

NN31545.1326

TA 1326 ^{II}

februari 1982

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BIBLIOTHEEK STARINGGEBOUW

AANVULLINGEN BETREFFENDE DE HYDROLOGIE VAN HET

CRM-RESERVAAT 'GROOT ZANDBRINK'

(vervolg op nota 1180)

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

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

31 DEC. 1982



0000 0006 3442

JSN175239-02

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. DOORLAATFAKTOREN	1
3. DE INVLOED VAN HET LEEMLAAGJE	8
4. HET VERBAND TUSSEN HET VOCHTDEFICIET EN DE GRONDWATERSTAND	12
5. VERBLIJFTIJD EN STROMING VAN HET GRONDWATER	16
6. pt-WAARDEN VAN HET GRONDWATER	21
7. MOGELIJKE MAATREGELEN VOOR HET TEGENGAAN VAN VERDERE GRONDWATERSTANDSDALINGEN	27
8. SAMENVATTING	31
LITERATUUR	33
BIJLAGE	

1. INLEIDING

In deze nota worden aanvullende onderzoeksresultaten behandeld over de hydrologie van het CRM-reservaat 'Groot Zandbrink'. Deze nota is een vervolg op nota 1180 (JANSEN en KEMMERS, 1980), waarin een relatie werd aangetoond tussen de vegetatie die op grond van de fysiognomie in typen was onderscheiden en enkele hydrologische parameters.

Naast het vaststellen van een aantal bodemfysische constanten wordt in deze nota nader ingegaan op het effect van een leemlaagje dat zich op geringe diepte in de ondergrond van het reservaat bevindt.

Verder kon door de continuering van de γ -transmissiemetingen worden nagegaan in hoeverre de gevonden relatie tussen de grondwaterstand en het vochtdeficiet reproduceerbaar is. Het grondwater is verder onderzocht met betrekking tot stroming en verblijftijd, terwijl volgens een in nota 1260 (JANSEN, 1981) beschreven methode relatieve verschillen tussen aan- en afvoerdrukken aangetoond zijn.

Hoewel het niet tot het doel van dit onderzoek gerekend kan worden, staan in het laatste hoofdstuk een aantal maatregelen vermeld die binnen of in de directe omgeving van het reservaat getroffen zouden kunnen worden om nadelige effecten van een verdere daling van het grondwater tegen te gaan.

2. DOORLAATFAKTOREN

De doorlatendheid van de bodem is in nota 1180 (JANSEN en KEMMERS, 1980) ter sprake gekomen naar aanleiding van de kD -waarde van het afdekkende pakket. De kD -waarde van dit pakket bedraagt bij het reservaar $\pm 130 \text{ m}^2 \cdot \text{etm}^{-1}$ (MEINARDI, 1978). De dikte (D) bedraagt 12 m,

zodat k_{hor} gelijk is aan ruim 10 m. etm^{-1} . Deze waarde is hoog, maar het pakket, de Formatie van Twente, bestaat naast leem- en fijnzandige lagen eveneens uit grond- en grofzandige lagen.

Voor de waterhuishouding van het bovenste grondwater in het reservaat zijn vooral de doorlaatfactoren van de ondergrond tot het leemlaagje en van het leemlaagje zelf van belang. Het leemlaagje is op een diepte van $\pm 2,4 \text{ m+NAP}$ gelegen. In hoeverre dit leemlaagje als hydrologische basis kan worden beschouwd, hangt naast de doorlaatfaktor af van de dikte van dit laagje (zie hfdst. 3).

Voor de bepaling van de doorlaatfactoren in het reservaat is onder andere uitgegaan van de formule van Kozeny (Landbouwhogeschool, 1973):

$$k = \frac{c}{\eta U^2} \cdot \frac{\epsilon^3}{(1 - \epsilon)^2}$$

Hierin is: k = doorlaatfaktor (m. etm^{-1})

c = constante (vlgs Hooghoudt: $c = 3200$)

η = viscositeit ($0,0131$ poise bij 10°C)

U = specifiek oppervlak van het zand (tussen 16 en 2000μ)
(cm^{-1})

ϵ = poriënvolume als fractie van het totale volume (-)

Verder is $U = \frac{1}{\ln d_2 - \ln d_1} \cdot \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)$ voor de fractie tussen de zandkorrels met de diameters d_1 en d_2 (cm). Van de bodem van het reservaat is op verschillende plaatsen en op verschillende diepten het percentage humus en de verdeling van de minerale delen over verschillende fracties bepaald. Deze gegevens staan in tabel 1. In deze tabel staat tevens de gemiddelde granulaire samenstelling van de ondergrond van de bodemtypen die in het reservaat voorkomen en waarvan de gegevens ontleend zijn aan analyses ten behoeve van de bodemkaart van het noordelijke gedeelte van de Gelderse Valei (STIBOKA, 1965).

Verder staan in tabel 1 de berekende U -cijfers en de doorlaatfactoren.

Tabel 1. Textuur, U-cijfers en doorlaatfactoren van een aantal bodemonsters van het natuurreservaat 'Groot Zandbrink'

Plek	Diepte (m-mv)	% humus	In % van de minerale delen (μm)								U-cijfer	k^{-1} (m.etm ⁻¹)	
			afslibbaar		fijn zand			grof zand					
			<2	2-16	16-50	50-105	105-150	150-210	210-300	300-2000			
10	0,05	3	4	2	11	21	28	20	9	5	116	1,8	
12	0,05	7	9	4	14	18	22	18	9	6	127	1,5	
	1,0	0	3	0	← 19 →	←————— 78 —————→					80	3,9	
	2,0*	5	6	7	35			51				133	1,4
	3,0	0	3	0	17			79				75	4,4
19	1,0	0	3	0	32			65				113	1,9
	2,0	0	3	0	37			60				126	1,6
	2,4*	3	5	4	34			56				125	1,6
	3,5	2	7	6	50			37				175	0,8
3	1,0	0	3	0	26			71				98	2,6
	2,0	0	3	0	32			65				113	1,9
	3,0*	9	6	9	52			32				187	0,7
	3,5	0	3	0	19			76				81	3,8
Ondergrond gemiddeld		0	2	← 9 →	14	←————— 77 —————→					94	2,8	

*leemlaagje

Bij de berekening van de doorlaatfactoren is voor de poriënfractie (ϵ) van de fijnzandige ondergrond een gemiddelde waarde van 0,35 aangehouden.

Indien de poriënfractie 0,25 zou bedragen, zou de doorlaatfactor 0,3 x zo groot zijn en met poriënfractie 0,45 zou de doorlaatfactor 3,0 x zo groot zijn.

Voor de situering van de verschillende plekken wordt verwezen naar bijlage A.

Uit de tabel blijkt dat de ondergrond van het reservaat tot de diepte waarop bemonsterd is, goed tot zeer goed doorlatend is. Er treden zowel in horizontale als in verticale richting verschillen in doorlatendheid op, die enkele meters per etmaal kunnen bedragen. Bij het bemonsteren van het leemlaagje is als gevolg van de diepteligging en de geringe dikte ervan een vermenging opgetreden met een kleine hoeveelheid materiaal van de boven- en onderliggende lagen.

Dit heeft tot gevolg dat de doorlaatfactoren voor dit laagje zoals deze in tabel 1 vermeld staan mogelijk wat aan de hoge kant zijn. De doorlaatfaktor voor de ondergrond die berekend is met de gegevens van bodemanalyses ten behoeve van de bodemkaart, komt goed overeen met de gemiddelde doorlaatfaktor van de zandondergrond op 1 en 2 m beneden het maaiveld. Deze bedragen respectievelijk 2,8 en 2,4 m. etm^{-1} .

Een andere methode om aan de hand van de granulaire samenstelling van de bodem de verzadigde doorlatendheid ervan te berekenen geeft BLOEMEN (1979). Uitgaande van de korrelgrootteverdelingsindex f en de mediaanwaarde, md van de korrelgroottefractie van 2-2000 μm is de doorlaatfaktor te berekenen:

$$k = 0,02 \text{ md}^{1,93} f^{-0,74}$$

De korrelgrootteverdelingsindex is een maat voor de helling van de gesommeerde gewichtspercentages van de korrelgroottefracties, ofwel:

$$f = \frac{\sum_1^n (P_{i+1} - P_i) \frac{\log \frac{P_{i+1}}{P_i}}{\log \frac{S_{i+1}}{S_i}}}{P_n - P_1}$$

Hierin is S_i de bovengrens van een korrelgroottefractie en P_i het bijbehorende gecumuleerde gewichtspercentage.

Het aantal fracties die vermeld staan in tabel 1 is in de meeste gevallen te gering om de index f en de mediaanwaarde md ervan te bepalen. Daartoe zijn een aantal analyses met een overeenkomstige samenstelling samengevoegd en is de gemiddelde cumulatieve verdeling hiervan, rekening houdend met de verdeling van de meer completere analyses, uitgezet in fig. 1. Aan de hand van deze verdeling kan de md -waarde, rekening houdend met het niet meetellende percentage $< 2 \mu\text{m}$, direct uit het figuur worden afgelezen, terwijl de korrelgrootteverdelingsindex door het onderscheiden van een aantal fracties, berekend kan worden. Vervolgens kan de doorlaatfaktor worden bepaald. De mediaanwaarden, de korrelgrootteverdelingsindices en de doorlaatfactoren staan vermeld in tabel 2.

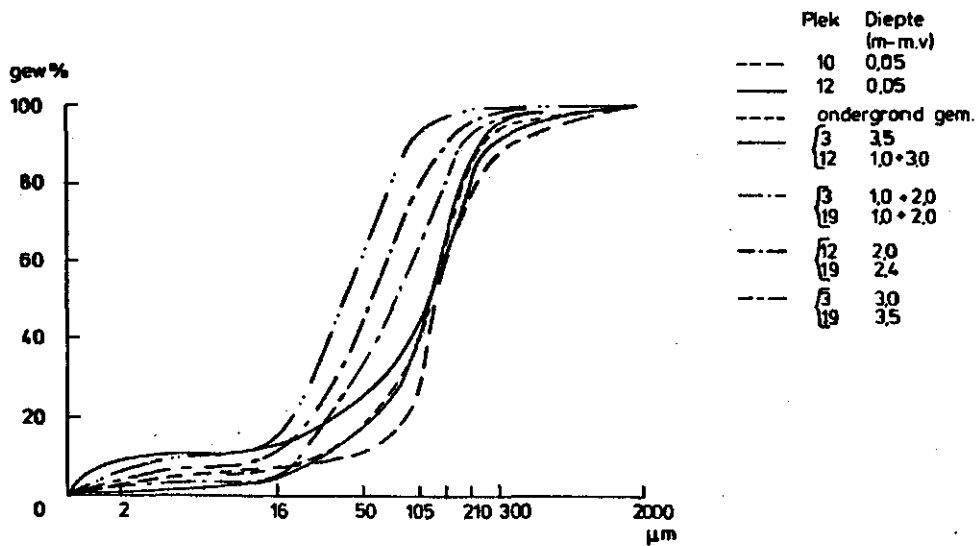


Fig. 1. Gecumuleerde korrelgrootteverdeling van een aantal bodemonsters van het natuureservaat 'Groot Zandbrink'

Tabel 2. Mediaanwaarde, korrelgrootteverdelingsindex en doorlaatfactoren van een aantal bodemonsters van het natuureservaat 'Groot Zandbrink'

Plek	Diepte (m-m.v)	md (μm)	f	k ($\text{m} \cdot \text{etm}^{-1}$)
10	0,05	125	0,99	2,3
12	0,05	125	0,68	2,9
ondergrond gemiddeld		130	1,30	2,0
{ 3	3,5	130	1,13	2,2
{ 12	1,0 + 3,0			
{ 3	1,0 + 2,0	85	1,11	1,0
{ 19	1,0 + 2,0			
{ 12	2,0*	60	1,09	0,5
{ 19	2,4*			
{ 3	3,0*	45	1,25	0,3
{ 19	3,5			

*leemlaagje

De berekende doorlaatfactoren in tabel 2 voor een aantal plaatsen ruim een faktor 2 kleiner dan de in tabel 1 berekende doorlaatfactoren. In nagenoeg alle gevallen duiden de doorlaatfactoren echter op een goede doorlatendheid ($> 0,4 \text{ m. etm}^{-1}$).

De in de tabellen 1 en 2 genoemde doorlaatfactoren blijken in orde van grootte redelijk overeen te komen met enkele in de literatuur genoemde factoren voor gronden met een vergelijkbare samenstelling. DE VRIES (1942) geeft voor cover sand en voor slightly loamy cover sand doorlaatfactoren van respectievelijk 1,87 en 2,18 m. etm^{-1} . RIJTEMA (1970) geeft voor medium fine sand een waarde 1,10 m. etm^{-1} , terwijl de LANDBOUWHOGESCHOOL (1973) voor middel fijn dekzand een marge in de doorlatendheid wordt aangehouden van 1-5 m. etm^{-1} .

Behalve aan de hand van de granulaire samenstelling is de doorlatendheid te berekenen uit de stijgsnelheid van het water in een leeggepompt boorgat. De meest gangbare methode hiervoor, de boorgatenmethode, is in het reservaat niet bruikbaar. Het boorgat spoelt in de zandige bodem beneden de grondwaterspiegel snel dicht. Bij de piëzometermethode wordt dit probleem ondervangen door een buis met over een bepaalde lengte een filter in het boorgat te plaatsen. De doorlaatfaktor is te berekenen uit:

$$k = \frac{A'R^2}{\bar{y}} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad (\text{LANDBOUWHOGESCHOOL, 1973})$$

Hierin is (zie eveneens fig. 2):

k = doorlaatfaktor (cm. etm^{-1})

A' = faktor afhankelijk van de lengte (L) en de straal (R) van het filter. Deze faktor kan uit fig. 3 worden afgelezen

Δy = gemiddelde stijging tussen twee metingen (cm)

Δt = tijdsduur tussen twee metingen (sec.)

\bar{y} = gemiddelde stand tussen de eerste en de laatste meting beneden het grondwaterniveau (cm)

Met de piëzometermethode wordt de doorlaatfaktor in de omgeving van het filter bepaald. Door de meting in een klein volume grond kunnen er toevallige afwijkingen optreden. De samenstelling van de onder-

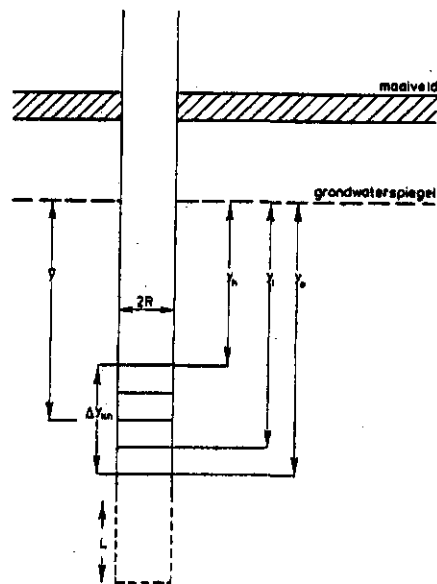


Fig. 2. Schema van de opstelling van de piëzometerbuis voor de bepaling van de doorlaatfaktor

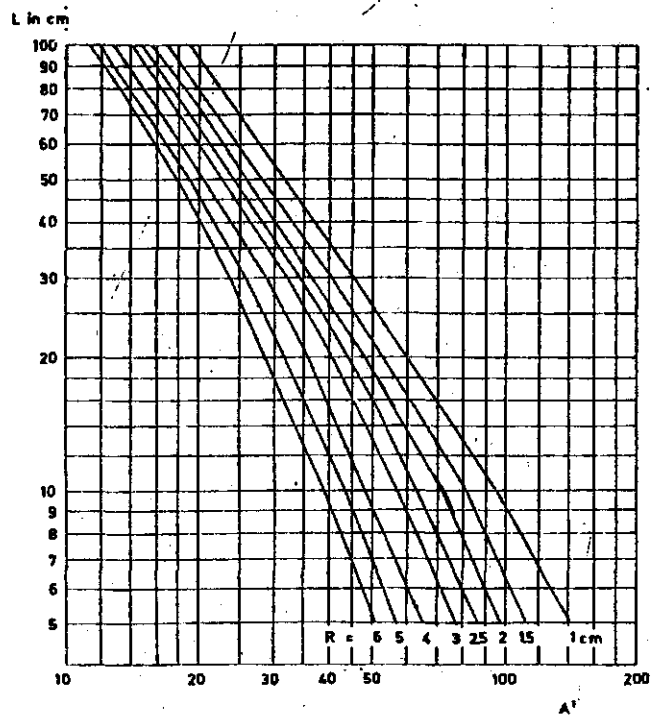


Fig. 3. Bepaling van A' uit de lengte (L) en de straal (R) van een filter ten behoeve van de piëzometermethode

grond in het reservaat, met name het lutumgehalte, varieert plaatselijk, zodat op meerdere plekken metingen zijn uitgevoerd van de grondwaterstandsbuizen waarin deze metingen plaatsvonden is de onderste 15-20 cm geperforeerd, terwijl de straal van de buizen 1,5 cm bedraagt. Uit fig. 3 kan worden afgelezen dat A' in dit geval ongeveer 60 bedraagt.

Als gevolg van bovengenoemde afwijkingen zijn niet representatief geachte metingen niet in beschouwing genomen. Uit de andere metingen werden doorlaatfactoren bepaald die varieerden van 2,0 tot 2,5 m.etm⁻¹. Van het leemlaagje kon als gevolg van de geringe dikte ervan met de piëzometermethode geen doorlaatfaktor worden bepaald. Van de onder het leemlaagje gelegen laag zijn eveneens geen doorlaatfactoren bepaald.

Doorlaatfactoren kunnen nauwkeurig bepaald worden door rechtstreekse metingen aan ongestoorde monsters. Deze techniek is voor het reservaat niet toegepast. De nauwkeurigheid van de doorlaatfactoren die aan de hand van de berekeningen en de metingen waarbij de doorlatendheid van de bodem van belang is. De weliswaar soms kleine verschillen in bodemsamenstelling en de afwijkingen in de doorlaatfactoren als gevolg van de verschillende berekeningsmethoden maakt, dat een aantal doorlaatfactoren gemiddeld zijn, zodat voor de relatief grofzandige delen in het reservaat een k-faktor van 2,5 m.etm⁻¹ en voor de relatief fijnzandige delen een k-faktor van 15 m.etm⁻¹ is aangehouden. Voor het leemlaagje en voor de laag die op 3,5 m diepte bij plek 19 is gelegen, is de doorlaatfaktor afgerond op 0,5 m.etm⁻¹. Hierbij dient opgemerkt te worden dat door het ontbreken van gegevens omtrent het poriënvolume en de structuur van dit laagje de grootte van de berekende doorlaatfaktor discutabel is. In hoofdstuk 3 wordt hier nader op ingegaan.

3. DE INVLOED VAN HET LEEMLAAGJE

In het reservaat is op plaatsen waar boringen tot enkele meters diepte werden verricht een bruin, dicht en lemig aanvoelend laagje aangetroffen. Het laagje is op ongeveer 2,4 m+NAP gelegen, terwijl

de dikte ervan varieert van 0,10 tot 0,25 m.

De ontstaanswijze van het bruine, lemige laagje is waarschijnlijk het gevolg van kryoturbatie. Kryoturbate verschijnselen ontstaan tijdens dusdanig koude perioden, dat de bodem permanent bevroren is. In de Gelderse Vallei zijn dergelijke verschijnselen plaatselijk tijdens de Würm-ijstijd opgetreden. Samengevat komt het erop neer, dat door de werking van vorst en dooi er een vermenging optrad van veen- en leemlagen (EDELMAN, e.a., 1936).

Op drie plaatsen in het reservaat zijn bodemonsters van dit leemlaagje genomen. De globale granulaire samenstelling staat in tabel 1 vermeld. Het percentage humus varieert van 3 tot 9%. Dit percentage is mogelijk iets hoger omdat het organische materiaal na het blootstellen aan de lucht oxydeerde en zwaart kleurde. Verder zijn de bodemonsters van het dunne laagje mogelijk wat vermengd met de boven- en onderliggende lagen. Deze lagen zijn, uitgezonderd de laag beneden het leemlaagje bij plek 19, humusloos.

De granulaire samenstelling van de leemlaagjes kenmerken zich ten opzichte van de boven- en onderliggende lagen door een fijnere samenstelling. Ook hier vormt de laag beneden het leemlaagje bij plek 19 een uitzondering op. Hiervan zijn de percentages afslibbare delen en fijn zand groter dan van het leemlaagje. Deze laag mist echter de dichte structuur en de bruine kleur van de leemlaag.

Zoals uit tabel 1 blijkt, verschilt de samenstelling van het leemlaagje van plaats tot plaats. Dit is het gevolg van de kryoturbatie, waardoor de ligging ervan niet vlak is, maar onregelmatig gegolfd (EDELMAN, 1936).

Als gevolg van de dichtheid en het lemige karakter van het leemlaagje werd in eerste instantie verondersteld dat de doorlatendheid ervan gering zou zijn en dat de afstroming van geïnfiltreerd regenwater voor een groot gedeelte over het leemlaagje zou plaatsvinden. De doorlatendheidsberekeningen zoals die in hoofdstuk 2 zijn uitgevoerd doen echter veronderstellen dat de doorlatendheid van het laagje matig tot goed is.

Hoewel het poriënfractie en de structuur van het leemlaagje onbekend zijn, betekent een doorlaatfactor in de orde van grootte van $0,5 \text{ m. etm}^{-1}$ dat de hydraulische weerstand van het dunne laagje klein is. Om de

uitwisseling van de verticale grondwaterstroming nader te kwantificeren zijn een drietal potentiaalbuizen met het filter beneden het leemlaagje geplaatst. Dit is gebeurd bij de plekken 3, 12 en 19. Bij plek 12 leverde de plaatsing moeilijkheden op, waardoor de structuur van het leemlaagje mogelijk wat verstoord is. Verder bevinden zich op deze drie plaatsen potentiaalbuizen met een filterdiepte van 2 m en een filterdiepte waarmee alleen de hoge wintergrondwaterstanden kunnen worden waargenomen. Voor de plekken 3 en 19 betekent dit een filterdiepte van 1 m en voor plek 12 een filterdiepte van 0,4 m beneden maaiveld. Vanaf 20 oktober 1980 zijn in deze buizen regelmatig de grondwaterpotentialen gemeten. Deze zijn uitgezet in fig. 4.

Het blijkt dat de potentialen op de plekken 3 en 19 nagenoeg identiek fluctueren, waarbij bovendien tussen de potentialen op 1 m en op 2 m beneden het maaiveld geen verschillen optreden. Hieruit blijkt dat de hydraulische weerstand van de tussenliggende laag erg klein is. Er treedt als gevolg van het leemlaagje wel een potentiaalverschil op bij de plekken 3 en 19. In de winterperiode is dit verschil 0,1 m bij plek 19 en 0,2 m bij plek 3. Daar de plekken 3 en 19 op of althans nagenoeg op een waterscheiding liggen, wordt het potentiaalverschil veroorzaakt door het neerslagoverschot. Volgens de wet van Darcy is de weerstand van de laag gelijk aan het potentiaalverschil gedeeld door een debiet, in dit geval het neerslagoverschot. In formule:

$$w = \frac{\Delta h}{q}$$

Het gemiddelde neerslagoverschot over de periode van december tot en met februari 1981 bedroeg gemiddeld $0,0025 \text{ m. etm}^{-1}$, zodat het leemlaagje bij plek 3 een weerstand heeft van 80 etmalen en bij plek 19 van 40 etmalen. Voor deze berekening is uitgegaan van de wintersituatie, omdat de grootte van het neerslagoverschot in de zomerperiode vanwege de optredende verdamping minder nauwkeurig te bepalen is. De weerstand van het leemlaagje is tevens gelijk aan de dikte gedeeld door de verticale doorlatendheid ervan. De dikte van het leemlaagje bedraagt bij plek 3 ongeveer 0,25 m en bij plek 19 ongeveer 0,15 m. Hieruit volgt dat de doorlaatfaktor van het leemlaagje bij plek 3 een waarde van $0,003 \text{ m. etm}^{-1}$ en bij plek 19 een waarde van $0,004 \text{ m. etm}^{-1}$

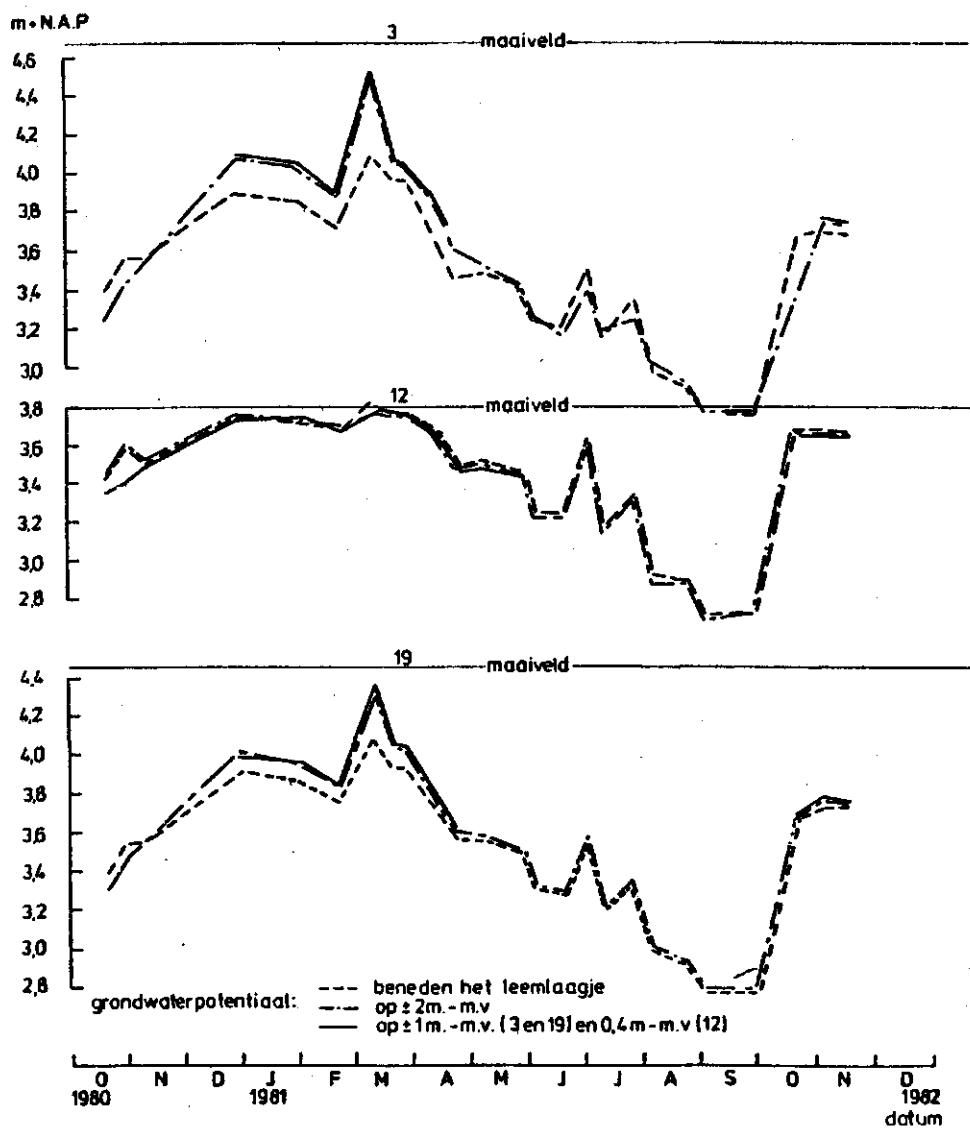


Fig. 4. Grondwaterpotentialen van verschillende diepten op een drietal plaatsen in het natuureservaat 'Groot Zandbrink'

heeft. Daar de dikte van het leemlaagje niet exact te bepalen is, wordt voor de verticale doorlatendheid in beide situaties een waarde van $0,004 \text{ m.etm}^{-1}$ aangehouden.

De doorlaatfactor van het leemlaagje is vele malen kleiner dan de faktor zoals die aan de hand van de granulaire samenstelling bekend is. De eerder genoemde kryoturbate structuur van het laagje is hiervan de oorzaak. De andere bemonsterde lagen zijn niet laagsgewijs opgebouwd en hebben geen extreem dichte structuur. De berekende door-

laatfactoren uit hoofdstuk 2 zijn voor deze lagen wel bruikbaar. Voor het leemlaagje daarentegen is een doorlatendheid van $0,004 \text{ m.etm}^{-1}$ meer aannemelijk.

Fig. 4 laat zien dat bij plek 3 tijdelijk een kwelsituatie kan optreden bij een sterk stijgende grondwaterstand. Over het algemeen overheerst echter een neerwaartsgerichte stroming. De oorzaak van de af en toe optredende kwel moet gezocht worden in een snelle regionale toevoer naar de watervoerende laag onder het leemlaagje. Bij plek 12 is de potentiaal boven en onder het leemlaagje vrijwel doorlopend gelijk aan elkaar. De hydraulische weerstand van het leemlaagje is hier dan ook gering. Duidelijke kwel treedt echter op als de potentiaal van het grondwater onder het leemlaagje in de omgeving boven de hoogte het maaiveld (3,8-3,9 m+NAP) van plek 12 uitkomt.

Bij plek 19 is alleen een duidelijke infiltratiestroming aanwezig in het winterhalfjaar. Zomers zijn de potentialen boven en onder het leemlaagje vrijwel aan elkaar gelijk.

4. HET VERBAND TUSSEN HET VOCHTDEFICIET EN DE GRONDWATERSTAND

Tijdens het groeiseizoen van 1979 zijn γ -transmissiemetingen verricht bij de plekken 1, 11 en 12. Hier komen respectievelijk een moerpodzol-, een veldpodzol- en een lemige beekerdgrond voor. Het principe en de resultaten van die metingen zijn in hoofdstuk 6 van deelnota 1180 behandeld.

Gedurende de groeiseizoenen van 1980 en 1981 zijn de γ -transmissiemetingen op dezelfde plekken voortgezet. In de maand juli van 1980 en verspreid over 1981 zijn er een aantal metingen vervallen als gevolg van de grote hoeveelheid neerslag. Deze metingen zijn door luchtinsluitingen in de verzadigde zone onbetrouwbaar.

Tussen twee metingen is de vochtverandering in de bodem te bepalen. Het verband tussen de gesommeerde vochtverandering, het vochtdeficiet ($\sum \Delta V$) en de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld is voor de gegevens van 1979 tot en met 1981 weergegeven in fig. 5.

In 1980 is de grondwaterstand niet diep weggezakt, terwijl ook de maximale vochtonttrekking kleiner was dan in 1979. In 1981 zijn er

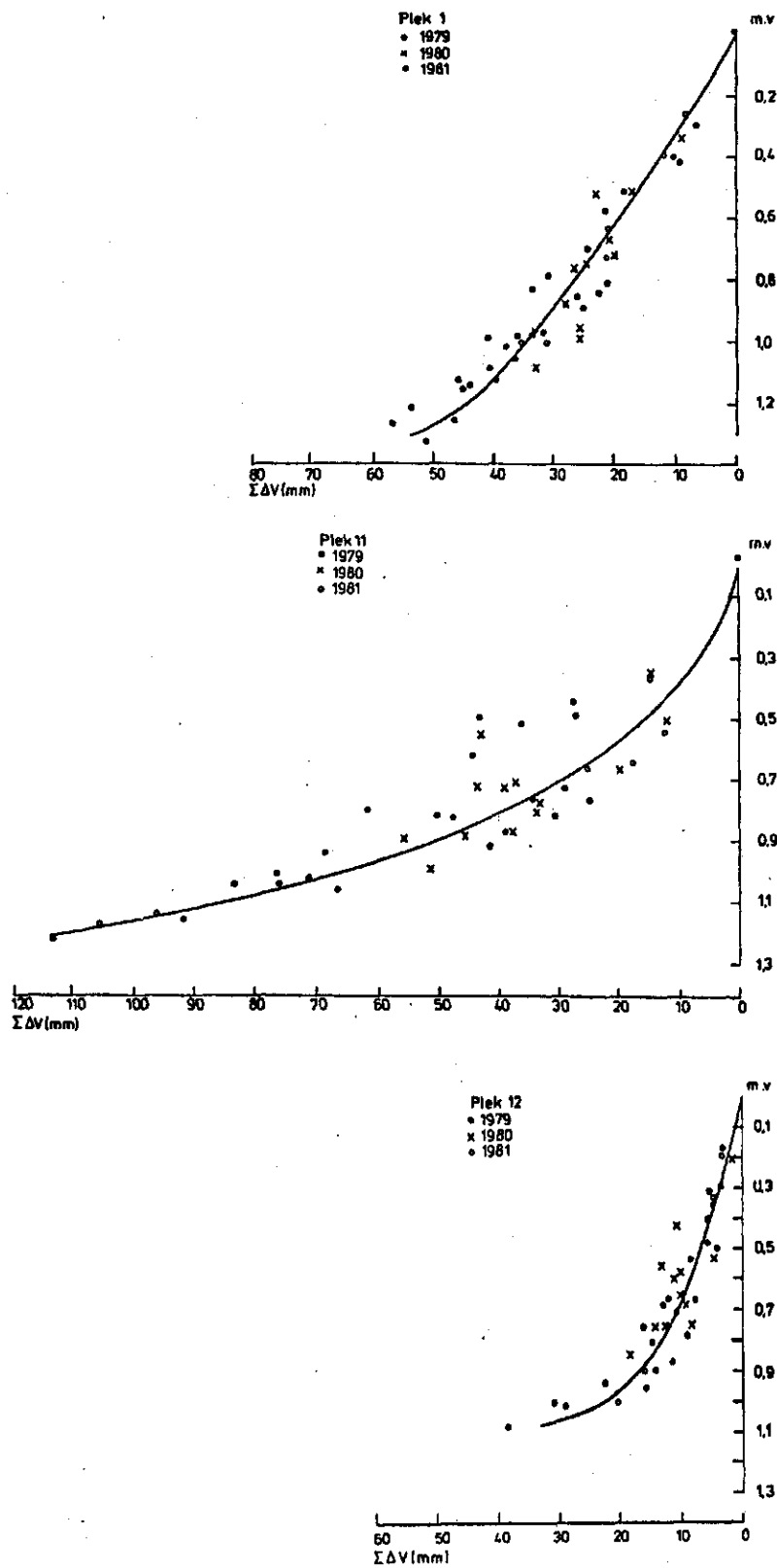


Fig. 5. Verband tussen het vochtdeficiet en de grondwaterstand van een drietal plekken in het natuurreservaat 'Groot Zandbrink'

echter zo'n vijf metingen verricht onder droge omstandigheden waardoor het verband tussen het vochtdeficiet en de grondwaterstand ook voor dergelijke omstandigheden vastgelegd kan worden.

Bij plek 1 treedt er een lichte afbuiging op in het verband tussen het vochtdeficiet en grondwaterstanden dieper dan 1,2 m beneden het maaiveld. Door de relatief grote hoeveelheid beschikbaar vocht in de venige bovengrond is het verband tussen het vochtdeficiet en de grondwaterstand over een groot traject rechtlijnig. De grootste gemeten vochtafname bedraagt bijna 60 mm. Dit is vrij klein, in tegenstelling tot plek 11, waar bij vergelijkbare grondwaterstanden de vochtafname dubbel zo groot is. Bij plek 11 neemt bovendien de hoeveelheid vocht snel af bij een daling van de grondwaterstand beneden de 50 cm-mv.

Uit de gegevens over 1981 blijkt, dat de lemige beekerdgrond bij plek 12 bij grondwaterstanden dieper dan 1 m beneden het maaiveld de vochtafname relatief sterk toeneemt. De grootste gemeten vochtafname bedroeg bij 40 mm bij een grondwaterstand van 1,08 m-mv. Een dergelijke vochtafname veroorzaakt echter nog geen vochttekort voor de vegetatie (zie hfdst. 6, nota 1180).

In fig. 5 is te zien dat met name de diepere grondwaterstanden een geringe spreiding vertonen. De lokale, relatieve instabiele, opbolling van het grondwater is dan nagenoeg geheel teruggevallen op het, relatief stabiele, regionale grondwaterniveau. De fluctuatie van dit niveau verloopt veel trager. De diepste grondwaterstanden bij de plekken 11 en 12 reiken tot ongeveer 2,8 m+NAP. De diepste standen bij plek 1 dalen tot ongeveer 2,9 m+NAP. Te verwachten valt, dat bij plek 1 een eventueel verdere daling van de grondwaterstand tot 1,4 à 1,5 m-mv gepaard gaat met een sterk toenemende vochtafname.

Tijdens het groeiseizoen van 1981 zijn vrij frequent metingen verricht. Dit maakt het mogelijk een goed overzicht te krijgen van het vochtverloop gedurende die periode. In fig. 6 zijn zowel het vochtverloop als de grondwaterstand tegen de tijd uitgezet. Ook in dit figuur zijn de onbetrouwbare waarnemingen niet opgenomen. Dit betreft onder andere de laatste waarnemingen in oktober van de plekken 1 en 12.

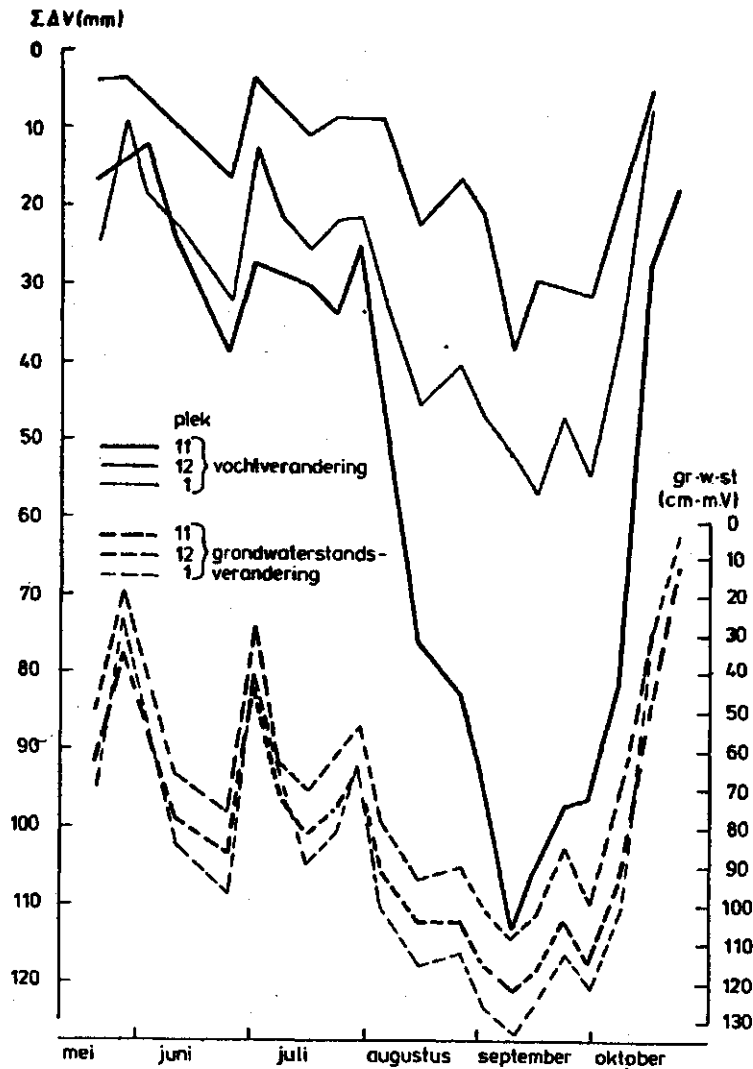


Fig. 6. Vocht- en grondwaterstandsverloop van een drietal plekken tijdens het groeiseizoen van 1981 in het natuurreserveaat 'Groot Zandbrink'

In fig. 6 valt op dat de maand september erg droog is geweest. De vochtafname bij plek 11 was in die periode onevenredig veel groter dan bij de plekken 1 en 12. Dit is des te opvallender omdat het grondwaterniveau onder drogere omstandigheden bij plek 11 ruim 10 cm hoger is dan bij plek 1.

5. VERBLIJFTIJD EN STROMING VAN HET GRONDWATER

De verblijftijd en de stroomsnelheid van het grondwater bepalen voor een deel de chemische samenstelling ervan. Uit de stroming van het bovenste grondwater in het reservaat in een viertal seizoenen (JANSEN en KEMMERS, 1980) blijkt dat de isohypsen in de winterperiode min of meer de topografie van het terrein volgen. In de zomerperiode valt deze lokale opbolling van het freatisch vlak grotendeels terug op de regionale basis welke in noordwestelijke richting afhelt.

Voor een eerste, grove benadering van de verblijftijd van het bovenste grondwater in het reservaat is aangenomen dat de afstroming van het geïnfiltreerde neerslagoverschot boven het leemlaagje plaats vindt. Dit leemlaagje bevindt zich op een diepte van ongeveer 2,4 m+NAP. Verder wordt uitgegaan van een neerslagoverschot van 250 mm en een effectieve poriënfractie van 0,35. Het gemiddelde niveau van het freatisch vlak is op 3,5 m+NAP gelegen met een oppervlakte van het ruitvormige reservaat van 270 x 340 m bedraagt de verblijftijd van het grondwater boven het leemlaagje:

$$T = \frac{V}{Q} \quad (\text{LANDBOUWHOGESCHOOL, 1973})$$

met T = verblijftijd in het reservaat boven het leemlaagje jaar
V = volume van het reservaat boven het leemlaagje m
Q = debiet m.jr⁻¹

$$\frac{(3,5 - 2,4) \times 0,35 \times 270 \times 340}{0,25 \times 270 \times 340} = 1,5 \text{ jaar}$$

Deze berekende tijdsduur van 1,5 jaar is een gemiddelde waarde. Aan de rand van het reservaat geïnfiltreerd regenwater zal er veel minder lang over doen om het reservaat te verlaten dan bij de waterscheiding geïnfiltreerd regenwater.

Om wat meer differentiatie in de schatting van de verblijftijd van het grondwater in het reservaat te kunnen aanbrengen, kan gebruik worden gemaakt van stroomsnelheden.

Uit hoofdstuk 3 is gebleken dat de doorlaatfaktor van het leemlaagje veel kleiner is dan de doorlaatfaktor van de bovenliggende

laag, waardoor in eerste instantie verondersteld is, dat het leemlaagje als ondoorlatende basis voor de horizontale grondwaterstroming beschouwd kan worden.

Van de stroming boven het leemlaagje is in fig. 7 een dwarsdoorsnede getekend. Hier geldt de wet van Darcy:

$$q = -k \frac{dH}{dx}$$

Hierin is: q = filtersnelheid (m. etm^{-1})

k = doorlaatfaktor (m. etm^{-1})

$\frac{dH}{dx}$ = stijghoogtegradiënt (-)

In homogene zandgronden is de gemiddelde snelheid in de poriën:

$$v = \frac{q}{\theta}$$

Hierin is: v = gemiddelde snelheid in de poriën (m. etm^{-1})

θ = poriënfractie (-)

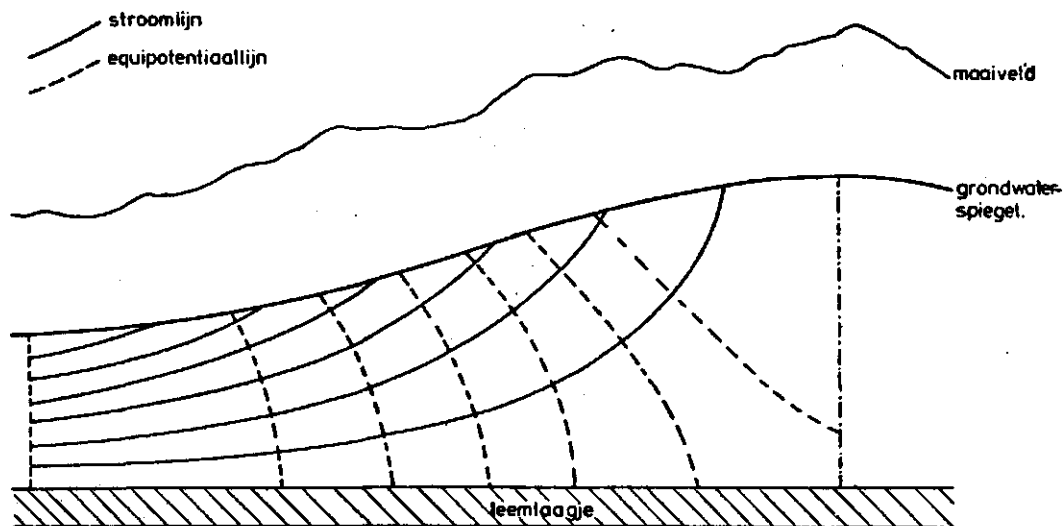


Fig. 7. Schematisering van de grondwaterstroming boven het leemlaagje in het natuurreservaat 'Groot Zandbrink'

De gemiddelde afgelegde weg van het grondwater boven het leemlaagje bedraagt dus:

$$v = - \frac{k}{\theta} \cdot \frac{dH}{dx} \quad \text{m. etm}^{-1}$$

Over het reservaat is een ruitennet geprojecteerd (fig. 8). Voor het midden van iedere ruit is de stroming (\vec{v}) bepaald met behulp van bovenstaande formule. Voor het bepalen van de richting van de stroming is gebruik gemaakt van de isohypsenbeelden van fig. 14 uit nota 1180. Aan de hand van deze beelden is voor iedere ruit eveneens de gemiddelde strijghoogtegradiënt bepaald. Voor de doorlaatfactor k is een waarde van $2,5 \text{ m. etm}^{-1}$ en voor de effectieve poriënfractie is een waarde van $0,35$ aangehouden. In tabel 3 is de grootte van de stroming voor iedere ruit en voor verschillende jaargetijden berekend.

Door middeling van de stroming van de maanden november tot en met mei en van juni tot en met oktober kan een situatie met hoge en een situatie met lage grondwaterstanden worden samengesteld. Deze situaties staan afgebeeld in respectievelijk de fig. 8a en 8 b. Een op vergelijkbare wijze verkregen gemiddeld jaarbeeld staat in fig. 8c.

Tussen perioden met hoge en met lage grondwaterstanden verschillen zowel de stroomsterkte, als ook de stromingsrichting aanzienlijk. In tijden met hoge grondwaterstanden is de stroming radicaal gericht, waarbij de top bij het centrale deel van het reservaat gelegen is. In tijden met lage grondwaterstanden is de waterscheiding, voor zover deze in het reservaat is gelegen, in zuidoostelijke richting verschoven. De overheersende stromingsrichting is in dit geval noordwestelijk gericht.

In een gemiddeld jaar varieert de stroomsnelheid van $0,5$ tot $2,7 \text{ cm. etm}^{-1}$. Dit komt overeen met een jaarlijkse horizontale verplaatsing van $1,8$ tot $9,9 \text{ m}$. Als gevolg van deze geringe zijdelingse verplaatsing wordt slechts een klein gedeelte van het jaarlijkse neerslagoverschot door middel van horizontale grondwaterstroming boven het leemlaagje afgevoerd. Indien aangenomen wordt dat via de gehele omtrek van het reservaat (1200 m) er 5 m water met een dikte tot het leemlaagje van gemiddeld $1,5 \text{ m}$ het reservaat verlaat, bedraagt deze hoeveelheid $1200 \times 5 \times 0,35 \times 1,5 = 3150 \text{ m}^3$. Het getal $0,35$ is

Tabel 3. Berekening van de gemiddelde afgelegde weg (\bar{v}) van ieder vierkant van een ruitennet (zie fig. 8), waarvan de nummering oploopt van 1 in het noordwesten tot 43 in het zuidoosten van het reservaat. A. gemiddelde van december, januari, februari; B. gemiddelde van maart, april, mei; C. gemiddelde van juni, juli, augustus; D. gemiddelde van september, oktober, november

Nr vier- kant	A		B		C		D	
	$\frac{dH}{dx} \times 10^{-3}$	\bar{v} cm.etm ⁻¹	$\frac{dH}{dx} \times 10^{-3}$	\bar{v} cm.etm ⁻¹	$\frac{dH}{dx} \times 10^{-3}$	\bar{v} cm.etm ⁻¹	$\frac{dH}{dx} \times 10^{-3}$	\bar{v} cm.etm ⁻³
1	8,1	5,8	3,8	2,7	1,7	1,2	1,6	1,1
2	6,3	4,5	4,8	3,4	2,2	1,6	1,7	1,2
3	6,7	4,8	5,6	4,0	2,2	1,6	1,7	1,2
4	5,9	4,2	4,5	3,2	2,1	1,5	2,0	1,4
5	2,2	1,6	3,2	2,3	2,0	1,4	1,7	1,2
6	1,4	1,0	2,0	1,4	1,5	1,1	1,4	1,0
7	5,4	3,9	3,8	2,7	1,5	1,1	2,0	1,4
8	5,3	3,8	4,5	3,2	2,0	1,4	1,8	1,3
9	5,6	4,0	4,7	3,4	2,2	1,6	1,8	1,3
10	5,0	3,6	3,3	2,4	2,2	1,6	2,2	1,6
11	3,0	2,1	1,1	0,8	2,0	1,4	1,7	1,2
12	2,9	2,1	1,1	0,8	1,9	1,4	1,7	1,2
13	1,7	1,2	1,1	0,8	1,5	1,1	1,0	0,7
14	1,3	0,9	1,1	0,8	1,1	0,8	0,9	0,6
15	1,4	1,0	2,7	1,9	1,3	0,9	1,7	1,2
16	4,5	3,2	3,8	2,7	1,8	1,3	1,7	1,2
17	4,8	3,4	3,7	2,6	2,2	1,6	2,5	1,8
18	0,0	0,0	1,1	0,8	1,9	1,4	2,0	1,4
19	3,3	2,4	0,5	0,4	0,0	0,0	0,5	0,4
20	2,7	1,9	1,1	0,8	0,3	0,2	0,0	0,0
21	1,4	1,0	1,3	0,9	0,3	0,2	0,0	0,0
22	1,8	1,3	2,0	1,4	1,3	0,9	1,1	0,8
23	1,1	0,8	2,0	1,4	1,2	0,9	1,1	0,8
24	4,4	3,1	3,7	2,6	1,7	1,2	2,4	1,7
25	3,3	2,4	1,3	0,9	2,0	1,4	2,5	1,8
26	2,9	2,1	0,8	0,6	0,0	0,0	1,7	1,2
27	3,7	2,6	1,2	0,9	0,1	0,7	1,3	0,9
28	2,9	2,1	1,7	1,2	0,9	0,6	0,7	0,5
29	2,4	1,7	1,5	1,1	0,9	0,6	0,8	0,6
30	2,5	1,8	1,0	0,7	1,0	0,7	1,0	0,7
31	1,1	0,8	1,1	0,8	1,0	0,7	1,1	0,8
32	5,6	4,0	3,3	2,4	1,7	1,2	2,0	1,4
33	4,3	3,1	1,3	0,9	1,2	0,9	2,5	1,8
34	4,3	3,1	3,0	2,1	1,0	0,7	2,5	1,8
35	4,2	3,0	2,2	1,6	0,9	0,6	2,0	1,4
36	2,1	1,5	2,2	1,6	0,9	0,6	1,1	0,8
37	1,8	1,3	1,0	0,7	1,0	0,7	0,7	0,5
38	1,3	0,9	1,0	0,7	1,0	0,7	0,8	0,6
39	2,7	1,9	3,3	2,4	1,3	0,9	1,0	0,7
40	2,9	2,1	2,0	1,4	0,0	0,0	0,5	0,4
41	0,5	0,4	3,7	2,6	1,0	0,7	1,1	0,8
42	2,5	1,8	1,7	1,2	0,9	0,6	1,0	0,7
43	2,5	1,8	1,3	0,9	0,8	0,6	8,8	0,6

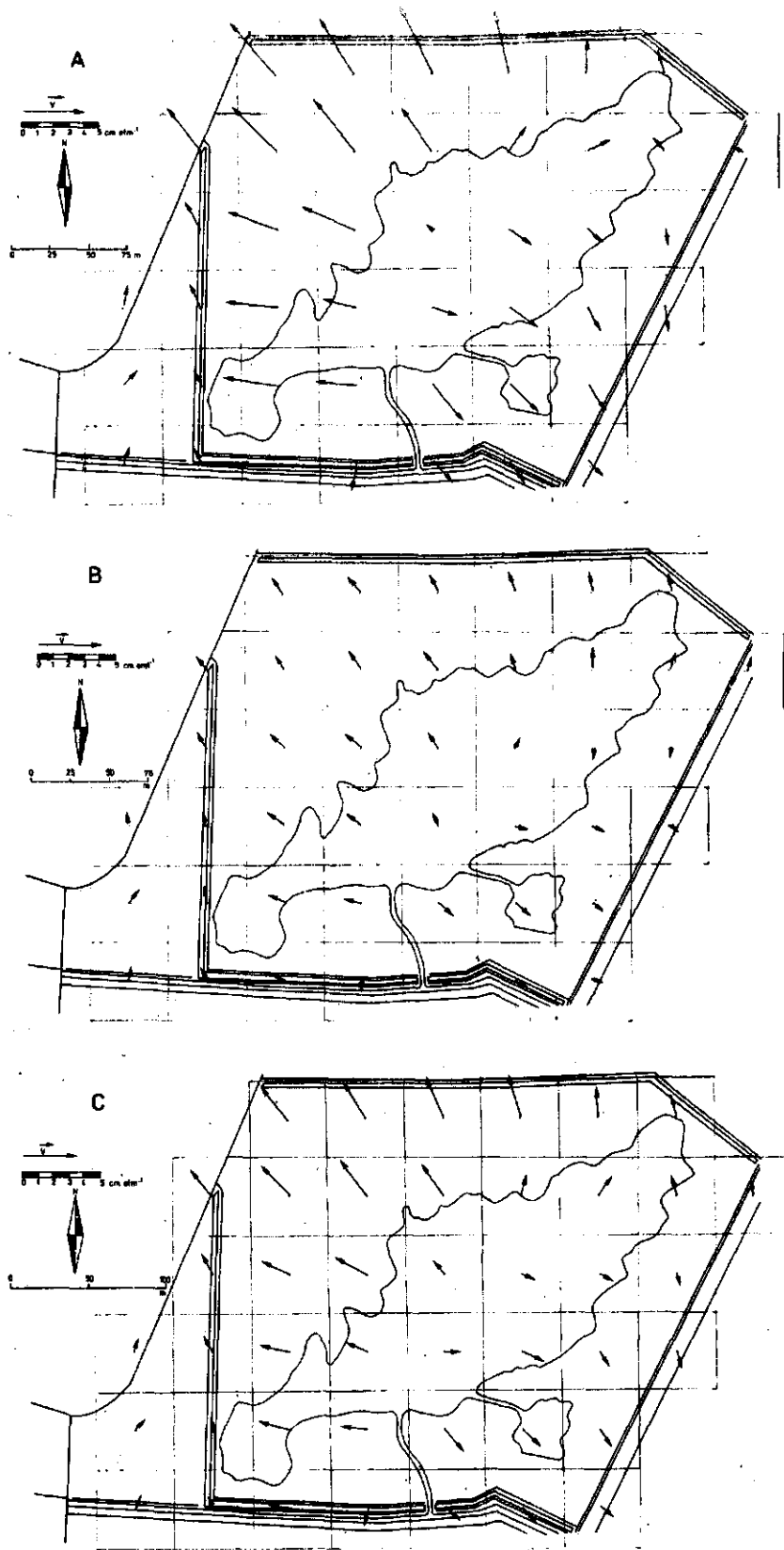


Fig. 8. Gemiddelde stroomrichting en -sterkte in het natuurreservaat 'Groot Zandbrink'. A. december tot en met mei van 1978 en 1979; B. juni tot en met november van 1978 en 1979; C. 1978 en 1979

de effectieve poriënfractie. Met een oppervlakte van het reservaat van $90\ 000\ \text{m}^2$ wordt er jaarlijks gemiddeld $\frac{3150}{90\ 000} \times 10^3 = 35\ \text{mm}$ op deze wijze afgevoerd. Dit is ongeveer 15% van een gemiddeld neerslagoverschot in het reservaat. Het resterende gedeelte infiltreert via het leemlaagje in de ondergrond. In hoofdstuk 3 is hiervan gebruik gemaakt om de weerstand van het leemlaagje op een aantal plaatsen te bepalen.

Indien de verblijftijd van het neerslagoverschot boven het leemlaagje gemiddeld 1,5 jaar bedraagt, betekent dit dat in het 1e jaar $\frac{1}{1,5} \times 15\% = 10\%$ door zijdelingse afstroming verdwijnt. Het 2e jaar is dat respectievelijk $\frac{0,5}{1,5} \times 85\% = 28\%$ en $\frac{0,5}{1,5} \times 15\% = 5\%$.

Een verdere splitsing van de verblijftijd van het grondwater voor verschillende kleine gedeelten van het reservaat is met de beschikbare gegevens niet mogelijk. Met een modelmatige aanpak en uitbreiding van de hoeveelheid hydrologische en fysische gegevens is het de vraag of er voor het kleine reservaat een betrouwbare detaillering van verblijftijden mogelijk is, aangezien verschillen in bijvoorbeeld evapotranspiratie, berging en de doorlatendheid binnen het reservaat in dat geval van groter belang zijn. De hydrochemie biedt hier meer mogelijkheden. De samenstelling van het grondwater op verschillende plaatsen en diepten in het reservaat geeft aan de hand van de hoeveelheid Ca^{2+} en HCO_3^- in relatie tot de andere kat- en anionen informatie over verblijftijd en stromingsrichting. In nota 1181 en in een nog te verschijnen nota wordt de chemie van het grondwater behandeld.

6. pt-WAARDEN VAN HET GRONDWATER

Aan de hand van de vorm van een overschrijdingsduurlijn van het grondwater kan de pt-waarde uit de aan- en afvoerdruk worden bepaald (JANSEN, 1981).

Ten opzichte van de rechte lijn welke de hoogste en de laagste grondwaterstand van een duurlijn met elkaar verbindt, duidt een bol (convex) gedeelte van de duurlijn op een aanvoerdruk en een hol (concaaf) gedeelte op een afvoerdruk. Een aanvoerdruk is het gevolg

van een extra aangevoerde hoeveelheid water in de vorm van neerslag of van kwel. Een afvoerdruk wordt veroorzaakt door een relatief snelle afvoer van het neerslagoverschot. De tussen de duurlijn en de rechte lijn gelegen vlakken vormen een maat, uitgedrukt in meters over de betreffende periode, welke voor de aanvoerdruk een positieve en een afvoerdruk een negatieve waarde heeft. Deze waarden kunnen gesommeerd worden tot één pt-waarde voor de gehele periode.

De pt-waarde kan worden vastgesteld door de grootte van de vlakken tussen de duurlijn en de rechte lijn met bijvoorbeeld een planimeter te bepalen en te delen door de lengte welke de tijd voorstelt. Het produkt van de op deze wijze verkregen gemiddelde lengte voor één dag, uitgedrukt in meters, met het aantal dagen geeft de pt-waarde voor de betreffende periode.

De pt-waarde is goed vergelijkbaar met waarden over eenzelfde periode welke afkomstig zijn van plekken met een soortgelijke bodemopbouw. Hierdoor is het mogelijk relatieve verschillen in kwel/infiltratie tussen deze plekken aan te geven.

Deze methode is in het reservaat toegepast. Hiervoor zijn de duurlijnen gebruikt die afkomstig zijn van metingen in grondwaterstandsbuizen waarvan het filter zich op ongeveer 2 m beneden maaiveld bevindt. Van deze duurlijnen zijn van de groeiseizoenen van 1978 tot en met 1980 de aan- en afvoerdrukken en de pt-waarden van ieder vegetatiejaar bepaald evenals de gemiddelde pt-waarde over de drie seizoenen. Deze waarden staan in tabel 4 terwijl de duurlijnen waaraan deze waarden ontleend zijn wat het groeiseizoen van 1978 en 1979 betreft in deelnota 1180 (JANSEN en KEMMERS, 1980) staan. De duurlijnen van het vegetatiejaar van 1980 staan in fig. 9.

Uit tabel 4 blijkt dat in het groeiseizoen van 1978 de afvoerdruk overheerste, terwijl in 1979 dit het geval was met de aanvoerdruk. In 1980 was er geen sprake van een overheersende aan- of afvoerdruk. De verschillen in duurlijnformaat tussen de verschillende groeiseizoenen zijn voornamelijk het gevolg van de verdeling en de grootte van het neerslagoverschot. In fig. 10 staan de normale en de gevallen hoeveelheden neerslag van de groeiseizoenen van 1978 tot en met 1980 per maand vermeld. De gegevens zijn afkomstig van het nabij het reservaat gelegen meetstation Woudenberg (KNMI). Het blijkt dat de overwegend

Tabel 4. Aan- en afvoerdruk en de gemiddelde pt-waarde over de groeiseizoenen van 1978, 1979 en 1980 van een aantal plaatsen in het natuurreservaat 'Groot Zandbrink'

Buis	Aanvoerdruk						Afvoerdruk						pt-waarde (m) over de hele periode (214 dgn)			
	1978		1979		1980		1978		1979		1980		1978	1979	1980	gem.
	m	duur (dgn)	m	duur (dgn)	m	duur (dgn)	m	duur (dgn)	m	duur (dgn)	m	duur (dgn)				
1	0,4	122-139	0-131	0-15	10,5	139-214	-2,1	131-194	-5,4	15-147	-10,1	22,2	-3,9	2,7		
2	0	12,9	0-73	0	18,6	0-214	-13,7	73-214	-36,2	0-214	-18,6	-0,8	-36,2	-18,5		
3	0	6,2	9-90	0	-33,1	0-214	-12,6	90-214	-58,7	0-214	-33,1	-6,4	-58,7	-32,7		
4	0	16,3	152-214	0-144	-26,4	0-214	-0,2	144-152	0		-26,4	16,1	9,9	-0,1		
5	0	15,5	0-153	0-110	-19,3	0-214	-1,9	153-214	-0,5	110-125	-19,3	13,6	2,0	-2,9		
6	0	15,7	0-141	0-116	-29,0	0-214	-0,5	114-214	-0,1	116-126	-29,0	15,2	14,4	0,2		
7	0	10,9	0-104	0	-15,9	0-214	-3,2	104-214	-14,1	0-214	-15,9	7,7	-14,1	-7,4		
8	0	6,8	0-90	0	-15,0	0-214	-4,8	90-214	-4,5	0-214	-15,0	2,0	-4,5	-5,8		
9	0	10,6	0-129	0-104	-16,6	0-214	-4,4	129-214	-1,9	104-167	-16,6	6,2	0,2	-3,4		
10	0	16,8	147-214	17,5	-16,7	0-214	-0,1	141-147	0		-16,7	16,7	17,5	5,8		
11	0	7,5	0-90	0	-20,4	0-214	-5,8	90-214	-15,0	0-214	-20,4	1,7	-15,0	-11,2		
12	0	14,8	179,214	9,0	-18,2	0-214	-0,3	139-179	0		-18,2	14,5	9,0	1,8		
13	0	2,2	0-89	0	-22,1	0-214	-13,4	89-214	-39,4	0-214	-22,1	-11,2	-39,4	-24,2		
17	-*	-	-	0	-	-	-	-	-20,2	0-214	-	-	-20,2	-		
18	-	-	-	0	-	-	-	-	-23,2	0-214	-	-	-23,2	-		
19.	-	-	-	0	-	-	-	-	-38,1	0-214	-	-	-38,1	-		
20	-	-	-	70-95	-	-	-	-	-13,8	0-70	-	-	-13,8	-		
A	-	-	-	0,8	190-214	-	-	-	0	-190	-	-	11,7	-		
B	-	-	-	11,7	0-214	-	-	-	0	-	-	-	10,3	-		
C	-	-	-	10,3	0-214	-	-	-	0	-	-	-	18,8	-		
	-	-	-	18,8	0-214	-	-	-	0	-	-	-	-	18,8		

*niet bekend

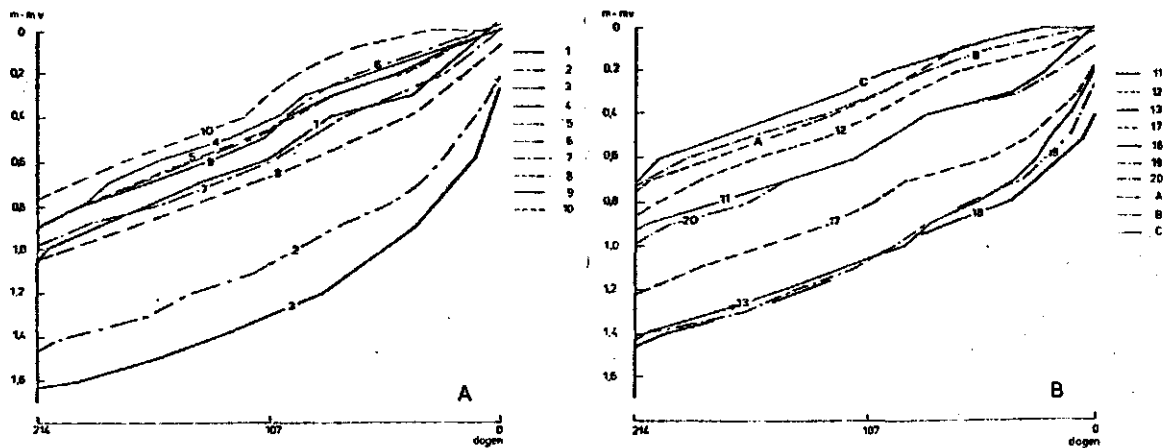


Fig. 9. Overschrijdingsduurlijnen van grondwaterstanden in 1980 op een aantal plekken in het natuurreservaat 'Groot Zandbrink'. A. plekken 1 tot en met 10; B. plekken 11 tot en met 13, 17 tot en met 20 en A, B en C

concave duurlijnen van 1978 het gevolg zijn van een geringe hoeveelheid neerslag tijdens het groeiseizoen in dat jaar. Als gevolg van de grote hoeveelheid neerslag tijdens de eerste drie maanden van het groeiseizoen van 1979 vertonen de duurlijnen in dat jaar een knik na ongeveer 90 dagen. In 1980 gaf de grote hoeveelheid neerslag in de maanden juni, juli en augustus een snelle stijging, gevolgd door een snelle daling van de grondwaterstand te zien. Dit had weinig invloed op de vorm van de duurlijnen.

Zoals eerder gesteld, geven de pt-waarden van een periode relatieve verschillen in kwel/infiltratie tussen de verschillende plekken aan. Hierbij geeft een positieve pt-waarde een kwelkarakter en een negatieve pt-waarde een infiltratiekarakter van het grondwaterregime aan. De stromingsrichting van het bovenste grondwater en loodrecht op de iso-(pt-waarde-)lijnen en is van laag naar hoog gericht. Met deze lijnen is, evenals met isohypsen, de stromingsrichting van het grondwater vastgelegd.

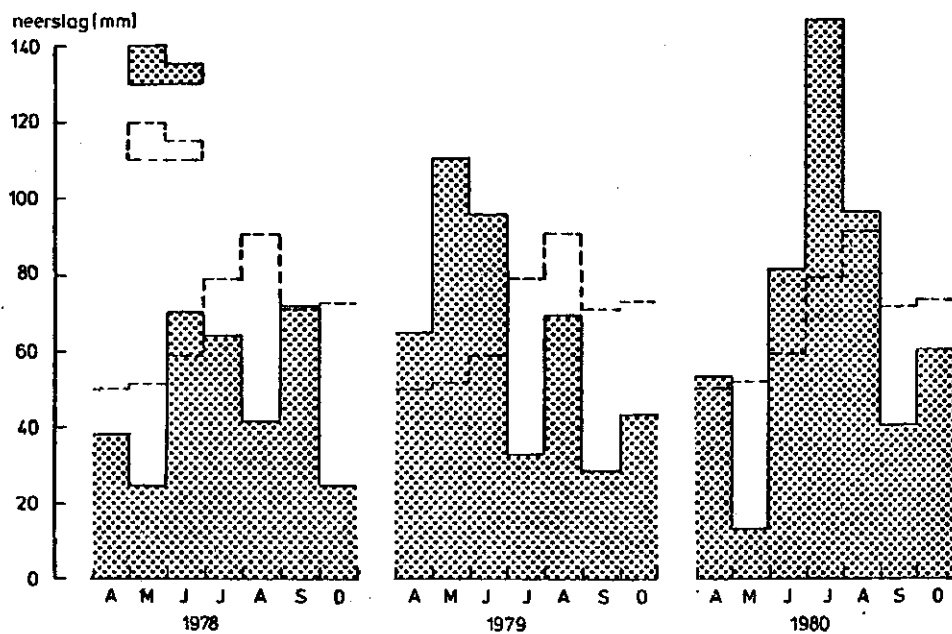


Fig. 10. Neerslag en de normale hoeveelheid neerslag per maand voor de groeiseizoenen van 1978, 1979 en 1980

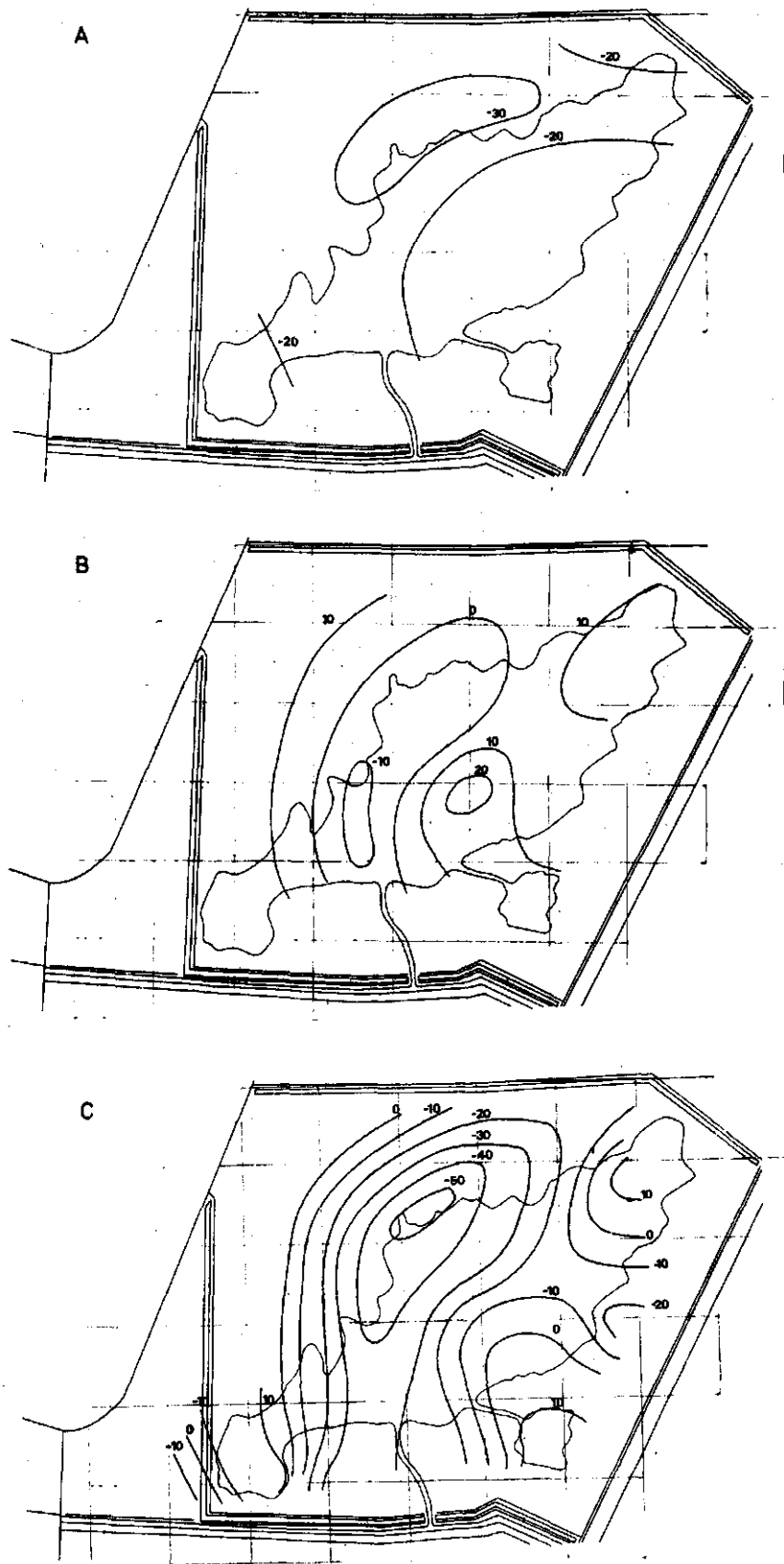


Fig. 11. Iso-pt-waardelijnen over een gemiddeld jaar in het natuurreservaat 'Groot Zandbrink'. A. 1978; B. 1979; C. 1980 (m. over 214 dgn.)

De uitgewerkte resultaten van bovengenoemde beweidingmethode staan voor de groeiseizoenen van 1978, 1979 en van 1980 in respectievelijk de fig. 11a, b en c.

Tijdens het groeiseizoen van 1978 overheerste in het hele reservaat een vrij gelijkmatig infiltratiekarakter. Het beeld voor 1979 vertoont naast plekken met een infiltratiekarakter eveneens plekken met een kwelkarakter, met name het komvormige gedeelte aan de zuidoostkant van het open terreingedeelte. Het groeiseizoen van 1980 kenmerkte zich door een duidelijk verschil tussen de hoger gelegen plekken met een infiltratiekarakter en de lager gelegen plekken met een kwelkarakter. De grens hiertussen wordt globaal gevormd door de hoogtelijn van 4 m+NAP.

Als gevolg van het verschil in benaderingswijze komt de stromingsrichting van het grondwater, ontleend aan de iso-(pt-waarde-)lijnen van fig. 11 plaatselijk minder goed overeen met de stromingsrichting ontleend aan de seizoensgemiddelde isohypsenbeelden van het reservaat zoals die in fig. 14 van deelnota 1180 gegeven zijn. Voor verdere hydrologische verwerking dient gebruik te worden gemaakt van de isohypsenkaart.

7. MOGELIJKE MAATREGELEN VOOR HET TEGENGAAN VAN VERDERE GRONDWATERSTANDSDALINGEN

In de hydrologie van en rond het reservaat 'Groot Zandbrink' zijn een aantal veranderingen aangetoond. Deze veranderingen hebben voornamelijk in de loop van deze eeuw plaatsgevonden en resulteerden onder meer in een verlaging van het freatisch vlak. De vegetatie ondervindt hiervan een directe invloed met betrekking tot onder andere de vochtvoorziening en een indirecte invloed door enerzijds veranderingen wat betreft condities in het wortelmilieu en anderzijds door een wijziging van de fysische en chemische kwaliteit van het grondwater.

Om de hier in het kort aangegeven bedreigingen als gevolg van de veranderingen in de waterhuishouding te elimineren, zou de oorspronkelijke hydrologische situatie zoveel mogelijk benaderd dienen te worden. Dit houdt in dat de stijghoogte van zowel het diepte, als ook

van het ondiepe grondwater met gemiddeld zo'n 30 cm toe moet nemen (nota 1180, hfdst. 5.1). Hiervoor zouden tot ver in de omtrek van het reservaat maatregelen genomen moeten worden die echter onhaalbaar zijn. In dit hoofdstuk zijn alleen maatregelen aangegeven welke binnen of in de directe omgeving van het reservaat uitgevoerd kunnen worden. Deze maatregelen komen in de eerste plaats neer op het conserveren van water en in de tweede plaats in het aanvoeren van water. Als conserveringsmethode biedt het stopzetten van de afvoer via slootjes en greppels goede mogelijkheden. In fig. 12 staat aangegeven op welke drie plaatsen binnen het reservaat door het opwerpen van walle-tjes de afvoer van oppervlaktewater tegengegaan kan worden. Deze afvoer vindt voornamelijk in de winterperiode plaats.

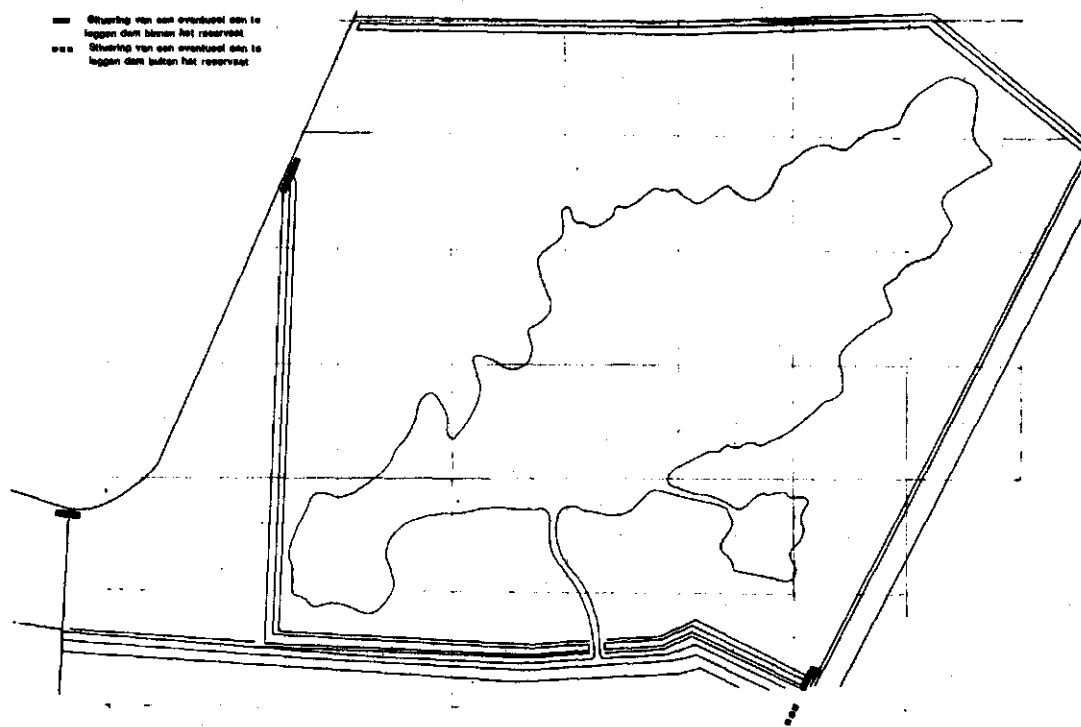


Fig. 12. Situering van mogelijk aan te leggen dammen in de oppervlakte-afvoer in het natuurreservaat 'Groot Zandbrink' tegen te gaan

Het einde van de greppel die aan de noordwestkant van het reservaat in een slootje uitkomt, fungeert als een drempel waardoor het peil in deze greppel de 3.7 m+NAP zelden overschrijdt. Dit houdt in dat het zuidwestelijk gelegen schraallandje vrijwel nooit innundeert. De afvoer via de beide andere mogelijk af te dammen plaatsen is kleiner als gevolg van het ontbreken van onderhoud van de greppels. Het effect van een afdamming zal hier dan ook minder merkbaar zijn. De meest effectieve maatregel zou bestaan uit het afdammen van het slootje dat aan de noordwestzijde van het reservaat is gelegen. Hier watert echter eveneens een landbouwgebied op af. Dit is eveneens het geval met het zuidelijke slootje dat de grens vormt tussen het reservaat en een zwaar bemest bouwland. Het afdammen van dit slootje zou tot gevolg kunnen hebben dat als gevolg van de grondwaterstroming in de richting van het lage, zuidwestelijk gelegen schraallandje, de invloed van het nutriëntenrijke grondwater van het bouwland op dit schraallandje toeneemt. Er kan zelfs overwogen worden de afvoer van het slootje te vergroten, indien deze invloed een te grote bedreiging voor het schraallandje gaat betekenen.

Deze maatregelen zijn weliswaar eenvoudig uit te voeren, maar zullen betrekking hebben op slechts een deel van de 20% van het neerslagoverschot dat niet via het leemlaagje infiltreert maar horizontaal boven het leemlaagje afstroomt.

Een andere methode om water te conserveren bestaat uit het verminderen van de verdamping door de vegetatie. Op de plaatsen waar in de loop van de afgelopen decennia de oorspronkelijke heidebegroeiing verdrongen is door een bosbegroeiing, is de verdamping 2 x zo groot geworden, wat neerkomt op een toename van + 300 mm/jaar.

Wanneer er na het verwijderen van een bosgedeelte een begroeiing van heide of pijpestrootje ontstaat, wordt deze 300 mm/jaar extra via het grondwater uit het reservaat afgevoerd. Het bosgedeelte vervult echter een aantal functies zoals een barrière tegen ongewenst terreinbezoek en als dekking voor reewild en dergelijke, zodat er wat het eventueel reduceren van de verdamping betreft een keuze gemaakt moet worden.

Voor het aanvoeren van water met als doel het grondwaterpeil in het

reservaat op een hoger niveau te brengen, komt alleen grondwater in aanmerking, daar er in de regio niet altijd over oppervlaktewater beschikt kan worden, terwijl tevens de kwaliteit ervan ongeschikt is. Wat betreft het grondwater is het mogelijk om gebruik te maken van kwelwater. Hiervoor komt het water uit de Formatie van Drenthe in aanmerking (nota 1180, hfdst. 3.1). De potentiaal in dit pakket bedraagt 4,2 m+NAP (MEINARDI, 1978). Wanneer er op daarvoor geschikt geachte lage plekken in het reservaat met grof zand en grind gevulde buizen tot bovenin dit pakket geplaatst worden, komt het uit de buizen stromende kwelwater ten goede aan de lage gebiedjes. Wanneer de bovenrand van de buis zich op 3,6 m+NAP bevindt, bedraagt het potentiaalverschil met het water in de Formatie van Drenthe $4,2 - 3,5 = 0,6$ m. Indien de weerstand in de buis 0,5 etmalen bedraagt, is de hoeveelheid uitstromend water gelijk aan het potentiaalverschil gedeeld door de weerstand, ofwel $\frac{0,6}{0,5} = 1,2 \text{ m.etm}^{-1}$. Een buis met een oppervlakte van $0,5 \text{ m}^2$ voorziet op deze wijze een gebied van bijvoorbeeld 2000 m^2 (d.i. ongeveer de grootte van het zuidwestelijke schraallandje) van $\frac{1,2 \times 0,5}{2000} \times 365 \times 10^{-3} = 110 \text{ mm.jr}^{-1}$.

Verder kan er grondwater door middel van pompen naar de oppervlakte gebracht worden. De hoeveelheid op te pompen water kan in dit geval weliswaar nauwkeurig worden bepaald, maar de hiervoor te treffen voorzieningen zijn gecompliceerder.

In het kort zijn in dit hoofdstuk een aantal maatregelen aangegeven die een verhoging van freatisch vlak tot doel hebben. Het opwerpen van een drietal dammetjes kan op eenvoudige wijze geschieden. Voor het gebruik van diep grondwater dient echter eerst nader onderzoek verricht te worden, met name naar de grondwaterpotentiaal in de Formatie van Drenthe, de kwaliteit van dit water en de mogelijke invloed hiervan op de kwetsbare vegetatie van het zuidwestelijke schraallandje. Zolang de vegetatie nog niet het gevaar loopt wat betreft de vochtvoorziening dient deze maatregel echter nog niet in overweging genomen te worden. Ook het verwijderen van gedeelten met een bosbegroeiing zal invloed hebben op de grondwaterkwaliteit. In nota 1181 (KEMMERS en JANSSEN, 1980) werd een duidelijk verschil in de samenstelling van het bovenste grondwater tussen de delen van het reservaat die wel en de delen die niet met naaldbos begroeid zijn aangetoond.

8. SAMENVATTING

In deelnota 1180 is de hydrologie van het natuurreservaat 'Groot Zandbrink' behandeld. Van een aantal aspecten kon door het voortzetten van de metingen in de afgelopen periode een meer gefunceerde uitspraak worden gedaan. Daarnaast zijn er enkele nieuwe aspecten in beschouwing genomen.

Aan de hand van granulaire analyses van bodemonmonsters zijn met twee verschillende berekeningsmethoden doorlaatfactoren bepaald. Deze factoren zijn getoetst aan de factoren die op een aantal plaatsen in het reservaat met behulp van de piëzometermethode zijn vastgesteld. Samenvattend is er een doorlaatfactor van $2,5 \text{ m.etm}^{-1}$ voor de grofzandige delen en een faktor van $1,5 \text{ m.etm}^{-1}$ voor de fijn zandigere delen van het reservaat vastgesteld.

Op een diepte van 2,4 m+NAP bevindt zich een leemlaagje met een dikte van 0,10-0,25 m. Dit laagje is tijdens de Würm-ijstijd ontstaan door vermenging van leem en veen. Uit potentiaalverschillen van het grondwater boven en onder het laagje en het gemiddelde neerslagoverschot in de winterperiode is de weerstand van het laagje bepaald. Deze varieerde van 40 tot 80 etmalen. Uit het quotiënt van de weerstand en de bijbehorende dikte van het laagje is een verticale doorlatendheid van $0,004 \text{ m.etm}^{-1}$ berekend.

Uit de potentiaalverschillen blijkt verder dat bij de plekken 3 en 19 een infiltratiestroming overheerst en dat bij plek 12 geen overheersende kwel- of infiltratiestroming kan worden aangetoond.

De y-transmissiemetingen toonden aan dat bij plek 1 het verband tussen het vochtdeficiet en de grondwaterstand rechtlijnig is. Te verwachten is echter dat bij grondwaterstanden beneden 1,3 is 1,4 m-mv er een versterkte vochtafname zal plaatsvinden. Bij plek 11 is bij ondiepe grondwaterstanden al sprake van een sterke vochtafname. Deze afname neemt bij diepere standen erg sterk toe. Bij plek 12 kon dankzij enkele metingen in september van 1981 ook een dergelijk verschijnsel worden waargenomen bij grondwaterstanden dieper dan 1 m-mv. De grootste vastgestelde vochtafname is hier echter klein, namelijk 38 mm.

De verblijftijd van het grondwater boven het leemlaagje bedraagt gemiddeld 1,5 jaar. In het 1e jaar verdwijnt 57% van het neerslagoverschot naar de ondergrond en 10% door zijdelingse afstroming. Het 2e jaar is dat respectievelijk 8 en 5%.

De horizontale stroomsnelheid van het grondwater boven het leemlaagje bedraagt in een gemiddeld jaar $0,5-2,7 \text{ cm. etm}^{-1}$. Gedurende de winterperiode kan dit het dubbele bedragen. De stromingsrichting is dan radiaal gericht. In de zomerperiode overheerst een noordwest gerichte stroming.

De pt-waarde van een overschrijdingsduurlijn geeft de aan- en afvoerdruk aan. Hieraan kan de relatieve grootte van de kwel- of infiltratiestroom worden afgelezen. Tussen de groeiseizoenen van de jaren 1978, 1979 en 1980 bleken grote verschillen te bestaan. Deze zijn voor een deel terug te voeren op de grootte en de verdeling van de neerslag.

Er kunnen een aantal maatregelen worden getroffen om een verdere daling van het grondwaterniveau tegen te gaan. De meest haalbare maatregelen bestaan uit het afdammen van een aantal greppels en het terugdringen van de transpiratie door het verwijderen van enkele bosgedeelten.

LITERATUUR

- BLOEMEN, G.W., 1979. Berekening capillaire doorlatendheid uit granulaire samenstelling en humusgehalte. Landbouwk. tijdschr. 91, 12.
- EDELMAN, C.H., F. FLORSCHÜTZ und J. JESWIET, 1936. Ueber spätpleistozäne und frül-holozäne kryoturbate abgelagerungen in den östlichen Niederlanden. Verh. Geol. Mijnbouwkundig Gen. Geol. Sectie 11, 301-336.
- JANSEN, P.C., 1981. Verwerking, interpretatie en toepassingsmogelijkheden van grondwaterstandsgegevens met behulp van overschrijdingsduurlijnen. ICW-nota 1260. Wageningen.
- en R.H. KEMMERS, 1980. Relaties tussen hydrologische parameters en enkele vegetatietypen van het CRM-reservaat 'Groot Zandbrink'. ICW-nota 1180, Wageningen.
- KEMMERS, R.H. en P.C. JANSEN, 1980. De invloed van chemische factoren in grondwater en bodem op enkele vegetatietypen in het CRM-reservaat 'Groot Zandbrink'. ICW-nota 1181, Wageningen.
- LANDBOUWHOGESCHOOL, 1973. Collegediktaat Agrohydrologie Wageningen.
- MEINARDI, C.R., 1978. Geohydrologische gegevens van zuidelijk Flevoland en de Gelderse Vallei. RID-'s-Gravenhage.
- RIJTEMA, P.E., 1970. Soil moisture forecasting. ICW-nota 513, Wageningen.
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING, 1965. Bodemkaart van Nederland. Blad 32 Oost. Stiboka Wageningen.
- VRIES, O. DE, 1942. De granulaire samenstelling van de Nederlandse grondsoorten. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen nr 48, 's-Gravenhage.

BIJLAGE A. OVERZICHTSKAART VAN HET RESERVAAT 'GROOT ZANDBRINK'

