub>2</sub> O | Hoofdbestanddelen in %<br>van de grond |                   |      |      |      | Pw-<br>getal | P-tot. | N-tot. | C-el % | C/N* | S.G. | Uitwisselbare kationen<br>meq/100 gr |     |      |     |       | CEC*  | Basen-<br>bezetting*<br>(%) |
|------------------|--------------|--------|---------------------|----------------------------------------|-------------------|------|------|------|--------------|--------|--------|--------|------|------|--------------------------------------|-----|------|-----|-------|-------|-----------------------------|
|                  |              |        |                     | GIV                                    | CaCO <sub>3</sub> | < 2  | 2-16 | > 16 |              |        |        |        |      |      | K                                    | Na  | Ca   | Mg  | H*    |       |                             |
| $G_1$            | 0-5          | 6,0    | 6,2                 | 4,7                                    | 0,3               | 11,4 | 2,8  | 80,8 | 2            | 0,05   | 0,23   | 2,66   | 11,6 | 2,57 | 0,1                                  | 0,1 | 13,5 | 1,2 | 12,7  | 27,6  | 54                          |
| $G_2$            | 0-5          | 5,0    | 5,8                 | 7,2                                    |                   | 11,3 | 5,0  | 76,5 | 2            | 0,05   | 0,29   | 3,75   | 12,9 | 2,54 | 0,2                                  | 0,2 | 10,3 | 0,5 | 25,3  | 36,5  | 30                          |
| $G_3$            | 0-5          | 5,1    | 5,7                 | 6,7                                    |                   | 7,0  | 4,3  | 82,0 | 2            | 0,04   | 0,23   | 2,90   | 12,6 | 2,55 | 0,2                                  | 0,1 | 10,2 | 1,4 | 17,9  | 29,8  | 40                          |
| $G_4$            | 0-5          | 5,4    | 6,0                 | 5,6                                    | 0,1               | 6,6  | 1,7  | 86,0 | 4            | 0,03   | 0,17   | 2,82   | 16,6 | 2,56 | 0,2                                  | 0,2 | 12,9 | 1,5 | 9,9   | 24,7  | 60                          |
| $G_5$            | 0-5          | 5,4    | 5,9                 | 5,6                                    | 0,1               | 7,4  | 2,6  | 84,3 | 2            | 0,04   | 0,24   | 2,76   | 11,5 | 2,56 | 0,3                                  | 0,2 | 12,9 | 2,6 | 10,0  | 26,0  | 62                          |
| $G_6$            | 0-5          | 5,1    | 5,8                 | 9,8                                    |                   | 5,9  | 4,6  | 79,7 | 3            | 0,04   | 0,31   | 4,10   | 13,2 | 2,46 | 0,4                                  | 0,3 | 14,7 | 5,6 | 17,5  | 38,5  | 55                          |
| $G_7$            | 0-5          | 5,3    | 5,9                 | 6,9                                    | 0,1               | 9,9  | 2,3  | 80,8 | 3            | 0,04   | 0,24   | 3,41   | 14,2 | 2,55 | 0,3                                  | 0,2 | 9,4  | 1,2 | 21,1  | 32,6  | 34                          |
| $G_8$            | 0-5          | 4,2    | 5,1                 | 10,1                                   |                   | 4,7  | 3,5  | 81,7 | 5            | 0,05   | 0,28   | 3,76   | 13,4 | 2,46 | 0,0                                  | 0,1 | 1,5  | 0,5 | 35,4  | 37,5  | 5,6                         |
| $K_1$            | 0-5          | 5,0    | 5,8                 | 4,0                                    |                   | 4,1  | 3,1  | 88,8 | 2            | 0,02   | 0,13   | 1,69   | 13,0 | 2,58 | 0,2                                  | 0,2 | 10,0 | 0,7 | 7,0   | 18,15 | 63                          |
| $K_2$            | 0-5          | 5,0    | 5,7                 | 2,7                                    |                   | 2,7  | 2,1  | 92,5 | 3            | 0,02   | 0,11   | 1,23   | 11,2 | 2,60 | 0,0                                  | 0,1 | 3,4  | 0,2 | 8,3   | 12,0  | 30                          |
| $K_3$            | 0-5          | 4,1    | 5,2                 | 2,3                                    |                   | 3,6  | 2,3  | 91,8 | 2            | 0,02   | 0,08   | 1,28   | 16,0 | 2,60 | 0,0                                  | 0,1 | 2,4  | 0,1 | 9,15  | 11,75 | 22                          |
| $K_4$            | 0-5          | 4,8    | 5,6                 | 3,2                                    |                   | 4,1  | 3,1  | 89,6 | 2            | 0,02   | 0,14   | 1,54   | 11,0 | 2,59 | 0,1                                  | 0,1 | 5,3  | 1,3 | 6,5   | 13,3  | 51                          |
| $K_5$            | 0-10         | 3,0    | 3,9                 | 41,3                                   |                   | 0,18 | 2,5  | 56,0 | 9            | 0,06   | 0,58   | 27,81  | 47,9 | 2,00 | 0,0                                  | 0,0 | 1,7  | 0,4 | 124,3 | 126,4 | 2                           |
| $K_6$            | 0-5          | 2,7    | 3,7                 | 29,7                                   |                   | 0,56 | 0,6  | 69,1 | 25           | 0,07   | 0,76   | 16,67  | 21,9 | 2,13 | 0,1                                  | 0,1 | 2,8  | 0,5 | 86,9  | 90,4  | 4                           |

Pw-getal mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l

P-tot. g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 gr

N-tot. g N/100 gr

\*berekende waarde

TABEL 3

Lijst van planten

Opname in 1998

Lijst

|                               | 11 | 10 | 6 | 3 | 3 | 1 | 33 | 34 | 2 | 9 | 8 | 14 | 7 | 35 | 12 | 4 | 13 | 28 | 27 | 16 | 17 | 25 | 22 | 18 | 23 | 29 | 15 | 24 | 31 | 30 | 21 |
|-------------------------------|----|----|---|---|---|---|----|----|---|---|---|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Cirsium dissectum</i>      |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Succisa pratensis</i>      |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Parnassia palustris</i>    |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Schoenus niger</i>         |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Valeriana dioica</i>       |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Gentiana pneumonanthe</i>  |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Sieglingia decumbens</i>   |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Festuca ovina</i>          |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Oxalis maculata</i>        |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex panicea</i>          |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex lasiocarpa</i>       |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex pulicaris</i>        |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Filipendula ulmaria</i>    |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Lythrum salicaria</i>      |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Lythrum vulgare</i>        |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Potentilla palustris</i>   |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Juncus subuliflorus</i>    |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Juncus acutiflorus</i>     |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Juncus acutiflorus</i>     |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Equisetum fluviatile</i>   |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Ranunculus flammula</i>    |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Salix sp.</i>              |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Juncus tenax</i>           |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Agrostis canina</i>        |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Calamagrostis canina</i>   |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Holcus lanatus</i>         |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Cirsium palustre</i>       |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Phragmites communis</i>    |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Potentilla erecta</i>      |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Erica tetralix</i>         |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Luzula multiflora</i>      |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Galium uliginosum</i>      |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Eupatorium cannabinum</i>  |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Betula pubescens</i>       |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Fraxinus alba</i>          |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Quercus robur</i>          |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Galium palustre</i>        |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Galium hirsutum</i>        |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex nigra</i>            |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Taraxacum sp.</i>          |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Hydrocotyle vulgaris</i>   |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Holcus lanatus</i>         |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex flacca</i>           |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Calamagrostis neglecta</i> |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Mentha aquatica</i>        |    |    |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

ix komen voor:

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| <i>Epilobium prostratum</i> | 34 (p1) |
| <i>Luzula uliginosa</i>     | 27 (p1) |
| <i>Gentiana anglica</i>     | 11 (R)  |
| <i>Agrostis sylvestris</i>  | 34 (p1) |
| <i>Carex demissa</i>        | 24 (p1) |
| <i>Comarostaphylis</i>      | 35 (p1) |
| <i>Juncus effusus</i>       | 31 (p1) |

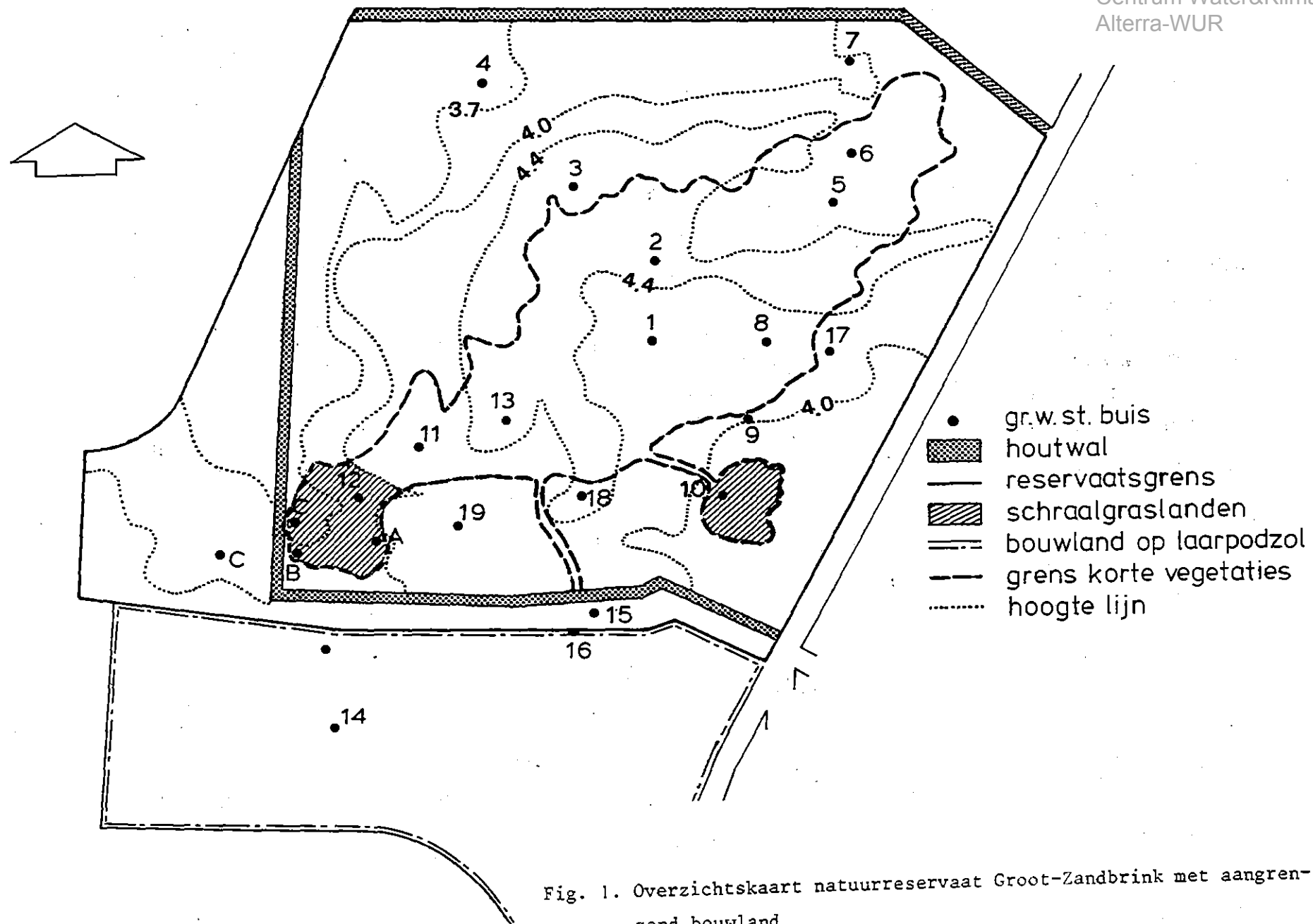
TABEL 4

Datum: mei/juni '80

| Opname nr                       | 11 | 18 | 20 | 21 | 19 | 16 | 17 | 13 | 14 | 12 | 10 | 15 | 5  | 3  | 1  | 2  | 6  | 9  | 8  | 4  | 7  |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Soort                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Hydrosoryle vulgaris</i>     | A2 | 2  | A4 | A4 |    |    |    |    |    |    |    | R1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex panicea</i>            | p1 | p1 | R1 | R1 | R1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | R1 |    |    |    |
| <i>Lythrum salicaria</i>        | R1 |    | R1 | R1 | R1 | p1 |    |    |    |    |    | p1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Equisetum palustre</i>       |    | p1 |    | R1 |    | R1 | p1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Cirsium palustre</i>         |    |    | R1 | R1 | R1 | R1 |    | R1 | p1 |    | R1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Galium uliginosum</i>        |    |    | R1 | R1 | p1 | A2 |    | R1 |    |    |    | R1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex lasiocarpa</i>         |    | R1 |    |    |    |    | R1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Sieglingia decumbens</i>     | A2 | R1 | p1 | p1 | 4  | A4 |    |    |    |    |    |    |    | p2 | R1 | R1 |    | p1 | A2 |    |    |
| <i>Festuca ovina</i>            |    | 1* | p1 |    | R1 | p1 | p2 |    |    |    |    |    |    | p1 | R1 | 3  |    | p2 | p1 | R1 | A2 |
| <i>Lysimachia vulgaris</i>      | p1 |    | p1 | p1 | p1 | 1  | R1 | R1 | A2 | A4 | p1 | R1 | R1 | p2 |    |    |    |    |    |    | R1 |
| <i>Potentilla palustris</i>     | p2 | R1 | p1 | R1 | R1 | R1 |    | p1 | A2 | p1 | R1 | R1 | R1 | p2 |    |    | p1 | p1 |    |    |    |
| <i>Agrostis canina</i>          | 1  | A2 | 2  | A2 | 6  | 1* | 1  | 1* | 4  | 1  | p1 | 4  | 1  | 1  |    |    | p1 |    |    | R1 | R1 |
| <i>Calamagrostis canadensis</i> | p1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Juncus acutiflorus</i>       | p1 | R1 |    | R1 |    | R1 |    | A2 | R1 | R1 |    | R1 | A4 | A4 |    |    | R1 | A2 | p1 |    |    |
| <i>Juncus subuliflorus</i>      |    | R1 |    | R1 |    |    |    |    |    | p1 |    |    |    |    |    |    |    | R1 | R1 | R1 |    |
| <i>Viola palustris</i>          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | p2 | p2 | R1 |    |
| <i>Genista anglica</i>          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | R1 | p1 | R1 |
| <i>Erica tetralix</i>           | p2 | R1 | R1 | R1 |    | R1 | R1 |    |    |    | p2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Potentilla erecta</i>        | p1 | p1 | R1 |    | R1 | R1 | p1 |    | R1 | R1 | p1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex nigra</i>              | p1 | R1 | R1 | p1 | R1 | p1 |    |    | R1 | p1 | p1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Malina coccinea</i>          | 8  | 4  | 6  | 5  | 3  | 5  | 8  | 1  | 4  | 6  | 9  | p1 | 5  | 4  | 4  | 5  | 7  | 9  | 7  | 4  | 6  |
| <i>Phragmites communis</i>      | p1 | p1 | p1 | A2 | A2 | A4 | A2 | 1* | 1* | A4 | p1 | 3  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Berula pubescens</i>         | R1 | R1 | R1 | R1 | R1 | R1 | R1 | R1 | R1 |    | R1 | R1 | p1 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Frangula alnus</i>           | R1 | p1 | R1 |    |    | p1 | R1 | R1 |    | R1 |    |    |    | R1 | R1 | R1 | R1 |    | p1 | R1 | R1 |
| <i>Salix cinerea</i>            | R1 |    | R1 |    | R1 | p2 |    | R1 |    |    | R1 |    |    | R1 | R1 |    | R1 |    |    | R1 | R1 |
| <i>Salix repens</i>             |    |    |    | R1 |    | p4 |    | R1 |    | R1 |    |    |    | p2 | R1 | R1 |    | R1 |    | 2  |    |
| <i>Quercus robur</i>            |    | R1 |    |    | R1 |    | R1 |    |    | R1 | R1 |    |    | R1 | R1 | R1 |    | R1 |    | R1 | R1 |

1 x komen voor:

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| <i>Carex palustris</i>      | 17 (R1) |
| <i>Festuca rubra</i>        | 5 (R1)  |
| <i>Succisa pratensis</i>    | 11 (R1) |
| <i>Lutula multiflora</i>    | 5 (p1)  |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | 4 (A2)  |



5-9-1978

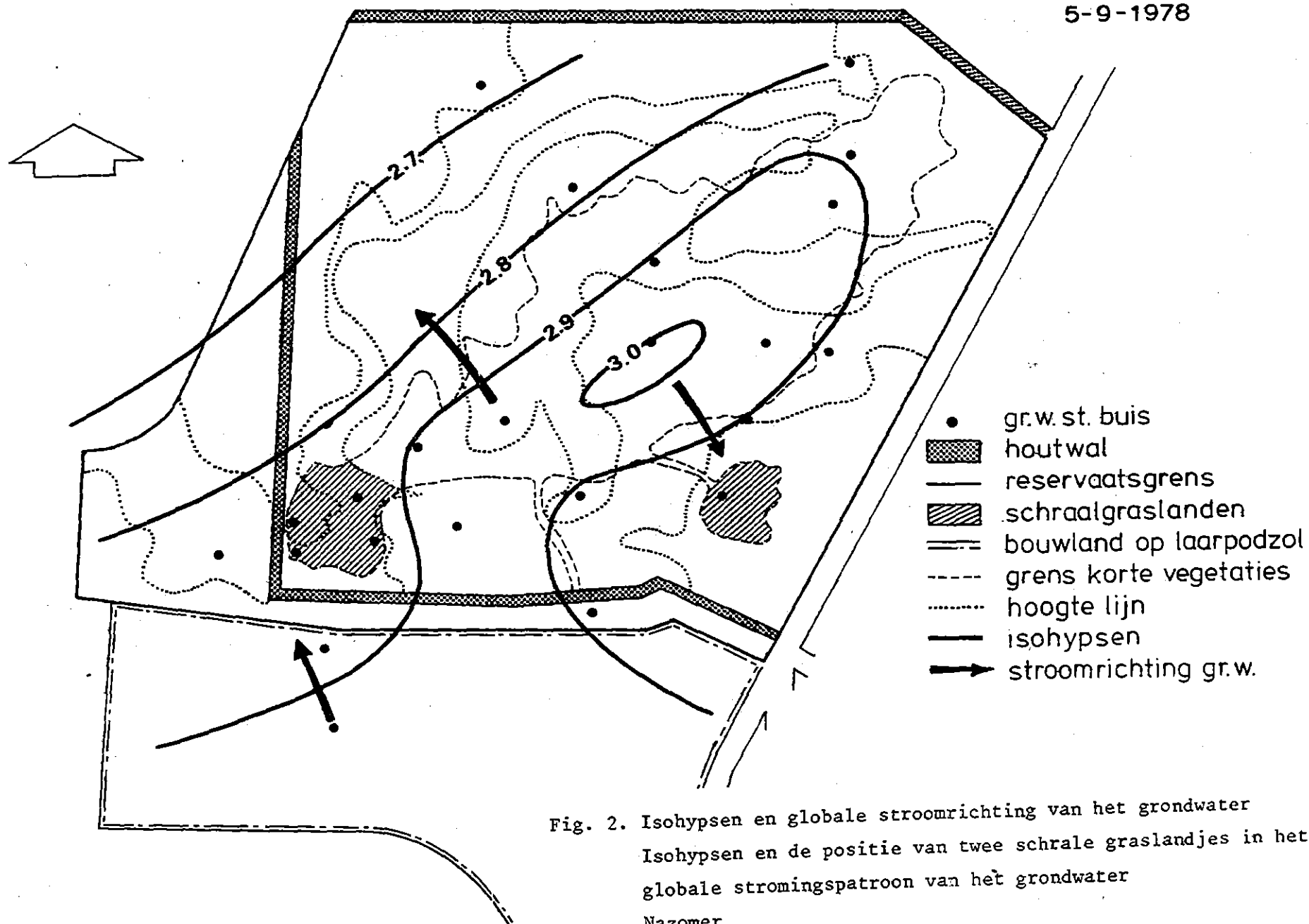


Fig. 2. Isohypsens en globale stroomrichting van het grondwater  
 Isohypsens en de positie van twee schrale graslandjes in het  
 globale stromingspatroon van het grondwater  
 Nazomer

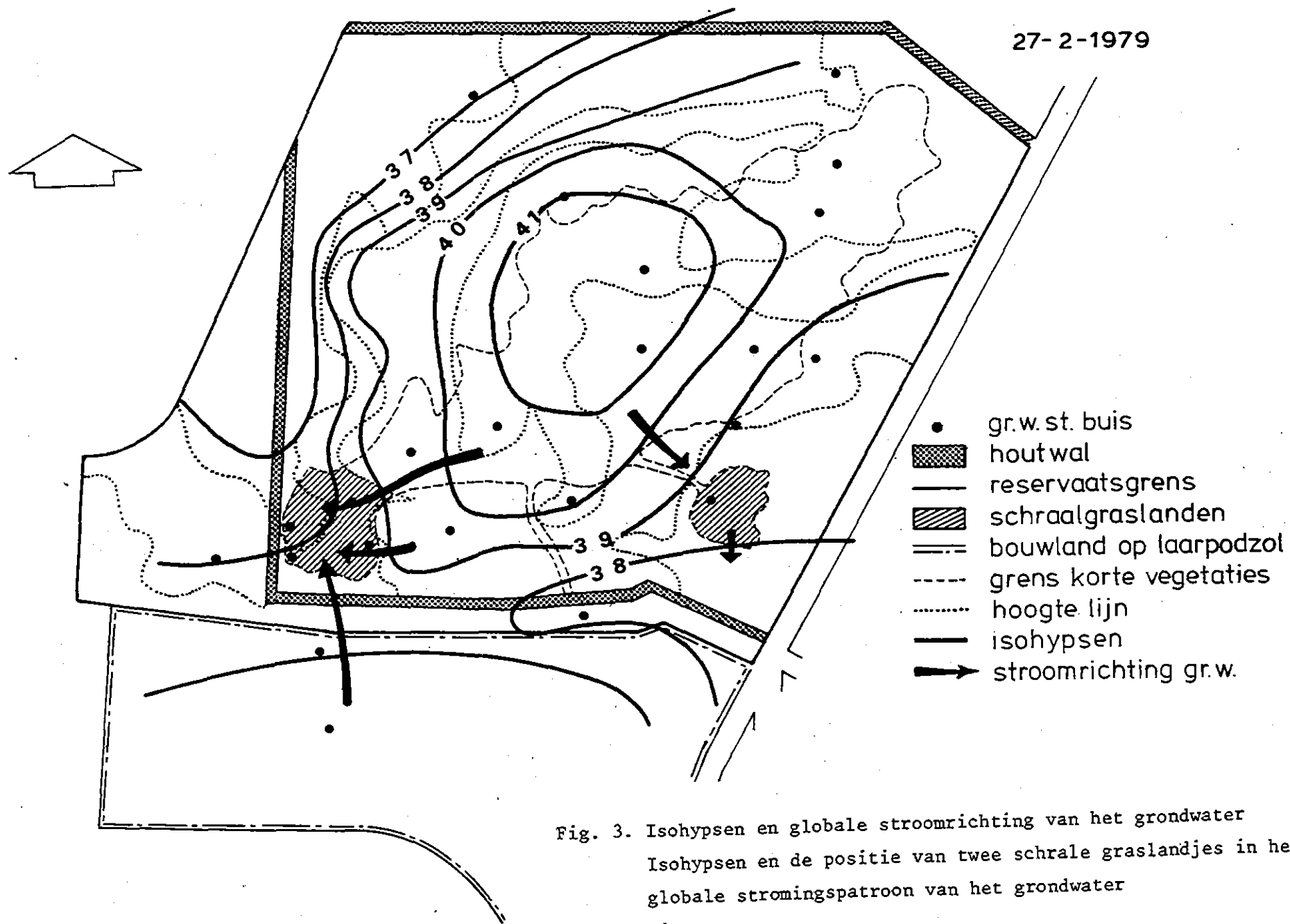


Fig. 3. Isohypsen en globale stroomrichting van het grondwater  
 Isohypsen en de positie van twee schrale graslandjes in het  
 globale stromingspatroon van het grondwater  
 Winter

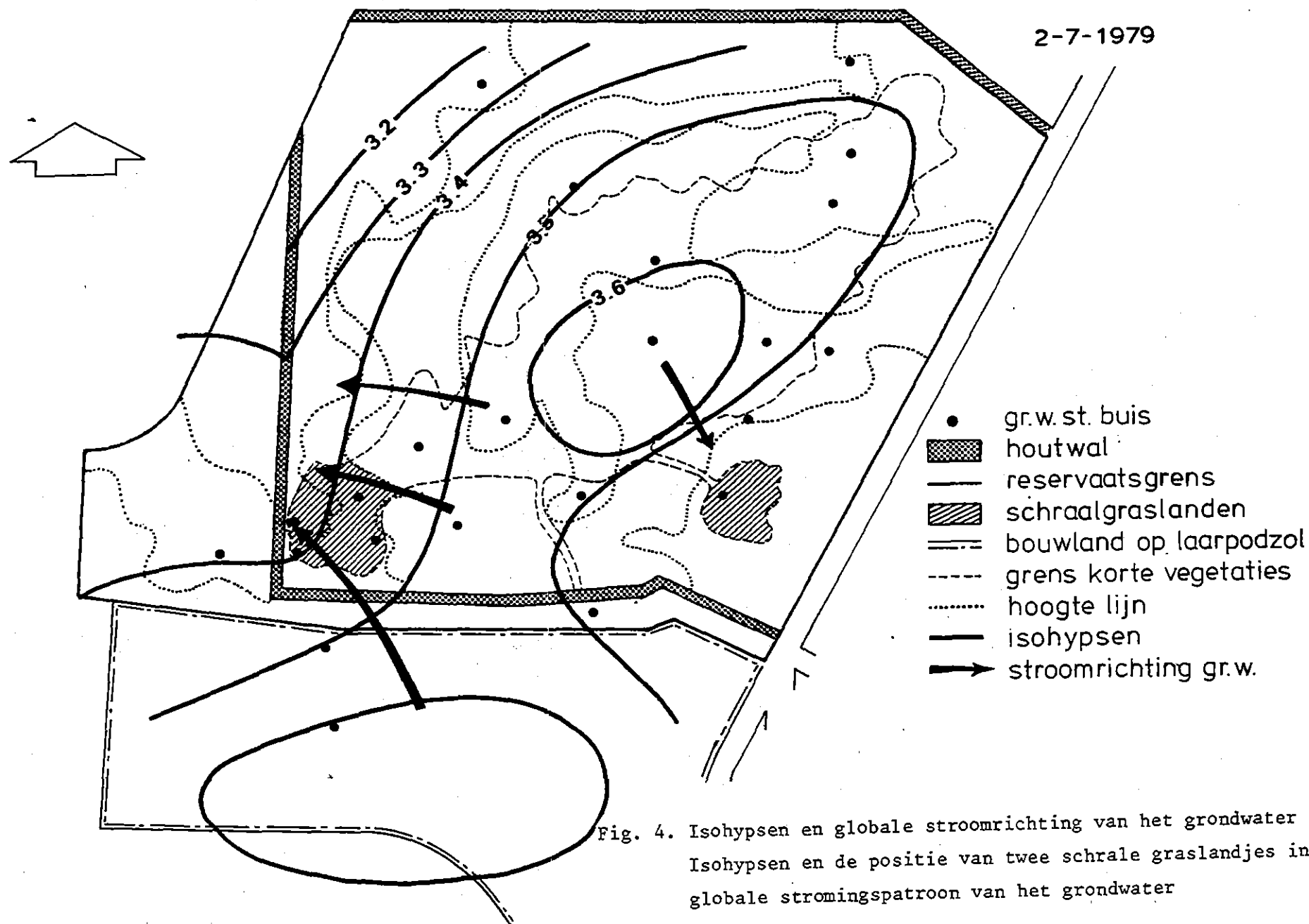


Fig. 4. Isohypsens en globale stroomrichting van het grondwater  
 Isohypsens en de positie van twee schrale graslandjes in het  
 globale stromingspatroon van het grondwater  
 Zomer

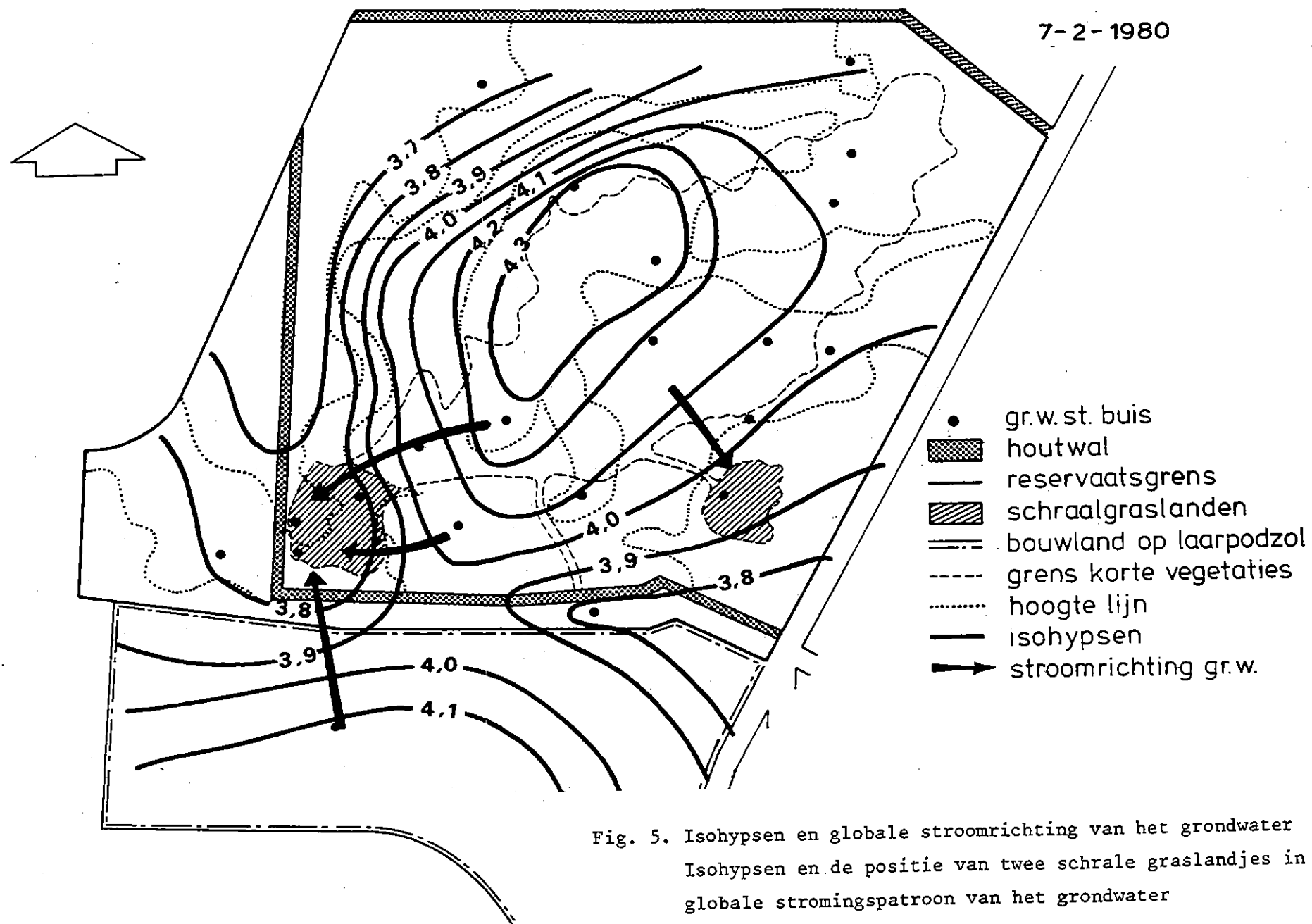


Fig. 5. Isohypsen en globale stroomrichting van het grondwater  
 Isohypsen en de positie van twee schrale graslandjes in het  
 globale stromingspatroon van het grondwater  
 Winter



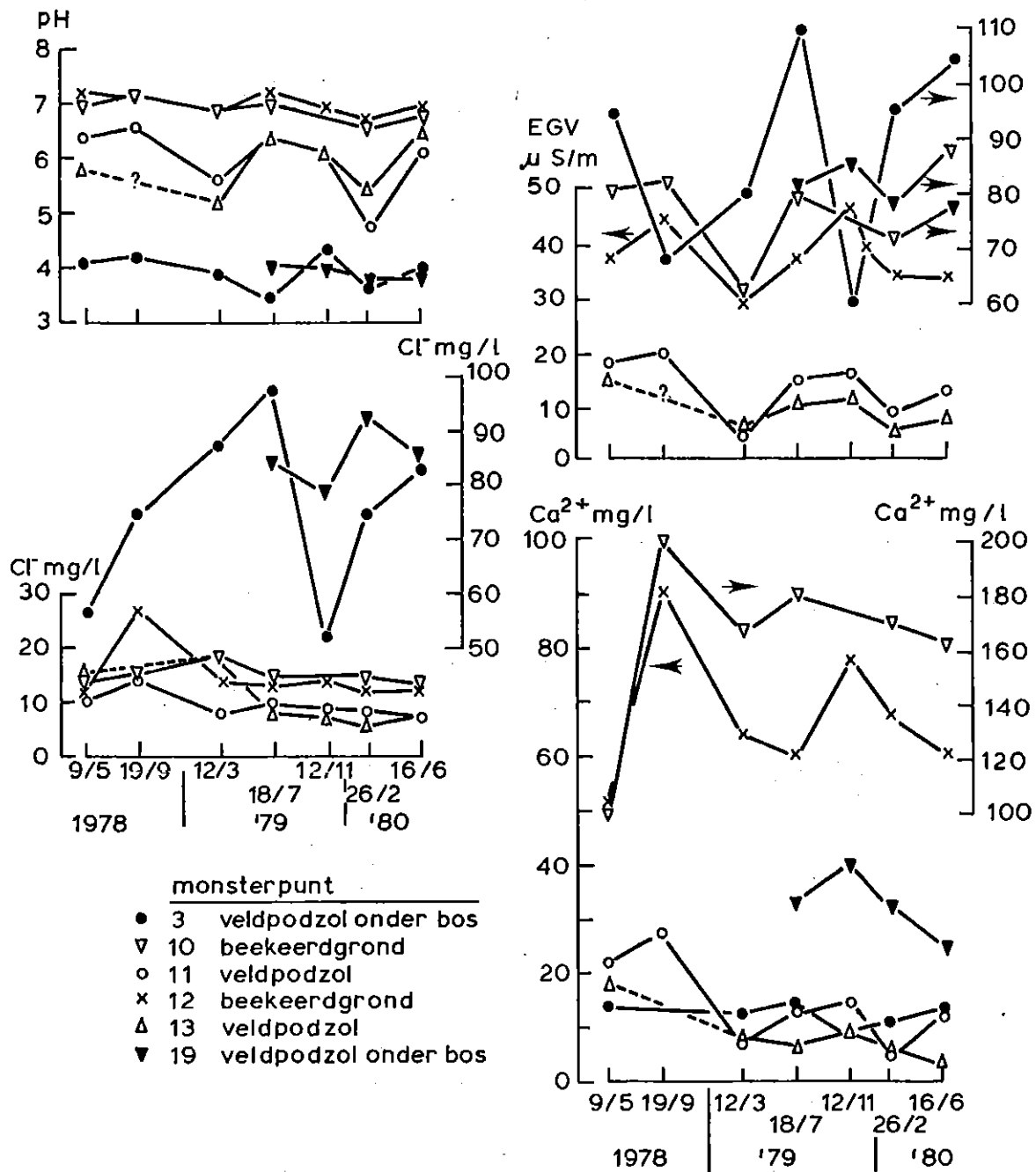
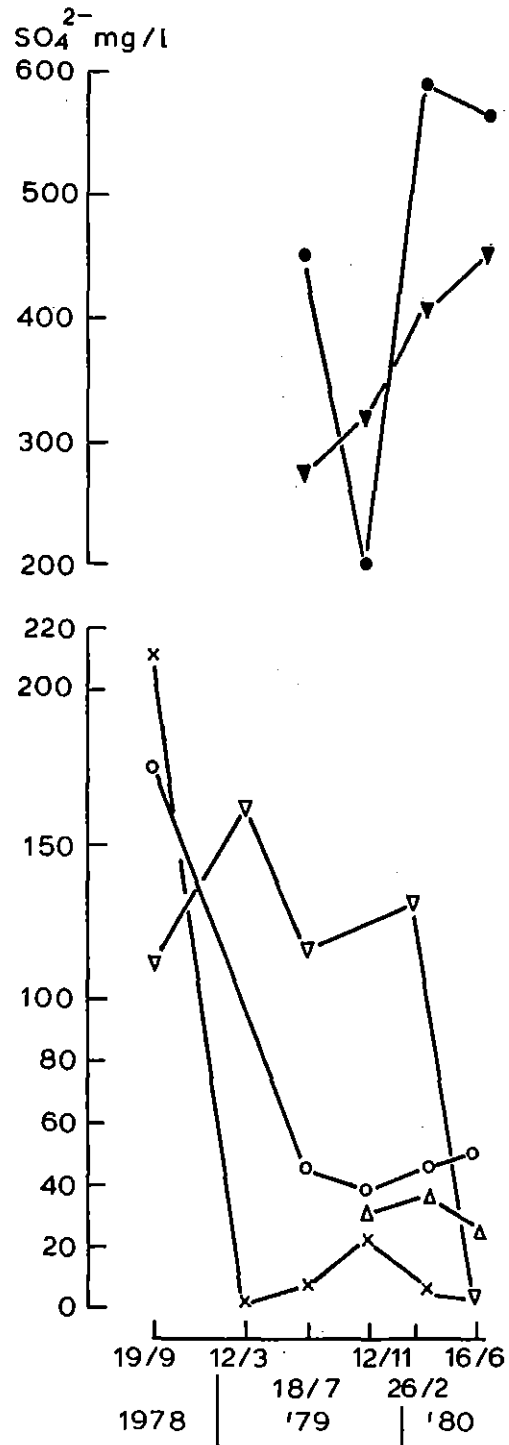
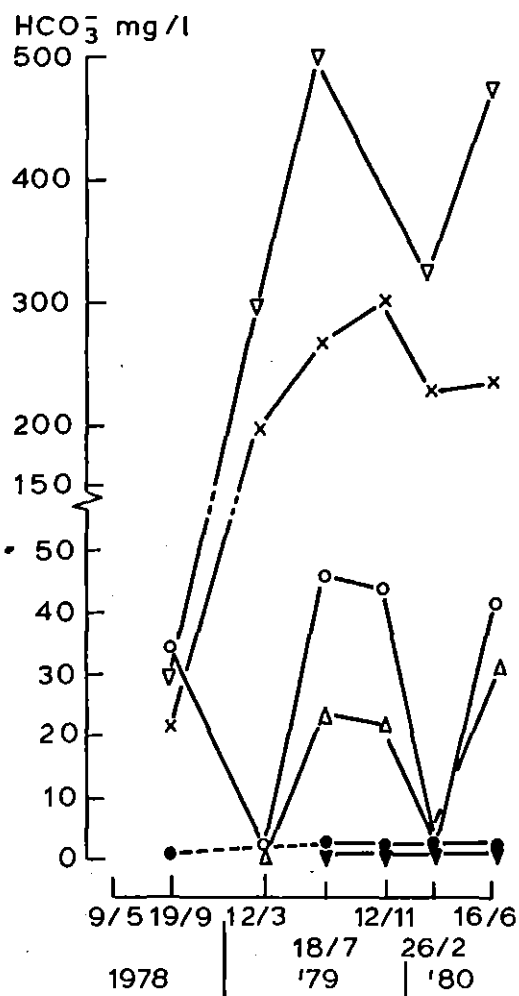


Fig. 6. Fluctuatie van enige chemische parameters in grondwater in de loop van twee jaren

monsterpunt

- 3
- ▽ 10
- 11
- x 12
- △ 13
- ▼ 19



Febr. 1980

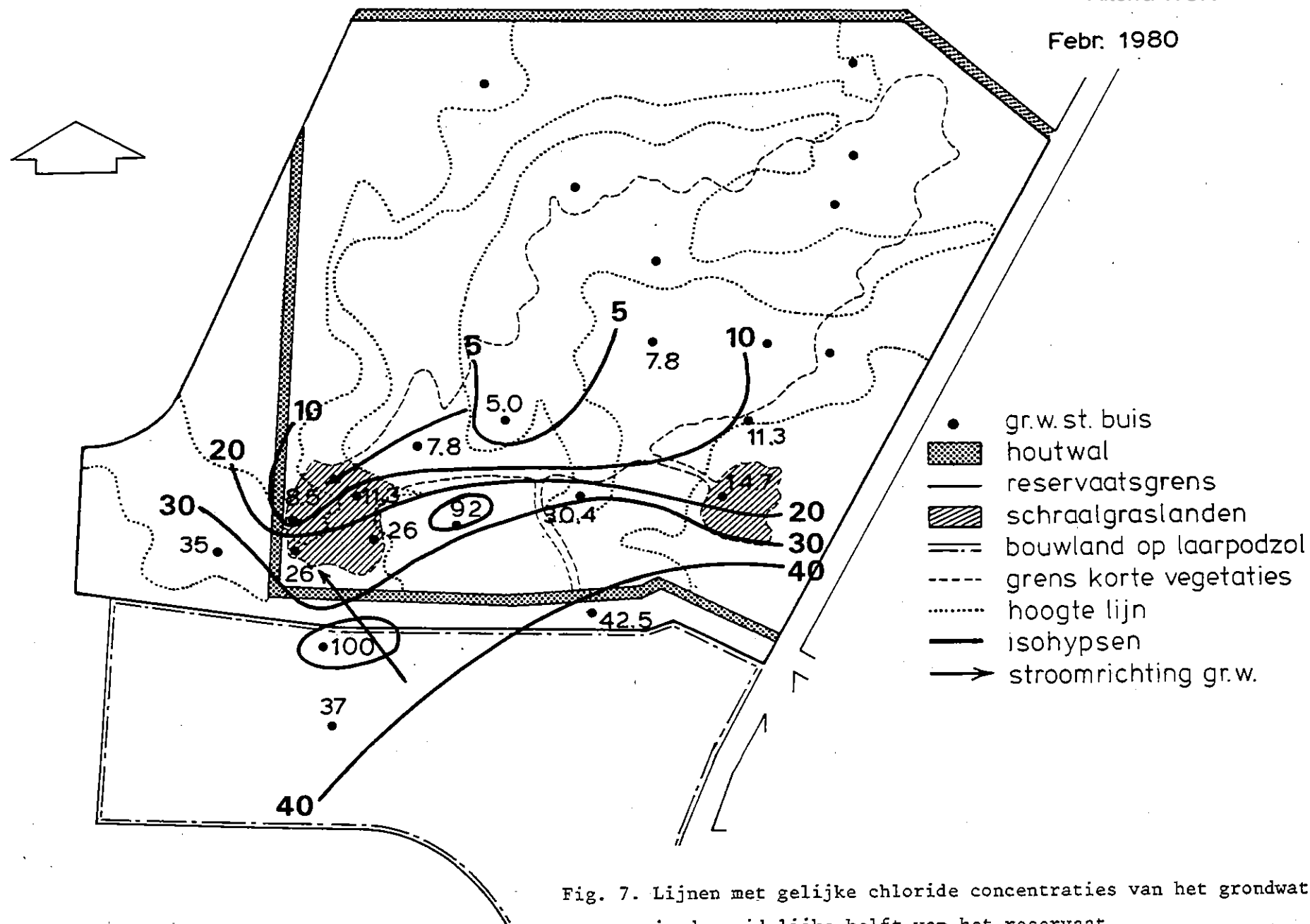


Fig. 7. Lijnen met gelijke chloride concentraties van het grondwater in de zuidelijke helft van het reservaat

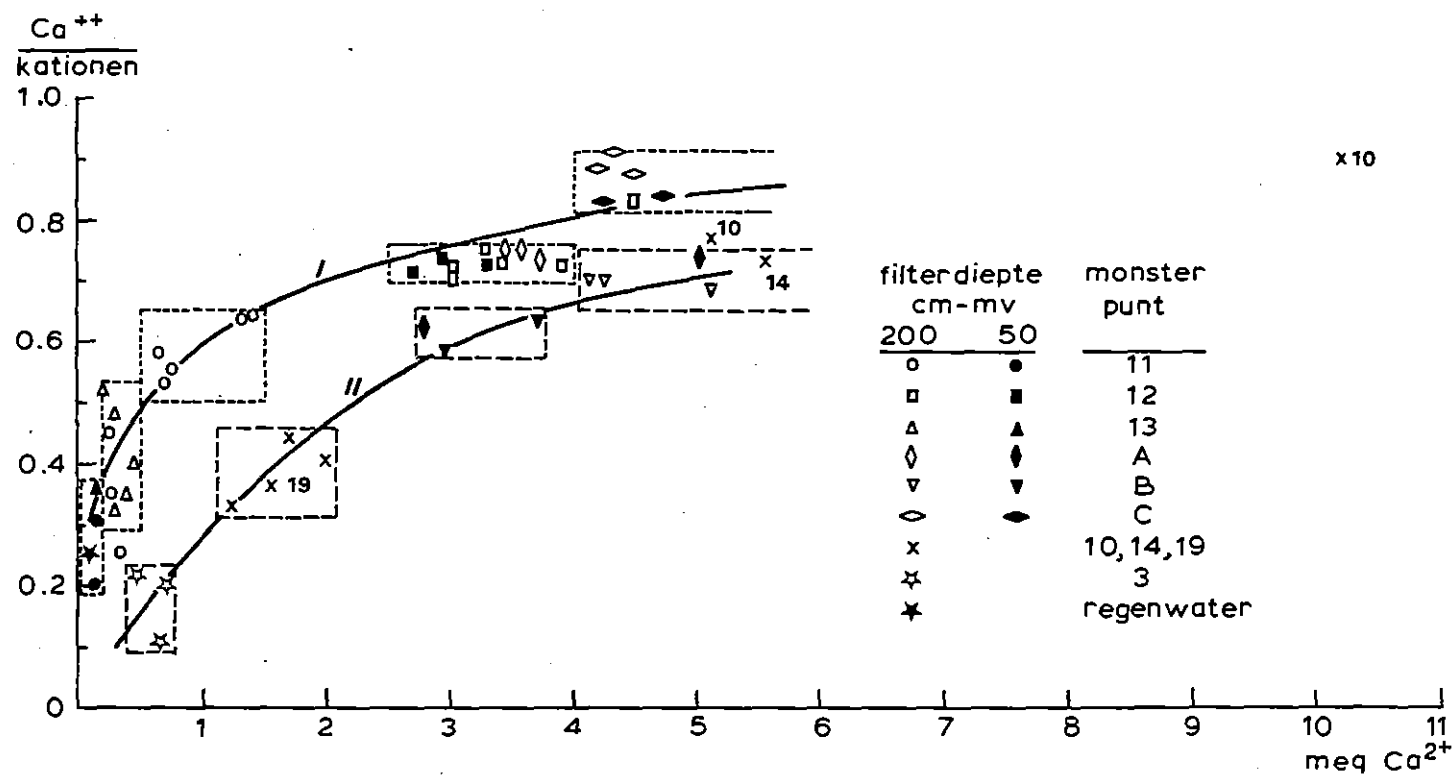


Fig. 8. Verbanden tussen de relatieve en absolute calcium concentra-  
 tie in het grondwater van twee verschillende systemen

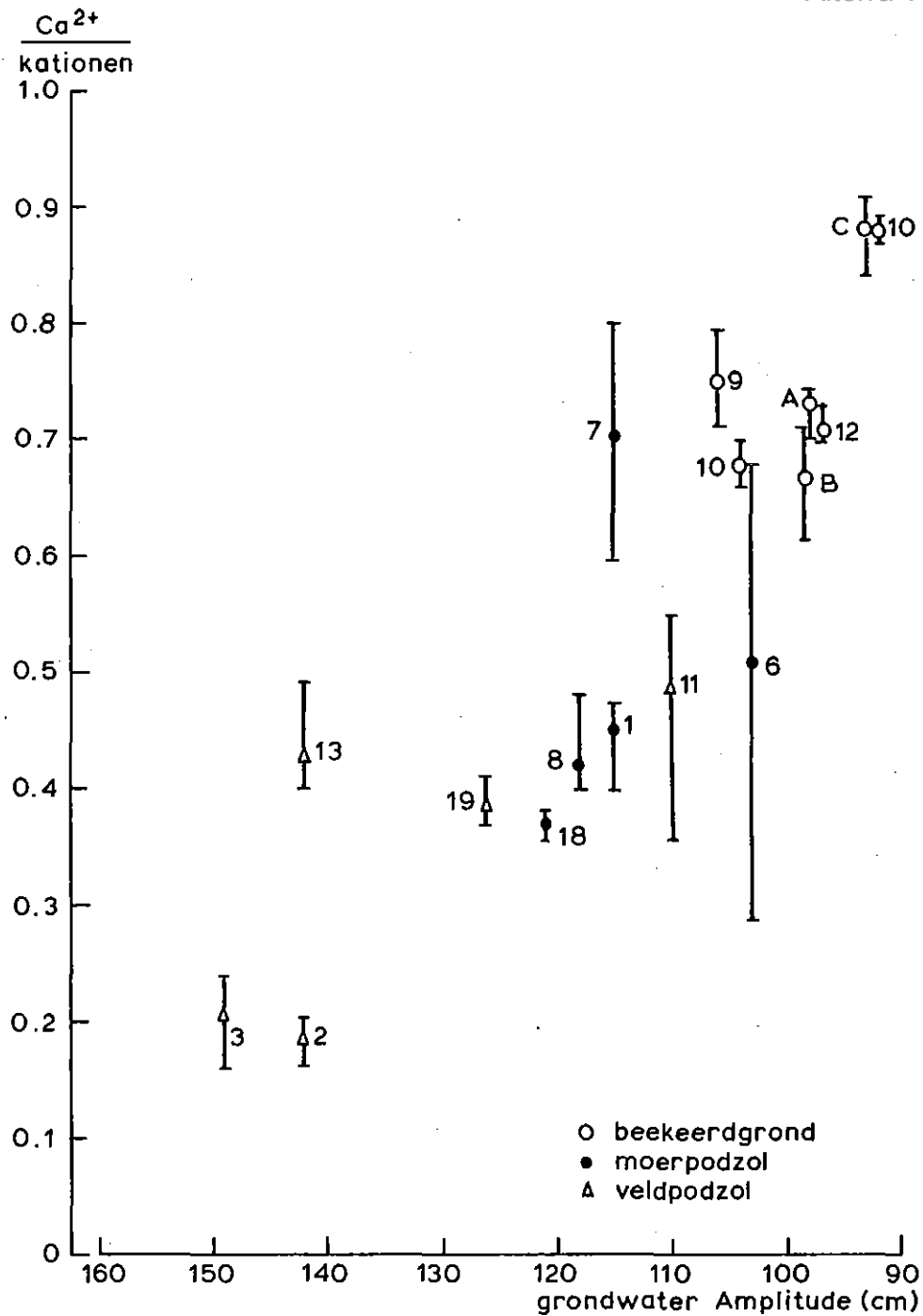


Fig. 9. Relatie tussen relatieve calcium concentratie en amplitudo van het grondwater

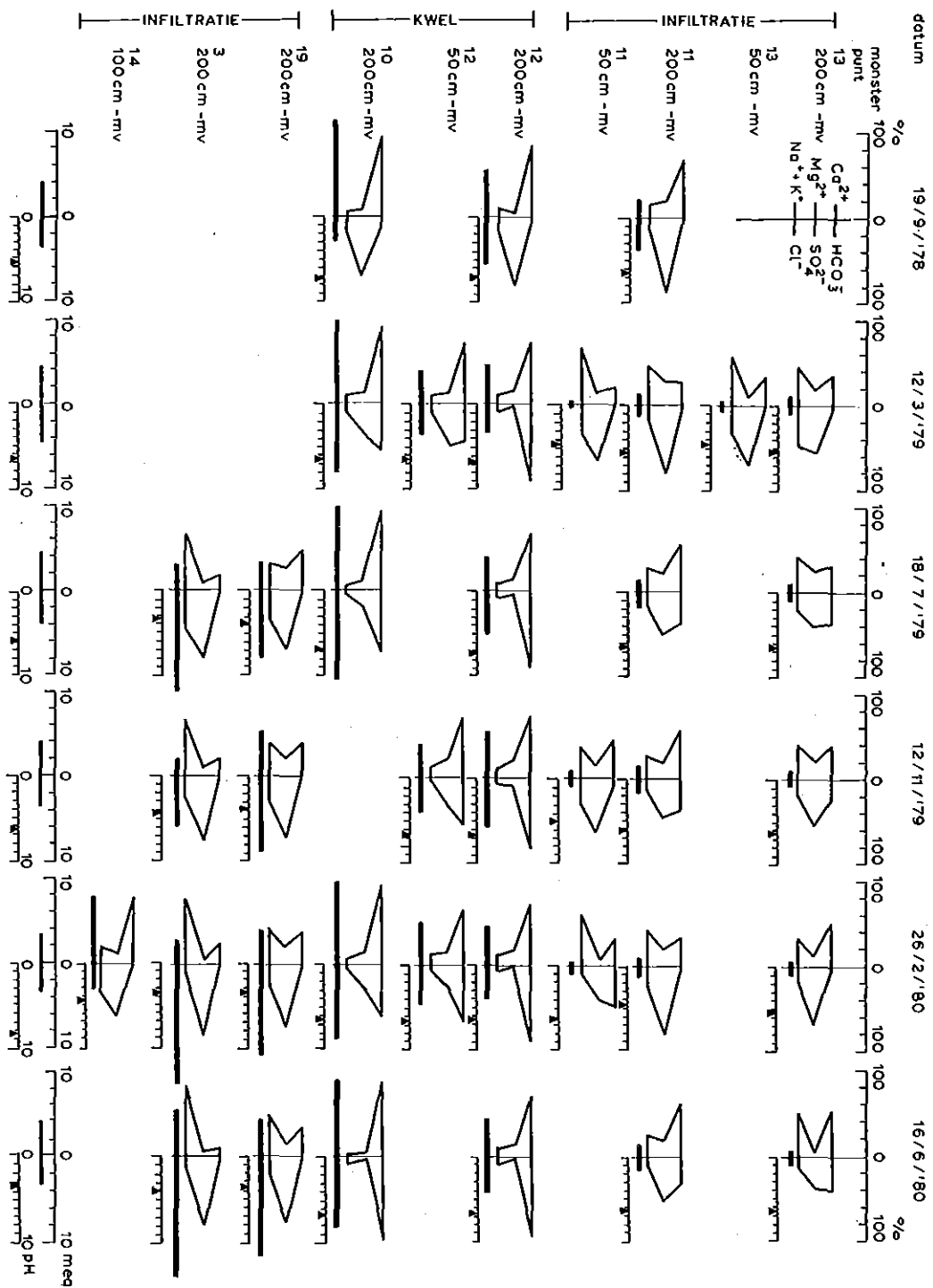


Fig. 10. Stiff diagrammen van het ondiepe en diepe grondwater onder bodemkundig uiteenlopende omstandigheden

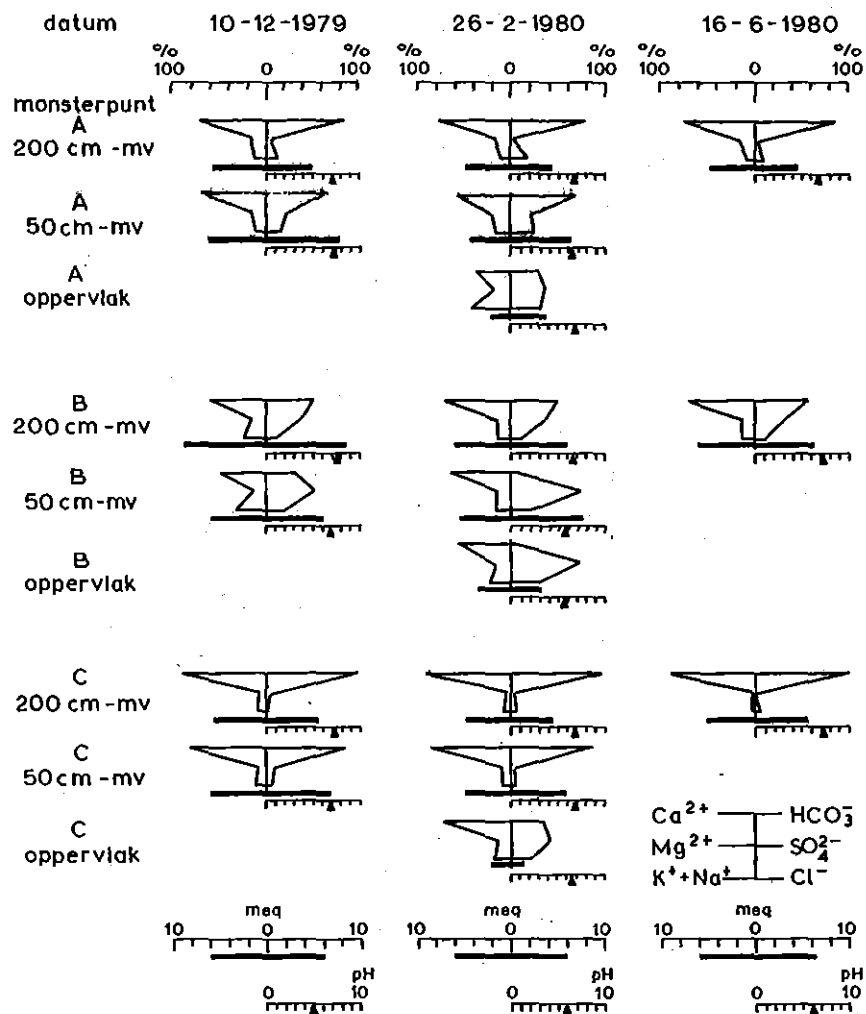


Fig. 11. Stiff diagrammen van oppervlakkig, ondiep en diep grondwater afkomstig van verschillende monsterpunten in het kwelprofiel van het ZW-schraalland

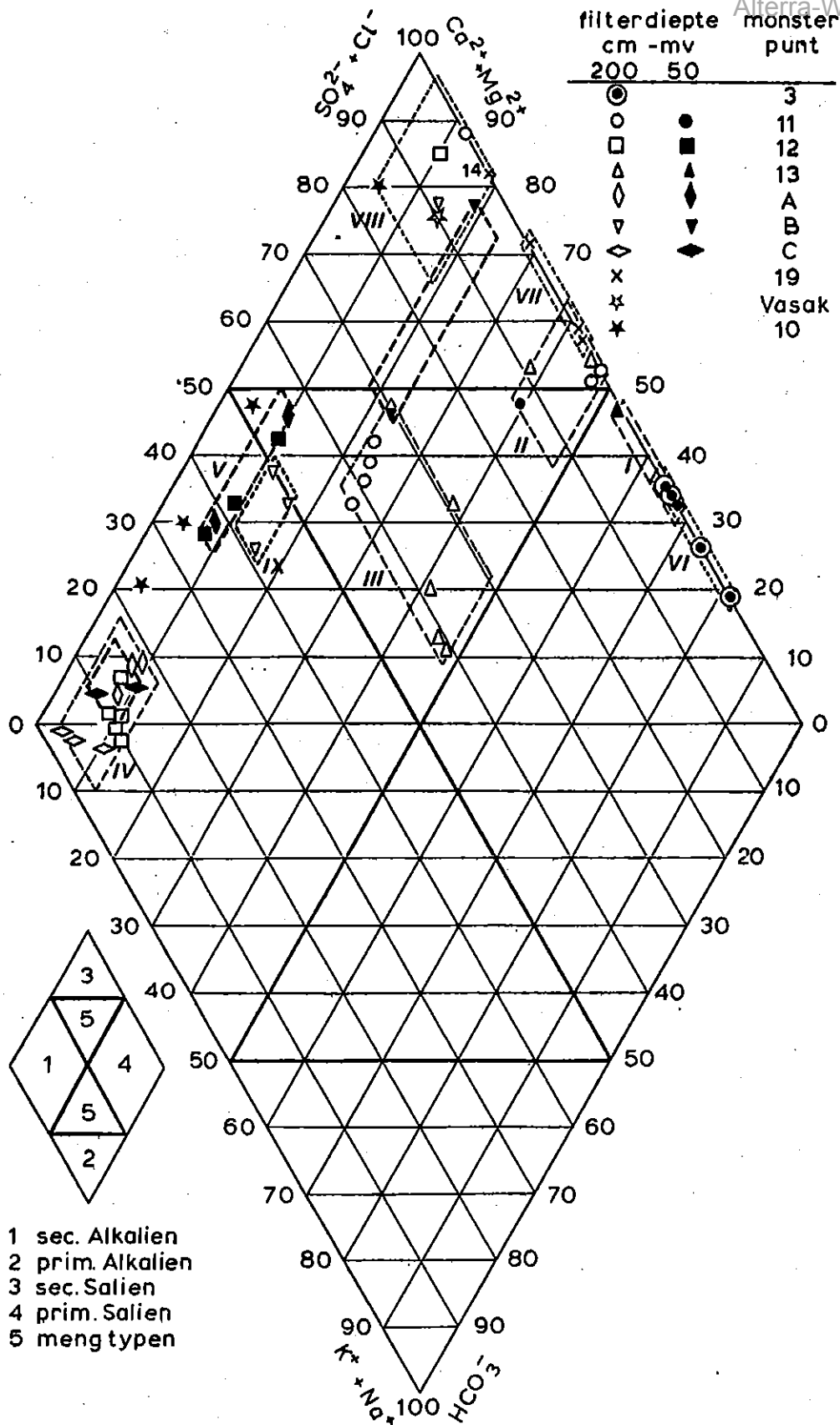


Fig. 12. Grondwatertypen gebaseerd op procentuele aandelen van kationen en anionen, uitgezet in een piperdiagram



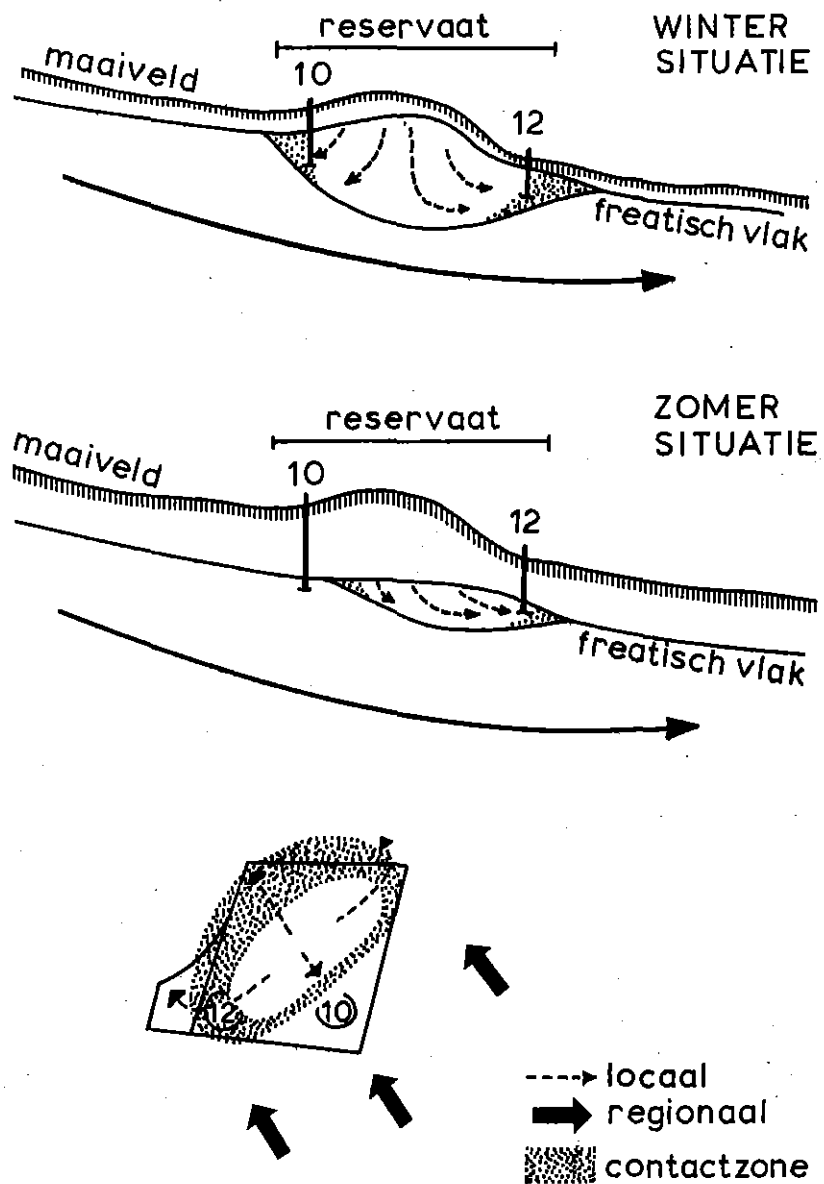


Fig. 13. Schematische voorstelling van de superpositie van het lokale stromingspatroon van het grondwater onder het reservaat op het regionale stromingspatroon

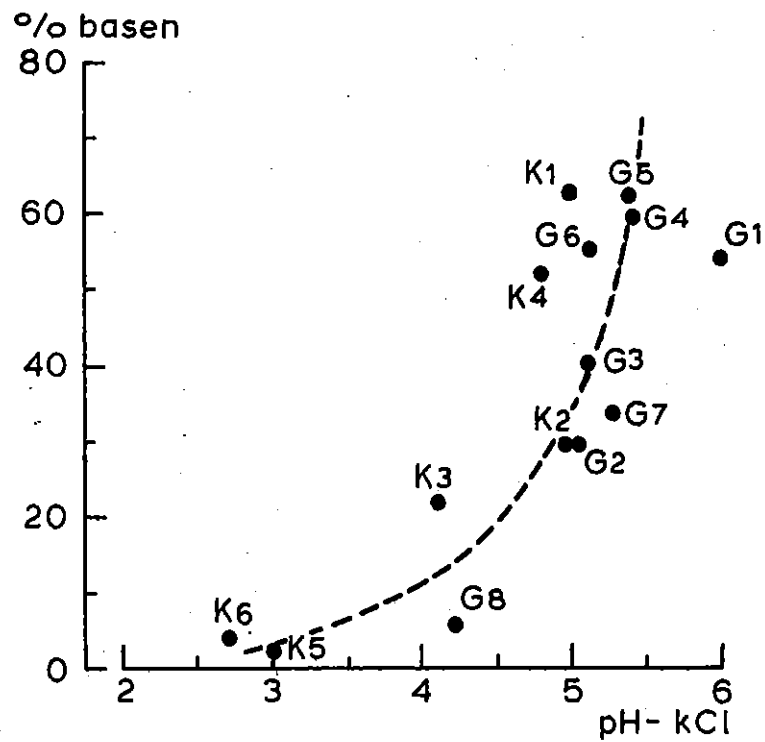


Fig. 14. Verband tussen de basenbezetting van het kationen uitwisselingscomplex en de pH-KCl in de bovenste bodemlaag (0-5 cm-m.v.)

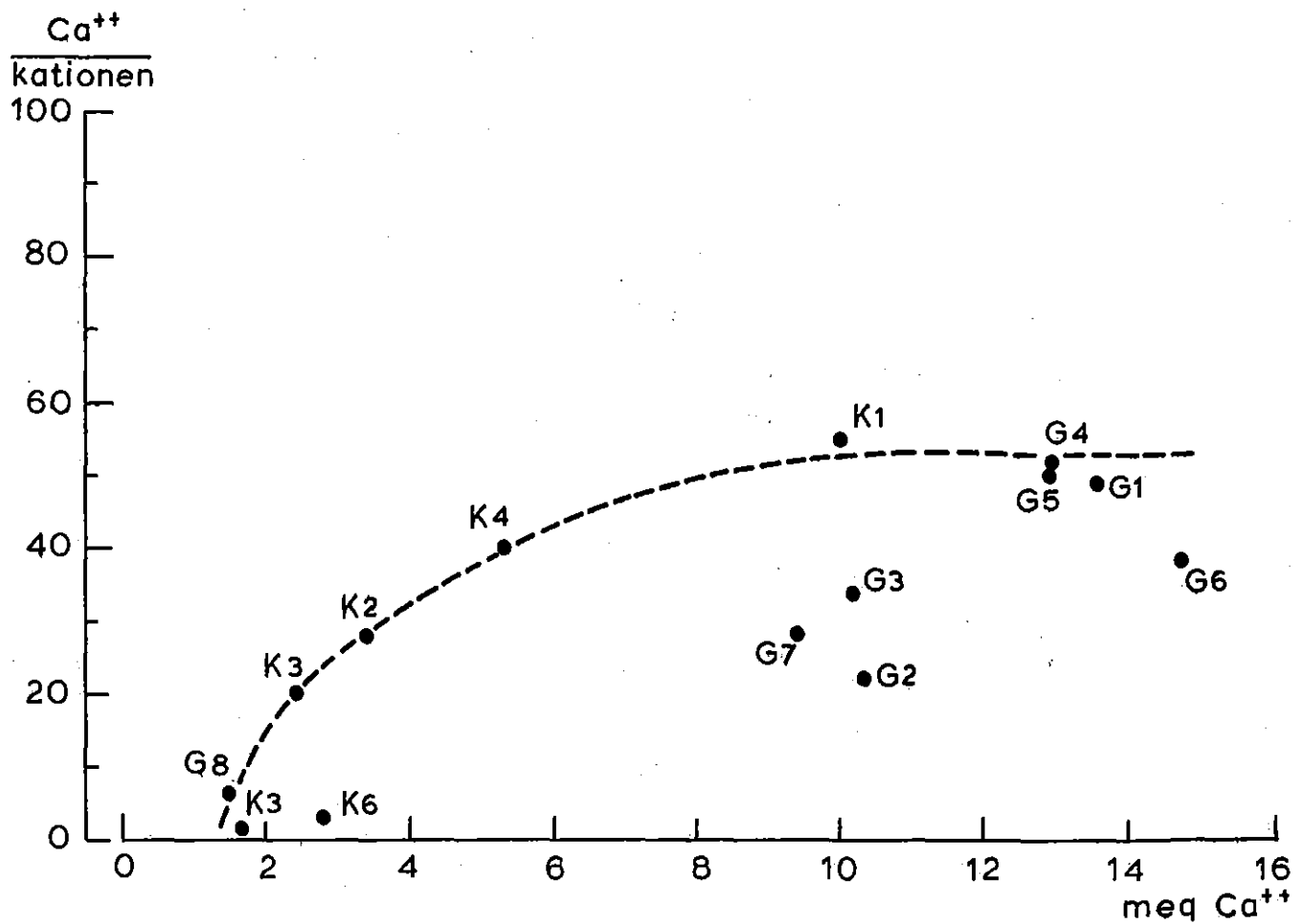


Fig. 15. Verband tussen de relatieve en de absolute calciumconcentratie van het kationen uitwisselingscomplex in de bovenste bodemlaag (0-5 cm-m.v.)

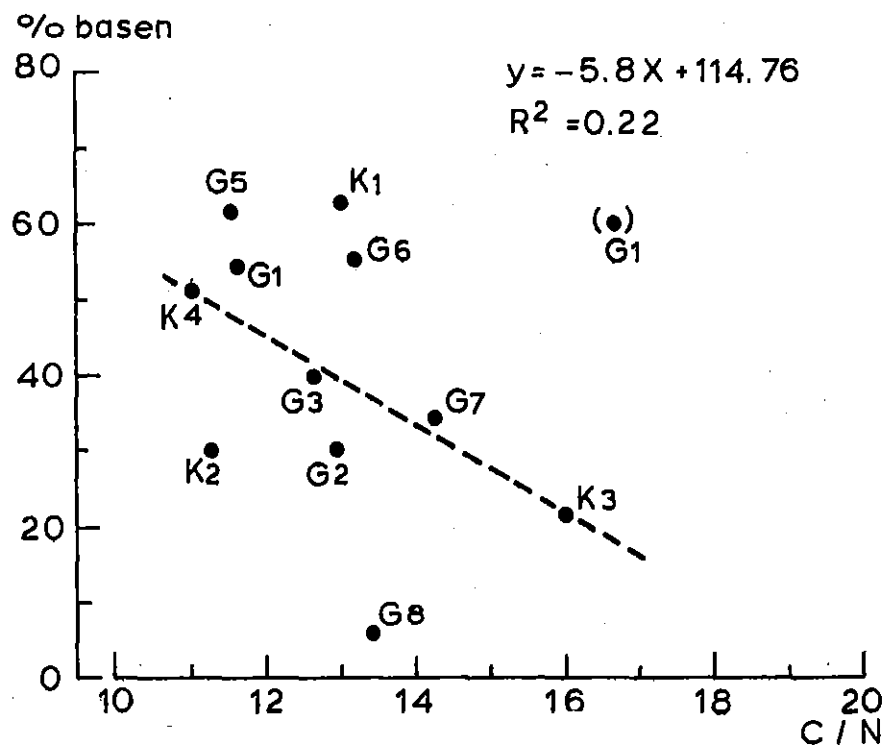


Fig. 16. Verband tussen de basenbezetting van het kationen uitwisselingscomplex en de C/N ratio in de bovenste bodemlaag (0-5 cm-m.v.)

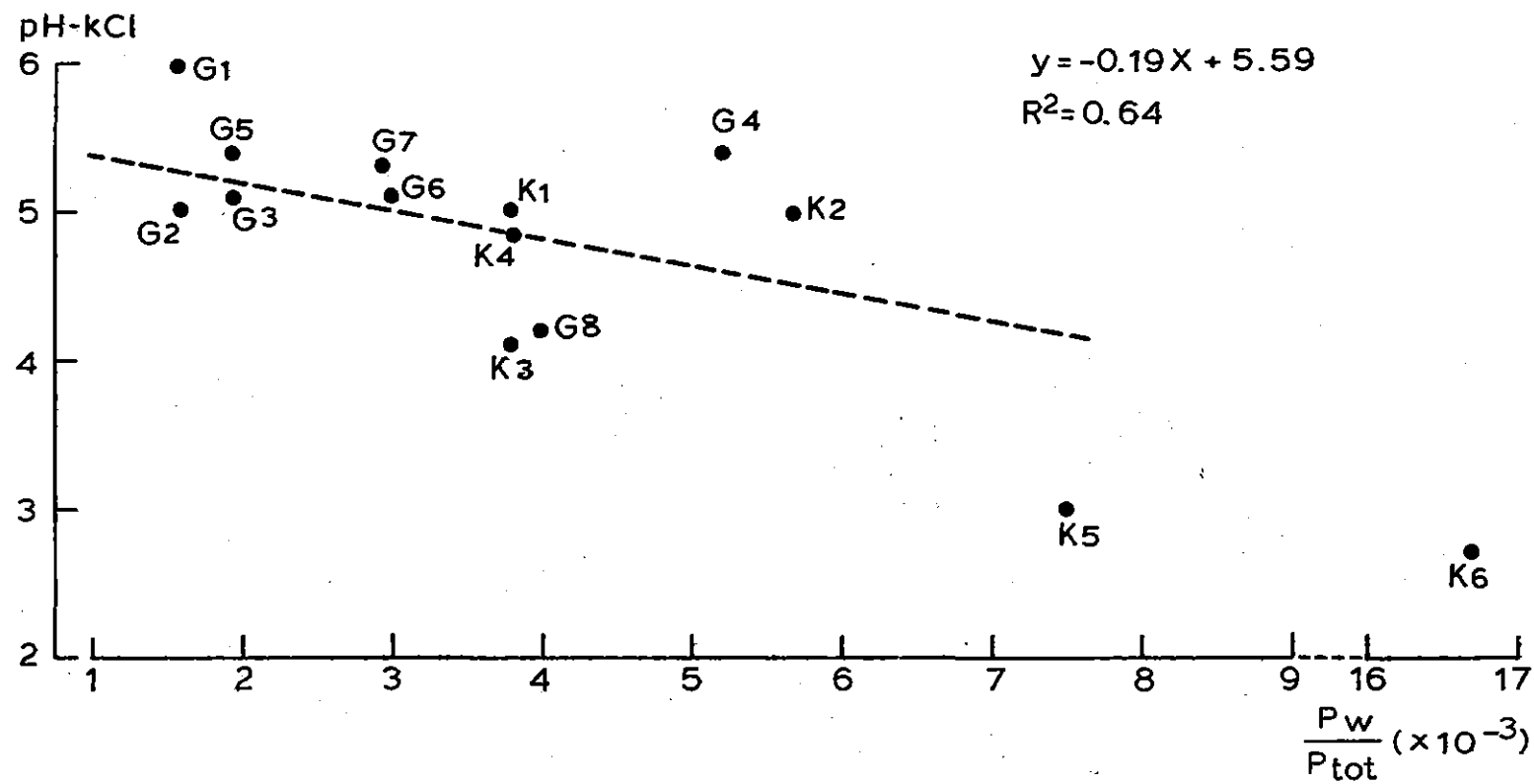


Fig. 17. Verband tussen de water oplosbare fosfaatfractie en de pH-KCl in de bovenste bodemlaag (0-5 cm-m.v.)

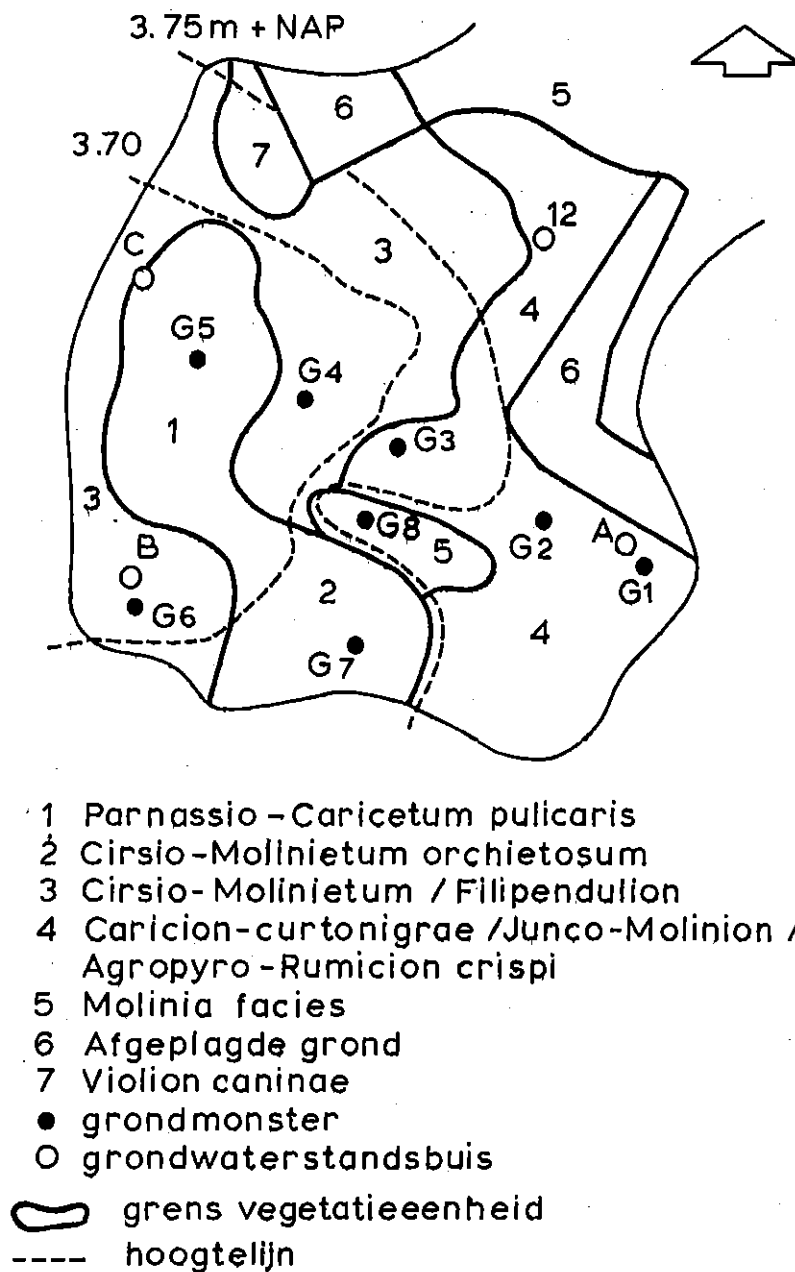


Fig. 18. Vegetatiekaart van het ZW-schraalland

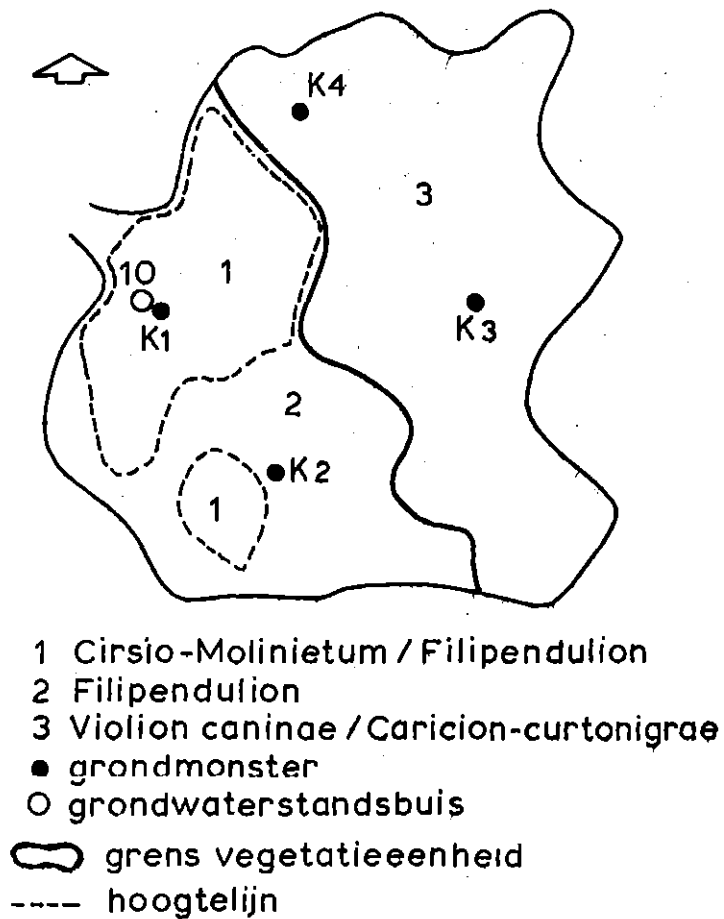


Fig. 19. Vegetatiekaart van het ZO-schraalland