----- DE INVLOED VAN BEEKPEILVERANDERINGEN ---------
-- OP DE SOORTENSAMENSTELLING EN ONTWIKKELING ------
---------- VAN NATTE-HEIDEVEGETATIE ----------
----- OP HET LANDGOED TWICKEL BIJ DELDEN (OV.) -----

W. Schippers en
H.F. v.d. Werf
Landbouwhogeschool
Wageningen
januari 1983
Verslag LH/Nb nr.669
PROJECTLEIDERS:
J.M. Schouwenaars
D. van der Hoek

Intern rapport, overname van gegevens na overleg met projectleiders

Dankwoord.

De totstandkoming van dit verslag zou niet mogelijk zijn geweest zonder de medewerking van de volgende personen:

- Ir. Van Lanen en andere medewerkers van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (R.I.D.), Leidschendam;
- Dhr. Eykenaar, Technische Dienst van het Waterschap 'Regge en Dinkel', Almelo;
- Ir. Van de Berg, Rijksgeologische Dienst (R.G.D.), Lochem;
- Ir. Brunt, rentmeester van het landgoed Twickel;
- Dhr. Wesselink, jachtopziener op Twickel;
- Dhr. Te Veldhuis, bosbaas op Twickel;
- Dhr. Jansen, agrariër die ons bereidwillig onderdak verleende;
- Dhr. Vossebelt, agrariër naar wie onze dank uitgaat voor de warme belangstelling en koffie;

Speciale dank geldt onze begeleiders :

- Ir. Schouwenaars, Vakgroep Cultuurtechniek, L.H. Wageningen;
- Drs. Van der Hoek, Vakgroep Natuurbeheer, L.H. Wageningen;
- Drs. De Bruijn, bioloog, werkzaam op Twickel.

Wim Schippers,
Harrie v.d. Werf.

januari 1983.

Inhoud.

	blz.
1. Inleiding.	1
2. Beschrijving van de onderzoeksterreinen.	3
2.1 Situering, grootte en hoogteligging	3
2.2 Geohydrologie	3
2.3 Bodem	6
2.4 Waterhuishouding	8
2.5 Vegetatie.	13
3. Hydrologische gesteldheid.	19
3.1 Analyse van de gemeten grondwaterstanden	19
3.1.1 Doel en methode	19
3.1.2 Resultaten	19
3.2 Chemische samenstelling van het grondwater	26
3.2.1 Zuurgraad en elektrisch geleidingsvermogen	27
3.2.2 Chemische analyse van de watermonsters	29
3.2.3 Samenvattend overzicht.	33a
3.3 Modelmatig onderzoek	34
3.3.1 Model STATRECT II	35
3.3.1.1 Ingevoerde gegevens	36
3.3.1.2 Uitgevoerde berekeningen	38
3.3.1.3 Resultaten	39
3.3.2 Model de Zeeuw-Hellinga	40
3.3.2.1 Methode van berekening	41
3.3.2.2 Resultaten	50
4. Relatie tussen hydrologie en vegetatie.	59
4.1 Gevolgen van beekpeilveranderingen	60
4.2 Ontwikkeling en beheer	68
Samenvatting	
Literatuurlijst	

Hoofdstuk 1. Inleiding.

Het voor u liggende verslag is een doctoraalscriptie van de studenten W. Schippers en H.F. van de Werf. In het kader van een zes-maands hoofdvak cultuurtechniek, gecombineerd met een drie-maands bijvak natuurbeheer, is door hen onderzoek verricht naar de invloed van beekpeilveranderingen op de soortensamenstelling en ontwikkeling van natte-heidevegetaties in het landgoed Twickel bij Delden (Overijssel).

Aanleiding tot het onderzoek was de vraag naar een inventarisatie van de waterhuishouding op het landgoed met de uiteindelijke bedoeling effecten van wijzigingen hierin op de talrijke vochtminnende levensgemeenschappen, die het landgoed herbergt, te kwantificeren.

De grootte (circa 4000 ha.) en de heterogeniteit van het landgoed dwongen gezien de beschikbare tijd tot een beperking van het onderzoeksgebied. Na vooronderzoek en overleg werd gekozen voor een gerichte studie in twee natte-heideterreinen, te weten de Deldenerzijde en de Bentelerzijde.

De Bentelerzijde bevindt zich in de directe omgeving van een sterk gereguleerde beek. De Deldenerzijde daarentegen kent een waterhuishouding die, op het oog, minder direct door menselijk ingrijpen is beïnvloed. Dit laatste terrein fungeert in zekere zin als referentie.

De opbouw van het verslag van onderzoek is als volgt: Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van de beide onderzoeksterreinen. Achtereenvolgens komen aan de orde situering, grootte en hoogteligging, geohydrologie, waterhuishouding, vegetatie en beheer.

In hoofdstuk 3 volgt een nadere beschouwing van de hydrologische gesteldheid van de terreinen. Deze beschouwing valt uiteen in drie onderdelen:

- een analyse van de gronwaterstanden in en rond de onderzoeksterreinen.
- een analyse van de chemische samenstelling van grond- en oppervlaktewater.
- een modelmatig onderzoek naar het verloop van de grondwaterstanden in de terreinen.

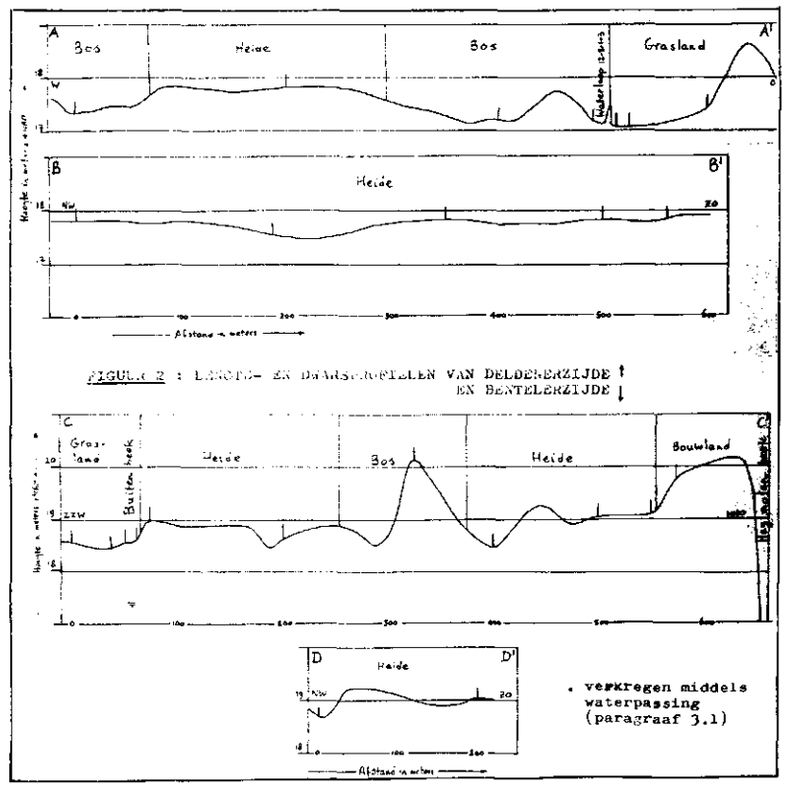
Op deze wijze werd het mogelijk om inzicht te verkrijgen in de huidige hydrologische situatie. Bovendien konden

situaties uit het verleden gesimuleerd worden.

In hoofdstuk 4 zijn de gegevens van de hoofdstukken 2 en 3 samengevoegd tot een beschouwing van de relatie tussen de hydrologie en de vegetatie van de onderzoeksterreinen. Tot slot volgen enkele richtlijnen ten aanzien van ontwikkeling en beheer van natte-heideterreinen.

Indien de lezer alleen geïnteresseerd is in de resultaten van het onderzoek en niet in de totstandkoming ervan, behoeft alleen hoofdstuk 4 te worden gelezen.

FIGUUR 1 : LIGGING DER ONDERZOEKSTERREINEN



FIGUUR 2 : LANGS- EN DWARSPROFIELEN VAN DELDENERZIJDE ↑
EN BENTELERZIJDE ↓

. verkregen middels waterpassing (paragraaf 3.1)

Hoofdstuk 2: beschrijving van de onderzoeksterreinen.

Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van een aantal, voor het onderzoek relevante gegevens van de Deldenerzijde en de Bentelerzijde. Achtereenvolgens komen aan de orde: situering, grootte en hoogteligging, hydrogeologie, waterhuishouding, bodem en vegetatie.

Op de hydrologische gesteldheid van de terreinen wordt uitgebreid ingegaan in hoofdstuk 3.

2.1. Situering, grootte en hoogteligging.

De beide onderzoeksterreinen, Bentelerzijde en Deldenerzijde, bevinden zich ten zuiden van het Twentekanaal in het zuidelijk deel van landgoed Twickel. (Fig. 1).

De Deldenerzijde bevindt zich zo'n twee km. ten zuiden van Delden, is ca. 50 ha. groot en ligt ingesloten tussen de Deldenerdijk en de Sluitersdijk. Ongeveer 2.5 km. verder naar het zuiden ligt de Bentelerzijde, ca. 25 ha. groot en gelegen ten westen van het plaatsje Beckum, "aan de zijde van Bentelo". Dit terrein bestaat uit twee delen, gescheiden door een onverharde weg, de Haijinksdijk.

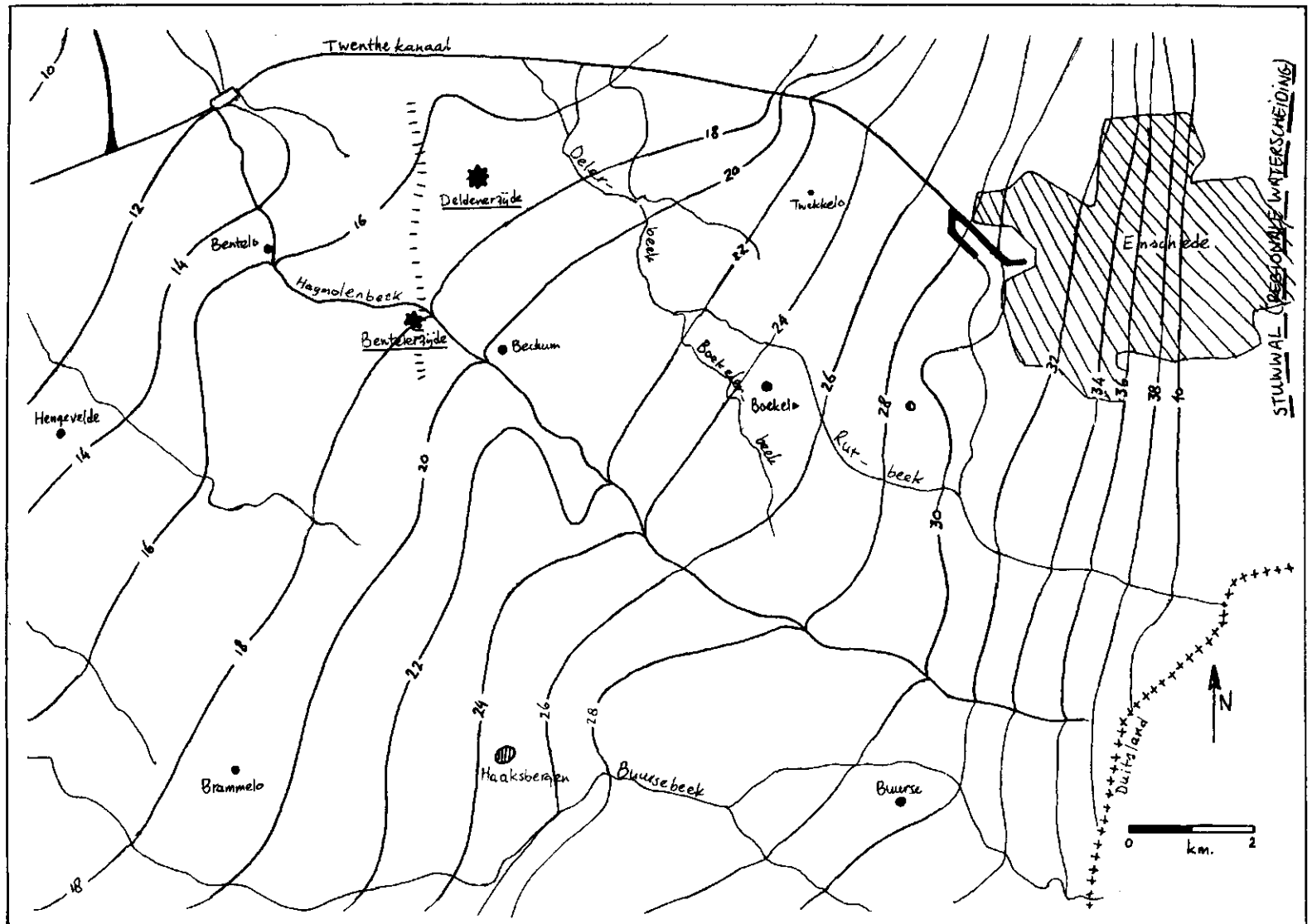
De algemene terreinhelling is zuidoost-noordwest gericht. (Fig. 1). De Bentelerzijde ligt hoger dan de Deldenerzijde. In enkele lengte- en dwarsprofielen zijn de hoogteverschillen binnen de beide terreinen aangegeven. (Fig. 2).

2.2. Geohydrologie.

Om inzicht te verkrijgen in de richting en de omvang van de grondwaterstroming is het ondermeer nodig kennis te vergaren van de geohydrologische gesteldheid. Belangrijke vragen waarop een antwoord gevonden moet worden, zijn in dit verband: welke lagen zijn er aanwezig (aard en dikte) en wat is de doorlatendheid van deze lagen voor water.

Met behulp van de door veldwerk en literatuuronderzoek (TNO en RGD, 1973) verzamelde gegevens kunnen deze vragen beantwoord worden.

Bij de Deldenerzijde is sprake van een komvormige ondergrond bestaande uit moeilijk van elkaar te onderscheiden keileem en tertiaire kleien.



FIGUUR 3 :

ISOHYPSENKAART VAN HET FREATISCHE GRONDWATER IN HET QUARTAIRE PAKKET OP 28 AUGUSTUS 1972

(naar AELMANS(1973))

—20 lijn die punten verbindt met een grondwaterstijghoogte van 20 meter +NAP

(glaciale) geulstructuur

De bovenzijde van deze basis bevindt zich op variabele diepte, tot hooguit circa 4 à 5 meter beneden maaiveld en is vrijwel ondoorlatend voor water. De weerstand tegen doorstroming, zowel horizontaal als verticaal, is bijzonder groot. (c = "oneindig").

Het dekzandpakket dat op deze basis rust bestaat overwegend uit leemarm, matig fijn zand met een mediaanfraktie (M50) van 175 µm.(Veldwerk en Stiboka 1979). De doorlatendheid van dit watervoerende pakket is aan de hand van boorstaatgegevens (RGD 1973) geschat op 5 m/etm. Het product van doorlatendheid (k) en dikte van de watervoerende laag (D) de zg. kD-waarde, komt aldus niet boven de 20 m^2/etm. uit. (KD-waarde = doorlaatvermogen of transmissibiliteit). Een kD-waarde van 100 m^2/etm. wordt matig groot genoemd. (Roelofs en Vos, 1979).

De Bentelerzijde toont een ander beeld. In de ondergrond komt ter plekke een geulachtige struktuur voor. De richting van de loop van de geul is ongeveer noord-zuid. Het ontstaan van deze en andere geulen in de omgeving van het landgoed (o.a. Haaksbergen-Mander) wordt toegeschreven aan insnijding van smeltwaterrivieren onder invloed van een dalende zeespiegel gedurende het Saalien (IJstijd). Later zijn de geulen opgevuld met voornamelijk fluviatiel en eolische materiaal.De basis, gemiddeld 10m.-mv, bestaat uit ondoorlatende kleien.

De doorlatendheid k is wederom geschat op 5 m/etm. Het doorlaatvermogen (kD) zal gemiddeld 50 m^2/etm. zijn.

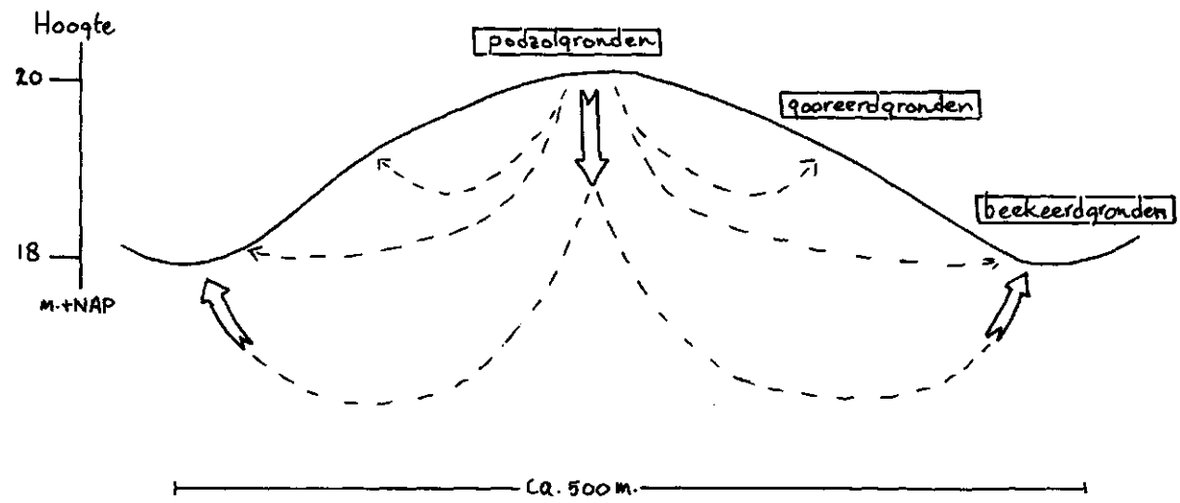
Isohypsen zijn lijnen diepunten met gelijke stijghoogte van het grondwater verbinden. Uit de isohypsenkaart van de regio (Fig 3) blijkt dat er een overwegend zuidoost-noordwest gerichte regionale grondwaterstroming optreedt in de zomer, min of meer volgens de terreinhelling. (Loodrecht op de isohypsen). Ook in de winter is een dergelijke stroming aanwezig. De opbolling van het freatisch vlak onder invloed van aanhoudende neerslagoverschotten zorgt dan echter tevens voor een locale grondwaterstroom in de richting van de waterlopen. (Par.3.1). De locale stroming is aldus gesuperponeerd op de regionale, ZO-NW gerichte stroming. De laatste heeft een regionale ontwateringsbasis in de vorm van o.a. de Regge en de Vecht. Uit veldmetingen blijkt dat ook gedurende de zomermaanden een niet te verwaarlozen, locale grondwaterstroming gehandhaafd wordt in de onderzoeksterreinen.

Onder invloed van een opduiking van tertiaire lagen vindt even voorbij de 16 m.+NAP- isohypse (Fig. 3) opstuwing van grondwater plaats. De kwel vanuit het Twentekanaal, dat waarschijnlijk tussen Delden en Hengelo als waterscheiding functioneert met een vast peil van 16 m. + NAP, draagt hiertoe bij. De grootte van de regionale grondwaterstroom per tijdseenheid (debiet Q), is te bepalen met behulp van de isohypsenkaart (Fig. 3) en de formule $Q = \frac{-dH}{s} . kD . B$. (Van der Molen, 1975). Zonder hier verder inhoudelijk op in te gaan, blijkt dat Q bijna gehalveerd wordt door het geringe potentiaalverval ($\frac{dH}{s}$) na de 16 m. + NAP- isohypse. De stroomsnelheid van het grondwater is kleiner door de opstuwing.

Voorts is uit het isohypsenbeeld af te leiden dat er geen sprake is van een duidelijke grondwaterstroming in de lengterichting van de geul waarvan de as de Bentelerzijde snijdt. (Noord-zuid).

Aan de hand van grondwaterstandsmetingen in put 139 van het TNO- grondwatermeetnet (Fig. 16) is vastgesteld dat er kwel vanuit de diepere lagen in de geul (tot 20 m.) optreedt, met name in de neerslagarme perioden. Deze opwaartse vochtstroom is echter zeer gering, namelijk minder dan 1/4 mm. per etmaal. Het gemiddelde stijghoogteverschil bedraagt 10 cm. over ruim 10 meter bij een laagweerstand van minimaal 400 etm. (c groter dan 400 etm, Roelofs en Vos, 1974).

FIGUUR 4 : SCHEMATISCH BEELD VAN DE GRONDWATERSTROMING IN DE ONDERZOEKSTERREINEN



2.3. De bodem.

De bodemvorming in het zwak golvende dekzandlandschap heeft geresulteerd in het voorkomen van diverse bodemtypen, vrijwel alle zandgronden. De podzolgronden worden aangetroffen op de relatief hoge delen van het terrein, evenals de enkeerdgronden (oud-bouwland). De overige eerdgronden zijn in en langs de beekdalen te vinden.

Van hoog naar laag zijn in de onderzoeksterreinen op grond van boorresultaten onderscheiden: haarpodzolen en enkeerdgronden (op de hoge, vaak langgerekte ruggen), veldpodzolen, (op de middelhoge terreindelen) en beekeerdgronden (op de lagere dalen met, in het verleden, overstromingsinvloeden). Overgangstype tussen veldpodzol en beekeerdgrond is de gooreerdgrond. Voor profielopbouw wordt verwezen naar de toelichting bij de Bodemkaart van Nederland (Stiboka 1979).

De textuur van de grond varieert weliswaar per plaats en met de diepte, maar de zandfractie van de bovengrond kent een vrij uniforme korrelgrootteverdeling, kenmerkend voor dekzanden. De mediaan (M50) ligt ongeveer bij 180 µm (matig fijn zand). Het leemgehalte van de podzolen is laag (leemarm en zwak lemig zand) dat van de beekeerdgronden ligt hoger (lemig zand). Plaatselijk komt binnen een meter beneden maaiveld (kei)leem of klei voor, echter niet binnen de natuurterreinen zelf.

Voor het onderzoek zijn vooral de gronden in de natuurterreinen, d.w.z. onder de heidegedeelten, van belang. Het betreft in hoofdzaak veldpodzolen, met hun kenmerkende profielopbouw (zg. ABC-profielen, met uitspoelingsverschijnselen in de A-horizont en inspoeling in de B-horizont). In de laagste delen van de heide is de horizontenverdeling minder uitgesproken en komen plaatselijk gooreerdgronden voor.

Vooral de veldpodzolen zijn arm aan plantenvoedende stoffen. De hydrologische positie van deze gronden is zodanig dat een overwegend neerwaarts gerichte waterstroom plaatsvindt. (fig 4). Met neerslag aangevoerde ionen verdwijnen snel naar de ondergrond. De bindingseigenschappen van de grond zijn bovendien gering.

Belangrijke voedingsstoffen zijn voor de plant dan ook schaars aanwezig in de bovengrond. De relatief hoge concentratie van waterstof (H^+)-ionen, afkomstig uit neerslag en afbraak van organische stof, zorgt voor een extreem lage zuurgraad (pH).

	monster nr.	bodem-type	pH(H_2O)	gew.% C	gew.% N	C/N	gew.% org.stof
heide D	21	veldpodzol	3.83	11.60	0.47	25	20
	dC	veldpodzol	3.89	17.02	0.65	26	29
	dC'	veldpodzol	4.13	15.43	0.65	24	27
	dA	gooreerd	3.93	5.71	0.55	10	10
B	14	veldpodzol	3.82	17.90	1.25	14	31
	6	veldpodzol	3.89	11.70	0.27	43	20
	15	gooreerd	4.33	11.03	0.76	15	19
bos lh	24	gooreerd	4.32	5.80	0,49	12	10
nh	24-25	haarpodzol	3.54	4.83	0.31	16	8
grasland	27	beekeerd	5.14	3.53	0.30	12	6
	2	beekeerd	6.15	6.73	0.70	10	12
bouwland	11	enkeerd	5.82	3.16	0.19	17	5

De Bakker & Schelling(1966):	veldpodzolgrond	±30	
	gooreerdgrond	15-25	
	beekeerdgrond	10-20	
Both & Van Wirdum(1981) :	veldpodzolgrond	15-37	(meest 30)
	gooreerdgrond	±16	
	beekeerdgrond	10-20	

TABEL A : ANALYSERESULTATEN VAN ENKELE BODEMMONSTERS

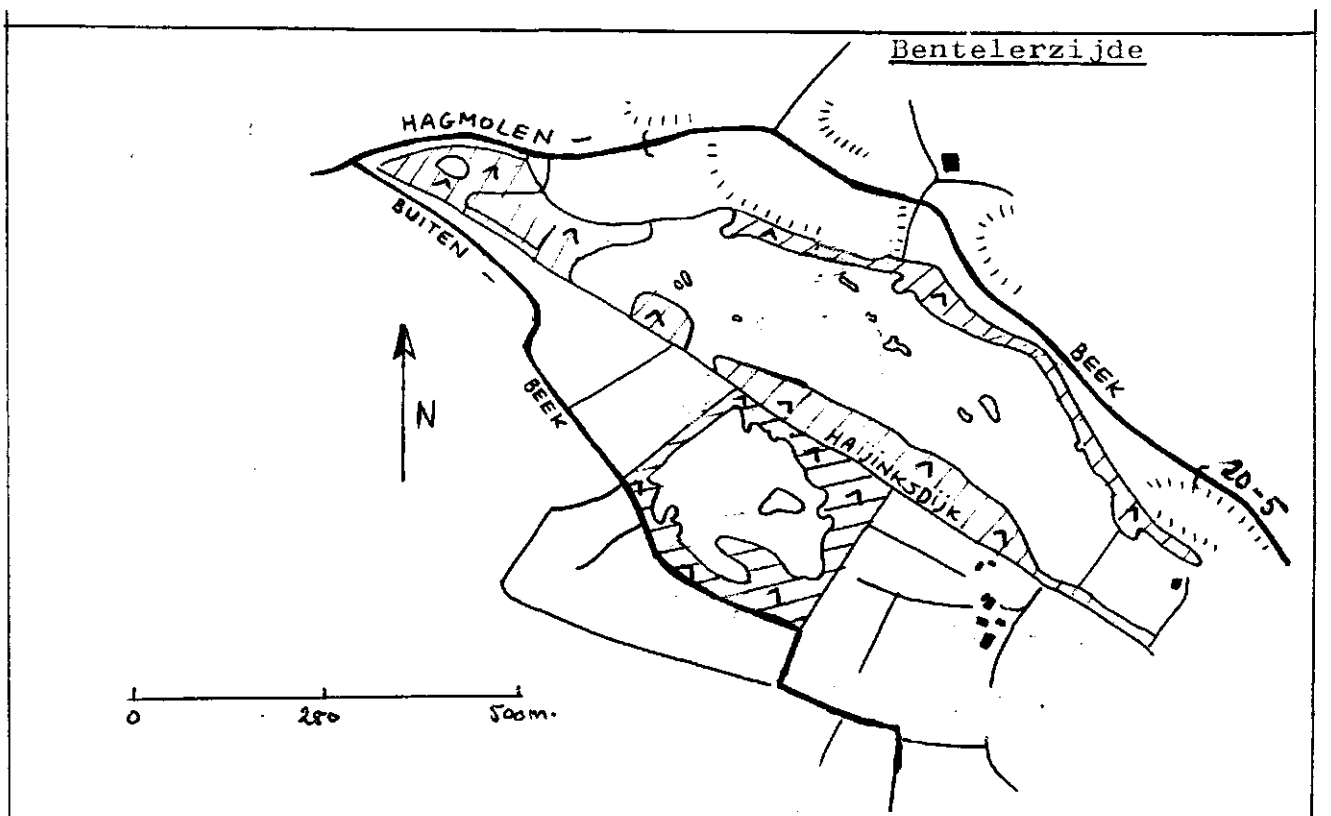
D = Deldenerzijde lh = loofhout
B = Bentelerzijde nh = naaldhout

Sommige van de schaarse voedingsstoffen zijn onder dergelijke omstandigheden moeilijk opneembaar, met name fosfaat.

In fig. 4 is tevens te zien dat in de beekdalen een meer opwaarts gerichte grondwaterstroom voor verrijking van de bodem ter plekke zorgt. Door een lange verblijfsuur in de grond zijn tal van ionen in het water opgelost, met name veel calcium. (Zie par. 3.2.). Door de rijkdom aan klei en humus in de beekeerdgronden worden de aldus aangevoerde ionen dusdanig vastgehouden (gebonden) dat ze vrij gemakkelijk door de plant kunnen worden opgenomen.
Een uitzondering hierop vormt fosfor, dat met calciumweinig oplosbare verbindingen aangaat. (Eijsink et al 1980). In vergelijking met de veldpodzolen ligt de zuurgraad (pH) veel hoger. Dit is te zien in tabel A .

Deze tabel is het resultaat van een bodemmonsteranalyse. Op 17 maart 1982 werd op 12 plaatsen in de beide onderzoeksterreinen een mengmonster van de eerste 10 cm. van de bodem genomen. Dit geschiedde met behulp van daartoe geschikte steekapparatuur voor monsterringen met een inhoud van 100cm^3.
In het laboratorium van de Vakgroep Landbouwscheikunde van de Landbouwhogeschool te Wageningen vond bepaling plaats van de zuurgraad, de gehalten aan elementaire koolstof en stikstof. Hierdoor werd o.a. enige indruk verkregen van de mineralisatiesnelheid op diverse plaatsen met verschillende vegetatie in de onderzoeksterreinen. Bekend is dat het voorkomen van de typische natte heidevegetatie samengaat met zeer mineraalarme, en met name stikstofarme, omstandigheden. (Ellenberg 1974). Bij geringe toename van de hoeveelheid beschikbare stikstof verdwijnt deze typische vegetatie en neemt met name het gras Molinia Caerulea (pijpestro) in aantal en bedekking toe. De snelheid waarmee stikstof beschikbaar komt door vertering van afgestorven plantedelen wordt sterk beïnvloed door de vochthuishouding in de bodem. Onder natte omstandigheden verloopt de mineralisatie traag. De aktiviteit van allerlei bodemorganismen is gering, vanwege lage bodemtemperaturen.

Als maat voor de mineralisatiegraad wordt de verhouding tussen elementaire koolstof (C = 0.58 x aantal gewichtsprocenten organische stof) en stikstof (N) gehanteerd. Bepaling van dit C/N- coëfficient kan het beste geschieden vlak voor of na het groeiseizoen (maart, april en oktober). De opname van stikstof (N) door de plant speelt dan nauwelijks een rol. In de tabel



FIGUUR 5 : WATERHUISHOUDING BENTELERZIJDE

staan de gemeten C/N- coëfficienten voor de 12 plaatsen in de onderzoeksterreinen vermeld. Ook zijn enkele uit de literatuur bekende waarden toegevoegd.

Opvallend is dat de gemeten C/N-coëfficienten in het natuurterrein (heide) aan de Deldenerzijde hoger zijn dan die van de Bentelerzijde. (C/N = 24,25 en 26 tegenover 14 en 15 aan de Bentelerzijde). Uitzonderingen vormen de monsternummers 6 en dA. Nummer 6 is een monster uit het zuidelijke heideterrein van de Bentelerzijde. De grondwaterstand is er ralatief hoog, hoger dan in het noordelijke terrein waar de overige monsters genomen zijn. Nummer dA staat voor een locatie in een Myrica-gale-struweel (gagel). Het C/N-coëfficient is opvallend laag. Ook Both & Van Wirdum vonden lagere waarden in de Myrica-vegetatie. **Voor de locatie van de monsterplaatsen: zie par. 3.1.**

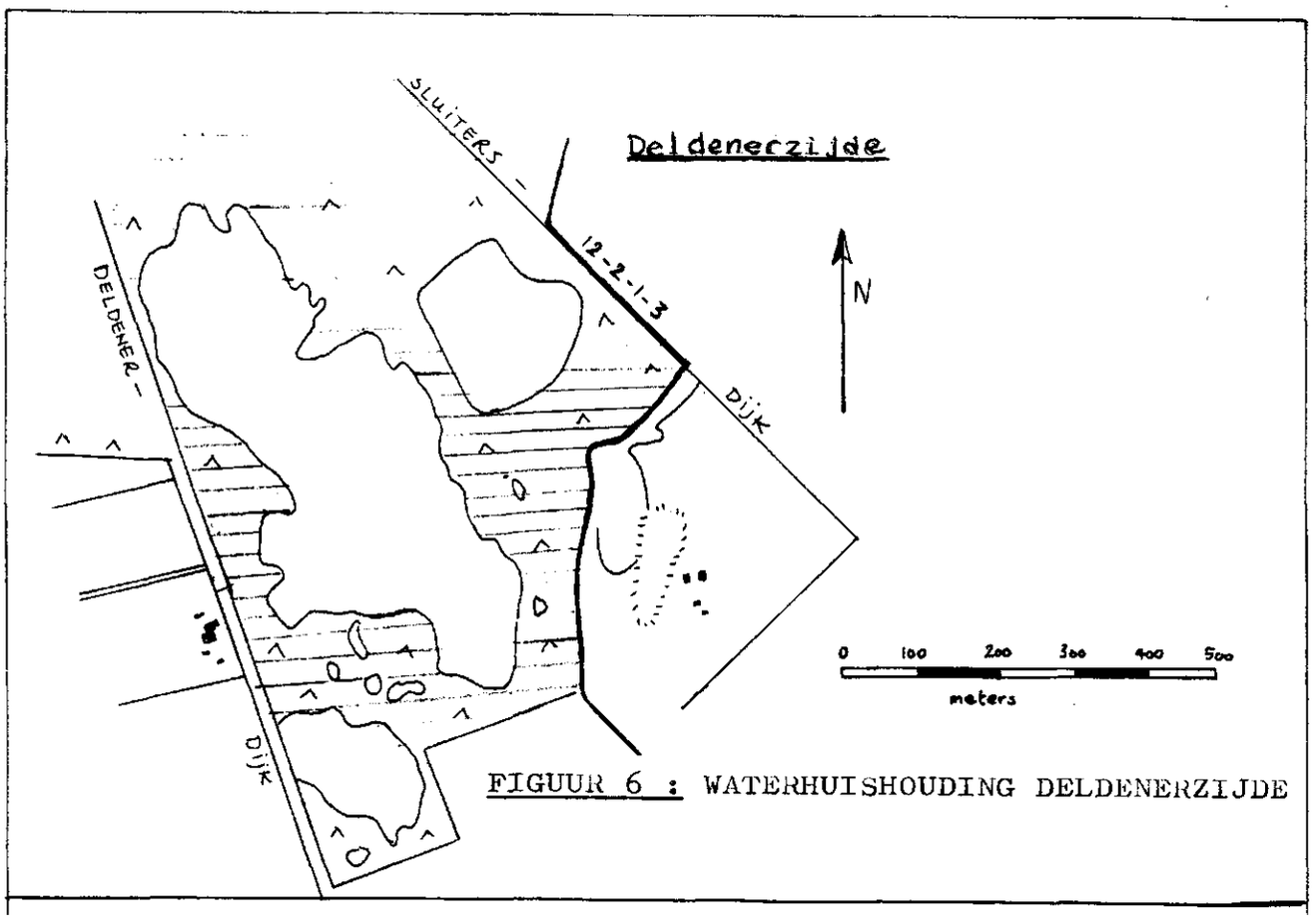
Naast stikstof is fosfor (P) het meest besproken belangrijke mineraal als het gaat om plantenvoedende stoffen. In de zure, min of meer humusrijke gronden, zoals die voorkomen in de beide natuurterreinen is fosfor voornamelijk aanwezig in voor de plant niet of moeilijk opneembare vorm. Bekend is dat in een zuur milieu fosfor gefixeerd wordt door aluminium. Bij verlaging van de grondwaterstand oxideert aanwezig ijzer (ferro wordt ferri) en gaat een zeer sterke binding aan met fosfor. (Eijsink et al 1980).

2.4. De waterhuishouding.

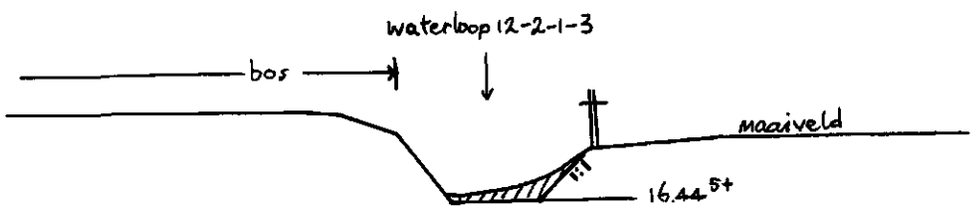
De waterhuishouding van Twickel en omgeving is sedert het begin van de twintigste eeuw telkenmale door menselijk ingrijpen gewijzigd.
Met name aan de Bentelerzijde zijn in de loop der tijd intensieve maatregelen getroffen om grotere hoeveelheden water snel, maar wel veilig af te voeren .

Fig. 5 geeft de huidige situatie weer. Aan de zuidzijde wordt het onderzoeksterrein begrensd door de Buitenbeek (leiding 20-5-0-1). Rond 1974 is de loop van deze beek door het waterschap Regge en Dinkel gewijzigd. De oude loop ligt meer naar het Zuiden. Via de Hagmolenbeek (leiding 20-5) komt het water van de Buitenbeek terecht in het Twenthekanaal, ten westen van Delden (vast kanaalpeil 10 m. + NAP).

De Hagmolenbeek, ook wel Binnenbeek genoemd, is een hoofd-



FIGUUR 6 : WATERHUISHOUDING DELDENERZIJDE



FIGUUR 7 : WIJZIGINGSPLAN WATERLOOP 12-2-1-3
DWARSPROFIEL TER HOOGTE VAN HET ONDERZOEKSTERREIN
SCHAAL 1:100 ; bron : Archief Waterschap"Regge en Dinkel"

waterloop die even ten noorden van het onderzoeksterrein ligt. De dimensionering van deze waterloop is eerst in 1932 en later rond 1974 drastisch gewijzigd door het Waterschap. Voor 1932 was er sprake van een sterk meanderende beek van geringe afmetingen. (Archief waterschap Regge en Dinkel).

Zowel in de Binnen- als Buitenbeek zijn vaste stuwen aanwezig, onder andere ter voorkoming van al te hoge stroomsnelheden waarbij taludverzakking op zou kunnen treden.

De kleine sloten die cultuurgronden en natuurterrein op sommige plaatsen scheiden, hebben een zeer bescheiden afvoer van water (0.05 - 0.5 l/sec.) vergeleken met de besproken waterlopen en vallen bovendien vroeg in het voorjaar droog.

Binnen het natuurterrein komt voorts een gering aantal ondiepe greppels voor met een afvoer gedurende de winter van minder dan 0.05 l/sec.

Aan de Deldenerzijde is met name leiding 12-2-1-3 van belang. (Fig. 6). Deze waterloop heeft een min of meer natuurlijk karakter en ligt langs de westzijde van het terrein.

Bij het Waterschap bestaan plannen om deze waterloop te wijzigen. De voorgestelde plannen komen neer op een verdieping van de bestaande loop met 10 cm. ter plekke van het natuurterrein. (Fig. 7). De wijziging wordt wenselijk geacht in verband met de wateroverlast op sommige vooral bovenstrooms gelegen percelen cultuurgrond.

Ook in de Deldenerzijde zijn enkele ondiepe greppels aanwezig met, een zeer geringe, winterafvoer. Via een bredere greppel die parallel aan de Deldenerdijk ligt, vindt op sommige plekken afvoer naar de bermsloot langs de dijk plaats. (Minder dan 0.05 l/sec.).

De diverse waterhuishoudkundige ingrepen die er door de jaren heen plaatsvonden, zullen naar alle waarschijnlijkheid veranderingen hebben teweeggebracht in het grondwaterregime. Om een eerste indruk te krijgen van de orde van grootte van deze wijzigingen zijn een aantal berekeningen uitgevoerd. Uitgangsmateriaal van deze berekeningen is ontleend aan het archief van grondwaterstanden van de Dienst Grondwaterverkenning van TNO. Het betreft peilgegevens van buizen en putten welke deel uit maken van het grondwatermeetnet. Van de waarnemingspunten in de omgeving van de beide onderzoeksterreinen zijn alleen van TNO-buis 34F-1-09 over een langere periode voldoende peilwaarnemingen bekend voor een nadere analyse. De buis is circa 4.5

TABEL B : VERGELIJKING VAN DE GRONDWATERSTANDEN OVER 2 PERIODEN

Analyse TNO-buis 34F - 1 - 09 ; maaiveldshoogte 22.79 m. + NAP
-hydrologische positie: 22.95 m. + NAP
op overgang hoog(es) naar laag (beek); (1967-1974)
veldpodzolgrond.
buislengte: 2 m.
filterlengte: 0.5 meter.

	Periode 1953-1963	Periode 1964-1974
Aantal waarnemingen	263	259
Hoogste peil (cm. - m.v.).	8	-11
Laagste peil (cm. - m.v.).	177	182
Gemiddeld peil.	76.7	75.4
Neerslag jaargemiddelde (mm. Hengelo)	759	797

TABEL C : VERBAND TUSSEN GEMIDDELDE GRONDWATERSTAND EN NEERSLAGOVERSCHOT

Hydrologische jaren (1 april - 31 maart)

Periode	1953 t/m 1958	1969 t/m 1974
Aantal dataparen	6	6
Gemiddeld neerslagoverschot (mm.)=X	312	277
Gem. grondwaterstand (cm.-mv.) = Y	75 (σ = 13)	90 (σ = 14.7)
Correlatiecoëfficient r	0.929	0.870
Regressievergelijking	Y = - 0.137 X + 118	Y = - 0.093 X + 115.8
Gem. grondwaterstand Y in:		
nat jaar (X = 518 mm.)	47	68
gem. jaar (X = 342 mm.)	71	84
droog jaar (X = 166 mm.)	95	100

Hydrologische zomerhalfjaren (1 april - 30 september)

Periode	1953 t/m 1958	1969 t/m 1974
Aantal dataparen	6	6
Gem. neerslagoverschot (MM) = X	57	10
Gem. grondwaterstand (cm. - mv.)	93 (σ = 15)	106 (σ = 18)
correlatiecoëfficient	0.714	0.971
Regressievergelijking	Y = - 0.206 X + 105	Y = - 0.187 X + 108
Gem. Grondwaterstand (Y) in:		
natte zomer (149 mm.)	74	80
gem. zomer (47 mm.)	95	99
droge zomer (-55 mm).	116	118

Hydrologische winterhalfjaar (1 okt. - 31 maart)

Periode.	1953 t/m 1958	1969 t/m 1974
Aantal dataparen	6	6
Gem. neerslagoverschot (mm.) = X	255	267
Gem. grondwaterstand (cm. -mv.) = Y	56 (σ = 21)	73 (σ = 17)
Correlatiecoëfficient	0.987	0.859
Regressievergelijking	Y = - 0.288 X+130	Y = - 0.130 X + 108
Gem. grondwaterstand (Y) in:		
natte winter (401 mm.)	14	56
gem. winter (295 mm.)	45	70
droge winter (189 mm.)	76	83

km. van beide onderzoeksterreinen verwijderd. Over de periode 1953 t/m 1974 zijn in totaal 522 half-maandelijkse peilwaarnemingen beschikbaar.

Voor een eerste globale benadering van, wat wel genoemd wordt, de verticale grondwaterdynamiek is de waarnemingsperiode verdeeld in twee periode van elk elf jaar. (Tabel B).

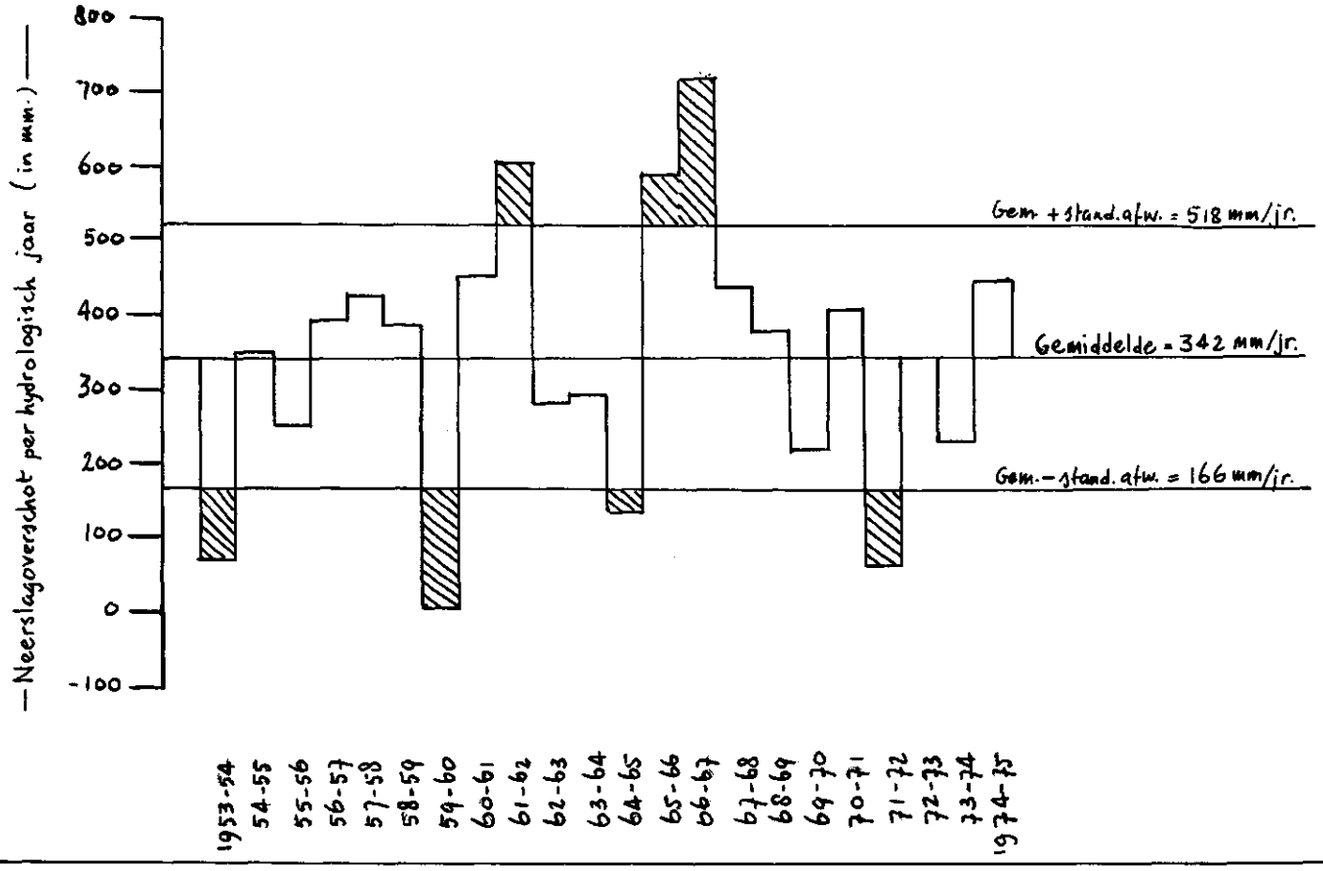
Met deze eerste globale benadering kan geen noemenswaardige wijziging in de gemiddelde grondwaterstand tussen de beide perioden worden aangetoond. Uit de neerslagcijfers van het station Hengelo (maandsommen, 1953-1980) blijkt echter dat de gemiddelde jaarneerslag over de periode 1964-1974 een kleine 40 mm. hoger was dan in de voorafgaande periode 1953-1963.

Een nadere beschouwing leert dat de periode '53-'63 de zeer droge jaren 1953 en 1959 (513 en 450 mm.) omvat. In de tweede periode (1964-1974) komen naast het zeer droge jaar 1971 (507 mm.), de zeer natte jaren 1965 (1025 mm.) en 1966 (1150 mm.) voor. Daar staat tegenover het jaar 1961 (1038 mm.) uit de eerste periode. Het lijkt raadzaam om het verband tussen gemiddelde grondwaterstand en de neerslagoverschotten (neerslag - verdamping) nader te analyseren.

Gebruik makend van de maandsommen voor neerslag en verdamping (station Hengelo, Winterswijk, Vliegbasis Twente, jaaroverzichten KNMI) en de TNO-peilwaarnemingen van buis 34F-1-09 is dit verband doorgerekend. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen hydrologische jaren en hydrologische zomer- en winterhalfjaren. (Tabel C). (Ter Hoeve 1958, Both en Van Wirdum 1981). De waarnemingsperioden zijn zo kort mogelijk gekozen en gelegen aan het begin van de reeks (1953 t/m 1958) en aan het einde (1969-1974). De significantie van de gevonden regressievergelijkingen neemt bij verlenging van de perioden niet meer toe. Voor de berekening van de neerslagoverschotten is uitgegaan van de Pennman (= open water) verdamping, vermenigvuldigt met een factor 0.7. De extreme situaties, nat en droog, zijn benaderd m.b.v. de standaardafwijking van het gemiddelde neerslagoverschot (over 1953-1974) te bepalen. (Zie fig. 8).

De verdeling in hydrologische zomer- en winterhalfjaren geeft in principe een beter inzicht in de opgetreden grondwaterstandswijzigingen dan bij het hanteren van alleen hele jaren. De resultaten worden als volgt samengevat (zie tabel D):

FIGUUR 8 : NEERSLAGOVERSCHOTTEN IN DE JAREN 1953-1974
(GEMIDDELDE EN STANDAARDAFWIJKING)



TABEL D : DALING VAN DE GEMIDDELDE GRONDWATERSTAND
(PERIODE 1953-'58 tov. 1969-'74) IN CM.

	gemiddeld	nat	droog
- hydrologische jaar	13	21	5
- hydrologische zomerhalfjaar	4	6	2
- hydrologisch winterhalfjaar	25	42	7

Bij identieke neerslagoverschotten in een gemiddeld jaar (X = 342 mm.) is sprake van een daling van de gemiddelde grondwaterstand met 13 cm. tov. de periode 1953-1958.

In een nat hydrologisch jaar/halfjaar is de daling sterker geweest dan in een qua neerslagoverschot als gemiddeld of droog gekwalificeerde periode. Dit geldt in het bijzonder voor een nat winter-halfjaar. (X = 401 mm.). De gemiddelde grondwaterstand in de periode 1967-1974 ligt dan ruim 40 cm. lager dan die in de periode 1953-1958.

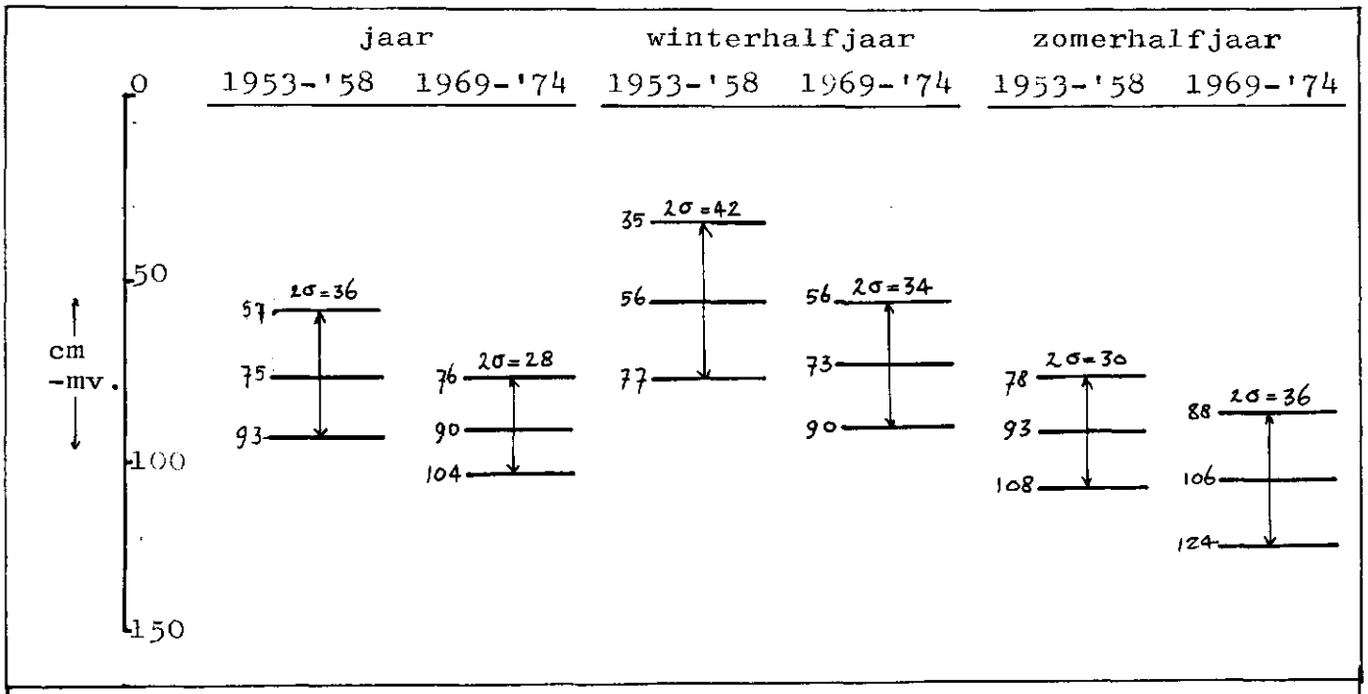
De resultaten zouden als volgt geïnterpreteerd kunnen worden: Waterhuishoudkundige verbeteringswerken, waarbij beken en waterlopen grotere dimensies toegemeten krijgen, blijken het met de werken door het waterschap beoogde effect op te leveren. De wateroverlast gedurende de winterperiode is afgenomen door de versnelde afvoer van hoge neerslagoverschotten, met als resultaat verlaagde wintergrondwaterstanden. Toepassing van drainage en andere detailontwateringsmiddelen hebben soortgelijke gevolgen voor het grondwaterpeil.

Voor een droog winterhalfjaar wordt een veel geringere daling berekend (7 cm). De daling van de gemiddelde grondwaterstand in overeenkomstige zomerhalfjaren is gering, zowel voor natte als droge situaties. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn de in de loop der tijd verbeterde peilbeheersing (stuwbeheer) of, met name in een droge zomer, het bereiken van een grondwaterstand waarbij er geen of nauwelijks afvoer naar een afwateringsmiddel meer plaatsvindt en waarbij de capillaire opstijging van vocht vanuit het grondwater naar de vegetatie nihil geworden is. Het grondwater zal dan vrijwel niet meer verder dalen.

Een belangrijk gevolg van grondwaterstandsdalingen is de toename van de bergingsmogelijkheden in de bodem. De afstand tussen maaiveld en grondwaterspiegel is immers toegenomen. Met deze toename van berging wordt niet altijd rekening gehouden bij het opstellen van waterbeheersingsplannen. Een gevolg kan zijn dat de ontwatering dieper wordt dan in feite nodig is. De toename van de berging als gevolg van uitgevoerde beheersingswerken is tevens af te leiden uit de regressievergelijkingen van tabel C . Vergelijking van de regressiecoëfficienten leert dat de gemiddelde „berging" over het hele jaar is toegenomen met een factor 1.5. (0.137 tussen 1953-1958 vgl. met 0.093 tussen 1969-1974). De „berging" in de

	1953-'58	1969-'74
Hydrologisch jaar	48	32
Hydrologisch zomerhalfjaar	42	38
Hydrologisch winterhalfjaar	62	27

TABEL E : VERSCHILLEN IN DE GEMIDDELDE GRONDWATERSTANDEN TUSSEN DROGE EN NATTE (HALF)JAREN IN CM.



FIGUUR 9 : VERSCHIL IN STANDAARDAFWIJKING ("FLUCTUATIE") VAN DE GEMIDDELDE GRONDWATERSTAND TUSSEN DE TWEE PERIODEN

winter is toegenomen met een factor 2.2 (o,288 vergelijken met 0.130).

De verschillen in de gemiddelde grondwaterstanden tussen droge en natte (half)jaren, geven een indruk van de schommelingen (fluctuatie) van het grondwaterpeil. (Tabel E).

De gemiddelde jaarlijkse fluctuatie is t.o.v. de periode 1953-1958 afgenomen met ruim 15 cm. Voor de winterperiode is de afname groot, (35 cm), voor de zomer relatief klein. (4 cm.).

Ook hierin valt het beoogde effect van waterhuishoudkundige ingrepen af te lezen, namelijk de afvlakking van de hoge grondwaterstanden en piekafvoeren gedurende winterperiode, waardoor de wateroverlast beperkt wordt.

De standaardafwijking (σ) van de berekende gemiddelde grondwaterstand over beide perioden (tabel C) bevestigt het optreden van dit proces; zie fig 9 .

De berekende daling van de grondwaterstand ter plekke van TNO-buis 34F-1-09 over de periode 1953-1974 zal niet op zich staan. Mede op grond van literatuurgegevens (Waterschap Regge en Dinkel, 1980) en mondelinge mededelingen van streekbewoners mag verondersteld worden dat het grondwaterpeil in en rond de beide onderzoeksterreinen eveneens gedaald is. Helaas ontbreken de gegevens om de orde van grootte van de daling aldaar te berekenen op dezelfde manier. Van de punten uit TNO-grondwatermeetnet dichtbij de terreinen zijn slechts over zeer korte perioden peilwaarnemingen bekend,en dan betreft het nog slechts 3-maandelijkse cijfers (4 peilwaarnemingen per jaar). **Grondwaterstandswijzigingen in het wat diepere grondwater zijn niet te bepalen omdat er geen peilputten met 'relevante' peilcijfers dichterbij de onderzoeksterreinen zijn.**

De wijzigingen in het grondwaterregime dichter bij of in de beide onderzoeksterreinen kunnen m.b.v. de beschikbare TNO-gegevens dus niet nauwkeuriger benaderd worden. Door veldwerk en modelmatig onderzoek blijkt dit wel mogelijk. (Hoofdstuk 3).

2.5. De vegetatie.

Om tot uitspraken te kunnen komen omtrent de gevolgen van beekpeilveranderingen voor een natte heidevegetatie is het nodig deze vegetatie te leren kennen.
Daartoe is gekozen voor een globale beschrijving (min of meer volgens Tansley), en een beknopte transectstudie (m.b.v. de methode van Braun-Blanquet).

Gedetailleerde gegevens over de vegetatie in vroeger jaren, met name vóór 1930, zijn niet voorhanden. Met behulp van mondelinge mededelingen en relevante literatuurgegevens is het vegetatiebeeld gereconstrueerd.

Tot slot van deze paragraaf volgt een kort overzicht van ontwikkeling en beheer van de natte heidevegetatie.

Globale beschrijving.

De beide onderzoeksterreinen bestaan uit een min of meer open landschap, met voornamelijk struik- en grasvegetatie, omzoomd door stroken bos. Op de meeste plaatsen vormen begroeide wallen de scheiding met waterlopen en/of cultuurgrond. Het terrein aan de Bentelerzijde bestaat uit twee delen, gescheiden door een onverharde weg. (Haijinksdijk).

De volgende, vrijwel alle soortenarme, vegetatietypen zijn te onderscheiden:

1. - dopheidevegetatie, met Erica tetralix (gewone dopheide) als dominante soort.
De bedekkingsgraad van Molinia caerulea (pijpestrootje) is laag, veel minder dan 25%. Daarnaast komen in geringe bedekkingsgraden voor: Scirpus caespitosus (veenbies), Rhynchospora alba (witte snavelbies), Sphagnum spp. (Veenmossoorten, natte type), Hypnum cupressiforme (Klauwtjesmos) en Cladonia impexa (Groen bekermos, droge type).
Het vegetatietype wordt vooral op de hogere delen van het open terreingedeelte aangetroffen. Op tal van plaatsen vindt opslag van bomen in de vorm van Pinus sylvestris (Grove den) en in mindere mate Betula spp. (Berken) plaats. De oudste bomen zijn 15 à 20 jaar oud.
Het noordelijk deel van de Bentelerzijde is vrij recent nog geschoond van opslag. Syntaxonomisch kan dit type worden ondergebracht bij het Ericetum tetralicis (onderdeel van het dopheideverbond) en, wat betreft de Deldenerzijde, ook bij het Lycopodio-Rhynchosporetum albo-fuscae (moeras-

wolfsklauw-snavelbiesverbond). (Westhoff & Den Held 1975, Eijsink ca. 1980, Both 1981, Van Ziel en Terwindt 1982).

Aan de Deldenerzijde komt in dit type ook Myrica gale (Gagel) voor in lage bedekkingsgraden.

II. - Pijpestrovegetatie; waarin Molinia caerulea (pijpestro) een bedekkingsgraad heeft van meer dan 75%. Plaatselijk wordt boomopslag aangetroffen in de vorm van Betula pubescens (zachte berk). Dit vegetatietype beperkt zich tot de allerlaagste delen van het terrein en tot de oevers van kleine vennen en putten. (Noordelijk deel van de Bentelerzijde). Syntaxonomisch is zij moeilijk onder te brengen, wellicht als onderdeel van het Ericetum tetralicis. Eigenlijk vormen I en II één vegetatietype, namelijk de natte heide. Maar vanwege de ruimtelijke scheiding door de zônes, waar vergrassing heeft plaatsgevonden (type III) zijn ze hier gesplitst.

III. - Pijpestro-dopheidevegetatie, een mengvorm van I en II, waarin Molinia caerulea (pijpestro) steeds de dominante soort is. Dit is de zogenaamde "vergraste" heide, welke een aanzienlijk deel van de Bentelerzijde beslaat. Ze is gelegen op de flanken van de hogere delen en vormt aldus een ruimtelijke overgang van de dopheivegetatie (hoog) en de pijpestrovegetatie (laag).

Molinia heeft zich in de loop der tijd sterk uitgebreid ten koste van Erica tetralix (gewone dophei). De cyclus van opbouw, afsterven en weer uitlopen van Erica is in dit geval verbroken door Molinia, dat zich in de open zode van de afstervende heidestruiken snel weet te vestigen en uit te breiden.

Op de overgang naar de dopheidevegetatie (I) worden Andromeda polifolia (lavendelheide) en in het zuidelijk deel van de Bentelerzijde ook Salix repens (Kruipwilg) aangetroffen. In de Deldenerzijde komt dit hele vegetatietype nauwelijks voor.

IV. - Pijpestro-gagelvegetatie, met afwisselend hoge bedekkingsgraden van Molinia caerulea (pijpestro) en Myrica gale (Gagel). Dit type komt voor in de Deldenerzijde, waar het de wat hoger gelegen dopheidevegetatie (I) begrensd. Naast de genoemde soorten komen o.a. Erica tetralix (gewone dophei) en Eriophorum ang. (veenpluis)voor, de laatste soort vooral in slenken en geulen.

Het optreden van Myrica gale (gagel) wordt nogal eens

toegeschreven aan het optreden van sterke grondwaterstandsfluctuaties. In hoofdstuk 3 zal blijken dat er veeleer sprake is van horizontale dynamiek, in de vorm van toestroming van water vanuit de hogere delen van het terrein.

De opslag van bomen vindt voornamelijk plaats op plekken waar de bedekkingsgraad van Myrica hoog is ("struweelvorming") in de vorm van Betula pubescens (zachte berk). De pijpestro-gagelvegetatie is grotendeels als een variant van het Ericetum tetralicis (dopheideassociatie) op te vatten en plaatselijk als Myricetum gale (gagelassociatie).

V. - Bosvegetatie, waarin Pinus sylvestris (grove den) de dominante soort is. Voorts komen voor Betula spp. (berk), Quercus robur (zomereik), Frangula alnus (vuilboom) en Sorbus aucuparia (lijsterbes). In de ondergroei domineert Molinia cearulea (pijpestro). Daarnaast treft men Dryopteris spp. (stekelvarens) aan.

Plaatselijk, op de allerhoogste delen van de Bentelerzijde, komen voor Calluna vulgaris (struikhei), Vaccinium vitis-idea (rode bosbes of vossebes) en V. myrtillis (blauwe bosbes), Rumex acetosella (schapezuring), Rubus spp. (braam) en Deschampsia flexuosa (bochtige smele).

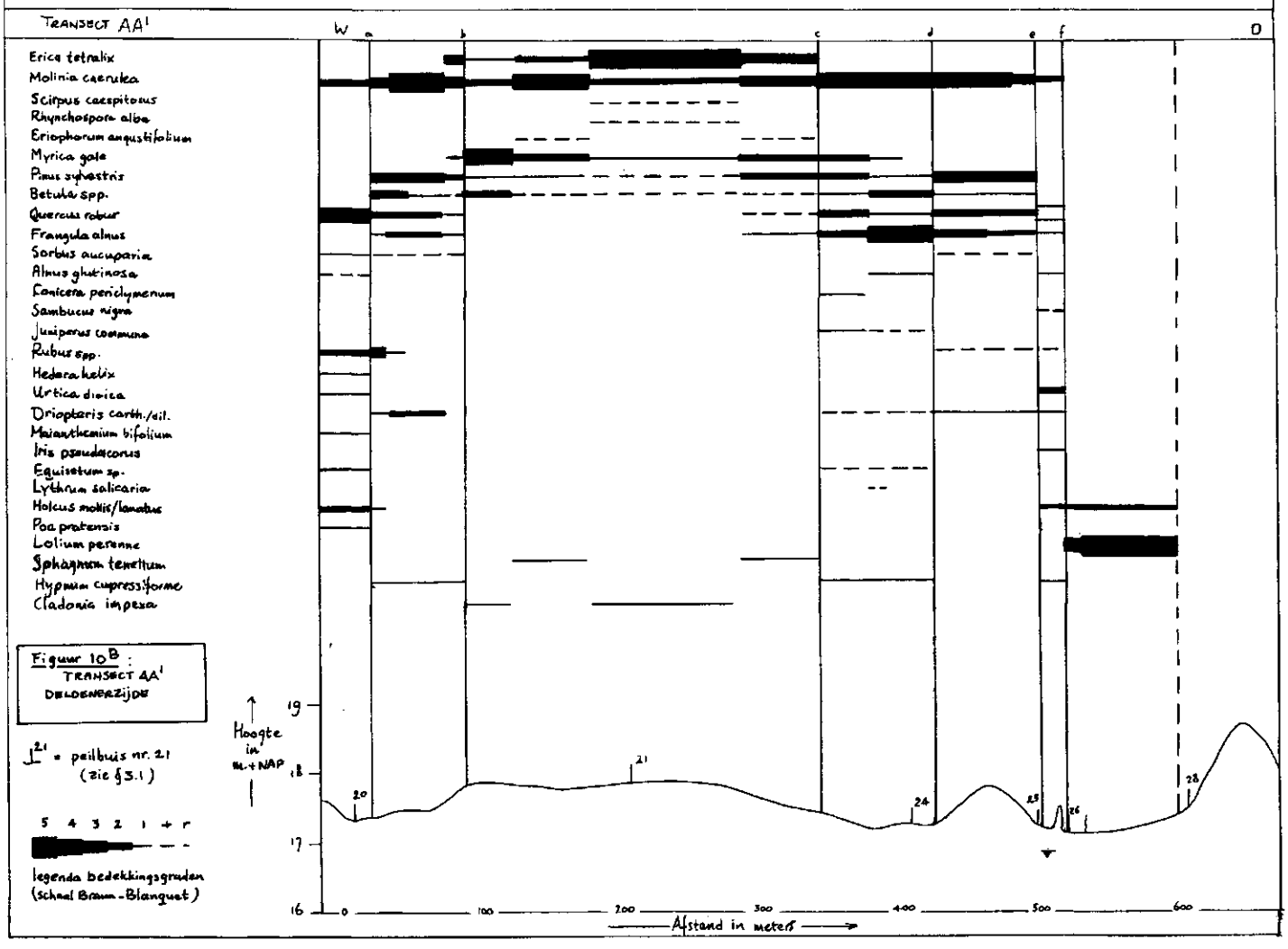
Syntaxonomie: voornamelijk Querco-roboris-Betuletum molinitosum, fragmentair ontwikkeld (pijpestro-variant van het eiken-berkenbos).

VI. - Struweelvegetatie, met Frangula alnus (vuilboom) als dominante soort. Voorts komt Betula pubescens (zachte berk) voor en in de ondergroei Molinia caerulea (pijpestro), meestal in verterende horsten, gelegen op de lagere delen binnen de bosstroken.

Syntaxonomisch is dit type onder te brengen bij het Frangula-Salicatum auritae (associatie van sporkehout en geoorde wilg).

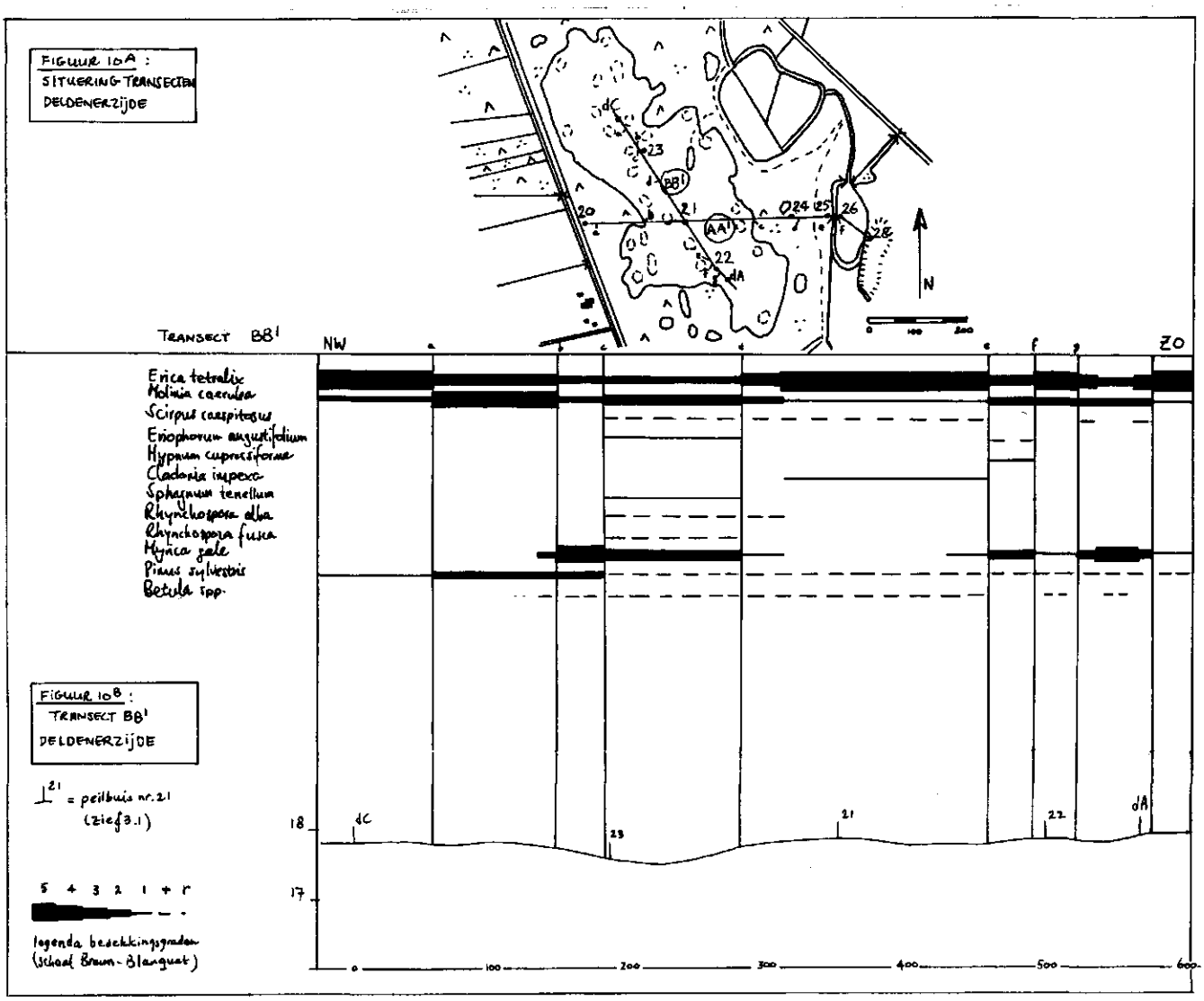
VII. - Bosvegetatie op wallen, met oa. Quercus robur (zomereik), Betula spp. (berk), Alnus glutinosa (zwarte els) en plaatselijk Ilex aquifolium (hulst) en Sambucus nigra (vlier). In de ondergroei soorten als Pteridium aquilinum (adelaarsvaren), Dryopteris spp. (stekelvaren), Rubus spp. (braam), Hedera helix (klimop), Urtica dioica (grote brandnetel), Melanpyrum pratense (hengel) en Molinia caerulea (pijpestro). Verder Galeopsis tetrahit (hennepnetel), Maianthemum bifolium (dalkruid), Vaccinium myrtillis (blauwe bosbes), Cordyalis claviculata (rankende helmbloem) en

FIGUUR 10 : VEGETATIE-TRANSECTSTUDIE DELDENERZIJDE opnamedatum : 28 juli 1982



Figuur 10B : TRANSECT AA' DELDENERZIJDE

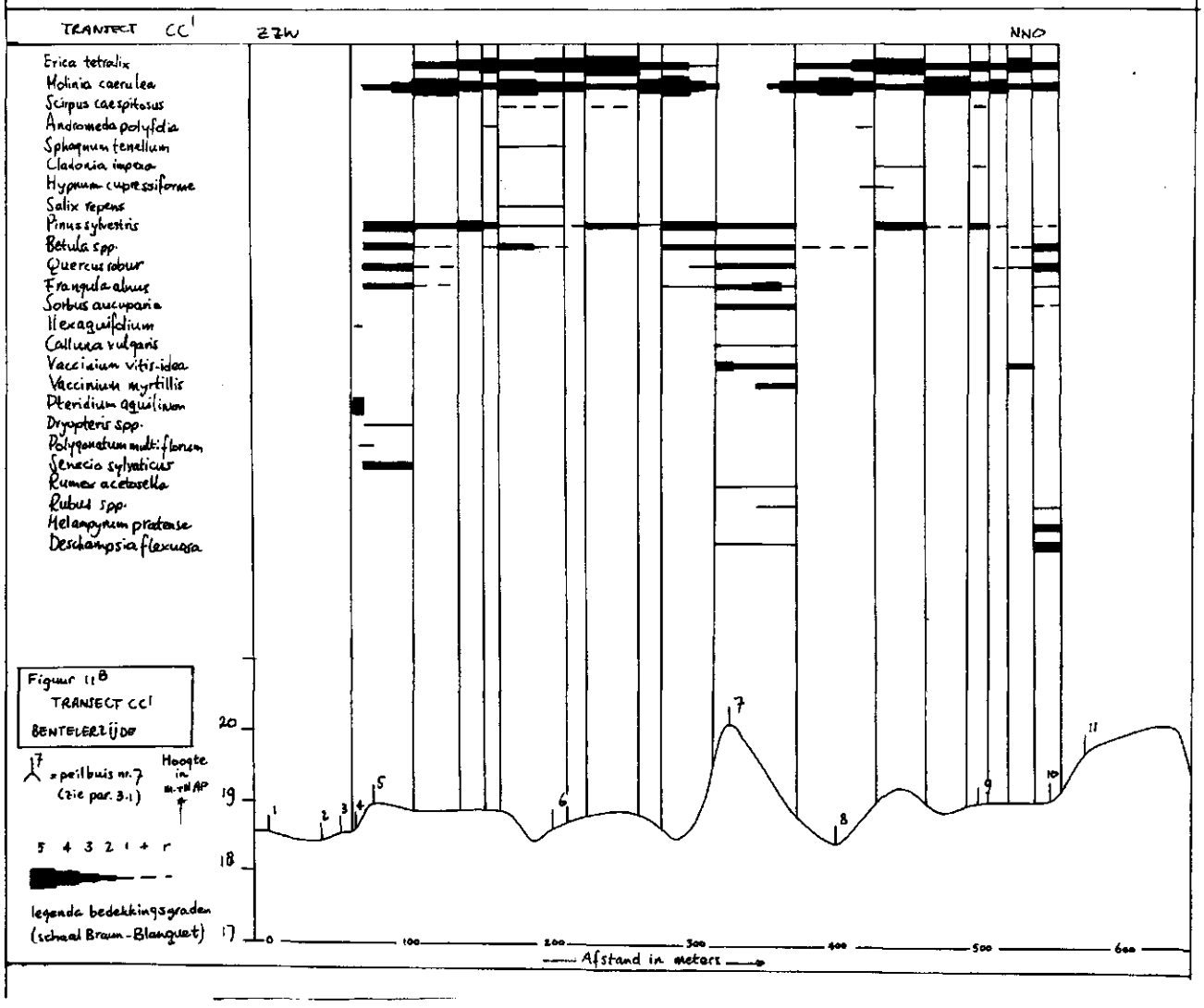
21 = peilbuis nr. 21 (zie §3.1)

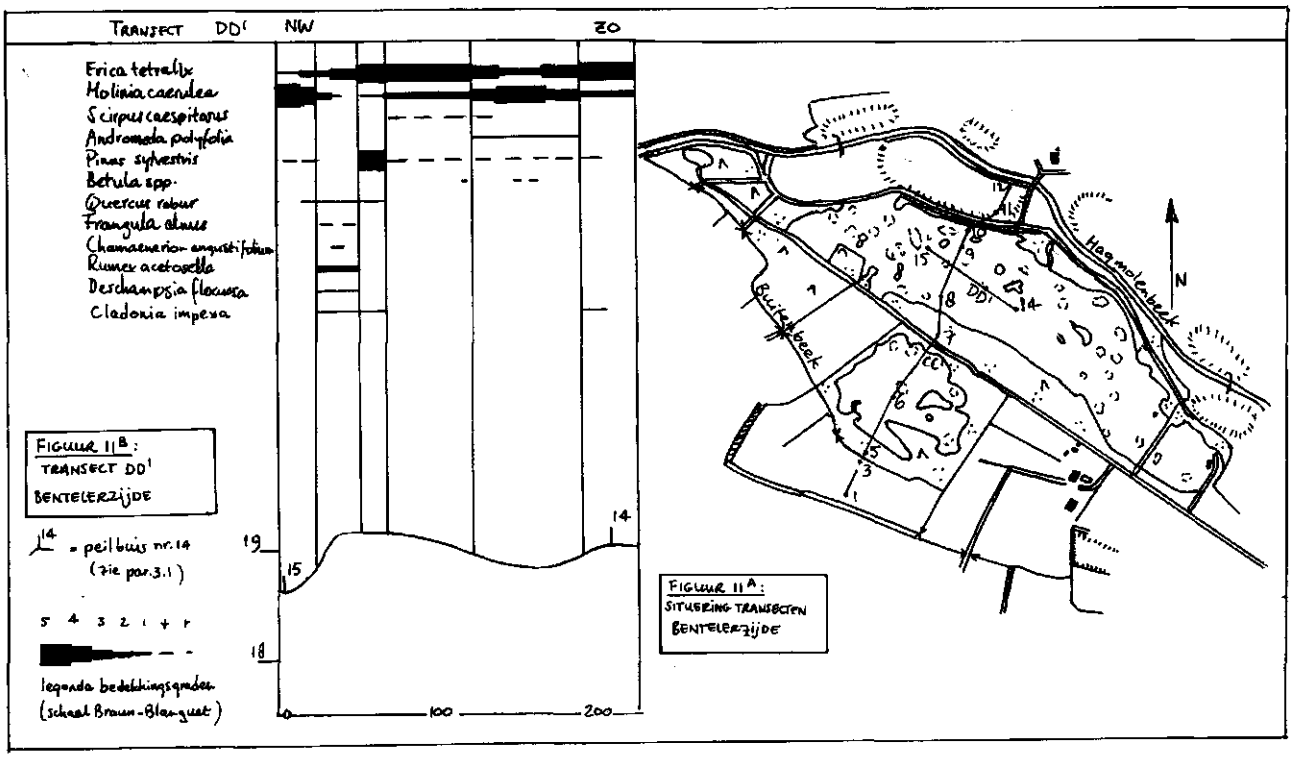


Figuur 10B : TRANSECT BB' DELDENERZIJDE

21 = peilbuis nr. 21 (zie §3.1)

FIGUUR 11 : VEGETATIE-TRANSECTSTUDIE BENTELERZIJDE opnamedatum : 29 juli 1982





TABEL F : PLANTEN VAN DE NATTE HEIDE-VEGETATIE

			V	N	Z	
Erica tetralix	-gewone dopheide	♄	8	2	1	(f)
Molinia caerulea	-pijpestro	♃	7	2	x	(f)
Myrica gale	-gagel	♄	9	2	3	F
Scirpus caespitosus	-veenbies	♃	9	1	1	F
Eriophorum angustifolium	-veenpluis	♃	9	2	4	W
x Rhynchospora alba	-witte snavelbies	♃	9=2		2	W
x Rhynchospora fusca	-bruine snavelbies	♃	9=2		1	W
x Drosera rotundifolia	-ronde zonnedauw	♃	9	1	1	F
x Drosera intermedia	-kleine zonnedauw	♃	9	2	2	F
x Gentiana pneumonanthe	-klokjesgentiaan	♃	7	2	x	F
Andromeda polifolia	-lavendelheide	♄				F
Salix repens	-kruipwilg	♄	x	x	x	F
Juncus squarrosus	-trekrus	♃	8	1	1	f

- Levensvorm ♄ = struik/heester(houtig)
  ♃ = overblijvendeplant

- Ellenberggetallen :

  V : vochtgetal; aanwijzing voor lage(1) tot hoge(9) bodemvochtigheid.

  N : stikstofgetal; aanwijzing voor laag(1) tot hoog(9) stikstofgehalte van de standplaats.

  Z : zuurgraadgetal; aanwijzing voor sterk zure(1) tot basenrijke omstandigheden.

- Londo :

  W : soorten,die in Nederland voor een goede ontwikkeling en voltooiing van hun levenscyclus (oa. kieming) vereisen dat het (grond)water gedurende een deel van het jaar min of meer permanent boven het maaiveld staat (in een normaal hydrologisch jaar).

  F : sootren, die in Nederland uitsluitend groeien binnen de invloedssfeer van het freatische oppervlak, dat zich in de regel onder het maaiveld bevindt. (obligate freatofyten)

  f : soorten, die in Nederland hoofdzakelijk of vrijwel uitsluitend groeien binnen de invloedssfeer van het freatische oppervlak, dat zich in de regel onder het maaiveld bevindt.De soorten van deze categorie, als ook die van de volgende (f),zijn niet-obligate freatofyten.

  (f): soorten, die in het grootste deel van hun verspreidingsgebied in Nederland binnen de invloedssfeer van het freatische oppervlak groeien.Het grondwater staat in de regel onder maaiveld.

  Een onderstreping van de codes duidt erop dat de betreffende soorten kenmerkend zijn voor een, wat voedselrijkdom betreft, minder dynamisch milieu ('gevoelige'soorten)

enkele mossoorten.

Syntaxonomie: voornamelijk Querco roburis-Betuletum, plaatselijk subassociatie Molinietosum. (Eiken-berkenbos, plaatselijk pijpestrovariant.)

De aangrenzende cultuurgronden bestaan grotendeels uit grasland (de relatief lagere delen langs de diverse waterlopen), met als kenmerkende grassoorten Lolium perenne (engels raaigras), Phleum pratense (timotheegras) en Poa trivialis (ruw beemdgras). Tussen de Hagmolenbeek en het onderzoeksterrein aan de Bentelerzijde wordt de relatief hooggelegen grond als bouwland gebruikt. Naast snijmais worden er veldbonen, stoppelknollen en rogge (soms) verbouwd.

De vegetatie langs en in de waterlopen wordt hier verder buiten beschouwing gelaten.

Transect.

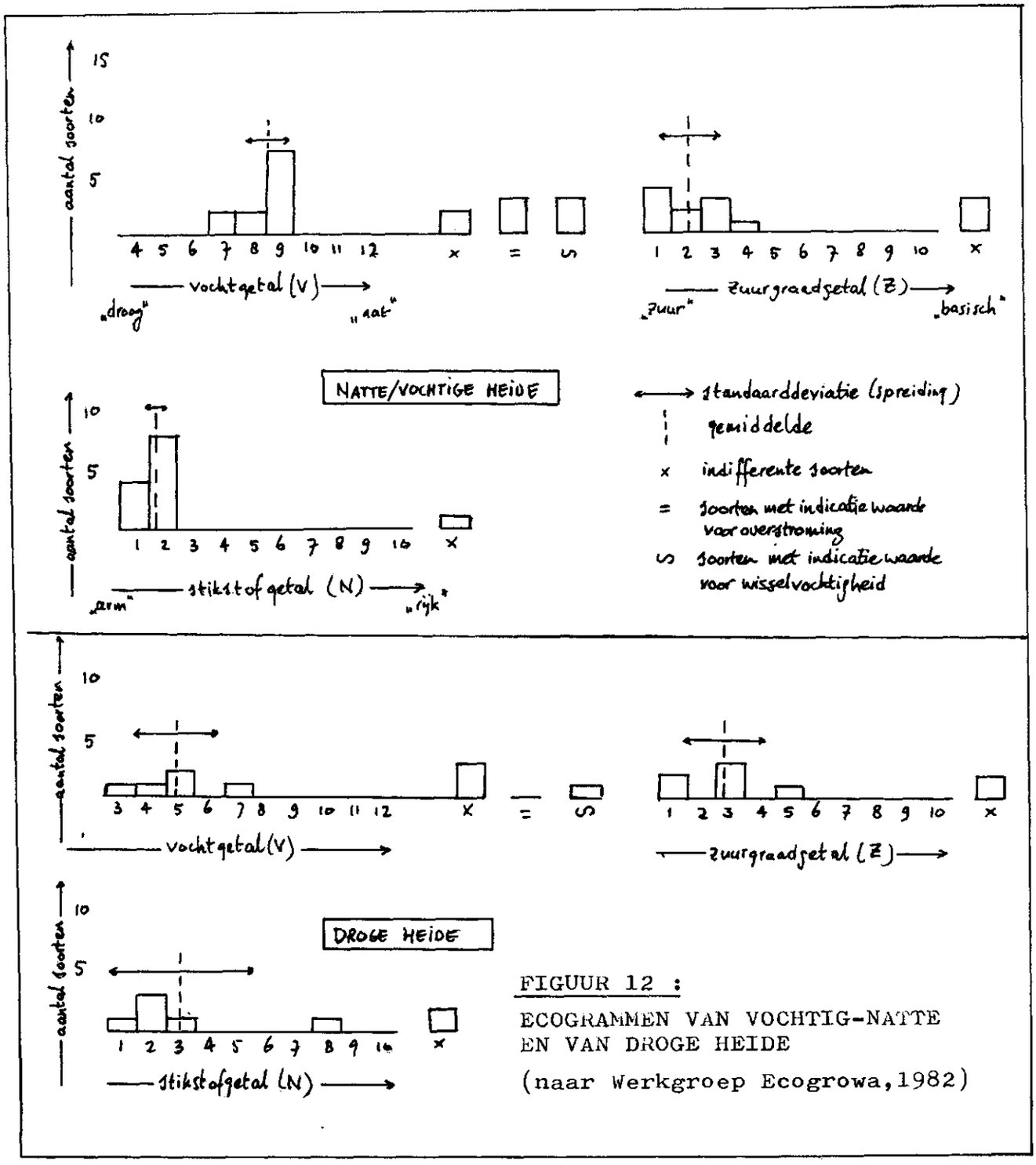
Fig.10a+11a geeft de ligging en lengte van de diverse transecten die vegetatiekundig bestudeerd zijn. De lengte van de opnameeenheden varieert van 10 tot 50 meter, al naar vegetatiestructuur. De breedte is telkens 20 meter, 10 meter aan weerszijden van de transect-lijn.

De verspreiding van de plantensoorten over de transecten is weergegeven in de figuren 10b en 11b. Bij de opnamen in de bosstroken op en rond de begroeide wallen is niet naar volledigheid gestreefd. Met name de mossoorten kregen minder aandacht.

In de Deldenerzijde is sprake van een duidelijke zônering van de vegetatie met vrij scherpe grenzen tussen de typen onderling. De eenheden beslaan een grotere oppervlakte dan die van de Bentelerzijde. Zônering en overgangen tussen de vegetatietypen zijn in dit laatstgenoemde terrein veel minder uitgesproken. Dit is onder meer een gevolg van de "storende" invloed van Molinia caerulea (pijpestro).

Verleden.

Door het ontbreken van gedetailleerde gegevens is het vegetatiebeeld van vroeger jaren gereconstrueerd met behulp van mondelinge mededelingen (dhr. Semler), niet uitgewerkte karteringsgegevens (Blijdenstein, 1923) en algemene literatuurgegevens (De Smidt, 1962, Westhoff, 1973).



FIGUUR 12 :

ECOGRAMMEN VAN VOCHTIG-NATTE EN VAN DROGE HEIDE

(naar Werkgroep Ecogrowa, 1982)

De voornaamste planten die deel uit kunnen maken van een natte heidevegetatie staan vermeld in tabel F . Hierin zijn tevens opgenomen de levensvorm (in verband met de concurrentiepositie) en de coderin scijfers volgens Londo en Ellenberg per plantensoort. Londo onderscheidt hydrofyten, freatofyten en a-freatofyten al naar gelang het voorkomen van planten binnen de invloedssfeer van grond- en oppervlaktewater. De betekenis van de codering is vermeld onderaan tabel F . Dit geldt tevens voor de codering van Ellenberg. Deze hanteert een vochtgetal (V), stikstofgetal (N) en zuurgraadgetal (Z) ter karakterisering van de standplaats van planten. Weergave van de getallen geschiedt o.a. in de vorm van zg. ecogrammen (fig. 12). In het algemeen geldt hoe kleiner de spreiding, des te groter de wijzigingen in soortensamenstelling van een vegetatie bij een verandering in het milieu (de standplaats). Vergeleken met andere vegetatietypen blijkt de natte heide in dit opzicht byzonder kwetsbaar te zijn.

De met een kruisje aangemerkte plantesoorten zijn tussen ca. 1930 en nu uit de onderzoeksterreinen verdwenen of sterk in aantal en verbreiding afgenomen. Met name in de Bentelerzijde is Molinia caerulea (pijpestro) vanuit de laagste delen sterk opgedrongen. Erica tetralix (gewone do heide) heeft zich als het ware teruggetrokken op de hogere delen van het terrein. Op die plekken is de boomopslag in de vorm van Pinus sylvestris (grove den) sterk toegenomen. Vooral uit de overgangszone van de relatief hoge naar de lage delen van het terrein zijn de kleine, typische natte heideplantenverdwenen. Molinia caerulea (pijpestro) is in deze zône nu de dominante soort.

Ontwikkeling en beheer.

Het optreden van heidevegetaties moet gezien worden als een stadium in de degradatie van loofbos (Walter, 1973). Na het verdwijnen van de natuurlijke bosvegetatie, met voornamelijk eik en ook wel berk en hulst, vond uitspoeling plaats van voedingsstoffen uit de bovengrond onder invloed van neerslag. Dit leidde tot het ontstaan van extreem zure en arme gronden. Voordien waren de nutriënten voor het grootste deel opgeslagen in de biomassa boven de grond. Kappen en branden van bos, al sinds mensenheugenis, maar vooral in de laatste eeuwen op grote schaal uitgevoerd, deed aldus een geschikt milieu voor heide-

FIGUUR 13 : TOENAME VAN DE HOUTOPSLAG OVER DE PERIODE 1916 - 1976 (Topografische kaarten)

anno 1916

anno 1933

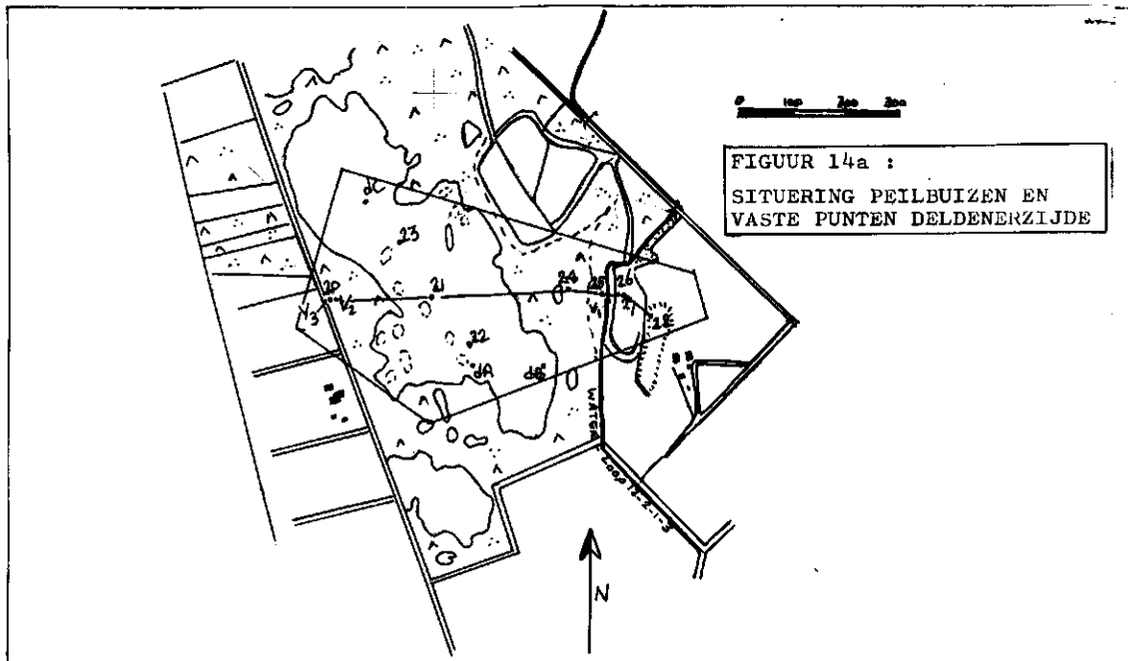
anno 1952

anno 1965

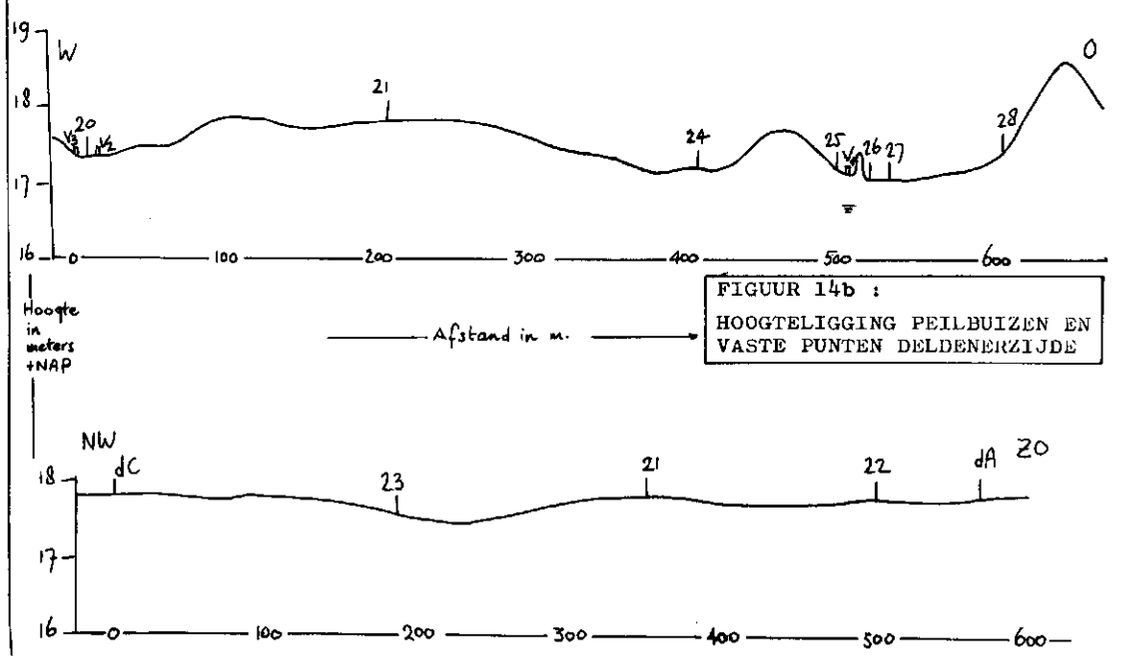
anno 1976

vegetatie ontstaan. Bosopslag werd tegengegaan door exploitatie (beweiding, plaggen en branden) van de heide. In de uitgangssituatie met bos bleef het heideareaal beperkt tot locale ondergroei en vestiging op ondiepe of vennige bodems op open plekken. Menselijke ingrepen hadden het ontstaan en het voorbestaan van grote oppervlakten heide tot gevolg. Blijft directe menselijke bemoeienis met de heide achterwege dan zal een ontwikkeling in de richting van bosopslag plaatsvinden. De mens kandus de specifieke levensomstandigheden laten voortbestaan door een actief beheer of laten verdwijnen door passief beheer. ("Niets doen").

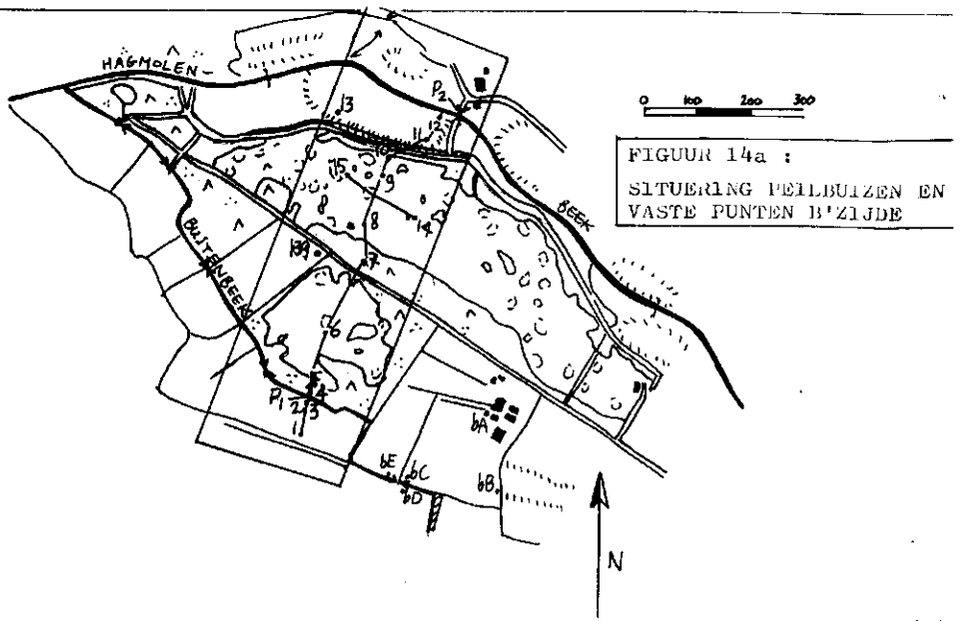
Op het landgoed Twickel vond nog actief beheer (exploitatie) van de heide plaats in de vorm van plaggen voor bemesting en brandstofvoorziening tot omstreeks de eeuwwisseling. Met de intrede van kunstmest en andere vormen van brandstof kwam de economische noodzaak tot exploitatie van de heide te vervallen. Ontwikkeling in de richting van bos is sindsdien op gang gekomen en wordt hier en daar alleen nog bewust vertraagd door schoningswerk, uitgevoerd door vrijwilligers. Zonder verdere menselijke ingrepen zullen ook de onderzoeksterreinen langzamerhand dichtgroeien met o.a. Pinus sylvestris (grove den) op de hogere delen en Betula spp. (berken) en Frangula almus (vuilboom) in de vorm van een struweel op de lagere delen. De sterke uitbreiding van Molinia caerulea (pijpestro) kan als tussenstadium worden gezien. Deze processen worden tevens in de hand gewerkt door indirecte beïnvloeding van de locale waterhuishouding in de vorm van waterbeheersingswerken in de omgeving, zoals zal blijken uit het vervolg. (Fig 13).



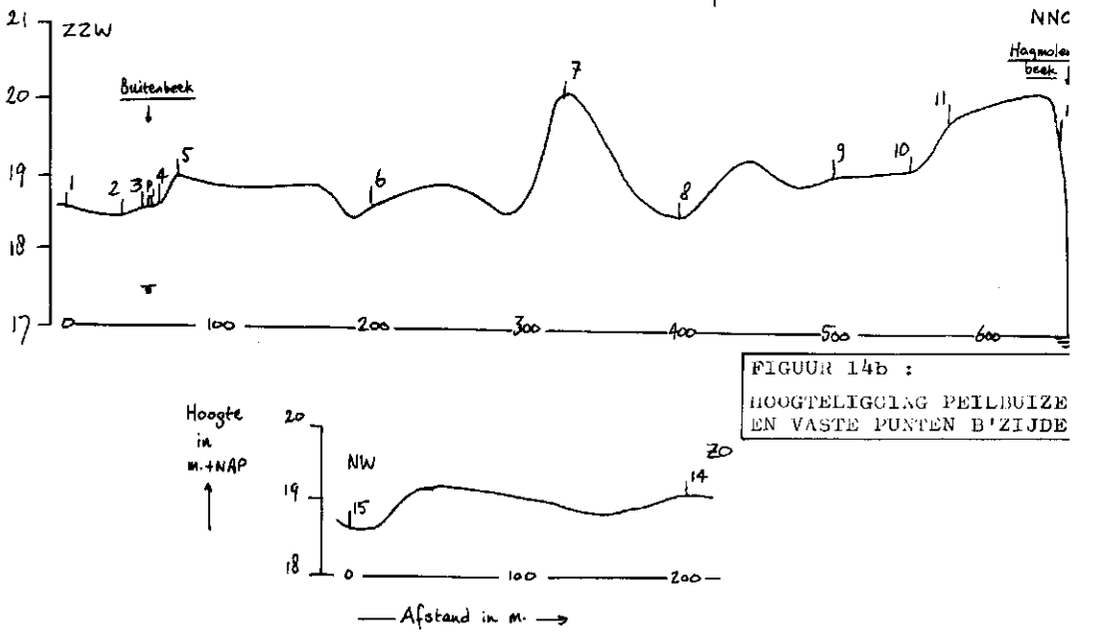
FIGUUR 14a :
SITUERING PEILBUIZEN EN VASTE PUNTEN DELDENERZIJDE



FIGUUR 14b :
HOOGTELIGGING PEILBUIZEN EN VASTE PUNTEN DELDENERZIJDE



FIGUUR 14a :
SITUERING PEILBUIZEN EN VASTE PUNTEN B'ZIJDE



FIGUUR 14b :
HOOGTELIGGING PEILBUIZEN EN VASTE PUNTEN B'ZIJDE

FIGUUR 14 : SITUERING EN HOOGTELIGGING VAN DE GRONDWATERPEILBUIZEN EN DE VASTE PUNTEN IN HET OPPERVLAKTEWATER

HOOFDSTUK 3: HYDROLOGISCHE GESTELDHEID.

3.1. Analyse van de gemeten grondwaterstanden.

3.1.1 Doel en methoden.

Teneinde het verloop van de grondwaterstand en de stromingsrichting van het grondwater een bepaalde periode te kunnen volgen, zijn eind november 1981 24 p.v.c. buizen met filter geplaatst, verspreid in raaien over de beide onderzoeksterreinen. (Fig. 14a). De buizen dA, dB en dC werden later toegevoegd, terwijl bA t/m bE (buizen voor de veedrenking) eveneens deel uitmaakten van het meetpuntennet.

De peilbuizen stonden in een (hoofd) raai van waterloop tot waterloop, met dwars op deze richting een (korte) zijraai. Situering van de buizen geschiedde op grond van verschillen in vegetatie, bodemgebruik, topografie en bodemgesteldheid van de terreinen.

De hoogteligging van de diverse peilbuizen is vastgesteld aan de hand van een rondgaande waterpassing. Met behulp van de verkregen hoogtepunten zijn dwarsprofielen geconstrueerd. (fig 14b). De peilveranderingen in de diverse waterlopen werden geregistreerd door het waterpeil te meten t.o.v. vaste punten (stevige, houten piketten en een punt aan de brug bij de Hagmolenbeek).

Alle peilwaarnemingen geschiedden in principe 1 maal per 2 weken tot en met mei 1982. In de loop van het onderzoek werd besloten om ook gedurende de zomermaanden enkele peilmetingen te verrichten. Door omstandigheden kon de frequentie van 1 maal per twee weken in de zomerperiode niet vol worden gehouden. Bovendien viel een groot aantal meetpunten uit. De gemeten grondwaterstanden, alsmede enkele belangrijke gegevens over de peilbuizen, staan vermeld in tabel 5 .

3.1.2. De resultaten.

In eerste instantie zijn de metingen verwerkt tot tijdstijghoogtelijnen. (Fig 15 en 16). Deze beslaan de peiode van 27 november 1981 t/m 26 mei 1982. (Vnl. 14-daagse waarnemingen). Een groepering van de lijnen vond o.a. plaats op basis van vegetatie, bodemgebruik en relatieve hoogteligging.

De Deldenerzijde.

Heide- Groep A. De buizen 21, B en C zijn gesitueerd op de relatief hogere delen van de heide, waar Erica tetralix (gewone dopheide) domineert. Het grondwaterpeil reageert snel op neerslagover-

	Buis nr.	Vast punt nr.	Mv. hoogte m NAP		Lengte m-mv		Filter lengte m	Onderzijde NAP		Hydrogeomorfische eenheid		bodemtype	Gemeten grondwaterstanden 21/11	29/11	8/1	20/1	3/2	17/2	2/3	17/3	31/3	14/4	29/4	13/5	26/5	21/7	1/9
BENTELERZIJDE	1		18.54		1.0		1.0	17.55		grasland		beekeerdgrond	18.41	-	18.21	17.96	18.21	18.31	18.38	18.29	18.05	18.14	17.91	-	-	-	-
	2		18.41		0.9		1.0	17.50		"		"	18.32	18.03	18.14	17.87	18.17	18.05	18.21	18.12	17.88	18.02	17.75	-	-	-	-
	3		18.54		1.1		1.0	17.45		"		"	17.89	17.69	17.73	17.60	17.70	17.69	17.80	17.70	17.60	17.62	17.57	17.56	17.50	-	-
	4		18.47		2.6		1.0	15.90		bos (lf)		"	17.97	17.78	17.90	17.79	17.87	17.78	17.87	17.83	17.72	17.73	17.63	17.65	17.58	17.57	17.36
	5		18.49		2.1		0.5	17.00		" (nh)		haarpodzolgr.	17.99	17.91	18.02	17.79	17.99	17.89	17.95	17.94	17.77	17.79	17.64	17.69	17.60	17.25	17.21
	6		18.61		1.2		0.5	18.10		heide		veldpodzolgr.	18.59	-	-	18.60	-	-	18.55	18.51	18.53	18.56	18.40	18.42	18.46	18.25	18.03	17.54	17.44
	7		20.14		2.9		1.0	17.20		bos (nh)		haarpodzolgr.	18.14	18.94	18.26	18.30	18.64	18.50	18.34	18.57	18.35	18.25	18.14	18.19	18.09	17.72	17.57
	8		18.43		1.0		0.5	17.45		heide		veldpodzolgr.	18.44	18.54	(18.47)	-	-	(18.44)	18.53	18.54	18.56	18.49	18.47	18.20	18.35	18.12	17.55	<17.59
	9		19.04		1.5		0.5	17.55		"		"	18.58	18.56	18.68	18.41	18.61	18.58	18.66	18.62	18.46	18.40	18.21	18.25	18.13	17.71	<17.74
	10		19.05		1.7		0.5	17.35		"		"	18.39	18.11	18.44	18.14	18.32	18.23	18.14	18.38	18.16	18.08	17.92	17.96	17.83	17.37	<17.39
	11		19.76		2.6		1.0	17.15		bouwland		enkeerdgrond	17.99	17.99	18.21	17.99	18.11	18.12	18.00	18.22	18.01	17.81	-	-	-	-	-
	12		19.47		2.6		1.0	16.85		"		" (?)	16.96	16.99	17.08	17.06	17.09	17.06	17.08	17.09	16.96	17.01	-	-	16.99	16.97	-	-
	13		18.65		1.9		1.0	16.75		"		laarpodzolgr.	17.71	17.81	18.02	17.59	17.92	17.81	17.82	-	-	-	-	-	-	-	-
	14		19.09		1.0		1.0	18.05		heide		veldpodzolgr.	18.72	18.67	18.92	18.57	18.84	18.75	18.89	18.81	18.61	18.62	18.37	18.57	18.37	17.83	17.78
	15		18.65		1.0		1.0	17.65		"		"	18.53	18.47	(18.67)	(18.45)	(18.67)	18.61	18.60	18.63	18.43	18.28	18.00	18.02	17.94	<17.77	-
	139		18.64	k	8.5		1.0	10.15		grasland		"	18.09	18.05	18.24	17.73	18.20	18.09	18.12	18.14	17.97	17.97	17.77	17.85	17.74	17.37	17.77
				l	29.8		1.0	-1.16		"		"	18.12	18.08	18.33	17.98	18.26	18.20	18.16	18.16	18.14	18.01	17.90	17.96	17.94	17.77	17.68
	bA		19.94		circa 5 m.					"			19.27	19.09	19.22	18.85	19.23	19.09	19.12	19.16	18.88	18.95	(18.72)	18.80	18.68	18.28	18.14
	bB		19.38							bouwland			18.93	18.75	18.81	18.58	18.80	18.73	18.82	18.79	18.63	18.63	18.53	18.56	18.48	-	-
	bC		19.08							grasland		beekeerdgrond	18.48	18.28	18.38	18.18	18.40	18.25	18.33	18.30	18.16	18.22	18.10	18.13	18.06	-	-
	bD		19.10							"		"	18.55	18.35	18.42	18.22	18.44	18.29	18.39	18.34	18.20	18.25	18.11	18.16	18.08	17.80	-
	bE		18.94							"		"	18.41	18.33	18.43	18.21	18.43	18.26	18.36	18.32	18.17	18.23	18.11	18.11	18.06	-	17.74
DELDENERZIJDE	20		17.34		1.9		1.0	15.45		bos (lf)		beekeerdgrond	1701	1683	1685	1678	1683	1681	1684	1684	1678	1681	1675	1678	1668	1696	<
	21		17.83		1.0		1.0	16.85		heide		veldpodzolgrond	1765	1747	1760	1739	1758	1753	1764	1761	1744	1756	1742	1745	1742	1675	1662
	22		17.83		1.1		1.0	16.75		"		"	1768	1750	1763	1753	1760	1762	1766	1764	1757	1762	1756	1759	1755	1683	<
	23		17.56		1.0		1.0	16.55		"		zoreerdgrond	1733	1737	1732	1725	1729	1729	1732	1731	1737	1728	1726	1728	1726	<1678	-
	24		17.17		1.0		1.0	16.15		bos (lf)		"	1697	1700	1704	1697	1705	1696	1706	1705	1700	1703	1699	1701	1694	<1635	-
	25		17.21		1.1		1.0	16.10		" (nh)		beekeerdgrond	1706	1696	1702	1687	1698	1691	1699	1695	1686	1692	1685	1693	1668	<1631	-
	26		17.08		1.0		1.0	16.10		grasland		"	1708	1698	1703	1686	1701	1699	1706	1705	1688	1704	1681	1686	1665	-	-
	27		17.07		1.0		1.0	16.05		"		"	1714	1699	1705	(1687)	(1701)	1707	1707	1707	1697	1707	1667	1679	1665	-	-
	28		17.41		1.0		1.0	16.40		"		laarpodzolgr.	1728	1708	1718	1693	1716	1711	1721	1720	1708	1713	1692	1696	-	-	-
	dA		17.89		1.0		1.0	16.90		heide		veldpodzolgr.	-	-	-	-	-	1712	1704	1737	1732	1726	1731	1736	1733	-	<1724
	dB		18.08		1.0		1.0	17.10		"		"	-	-	-	-	-	1749	1746	1747	1739	1741	1761	1745	1761	-	-
	dC		17.82		1.0		1.0	16.80		"		"	-	-	-	-	-	1749	1768	1760	1738	1755	1732	1739	1729	<1697	-
VOORTEN	P1	V1	16.96		-		-	-		beek'			1696	1696	(1690)	(1681)	(1696)	1679	1696	1671	1674	1662	1667	<1667	-	-	-
	P2	V2	17.01		-		-	-		gemal			1702	1701	(1692)	(1692)	(1696)	-	1692	1690	1690	1692	1687	1692	1684	<1696	-
		V3	16.84		-		-	-		slot			-	-	-	1666	1663	-	1663	1662	1660	1661	1662	1661	1660	-	-
	P1		18.03		-		-	-		beek			1750	1743	1739	1737	1739	1733	1743	1738	1732	1734	1733	1731	1731	1733	1738
	P2		19.01		-		-	-		beek			1699	(1692)	(1694)	(1696)	1701	1698	1706	1698	1694	1697	1691	1699	1692	1691	1688

TABEL G: PEILBUISGEGEVENS EN GEMETEN GRONDWATERSTANDEN

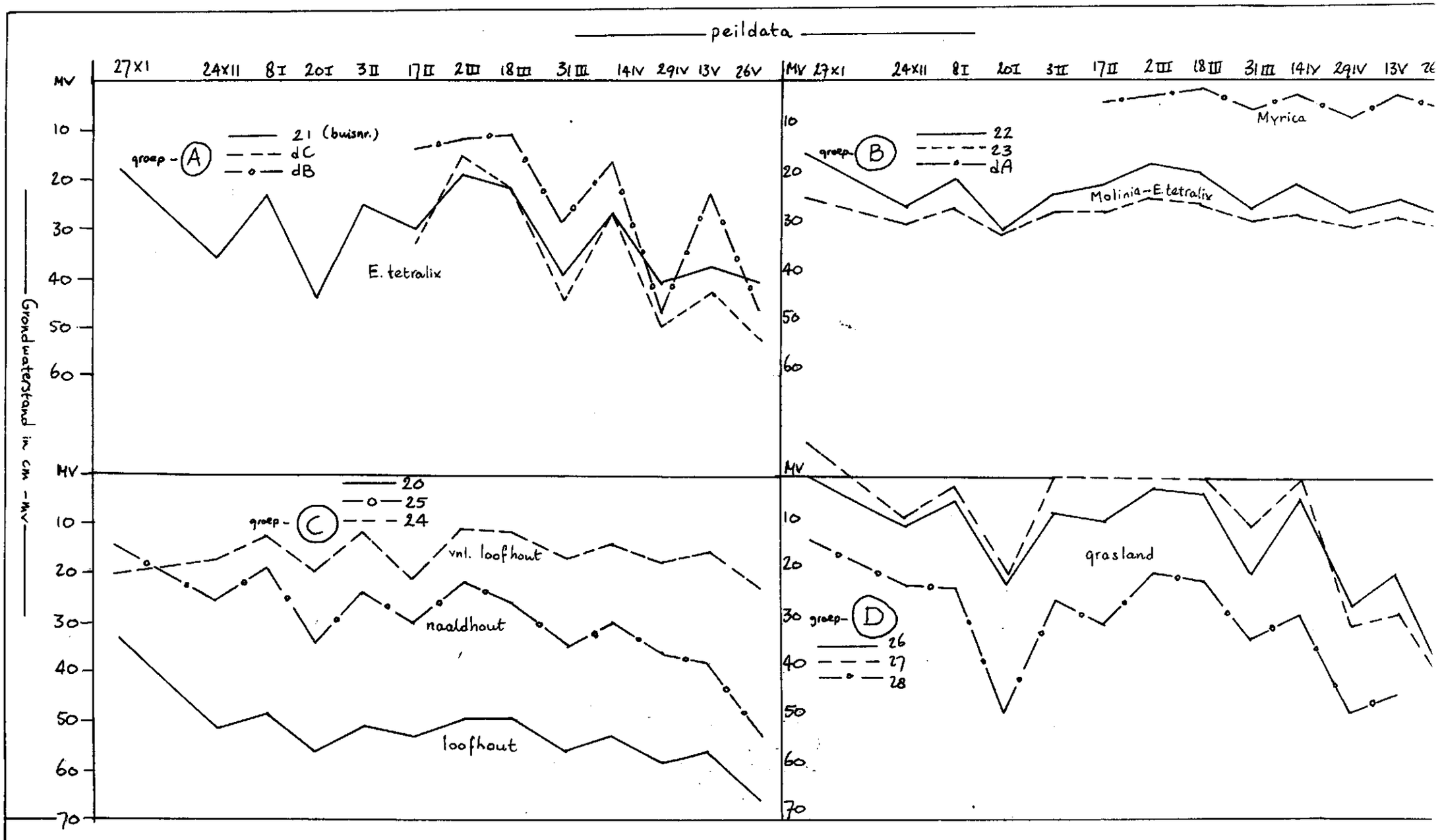
schotten, vanwege de geringe afstand tussen maaiveld en grondwaterstand en een klein porienvolume van de grond. Ook de dalingen zijn scherp, waarvoor m.n. de relatief hoge verantwoordelijk is.

De amplitudo van de fluctuaties van de grondwaterstand is groot. (Vgl. met groep B). Na het op gang komen van de verdamping (mei) treedt een snelle daling op. Eind juli bereikt het grondwater bij buis 21 een diepte van 1.08 - m.v. en op 1 september is de stand 1.20 m. beneden maaiveld.

Groep B. Deze groep omvat drie relatief laagelegen buizen binnen de heide. Buis A bevindt zich in een gedeelte met een struweel van Myrica gale (gagel) en met Molinia caerulea (pijpestro). De grondwaterstand blijft gedurende de meetperiode op een vrij constant peil, van minder dan 10 cm. beneden maaiveld. Buis 22 en 23 zijn min of meer op de overgang van laag naar hoog gelegen in gedeelten met zowel Erica, Myrica en Molinia. Het grondwater bevindt zich onveer tussen 20 en 30 cm. beneden maaiveld en de amplitudo van de fluctuatie is gering vergeleken met die van groep A.

Vanaf de hoger gelegen delen (groep A) treedt een min of meer horizontaal gerichte grondwaterstroming op naar de lager gelegen delen. (Groep B).

Bos. Groep C. De buizen 20 en 25 zijn gelegen in de bosrand met resp. loof- en naaldhout. Buis 24 staat nabij de laagste plek in het bos dat tussen de heide en water 12-2-1-3 gelegen is, met voornamelijk loofhout. De schommelingen in het grondwaterstandsverloop zijn meer of meer gedempt, vanwege het zijdelings toestromen van grondwater en onder invloed van neerslaginterceptie door de bomen. Als de verdamping van de bomen op gang komt, tekent zich een scherpe daling van de grondwaterwaterstand af.



FIGUUR 15 : TIJDSTIJGHOOGTELIJNEN VAN HET GRONDWATER IN DE DELDENERZIJDE

Grasland. Groep D.

De peilen ter plekke van de buizen 26, 27 en 28 worden beïnvloed door de nabijgelegen locale ontwateringsbasis (waterloop 12-2-1-3) en het leem op geringe diepte, (tot aan maaiveld: buis 26 en27), waardoor de bergingsmogelijkheden beperkt zijn. Bij buis 27 staat het grondwater geruime tijd aan het maaiveld. (Februair- half maart).

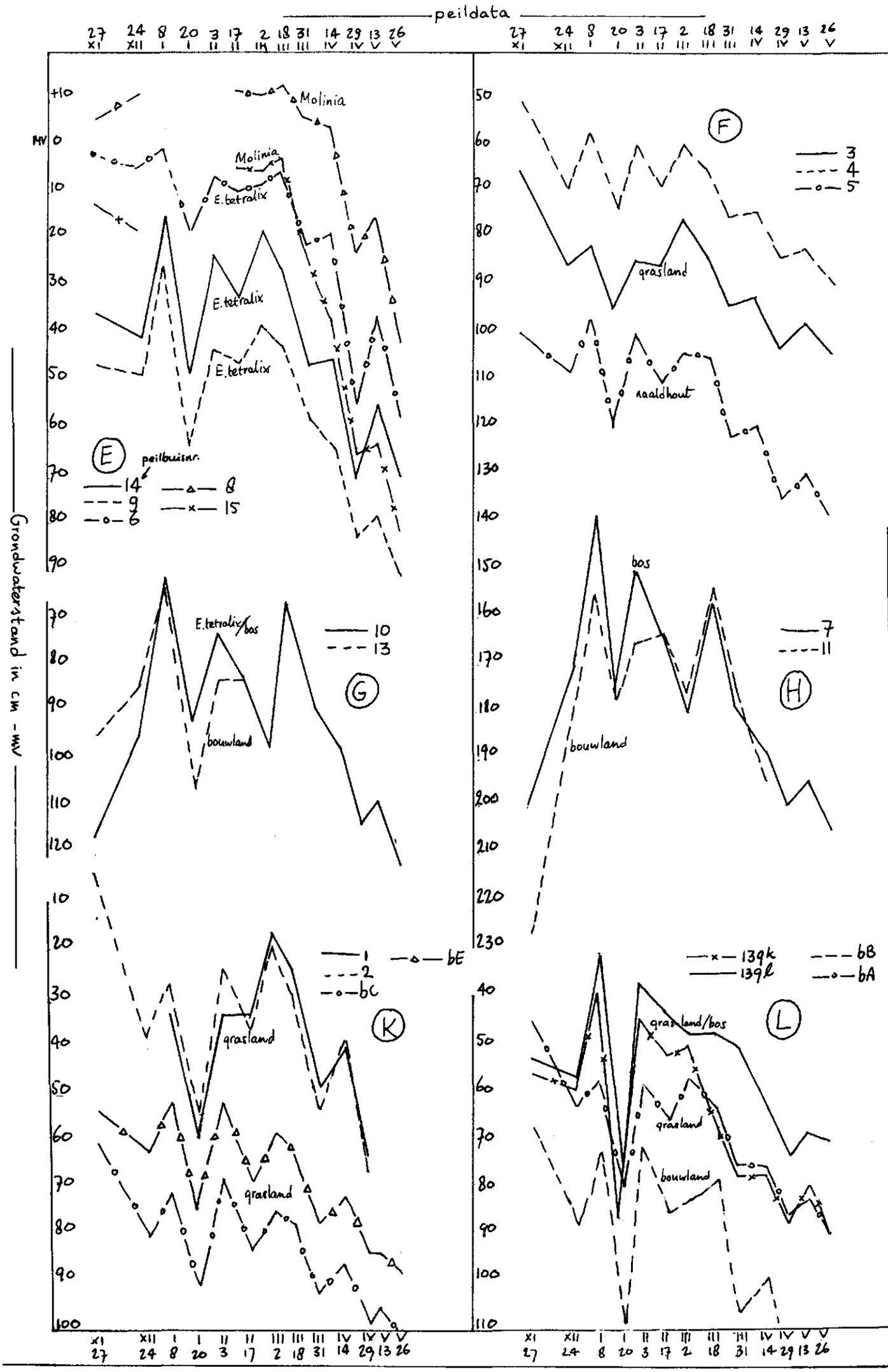
De Bentelerzijde.
Heide. Groep E.

Deze groep omvat zowel de hogere als lagere terreingedeelten binnen de heide. Vanwege ijsvorming (einde december t/m begin februari) ontbreken van de buizen 6, 8 en 15 enkele grondwaterstanden. De buizen 6, 9 en 14 staan op de relatief hogere delen, met Erica tetralix (gewone dophei) als dominante plantesoort.

Bij buis 6 houdt het grondwater zich t/m eind maart op in de eerste 20 cm. van de bodem. Na 18 maart is sprake vaneen snelle daling en een in sterkte toenemende fluktuatie. Het grondwaterstandsverloop bij de buizen 9 en 14 vertoont een min of meer gelijk beeld. De grondwaterstand bij buis 9 ligt op een lager niveau vanwege de kortere afstand tot de Hagmolenbeek, welke een sterk drainerende werking heeft. Ook bij 9 en 14 treedt een scherpe daling op na half mei. Bij buis 14 werd op 28 juli en 1 september een grondwaterstand van resp. 1.24 en 1.32 beneden maaiveld gemeten, bij buis resp. 1.07 en 1.17 beneden maaiveld. Bij buis 9 zit het grondwater eind juli al op 1.33 m. beneden maaiveld.

De buizen 8 en 15 staan in lage gedeelten van de heide, waar Molinia caerulea (pijpestro) de dominante plantensoort is. Bij buis 15 is sprake van een zeer soortenarme vegetatie, met molinia groeiend in dichte, hoge pollen (horsten) rond een ven.

Ter plekke van buis 8 is sprake van een



FIGUUR 16 : TIJDSTIJGHOOGTELIJNEN VAN HET GRONWATER IN DE B'ZIJDE

proces dat "vergrassing" wordt genoemd. Erica heeft in de loop der tijd plaats moeten maken voor de sterk vanuit de allerlaagste delen opdrijvende grassoort Molinia, welke hier minder in uitgesproken horsten groeit. Erica is nog verspreid aanwezig tussen de Molinia.

Het grondwater bij de buizen 8 en 15 bevindt zich over een lange periode aan of boven maaiveld. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de zijdelingse toestroming van grondwater en, in mindere mate, door oppervlakkige afstroming vanaf de hogere delen van het terrein. Na 18 maart zet een forse daling van het grondwater in. De neerslag is gering en de verdamping komt langzaam maar zeker op gang. (Tabel Q). Op 28 juli heeft het grondwater bij buis 8 een stand van 88 cm. beneden maaiveld.

Groep F.

Deze groep omvat de buizen 3 (grasland, 4 (loofhout) en 5 (naaldhout), allen op korte afstand van de Buitenbeek gelegen. Neerslagoverschotten worden snel afgevoerd naar de dichtbijgelegen ontwateringsbasis.

Het grondwaterstandsverloop is min of meer identiek, zij het met diepteverschillen vanwege de variatie in hoogteligging van de buizen.

Groep G en H.

Het verloop van de grondwaterstand in deze groep is typerend voor alle hoge delen van het terrein, waar de afstand tussen maaiveld en grondwaterspiegel groot is. (Meer dan 60 cm. gedurende de meetperiode).

Het neerslagwater legt een lange weg af alvorens het grondwater te bereiken. In een relatief neerslagarme periode kan het dan ook voorkomen dat het grondwater op dergelijke plaatsen blijft stijgen, terwijl het elders daalt. (En andersom in neerslarijke perioden). Er is sprake vaneen naijlend grondwaterstandsverloop. Bij buis 10 (rand van de heide) en buis 13 (rand van een oud bouwland)

stijgt het grondwater tot 60 cm. beneden maaiveld.

Bij buis 7 (hoge rug tussen de beide beken) en buis 11 (rand oud-bouwland) komt het grondwater niet hoger dan ca. 1.40 m. beneden maaiveld.

Vooral ter plekke van buis 10,11 en 13 is de drainerende werking van de Hagmolenbeek duidelijk merkbaar.

Grasland. Groep K.

Alle buizen van deze groep staan op de lage terreindelen in gras. De buizen C en F zijn zg. "veebuizen", gelegen vlak naast de buitenbeek. Het grondwater bereikt peilen die niet veel hoger liggen dan het open waterpeil Het verloop lijkt veel op dat van de buizen F, welke eveneens langs de beek staan. Bij de buizen 1 en 2 veroorzaakt de ondiepe ligging van leem, gecombineerd met een relatief groot potentiaalverval van het grondwater in de richting van de beek, sterke fluctuaties van de grondwaterstanden.

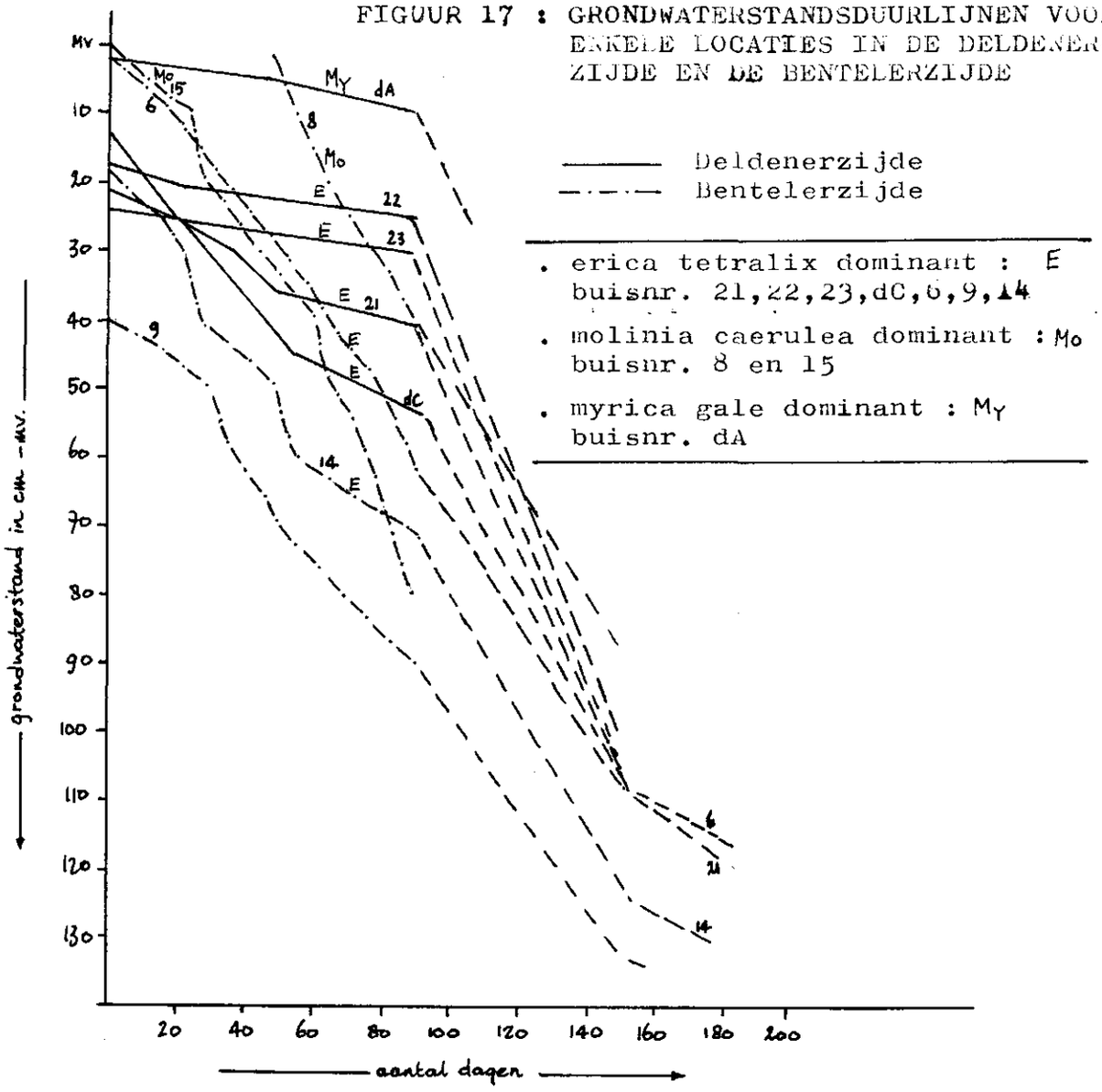
Groep L.

Deze wordt gevormd door de buizen A,B en de peilput 139. De eerste twee zijn verder van de beek en hoger gelegen veebuizen dan C en E. Dit uit zich, vooral bij A, in sterke schommelingen van het grondwaterpeil. Peilput 139 is opgenomen in het grondwatermeetnet van de Dienst Grondwaterverkenning van TNO.

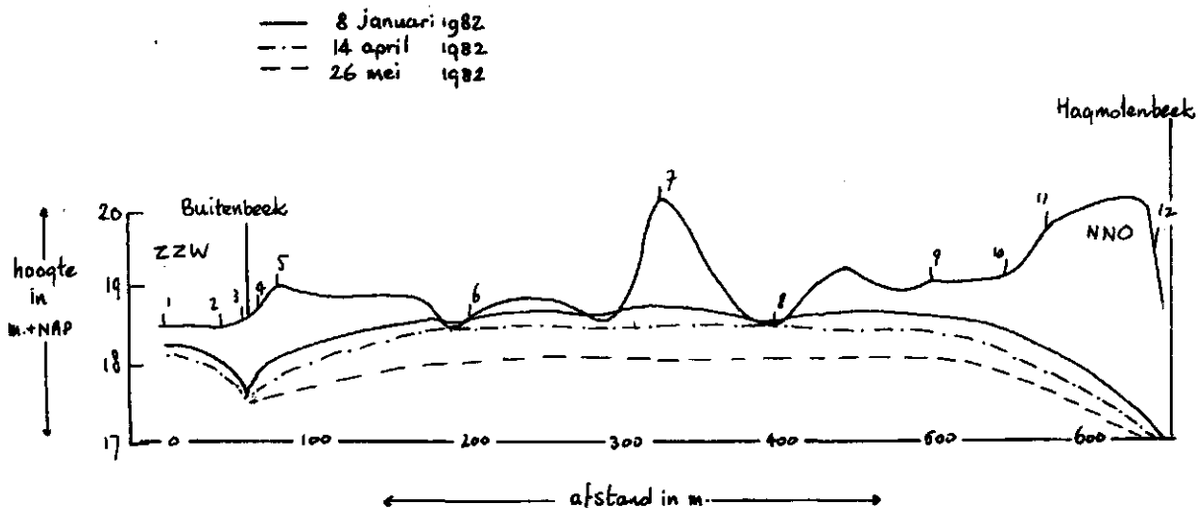
Er staan 2 buizen in, één met de filteronderzijde op 20.80 m. beneden maaiveld. Dit is buis 139^{l} in figuur 16. De ander (139^{k}) heeft een filter op een diepte van 7.50 - 8.50 m. beneden maaiveld. Met name vanaf maart kan er in principe een opwaarts gerichte grondwaterbeweging plaatsvinden door aanwezige stijghoogteverschillen tussen het diepe en middeldiepe grondwater.

Deze vorm van kwel vanuit de diepere ondergrond is echter niet sterk, vanwege de grote weerstand tegen doorstroming van enkele tussenliggende bodemlagen.

FIGUUR 17 : GRONDWATERSTANDSDUURLIJNEN VOOR ENKELE LOCATIES IN DE DELDENERZIJDE EN DE BENTELERZIJDE



FIGUUR 18 : VORM VAN HET LOKALE GRONDWATERLICHAAM OP DIVERSE TIJDSTIPPEN ONDER DE BENTELERZIJDE



Omde verschillen tussen het verloop van de grondwaterstanden op diverse plaatsen binnen de heide beter zichtbaar te maken, zijn de tijdstijghoogtelijnen van fig.15en16 omgezet in zg. grondwaterstandsduurlijnen.

In fig. 17 kan het aantal dagen dat een bepaalde grondwaterstand wordt overschreden in een bepaalde periode worden afgelezen. (N.B.: de chronologische tijdsvolgorde verdwijnt hierdoor). De periode omvat 184 dagen, van 2 maart t/m 1 september 1982.

In de figuren is goed te zien dat het grondwater onder de heide aan de Deldenerzijde een groot aantal dagen hoog staat. Gedurende ca. 90 dagen houdt het grondwater zich op in de eerste 50 cm. van de bodem. (Uitzondering: 0). Voor de Bentelerzijde geldt dit alleen ter plekke van buis 8 en in mindere mate voor buis 6. (Ca. 80 dagen minder dan 50 cm. - m.v.).

Bij vergelijking van het gemeten grondwaterstandsverloop in de beide onderzoeksterreinen valt op dat de amplitudo van de fluctuatie van het grondwaterpeil over het algemeen groter is aan de Bentelerzijde. Deels is dit toe te schrijven aan de hogere ligging van de Bentelerzijde (18,20 m. +NAP) t.o.v. de Deldenerzijde (17.18 m. +NAP). Tevens moet echter het verschil in diepte van de ontwateringsbasis genoemd worden. Aan de Deldenerzijde bedraagt het verschil tussen de gemiddelde maaiveldshoogte en het open-waterpeil tijdens de meetperiode t/m april minder dan 1 meter. Voor de Bentelerzijde is dit verschil ca. 2 meter; het watervoerende pakket is ±10 m. dik.

Het verschil tussen winter- en zomerperiode.

Gedurende de winterperiode komen binnen en rond de terreinen grote peilverschillen voor. De grondwaterspiegel neemt min of meer de vorm aan van het maaiveld.

De drainerende werking van de beide beken aan de Bentelerzijde is echter zo sterk dat op circa 150 m. afstand de grondwaterspiegel al stevig afbuigt in de richting van de beekpeilen en niet langer min of meer het maaiveld volgt. (Vgl. bv. buis 7 met 10 en 11). Na 18 maart begint de definitieve dalende fase van het grondwaterstandsverloop. Het lokale waterlichaam, dat ten gevolge van een groot neerslagoverschot en een minieme verdamping vanaf ca. oktober was opgebouwd, wordt kleiner o.i.v. een toenemende verdamping door de vegetatie. (Fig.18). De grondwaterspiegel zal steeds meer zijn typische zomervorm aannemen. De mate van opbolling, in de winter nog sterk, wordt snel zwakker en uiteindelijk ontstaat een verhang in de richting van

de regionale terreinhelling, nl. ZO-NW. Er is dan sprake van een zg. regionale grondwaterspiegel. Helaas zijn er geen gemeten gegevens over de grondwaterstanden van september en oktober 1982 voorhanden. Uit de gemeten standen op 28 juli en 1 september valt echter af te leiden dat de afvoer van water naar de waterlopen in de Bentelerzijde gedurende de zomermaanden doorgang vindt. Op 1 sept. is nl. ter plekke van buis 14 nog altijd sprake van een flinke opbolling van het grondwater t.o.v. het Hagmolenbeekpeil: 86 cm. over een afstand van ca. 200 m. (Op 8 jan. 1982 bedroeg de opbolling ca. 2 m., dit ter vergelijking).

Aan de Deldenerzijde ligt de situatie anders. In de winterperiode is het verschil tussen localeontwateringsbasis (waterloop 12-2-1-3) en grondwaterpeil ter plekke van buis 21 ca. 70 cm. Als de waterloop begin mei droogvalt, blijft de grondwaterstroming in de richting van de waterloop gehandhaafd. De onttrekking van grondwater door de bosstrook welke gelegen is tussen buis 21 en de waterloop doet nl. een nieuwe ontwateringsbasis ontstaan. Hierop zal nog teruggekomen worden in par. 3.3.2.1. bij de bespreking van het modelmatig berekende grondwaterstandsverloop.

3.2 Chemische eigenschappen van het grondwater.

Als gevolg van beekpeilveranderingen zijn wijzigingen in het stromingsbeeld van het grondwater mogelijk welke gevolgen hebben voor grondwaterchemie en daarmee ook voor de vegetatie. (Kemmers en Jansen, 1980 , Both en van Wirdum 1981).

Om enig inzicht te verkrijgen in de relatie grondwaterchemie-vegetatie zijn gedurende de periode december 1981 t/m april 1982 veldbepalingen uitgevoerd van de zuurgraad (p^H) en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) van het oppervlaktewater. Hiermee werd een globale indruk verkregen van de ruimtelijke variatie in waterchemie van de onderzoeksterreinen en hun omgeving. (Par. 3.2.1)

Voorts werd op 14 april 1982 op 31 plekken grond- en oppervlaktewater bemonsterd, met het doel de chemische samenstelling nader te leren kennen. Daartoe zijn de watermonsters in het laboratorium van de vakgroep Natuurbeheer van de Landbouwhogeschool aan een eenvoudige analyse onderworpen. Hierdoor werd het mogelijk diverse waterty en te onderscheiden. (Par. 3.2.2)

Alvorens het modelmatige onderzoek aan de orde komt (par wordt m.b.v. de via veldwerk verzamelde gegevens nog een samenvattend beeld gegeven van de huidige relatie tussen vegetatie, grondwaterregime, grondwaterchemie en bodem. (Par. 3.2.3)

Bentelerzijde

Buisnr.	pH	$\overline{EGV}_{25,red.}$ (µS/cm)
1	6.5	412
2	6.6	358
3	6.8	524
4	6.9	526
5	4.2	622
6	4.4	100
7	4.2	568
8	3.9	91
9	4.2	127
10	4.4	251
11	4.3	931
14	3.9	142
15	3.6	72
139^{l}	6.7	575
139^{k}	6.8	540
A	4.8	311
B	6.5	964
C	6.5	619
E	6.6	625
P1	6.8	634
P2	6.1	563

Deldenerzijde

Buisnr.	pH	$\overline{EGV}_{25,red.}$ (µS/cm)
20	6.8	1149
21	4.0	114
22	4.1	135
23	4.3	137
24	5.7	379
25	5.2	626
26	6.1	967
28	5.6	780
A	4.6	238
B	4.5	186
C	4.3	159
V1	6.4	671
V2	3.9	179
V3	5.4	412

TABEL H :

ZUURGRAAD EN ELECTRISCH GELEIDINGS-VERMOGEN VAN HET FREATISCHE GROND-WATER IN DE ONDERZOEKSTERREINEN

Uitz. :

139^{k} - filter 8m.-mv

139^{l} - filter 20m.-mv

P,V - oppervlaktewater

3.2.1. Zuurgraad en elektrisch geleidingsvermogen.

Gedurende de periode eind december 1981- half april 1982 werd regelmatig, d.w.z. om de 14 dagen, bepalingen plaats van de zuurgraad (p^H) en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV), van grond- en oppervlaktewater in en rond de beide natuurterreinen. Eén en ander geschiedde met behulp van een pomp, voor de monstername uit de peilbuizen, en een tweetal veldinstrumenten (p -meter: type Consort D.114; EGV-meter: type Consort K-420).

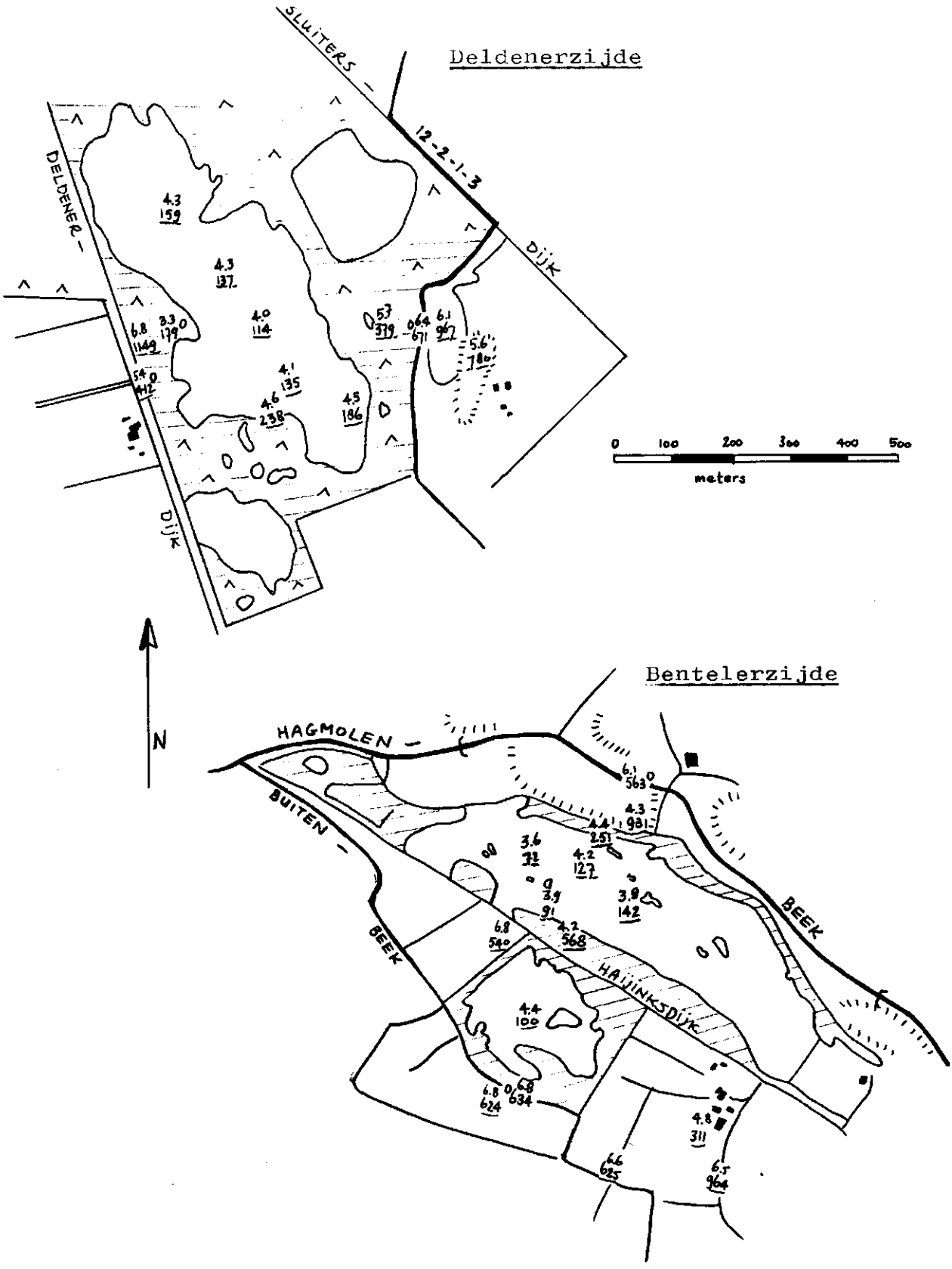
De bemonstering vond plaats in het ondiepe grondwater, veelal van 0 tot 150 cm beneden maaiveld. Op de meeste plekken konden aldus vijf waarnemingen in het genoemde tijdsbestek plaatsvinden. Het name het optreden van vorst maakte meten soms onmogelijk.

De zuurgraad (p^H) is een maat voor de concentratie van waterstofionen (H^+/H_3O^+) in water. Uit onderzoekingen is gebleken dat er een relatie bestaat tussen de zuurgraad van het (grond)water en het vookomen van bepaalde planten. Het betreft veelal indirecte relaties, zoals een gebrek aan opneembare kationen onder sterk zure omstandigheden. (p^H minder dan 5).

Het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) geeft een indruk van het geleidingsvermogen van alle in het water opgeloste ionen. Enkele belangrijke ionen in vervand hiermee zijn Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}, K^+, Cl^-, SO_4^{--}, en HCO_3^-. Het EGV wordt ondermeer gebruikt om de herkomst van het water af te leiden.

De resultaten van de veldbepalingen zijn allereerst weergegeven in de vorm van gemiddelde waarden per monsterplaats over de meetperiode. (Tabel H). De gemiddelde p^H-waarde is geen statistisch gemiddelde van de gemeten zuurgraad. Vanwege de logaritmische schaal van de p^H is bij de berekening uitgegaan van de waterstofconcentratie volgens $(H_3O^+) = 10^{-pH}$. Na sommatie en middeling van de concentraties werd aldus de gemiddelde p^H-waarde verkregen: $\bar{p}^H = -\log(\bar{H_3O^+})$.

Om de EGV-waarden te kunnen vergelijken met literatuurgegevens is de gemeten waarde omgerekend naar het EGV bij 25° Celsius (EGV_{25}), volgens de formule $EGV_{25} = EGV_t \times 1.02^{25-t}$. (Both en Van Wirdum, 1981). Hierbij is t de monstertemperatuur in °C. Bij een pH kleiner dan 5.8 is voorts kompensatie nodig voor de geleiding door H_3O^+, welke dan hoog is. Het aandeel van H_3O^+ in het EGV is bepaald volgens $EGV_{25}(H_3O^+) = 350 \times 10^{3-pH}$.



FIGUUR 19 : RUIMTELIJKE VARIATIE VAN DE ZUURGRAAD EN HET ELECTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN

Het zg. gereduceerde EGV_{25} wordt dan:
$EGV_{25}(red) = EGV_{25} - EGV_{25}(H_3O^+)$. (Both en VanWirdum, 1981).
Fig. 19 geeft een indruk van de ruimtelijke variatie van de gemeten grootheden.

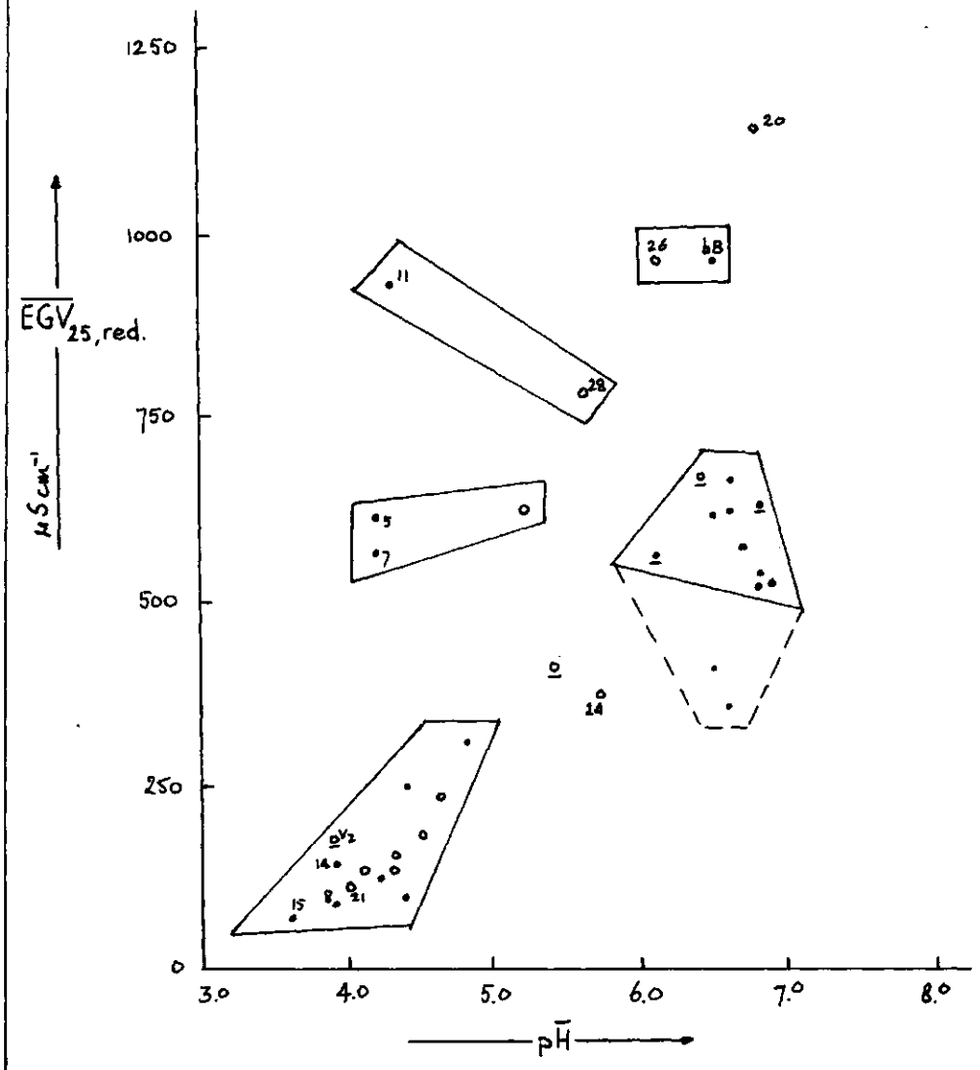
Opvallend zijn de verschillen tussen het ondiepe grondwater van de heidegedeelten ($\bar{p}H$ kleiner dan 4.6, $\overline{EGV}$ kleiner dan 200). en dat van de beboste gedeelten plus de aangrenzende cultuurgronden. ($\bar{p}H$ veelal groter dan 5,5 en $\overline{EGV}$ groter dan 350). Wordt de gemiddelde zuurgraad uitgezet tegen het gemiddelde elektrisch geleidingsvermogen, dan komen deze verschillen nadrukkelijk naar voren. (Fig 20). Bentelerzijde en Deldenerzijde geven hierbij een zelfde beeld te zien. De toediening van een grote dosis ionen in de vorm van meststoffen uit zich met name in de hoge $\overline{EGV}$- waarde bij de punten 26 en 28 (grasland) en 6B en 11 (bouwland).

Op grond van de stromingsrichting van het grondwater in de winterperiode kan verwacht worden dat de invloed van de grondwaterverrijking, t.g.v. bemesting, beperkt blijft tot de cultuurgronden. (Zie fig 16). Ook eventueel optredende oppervlakkige afstroming reikt niet tot in de heidegedeelten, welke omringd worden door bosstroken. Het grondwater onder deze stroken is weliswaar opvallend rijk aan ionen (fig 15 groep C) maar dit vindt waarschijnlijk z'n oorzaak in de filterwerking van de boomvegetatie, waardoor stoffen uit de atmosfeer opgevangen worden, en de hoge biologische activiteiten in de bodem. (Both en Van Wirdum, 1981). De hoge gemiddelde EGV-waarde van het grondwater ter plekke van buis 20 (1149 µS/cm) is deels toe te schrijven aan het voorkomen van keileem op geringe diepte onder het maaiveld. (Rijk aan ionen/adsorbtiecomplex). Het nauwelijks 10 meter verderop voorkomende oppervlaktewater (greppel, V2) heeft een $\overline{EGV}$ van 179 µS/cm. Het keileem duikt in die richting snel weg, om ter plekke van waterloop 12-2-1-3 weer aan de oppervlakte te komen. (Par. 2.3.).

Uit de lage zuurgraad van het ondiepe grondwater in de heide laat zich af leiden dat de bodem ter plekke kalkarm is. Van het diepe grondwater (ca. 20 m. beneden m.v.) bedraagt de $\bar{p}H$ over de meetperiode 6.7 en het $\overline{EGV}$ 575 µS/cm. Tabel H, 139[1].

Seizoensafhankelijke variaties konden door de beperkte waarnemingsduur niet onderzocht worden. In het algemeen liggen de pH- en EGV-waarden in de zomer hoger. (Both en Van Wirdum 1981). Kemmers en Jansen, 1980). Ter vergelijking volgen tot slot nog enkele waarden die Both & Van Wirdum vermelden voor de Empese

FIGUUR 20 : VERBAND TUSSEN ZUURGRAAD EN ELECTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN VAN HET (FREATISCH) GRONDWATER



en Tondense heide, een min of meer vergelijkbaar heideterrein in de IJsselvallei, nabij Eerbeek.

Empese & Tondense heide.				Denteler- / Deldenerzijde.		
Buis nr.	$\bar{p}H$-jaar	EGV_{25} (red) (µS/cm)		Buis nr.	$\bar{p}H$	$\overline{EGV}_{25}$ (red) (µS/cm)
E6	4.18	100		21	4.0	114
E4	4.42	96		22	4.1	135
E5	4.34	89				
E10c	4.68	246		dA	4.6	238
E2	3.50	120	(jan.)	15	3.6	72
Diep				Diep		
grw: 9m.	7.0	500		grw: 8m.	6.8	540
				20m.	6.7	575

Both en VanWirdum, 1981.

Bij een horizontale lezing zijn de buizen vergelijkbaar wat betreft vegetatie, bodem en hoogteligging.

TABEL I : ANALYSERESULTATEN (GROND)WATERMONSTERS

DELDENERZIJDE

Monster/buisnr :	20	21	22	23	24	25	26	28	dA	dB	dC	V1	V2	V3
pH	7.1	4.1	3.8	4.1	5.2	4.6	5.6	5.3	4.4	4.2	4.1	7.2	4.0	6.5
EGV_{25},red (µS/cm)..	608	171	232	160	342	496	517	906	204	128	158	673	191	352
Ca^{2+}.. meq/l	5.82	<.02	.59	.12	.63	2.08	1.31	2.08	.63	.08	<.02	3.13	.18	1.39
Mg^{2+}.. "	1.05	.02	.03	.05	.20	.47	.35	.97	.04	.05	.03	.63	.05	.23
Na^{+} .. "	1.78	.27	.49	.42	.67	1.46	1.46	1.61	.55	.53	.22	2.82	.45	1.12
K^{+} .. "	.04	.09	.11	.09	.22	.03	1.14	2.22	.02	.07	.08	.54	.04	.12
NH_4^{+}.. "	.18	.39	.78	.39	.60	.05	.36	.10	.15	.10	.60	.07	.31	.24
NO_3^{-}.. "	.01	.02	.03	.02	.03	.07	.01	.88	.01	.01	.02	.14	.03	.11
Cl^{-} .. mg/l	46	12	18	-	30	-	-	78	17	-	11	62	13	25
Fe .. "	1.54	.71	.27	1.15	1.90	.40	.66	.31	.80	1.24	.49	1.19	.71	.27
som kationen-NH_4^{+} .	8.69	.40	1.22	.68	1.72	4.04	4.29	6.88	1.24	.73	.35	7.12	.72	2.86
[Ca]/[kat.-NH_4^{+}] ...	.67	<.05	.48	.18	.37	.51	.31	.30	.51	.11	<.06	.44	.25	.49
[Ca]/[Ca]+[Cl^{-}]	.68	<.03	.36	-	.26	-	-	.31	.39	-	<.03	.46	.19	.49
[NH_4^{+}]/[kat.+NH_4^{+}] .	.02	.49	.39	.36	.26	.01	.08	.01	.11	.12	.63	.01	.30	.08
[NH_4^{+}]+[NO_3^{-}](mg/l)	2.2	4.9	9.5	4.9	7.4	2.6	4.4	28.5	1.9	1.4	7.3	5.3	4.2	6.0
[NH_4^{+}]/[NO_3^{-}] (in %)	91/9	89/11	90/10	88/12	89/11	21/79	91/9	4/96	91/9	75/25	90/10	15/85	80/20	44/56

BENTELERZIJDE

Monster/buisnr. :	1	4	5	6	7	8	9	10	11	14	15	139k	139l	bA	bE	P1	P2
pH	6.5	7.3	4.4	4.6	4.3	4.2	4.7	4.5	4.3	4.0	4.0	7.5	7.1	5.4	7.1	6.9	7.1
EGV_{25},red (uS/cm)	414	517	555	114	551	101	129	307	1017	127	101	569	608	279	607	686	595
Ca^{2+}.. meq/l	1.99	3.74	.40	<.02	.12	<.02	<.02	<.02	1.62	<.02	<.02	3.33	3.41	.73	4.04	3.50	2.81
Mg^{2+}.. "	.25	.47	.14	.01	.04	.02	.01	.02	.54	.03	.03	.56	.73	.23	.66	.67	.57
Na^{+}... "	.71	.77	1.02	.25	.58	.27	.25	.63	2.65	.45	.23	1.71	1.52	.81	.69	2.31	1.95
K^{+}.... "	.23	.03	.20	.04	.07	.04	.02	.03	.75	.08	.08	.08	.31	.54	.03	.55	.44
NH_4^{+}.. "	.12	.04	.09	.12	.04	.13	.04	.05	.10	.09	.13	.01	.19	.16	.24	.07	.06
NO_3^{-}.. "	.29	<.01	>.39	.01	.81	.04	.06	.20	>.39	.02	.01	.04	.01	.19	<.01	.27	.19
Cl^{-}... mg/l	40	14	30	10	17	30	6	25	43	-	22	28	30	15	46	49	51
Fe ... "	.71	2.95	.27	.27	.09	.75	.00	.00	.93	.49	.13	.18	.09	.00	1.32	.75	1.63
som kationen-NH_4	3.18	5.01	1.76	.32	.81	.35	.30	.70	5.56	.58	.36	5.68	5.97	2.31	5.42	7.03	6.77
[Ca]/[kat.-NH_4]	.63	.75	.23	<.06	.15	<.06	<.07	<.03	.29	.03	<.06	.56	.60	.32	.75	.50	.49
[Ca]/[Ca]+[Cl]	.46	.82	.19	<.03	.11	<.01	<.05	<0.3	.39	-	<.02	.67	.66	.45	.60	.55	.48
[NH_4]/[kat.+NH_4]	.04	.01	.05	.27	.05	.27	.12	.07	.02	.13	.27	<.01	.03	.07	.04	.01	.01
[NH_4]+[NO_3](mg/l)	9.7	3.1	713.0	1.6	25.7	2.5	2.2	6.8	713.0	1.6	1.7	1.3	2.5	7.5	2.8	9.1	6.5
[NH_4]/[NO_3] (in %)	8/92	97/3	38/62	81/19	1/99	57/43	21/79	8/92	58/42	58/42	83/17	33/67	93/7	23/77	98/2	8/92	10/90

3.2.2 Chemische analyse van de watermonsters.

Tabel I toont de resultaten van chemische analyse gedaan aan 31 monsters van zowel grond- als oppervlaktewater. Vanwege de eenmaligheid van de bemonstering is de geldigheid van de waarde beperkt. Bij een momentopname komen vaak wel de ruimtelijke verschillen duidelijk naar voren. (Aan deze verschillen liggen o.a. verschillen in hydrologische positie ten grondslag).

Een eerste typering van de watermonsters is verkregen door ze in een zg. ionendiagram, in dit geval een kationendriehoek te plaatsen. De verhouding tussen de ionen Ca, Mg, Na + K, ook wel "major"-kationen genoemd, bepaalt de plaats van een watermonsters in het diagram. (Fig 21). Anionen zoals SO_4^{--}, HCO_3^- zijn minder geschikt om water te typeren vanwege deelname aan allerlei biochemische processen. Ter vergelijking zijn tevens de drie hoofdwatertypen opgenomen, nl. neerslagwater (gem. over de jaren -'78 - '80 van weerstation vliegbasis Twente), rivierwater, nl. niet sterk verontreinigd water uit de Maas te Remilly (1975) en zeewater. (Both en Van Wirdum.)

Ruim een derde van alle grondwatermonsters bevat minder dan 25% calcium en meer dan 75% Natrium + Kalium, waarvan zelfs 8 monsters minder dan 7% calcium en meer dan 85% Na + K.

Deze monsters zijn afkomstig van plaatsen in de heidegedeelten van beide terreinen. (Bij de buizen 6,8, 9, 10, 14, 15, 21, en dC.) Opvallend zijn in dit verband de relatief hoge Ca-concentraties van de monsters 22 en dA (rond de 50%), die eveneens uit de heide afkomstig zijn aan de Deldenerzijde.

Het magnesiumaandeel loop minder sterk uiteen, van minder dan 1% (16) tot 14% (28), en wijkt gemiddeld niet veel af van het gehalte in neerslagwater (10%).

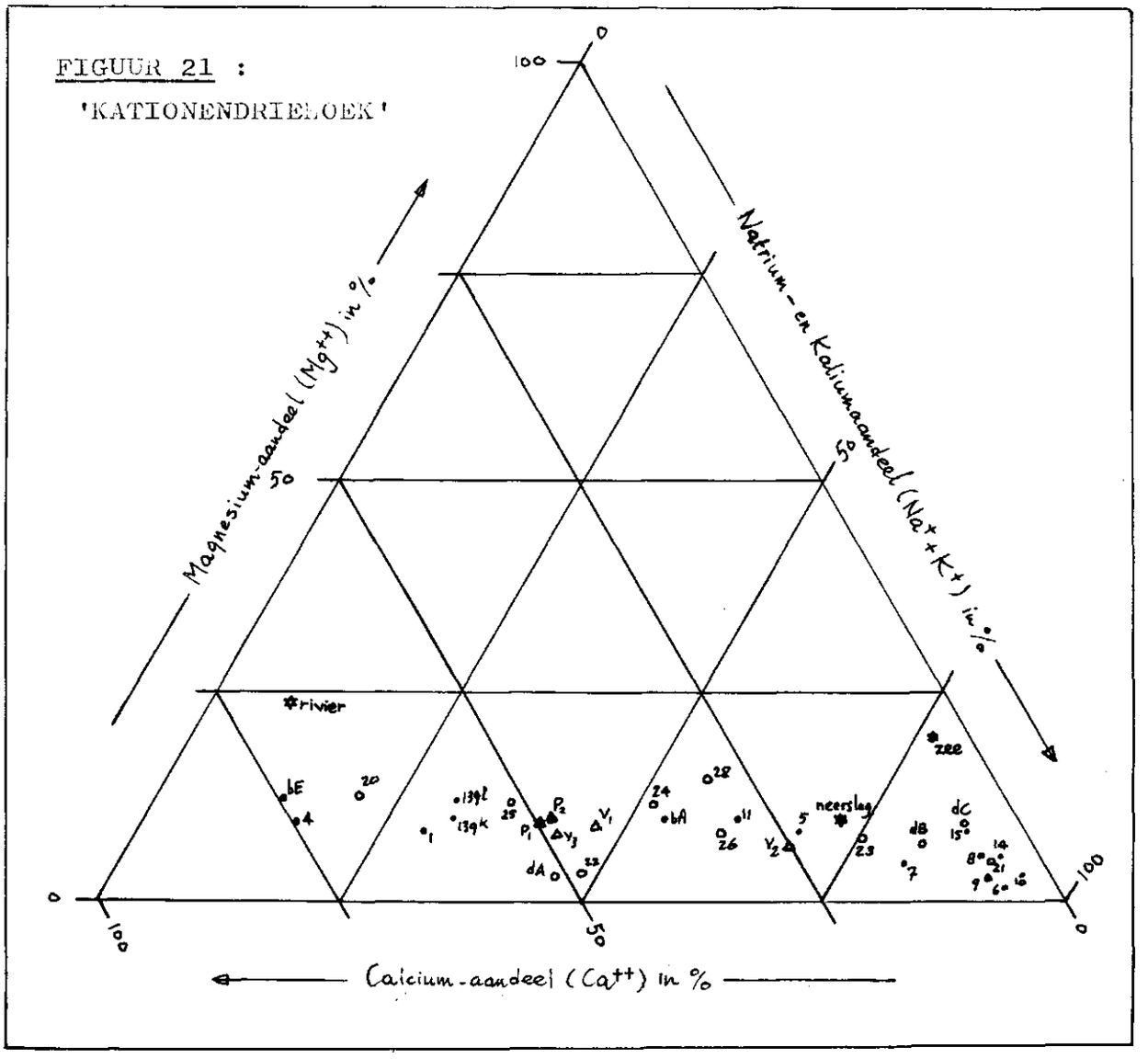
Het afzonderlijke kalium-aandeel bedraagt in de meeste gevallen minder dan 20%. (26 en 28 vormen met resp. 27 en 32% een uitzondering: bemestingsinvloed).

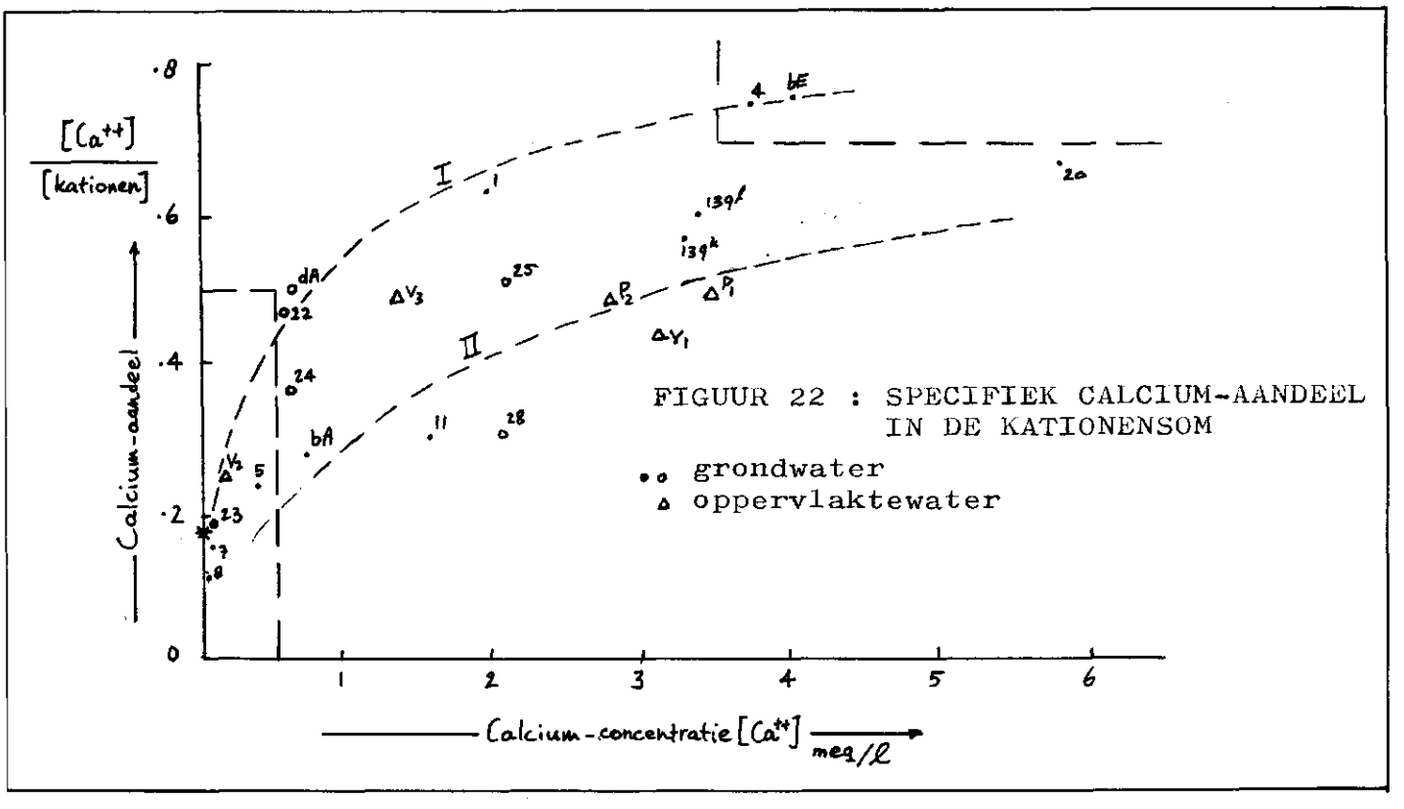
De verhouding tussen natrium en calcium bepaalt dus in sterke mate om welk type water het gaat. Overheerst natrium sterk dan spreekt men van atmoclien, op neerslag gelijkend water. Dit is o.a. het geval bij de punten 6, 8, 9, 10, 14, 15, 21 en dC. Domineert het calcium-ion dan is er sprake van lithoclien, meer door het gesteente (bodem) beïnvloed water. (bE, 4 en in mindere mate 20 en 1).

Het diepere grondwater (139) heeft, zoals te verwachten is,

FIGUUR 21 :

'KATIONENDRIEHOEK'





FIGUUR 22 : SPECIFIEK CALCIUM-AANDEEL IN DE KATIONENSOM

•• grondwater

▵ oppervlaktewater

ook een meer lithoclien karakter. Bij voortgaande infiltratie en toenemende verblijfsduur in de bodem zal het in de bovengrond met CO_2- verrijkte, wat zure grondwater, makkelijk oplosbare $Ca(CO_3)$-zouten in oplossing brengen. Als gevolg hiervan neemt de calcium-concentratie toe. (Kemmers en Jansen 1980). Het oppervlaktewater neemt op monsterplek V2 na (=atmoclien) een tussenpositie in. Het calcium-aandeel ligt rond de 50%, iets hoger dan het natrium-aandeel.

Fig. 22 geeft nog eens het specifieke calcium-aandeel in de kationensom weer. De punten van reeks II hebben een aandeel dat aanzienlijk lager is dan dat van de punten uit reeks I. Afgezien van de oppervlaktewatermonsters is hiervan met name sprake bij de monsterpunten 11 en 28. Het betreft hooggelegen oude cultuurgronden (essen) met directe bemestingsinvloeden. Een indeling van de monsters in Calcium-concentratieklassen ziet er als volgt uit: (zie tabel J)

Als de oppervlaktewatermonsters buiten beschouwing gelaten worden, blijken de watermonsters min of meer in 2 groepen uiteen te vallen. Enerzijds, boven de stippellijn, de monsters uit de beide natuurterreinen, gekenmerkt door een Ca^{++}-concentratie minder dan 0.75 meq/l. Deze monsters hebben tevens een kationensom van minder dan 1.75 meq/l, het Calcium-aandeel is dan kleiner dan 50%.

Beneden de stippellijn hebben de monsters een Ca^{++}-concentratie groter dan 1.50 meq/l en een kationensom van meer dan 3 à 4 meq/l met een calcium-aandeel groter dan 50%.

In de eerste groep (A) is sprake van zg. infiltratieprofielen. De neerwaartse waterbeweging onder invloed van de zwaartekracht overheerst. Er is sprake van wegzijging. In groep B gaat om kwelprofielen, waarbij de opwaartse grondwaterbeweging (toevoer van water) sterker is. Bij de punten 22, 24 en dA, is naast een neergaande waterbeweging ook sprake van een zijdelingse toestroming van (grond)water, vanwege de relatief lage ligging. Dit uit zich in de enigzins hogere concentraties Ca++: o.60 meq/l; kationensom: 1.22 - 1.72 meq/l, en een hoog Calcium-aandeel (35 - 51%). In fig. 21 vallen deze monsterpunten net buiten de groep met een zg. ombrogeen (atmoclien) karakter.

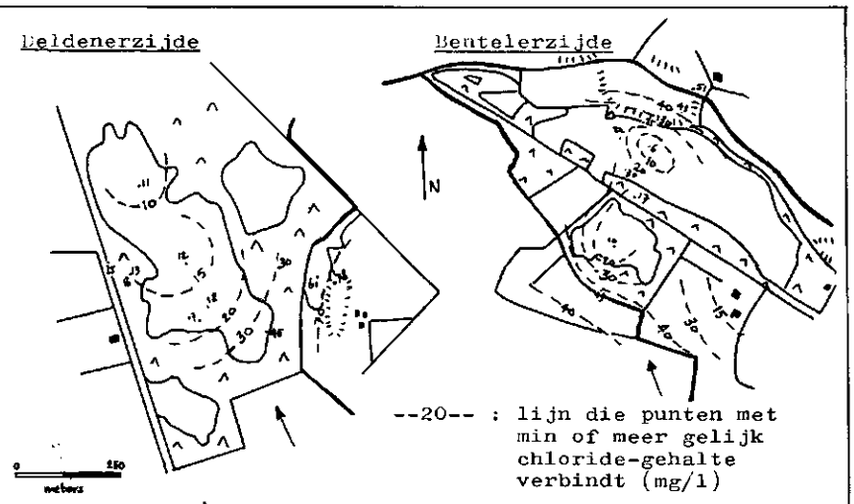
Op grond van de aandelen van 1-waardige (Na^+, K^+) en 2-waardige (Ca^{++}, Mg^{++}) ionen in de kationensom kan een onderscheid worden gemaakt in primair en secundair water. (Piper, 1944). Bij een Na^+en K^+-aandeel groter dan 50% spreekt men

TABEL J : CALCIUMCONCENTRATIE-KLASSEN

Ca^{++} meq/l.	monsternummers
0.00 - 0.02	10, 14, 21, 6, 15, dC, 8, 9
0.02 - 0.20	dB, 7, 23, (V2)
0.20 - 0.75	5, 22, 24, dA, bA
0.75 - 1.50	(V3)
1.50 - 3.00	11, 1, 25, 28, (P2)
3.00 - 6.00	(V1), 139^k, 139^l, (P1), 4, bE, 20.

A : infiltratie ; primair water

B : kwel ; secundair water



--20-- : lijn die punten met min of meer gelijk chloride-gehalte verbindt (mg/l)

↑ : overwegende stromingsrichting van het regionale grondwater (ZO-NW)

FIGUUR 23 : RUIMTELIJK BEELD VAN HET CHLORIDE-GEHALTE VAN HET LOKALE (GROND)WATER

TABEL K : INDELING GRONDWATERMONSTERS NAAR CHLORIDE-GEHALTE, ELECTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN EN ZUURGRAAD

	Monsternummer	Cl^- mg/l	$EGV_{25,red}$ (µS/cm)	pH	ligging	
B	6, 9, 14	6 - 10	114 - 129	3.95 - 4.70	centrum	
D	21, 23, dC	11- 12	158 - 171	4.05 - 4.10	centrum	toename 'locale' beïnvloeding
B	15, 8	22, 30	101	4.00 - 4.15	centrum	
D	dA, 22	17- 18	204 - 232	4.40 - 3.80	'centrum'	
B	bA, 7, 10, 5	15-30	279 - 555	4.30 - 5.40	rand	
D	24	30	342	5.15		toename 'regionale' beïnvloeding
B	1, 4, 139, E	28-46	414 - 608	6.45 - 7.50	rand	
D	20, 25, 26	30 - 46	496 - 608	4.62 - 7.10	rand	
B	11	43	1017	4.25	sterke bemestingsinvloeden	
B	28	78	906	5.30		

TABEL L : ACTUELE AMMONIUM-(NH_4) EN NITRAAT-(NO_3)GEHALTEN IN HET GRONDWATER

	Deldenerzijde			Bentelerzijde		
Monsterpunt	21	23	C	6	9	14
NH_4^+ mg/l	4.31	4.29	6.57	1.31	0.46	0.94
NO_3^- mg/l	0.56	0.61	0.75	0.32	1.74	0.68
NH_4/NO_3 %	89/11	88/12	90/10	81/19	21/79	58/42

van primair water. Secundair water is gekenmerkt door een Ca^{++} en Mg^{++}-aandeel groter dan 50%.

Bij de indeling van de monsters op deze wijze ontstaat nagenoeg hetzelfde beeld als bij de indeling in Ca^{++}-klassen. De monsterpunten 11 en 28 (esranden) vallen nu echter in de klasse primair water met resp. 61 en 55% aan 1-waardige ionen. Hydrologisch gezien is dit ook aannemelijker, hoewel de locale kwel bij 28 aanzienlijk zal zijn. Vanwege de sterke bemestingsinvloeden vallen de monsters echter in een hoge Ca^{++}-klasse.

Het chloride-ion is een zg. inert ion. Het neemt niet of nauwelijks deel aan biochemische reacties in de bodem en chloorverbindingen slaan in het algemeen niet neer. Door het conservatieve karakter, de grote potentiële ruimtelijke verschillen in gehalte (van 3 tot 19.000 meq/l) en het ontbreken van een duidelijke periodiciteit (seizoenfluctuatie) is het chloride-ion bij uitstek geschikt als "gids"-ion. (Werkgroep Biologische waterbeoordeling, 1978). In samenhang met de zuurgraad (pH) en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) kan aan de hand van chloride-concentraties in de watermonsters een scheiding worden gemaakt tussen het lokale en regionale grondwater. (Kemmers en Jansen, 1980).

De stromingsrichting van het diepere regionale grondwater is het gehele jaar door ZO-NW gericht, in de richting van de algemene terreinhelling. (Par. 2.4.). Gedurende de winter wordt ten gevolge van grote neerslagoverschotten een waterlichaam opgebouwd met een stromingsrichting afwijkend van de regionale stroming, nl. in principe naar de afwateringsmiddelen toe. Men zegt ook wel: de lokale stromingen zijn gesuperponeerd op de regionale stroming. Binnen de natuurterreinen kan het relatief rijke regionale grondwater alleen bij zeer lage grondwaterstanden worden aangetroffen, buiten de terreinen, met name langs de afwateringsmiddelen, nagenoeg het gehele jaar. Juist aan de randen van de natuurterreinen zal sprake zijn van een contactzône, waar lokaal, op neerslag gelijkend water en regionaal water elkaar ontmoeten. (Kemmers en Jansen, 1980).

In fig. 23 zijn de lijnen aangegeven (globaal) die punten met gelijk chloride gehalten verbinden. Op grond van chloridegehalten, pH en EGV kan de volgende indeling gemaakt worden (zie tabel K):

Een opvallend verschil tussen de twee terreinen (onderling) is het hogere EGV (en Cl^--concentratie) en de meer constante

pH van het "puur" lokale grondwater in de Deldenerzijde. (21, 23 en dC).

Door het ontbreken van gegevens over de anionensamenstelling (m.n. HCO_3^-, SO_4^{--}) kan hiervoor geen nadere verklaring gegeven worden. Op grond van de chloride gehalten alleen is enig verschil te verwachten en de hogere NH_4^+-concentraties aan de Deldenerzijde spelen wellicht ook een rol.

Bij de overgangstypen beïnvloeden zowel lokale en regionale kwelstromen het chloride-gehalte, het EGV en de pH. De chloride-concentratie van het grondwater bij de monsterpunten 15 en 8 is opmerkelijk hoog. De relatief lage ligging zal hier waarschijnlijk debet aan zijn (vooral bij 8). De lage EGV-waarden (101 μS/cm) zijn in dit verband onverklaarbaar.

Bij het sterk regionaal beïnvloede grondwater gaan hoge waarden van Cl^--gehalten, EGV en pH samen. De rijkdom aan ionen is beduidend groter door de langere verblijfsduur van het water in de bodem . Het diepere grondwater (139) valt, zoals te verwachten was, onder dit type.

De monsterpunten 11 en 28 vertonen, zals al eerder opgemerkt, sterke bemestingsinvloeden. Met name bij 28 is het chloride-gehalte zeer hoog. (78 meq/l).

Het oppervlaktewater is tot nu toe buiten beschouwing gelaten. Geheel volgens de verwachting, op grond van de ligging, blijken de waterlopen langs de natuurterreinen ionenrijk water te voeren. (Hagmolenbeek: P_2, Buitenbeek: P_1 en waterloop 12-2-1-3 V_1.) Naast calcium-rijke aanvoer via de regionale kwelstroom, blijkt ook veel Na/K- rijk water van meer lokale herkomst aanwezig te zijn. Dit water is sterk verrijkt door de toediening van meststoffen op de aan de waterlopen grenzende cultuurgronden.

Beschouwing van de actuele ammonium- (NH_4^+) en nitraat (NO_3^-) gehalten van de watermonsters levert een aantal interressante uitkomsten. In de eerste plaats zijn de gehalten aan NH_4^+ in het grondwater aan de Deldenerzijde in zijn geheel bezien hoger dan welke aan de Bentelerzijde zijn aangetroffen. De NO_3^--gehalten daarentegen zijn, m.u.v. punt 28, gering en ongeveer constant aan de Deldenerzijde en sterk variërend aan de Bentelerzijde.

Met name tussen de centrale gedeelten van de terreinen (heide) zijn de verschillen frappant, zoals uit de tabel L blijkt:

Het NH_4^+-gehalte van het ondiepe grondwater bij de punten

21, 23 en C ligt beduidend hoger dan dat bij de punten 6,9 en 14 van de Bentelerzijde. De verhouding NH_4^+/NO_3^- is bovendien vrij constant aan de Deldenerzijde. Alleen punt 6 van de Bentelerzijde vertoont enige gelijkenis hiermee, Het grondwater bij 9 en 14 wijkt qua NH_4^+/NO_3^- verhouding echter duidelijk af.

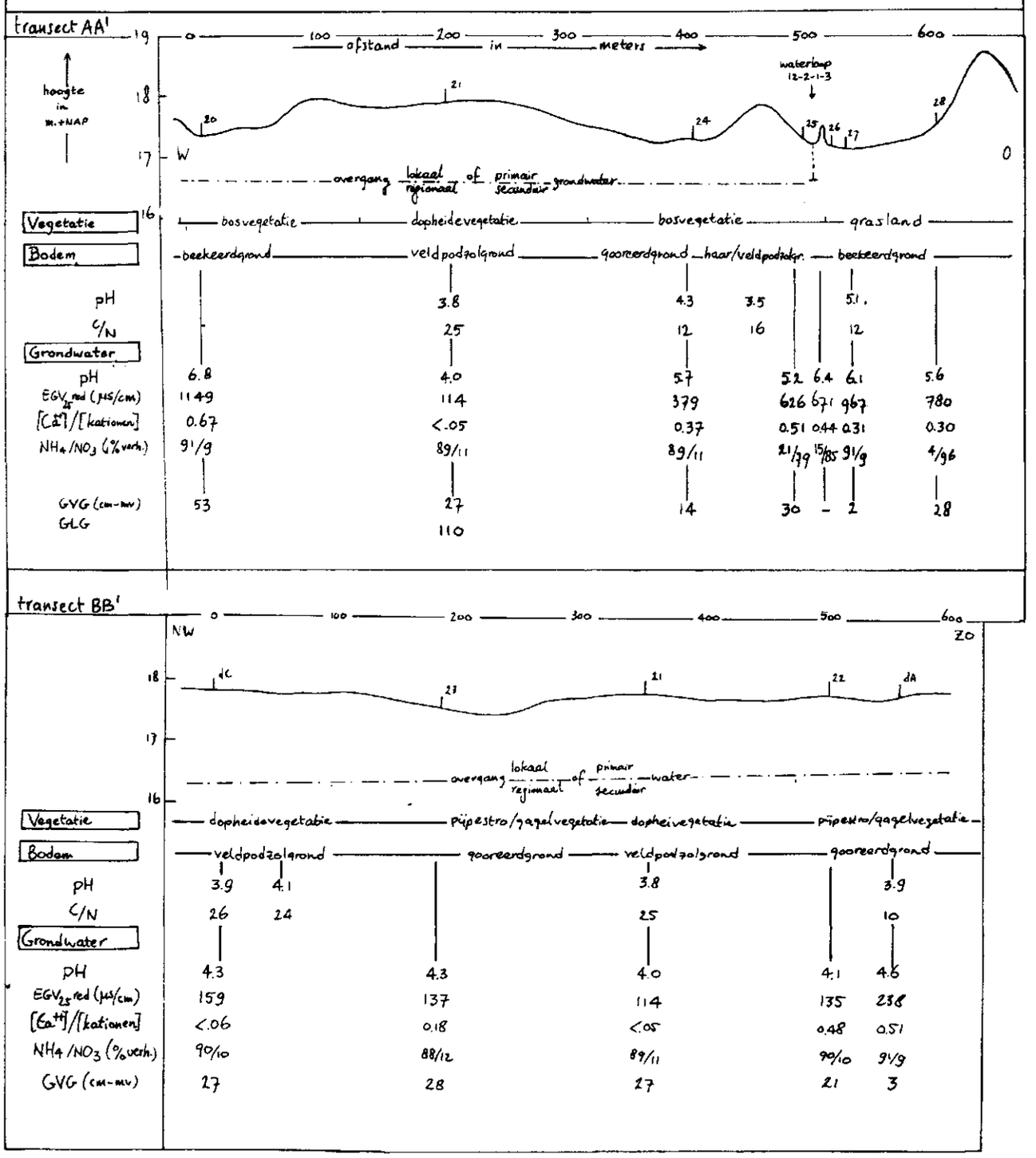
De nitrificatie van ammonium (NH_4^+) tot nitraat (NO_3^-) vergt veel zuurstof. In zuurstofarme milieus kunnen dientengevolge relatief hoge gehalten aan NH_4^+ worden aangetroffen. Grondwaterstand en vochtgehalte bepalen de zuurstofrijkdom van een milieu. Hoe hoger de grondwaterstand en het vochtgehalte des te zuurstofarmer de grond is. Zowel in de beekdalen (langs de waterlopen) als in de centrale delen van de natuurterreinen is de grondwaterstand in winter en voorjaar hoog. (Resp. onder invloed van kwel en opbolling van het freatische vlak). Op die plaatsen zijn ammoniumrijk en nitraat-arm grondwater te verwachten. Dit blijkt nu inderdaad het geval te zijn bij de punten 21, 22, 23, 24 (hooggelegen) en 26 van de Deldenerzijde en bij punt 6 en 6E bij de Bentelerzijde.

Van een goede doorluchting en dientengevolge een relatief gering NH_4^+ -gehalte gekoppeld aan een hoog NO_3^--gehalte is sprake bij relatief hoogelegen monsterpunten als punt 7 (Bentelerzijde).

Bemesting, ligging t.o.v. een waterloop en opname van stikstof door planten zijn factoren die het geschtste beeld in meer of mindere mate vertroebelen. Toch blijft er een verband bestaan tussen de afstand grondwater-maaivelden de NH_4^+/NO_3^- verhouding van het ondiepe grondwater, hetgeen vangroot belang kan zijn voor de ontwikkeling van een vegetatie.

Bekend is nl. dat bepaalde plantesoorten naast NH_4^+ ook gebruik maken van NO_3^- als stikstofbron. Op deze wijze kan wijziging van de grondwaterstand gevolgen hebben voor de beschikbaarheid van nitraat (NO_3^-), hetgeen veranderingen in de onderlinge concurrentieverhoudingen van planten zal veroorzaken. (Ellenberg, 1977).

FIGUUR 24 : SAMENVATTEND OVERZICHT ; DELDENERZIJDE



3.2.3. Samenvattend overzicht.

De figuren 24 en 25 vormen een samenvattend overzicht van enkele belangrijke hydrologische parameters uit de voorgaande paragrafen. In hoofdstuk 4 zullen deze parameters gebruikt worden om de relatie tussen hydrologie en vegetatie te beshrijven. Eerst volgt nu echter het verslag van het modelmatige onderzoek, dat meer inzicht geeft in de wijziging van grondwaterstand(sverloop) tgv. beekpeilveranderingen.

FIGUUR 25 : SAMENVATTEND OVERZICHT ; BENTELERZIJDE

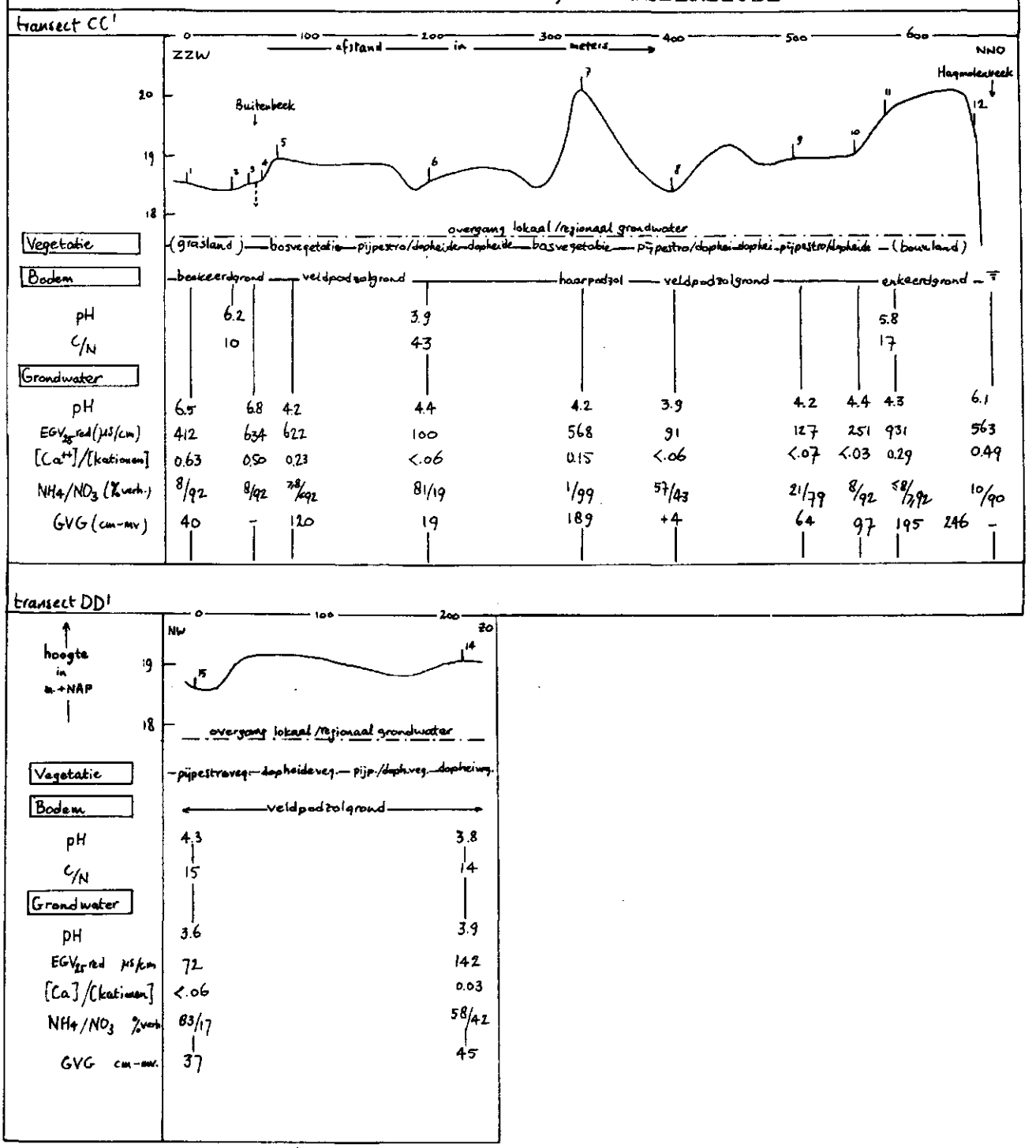
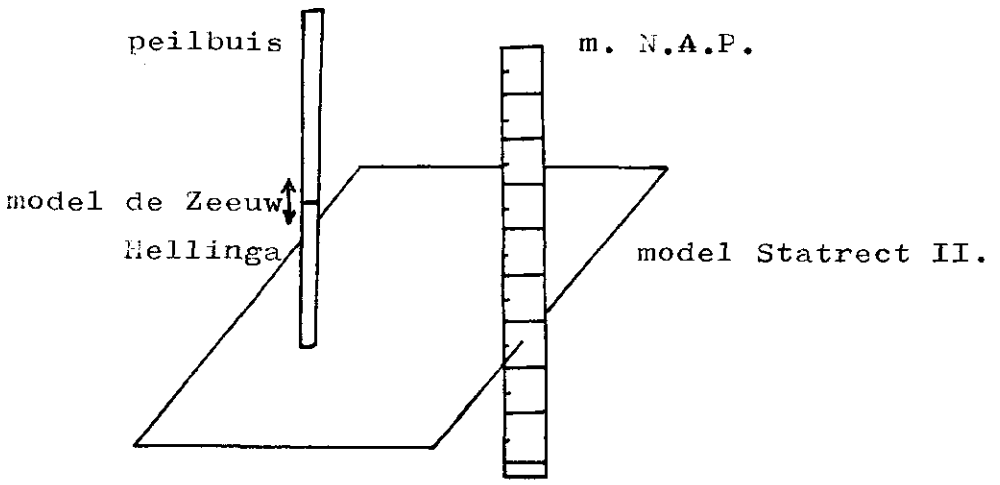


Fig. 25a: de relatie tussen model STATRECT II en model De Zeeuw-Hellinga.



Model STATRECT II berekent voor het gehele vlak in welke mate de grondwaterstand verandert. Model de Zeeuw-Hellinga berekent op 1 punt gedurende het jaar het verloop van de grondwaterstand, uitgaande van de uitkomsten van het STATRECT II.

3.3. Het modelmatige onderzoek.

In dit onderzoek wordt getracht de relaties tussen beekpeilen, grondwaterstanden en vochtvoorziening voor planten nader te beschrijven. Twee modellen worden hiervoor gebruikt:

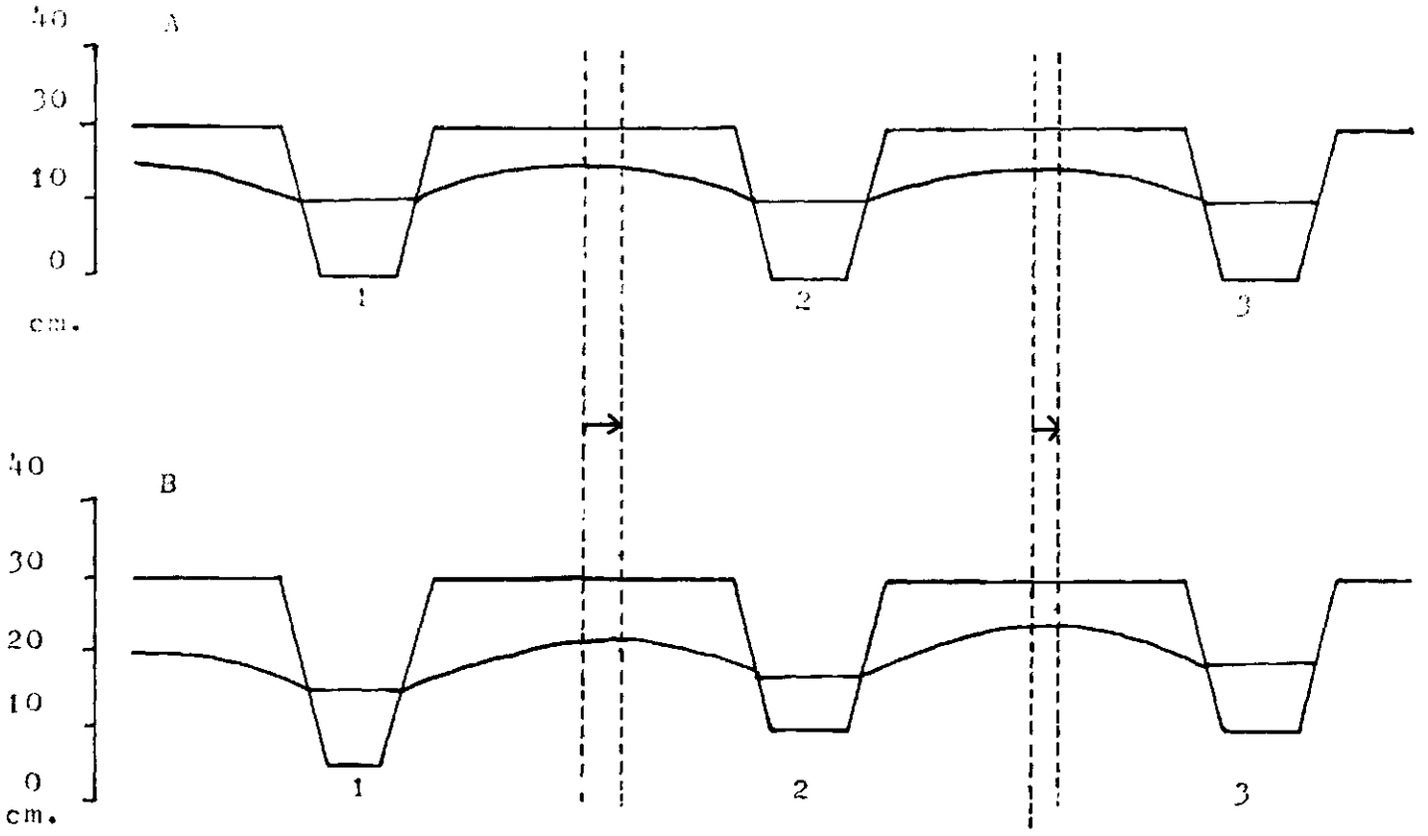
1. Statrect II.
2. De Zeeuw-Hellinga.

Het eerste model werkt in een regionaal verband. In een gebied (negen bij zes km.) zijn de peilen van een aantal beken veranderd. Statrect II berekent voor ieder punt in het afgebakende gebied wat de verandering van de grondwaterstand is ten gevolge van een verandering van een beekpeil. (Fig. 25A)

Het tweede model werkt in een lokaal verband. In de onderzoeksterreinen Bentelerzijde en Deldenerzijde wordt op 1 punt het grondwaterstandverloop berekend gedurende een jaar. Het wordt hierdoor mogelijk na te gaan hoe de vochtvoorziening voor de planten verandert ten gevolge van beekpeilveranderingen. Bovendien wordt nagegaan wat de invloed is van droge en natte jaren.

De beoordeling van de vochtvoorziening vindt plaats aan de hand van drie maatstaven die aan het einde van het hoofdstuk besproken zullen worden.

FIG.26: Grondwaterstandsverandering t.g.v. een veranderend beekpeil.



In situatie B is het slootpeil van leiding 1 veranderd, waardoor de waterscheiding verschuift. Dit is weergegeven door de afstand tussen de stippellijnen. Het peil van leiding 2 en 3 verandert eveneens, doordat ze minder water ontvangen. Het effect wordt steeds kleiner.
De waarden van 10, 20,30 en 40 cm. zijn relatief.

3.3.1 Model Statrect II.

Een verandering van het peil van een waterloop heeft tot een bepaalde afstand invloed op de grondwaterstand. (Zie fig 26).

De grenzen van het gebied waar Statrect II voor gebruikt is, worden bepaald door de reikwijdte van de invloed die een beekverandering heeft. In fig 27 is het gebied te zien dat beïnvloed wordt door beekpeilveranderingen rond de Bentelerzijde en Deldenerzijde.

Door middel van een netwerk dat bij de Bentelerzijde en Deldenerzijde verfijnd is, wordt het gebied verdeeld in kleinere oppervlakten. De hydrologische gegevens van zo'n oppervlakte worden via de knooppunten van het netwerk bij het model ingevoerd. (zie fig.28) .

FIG.28 : Knooppunten met hun invloedsoppervlak.

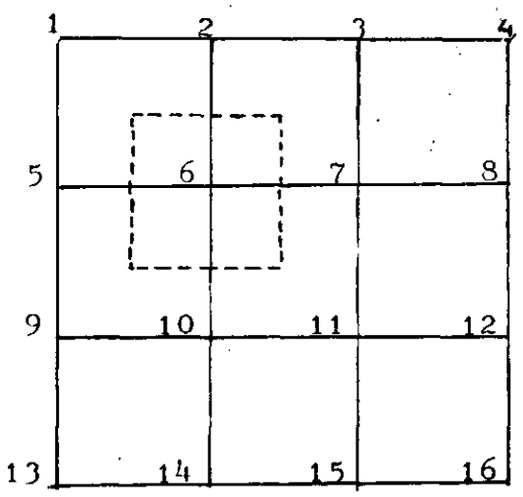
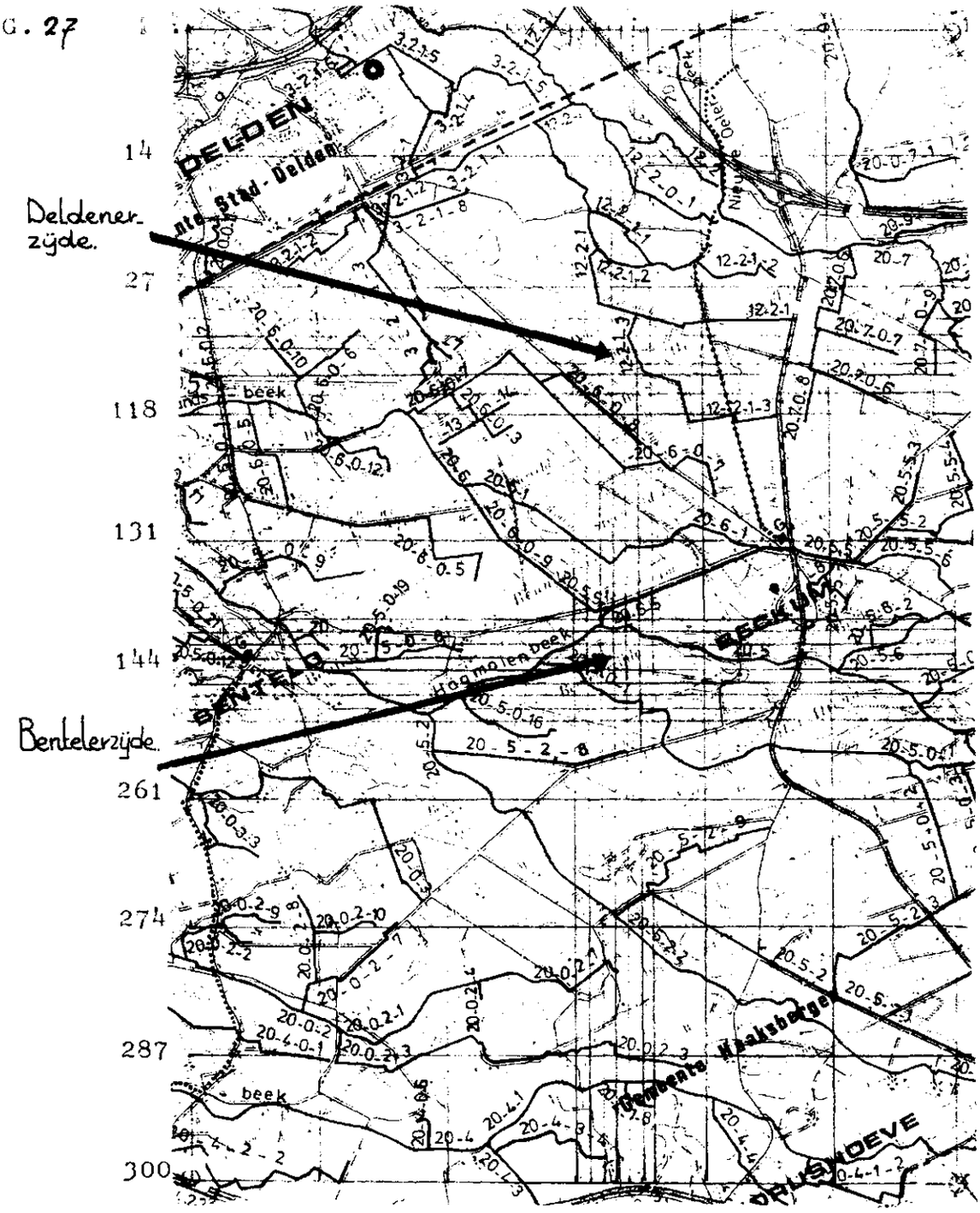


FIG. 27



Het gebied dat door beekpeilveranderingen beïnvloed wordt.

3.3.1.1. De ingevoerde gegevens.

Het doorlaatvermogen: de KD-waarde. (m^2/etmaal).

Deze waarden worden per knooppunt ingevoerd en zijn ontleend aan gegevens van TNO, dat een grof netwerk van gemeten KD-waarden op kaart heeft gebracht. Het is mogelijk dat plaatselijk afwijkingen voorkomen, bijv. 150 m^2/etm i.p.v. 50 m^2/etm.

Bovendien zijn door TNO metingen verricht naar de dikte van het quartaire pakket. Op die plaatsen waar eerdergenoemde gegevens ontbraken, is het doorlaatvermogen berekend. Een gemiddelde doorlatendheid van 5m/etmaal is hierbij gebruikt. De dikte van het quartaire pakket is niet een preciese maat, daar het model alleen rekent in de volcapilaire zone. Een overschatting van het doorlaatvermogen treedt op indien het grondwater diep zit: het watervoerend pakket is dan minder dik dan het quartaire pakket. (Zie fig. 29).

Een tweede overschatting treedt op indien het keileem een groot bestanddeel van het quartaire pakket vormt: de doorlatendheid van keileem is kleiner dan 5m/etmaal.

Over de Bentelerzijde en de Deldenerzijde is meer informatie aanwezig, waardoor de gegevens over het doorlaatvermogen gedetailleerder ingevoerd zijn in deze gebieden.
Ten aanzien van de grootte van de doorlatendheid zijn twee gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Het doorlaatvermogen is eenmaal berekend met een doorlatendheid van 1 m/etmaal en eenmaal met een doorlatendheid van 10 m/etmaal. Het verschil in de uitkomsten was zeer gering. (Max. 1 cm.).

De rivierweerstand.

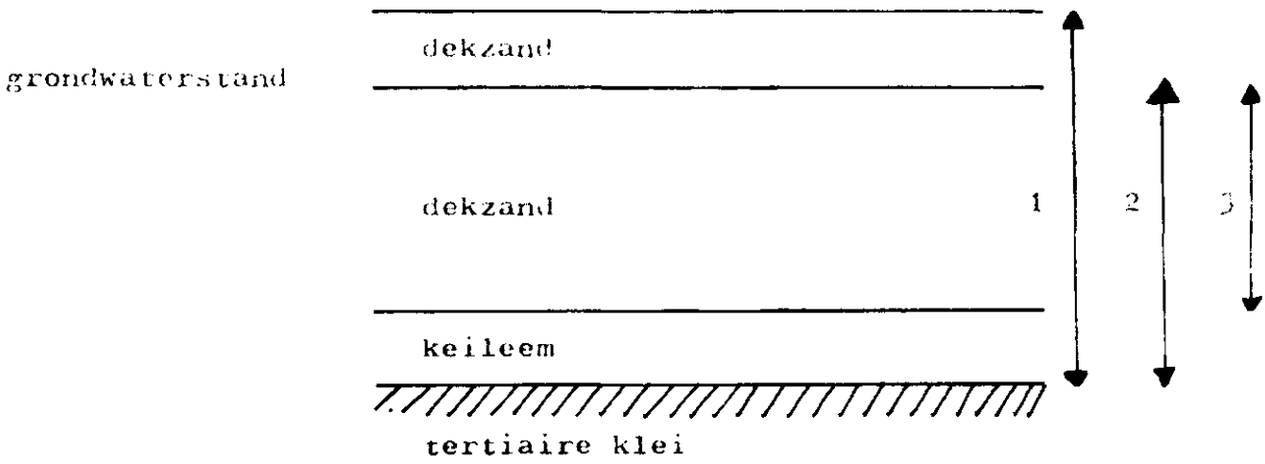
Dit is de som van radiale weerstand en bodemweerstand.
De radiale weerstand is berekend met de formule:

$$W_{rad.} = \frac{1}{\pi . K} \cdot \ln \frac{a.D}{u} \text{ (dagen)}$$

D = dikte van de doorlatende laag. (m)
U = natte omtrek van de rivier. (m)
a = constante faktor (ongeveer drie). -
K = doorlatendheid. (m/etm).

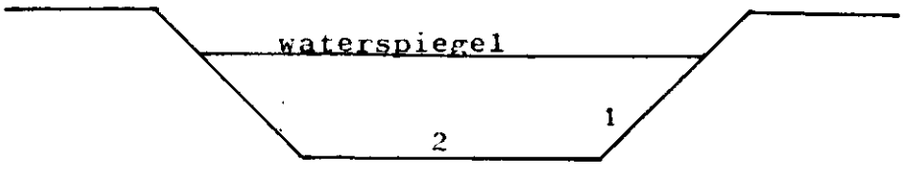
De natte omtrek van de waterlopen moest, behalve in de Bentelerzijde en de Deldenerzijde, geschat worden. De volgende

FIG.29 . DE GROOTTE VAN HET WATERVOERENDE PAKKET.



1. De dikte waarmee het doorlaatvermogen berekend is. (Quartaire pakket).
2. De dikte van het freatische pakket, d.w.z.: STATRECT II rekent met een zône die volcapillair is. Er wordt slechts 1 watervoerend pakket verondersteld.
3. Dit is de zône waar alle poriën met water gevuld zijn en de gemiddelde doorlatendheid 5 m./etm. is.

FIG.30 : DE NATTE OMTREK VAN EEN WATERLOOP.



afmetingen zijn gebruikt: een maat voor het Twentekanaal (bodembreedte 30 m.) en drie maten voor de overige waterlopen: bodembreedten 1,2 en 3 meter. De natte omtrek is geschat m.b.v. de formule: natte omtrek = 2 x bodembreedte, hetgeen het volgende profiel veronderstelt (zie fig. 30).

De bodemweerstand is ontleend aan literatuur (waterbeheersing deel I, 1975, Cultuurtechniek Wageningen) en aan mondelinge mededelingen. (Rijksinstituut voor drinkwatervoorziening).
Een waarde van 0.5 dag/m. is gebruikt. Een gevoeligheidsanalyse waarbij deze waarde verdubbeld werd gaf geen verschil in uitkomsten.

In het model zijn alleen die waterlopen meegerekend die aangegeven zijn in fig. 27 . De kleinere waterlopen en eventuele drainage van landbouwterreinen zijn niet in het model betrokken.

3.3.1.2 De uitgevoerde berekeningen.

De veranderingen die de beekpeilen nabij de Bentelerzijde ondergaan hebben, zijn moeilijk te achterhalen. Eerst in 1932 en later in 1974 zijn ingrijpende werken aan de betreffende leidingen uitgevoerd. Aan de lengte- en dwarsprofielen uit het archief van Waterschap "Regge en Dinkel" kan weliswaar het totale gemiddelde verschil in bodemhoogte voor en na de werken ontleend worden, maar het beekpeilverschil mag niet zonder meer gelijk gesteld worden aan deze waarde. Vier faktoren die moeilijk te quantificereren zijn spelen hierbij een rol:

1. In de winter treedt oppervlakkige berging op.
2. In de winter vindt oppervlakkige afvoer plaats.
3. In de zomer vallen sommige leidingen droog.
4. De beekpeilfluctuaties worden beïnvloed door de verandering van het beekprofiel: bij verlaging van de bodem wordt het profiel verbreed.

De doorgerekende verhogingen van resp. 80 en 20 cm. zijn daarom slechts schattingen van de situatie vóór 1932 en 1974.

De peilen van alle leidingen die op de Hagmolenbeek uitkomen zijn verhoogd. Dit zijn:

20-5-0-1	20-5-2	20-5-2-1	20-5-5	20-5-5-1	20-5-6	20-5-6-2
20-5-0-2		20-5-2-2				
20-5-0-3		20-5-2-3				
20-5-0-8		20-5-2-8				
20-5-0-9		20-5-2-9				
20-5-0-11						
20-5-0-12						
20-5-0-16						
20-5-0-19						
20-5-0-21						

De verlaging van 10 cm. van de beekpeilen bij de Deldenerzijde is gebaseerd op plannen van het waterschap Regge en Dinkel. Hier worden ongeveer dezelfde peilveranderingen in voorgesteld.

De verlaging van 50 cm. wordt doorgerekend om na te gaan wat er gebeurt indien een ingrijpende verlaging plaats zou vinden bij de Deldenerzijde.

De peilen van de volgende leidingen worden veranderd:

12-2-1-1- 12-2-1-2 12-2-1-3

3.3.1.3. De resultaten.

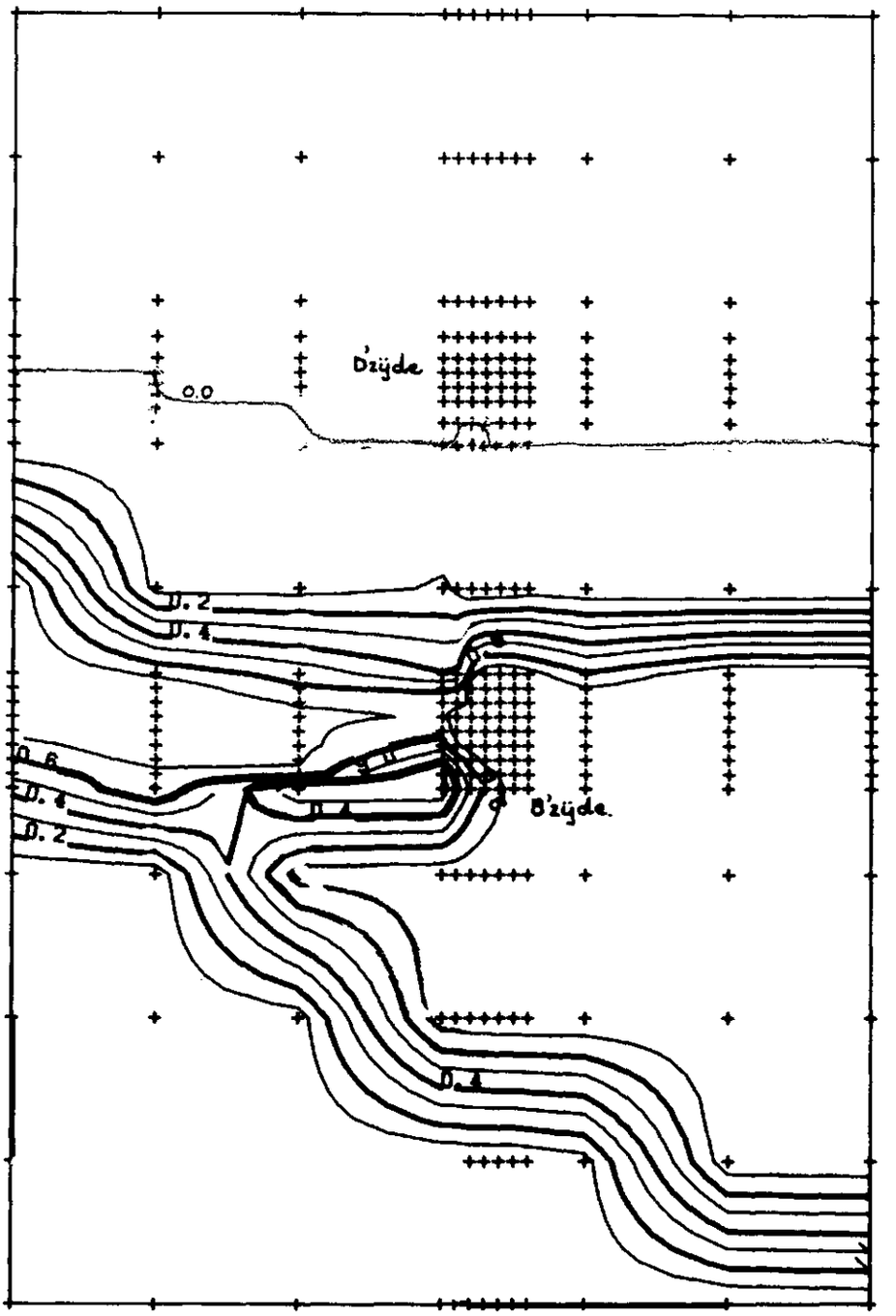
Aan de hand van de grafieken in fig. 31 t/m 37 zullen de resultaten besproken worden. Deze grafieken zijn getekend m.b.v. een plotprogramma dat een lineair verloop van de berekende grondwaterstandsverandering tussen de knooppunten weergeeft. Dit verklaart het soms hoekige verloop van de lijnen.

Fig. 31, 32, 33, en 34 laten het volgende zien (Bentelerzijde):

1. De invloed van de peilveranderingen werkt beperkt door: op 1500 meter vanaf de verhoogde beken is de stand van het grondwater niet veranderd. Op 750 meter is de grondwaterstandsverandering maximaal 1/6 van de beekpeilverandering.
2. Een kleinere verhoging werkt relatief langer door.
3. De Bentelerzijde wordt sterk beïnvloed: het grondwater tussen de Hagmolenbeek en de Buitenbeek stijgt evenveel als de beekpeilen.
4. De oude geul die door de Bentlerzijde loopt is moeilijk terug te vinden in het verloop van de grondwaterstanden.

Fig 35, 36 en 37 laten zien (Deldenerzijde):

1. In het midden tussen de Deldenerdijk en leiding 12-2-1-3 is de verandering in grondwaterstand de helft van de beekpeilverlaging.
2. De effecten van de beekpeilverlagingen van 10 en 50 cm. bij de Deldenerzijde werken niet verder door dan de effecten van de beekpeilverhogingen bij de Bentelerzijde.



IG. 31 [02] = verandering van grondwaterstand in meters.

R. I. D. PLOTPROGRAMMA -GPCPP-

SCHAAL 1:50000 DATUM=05-AUG-82 TIJD=13:06:38

HAGMOLENBEEK; VERHOGING PEIL: 0.80 M.

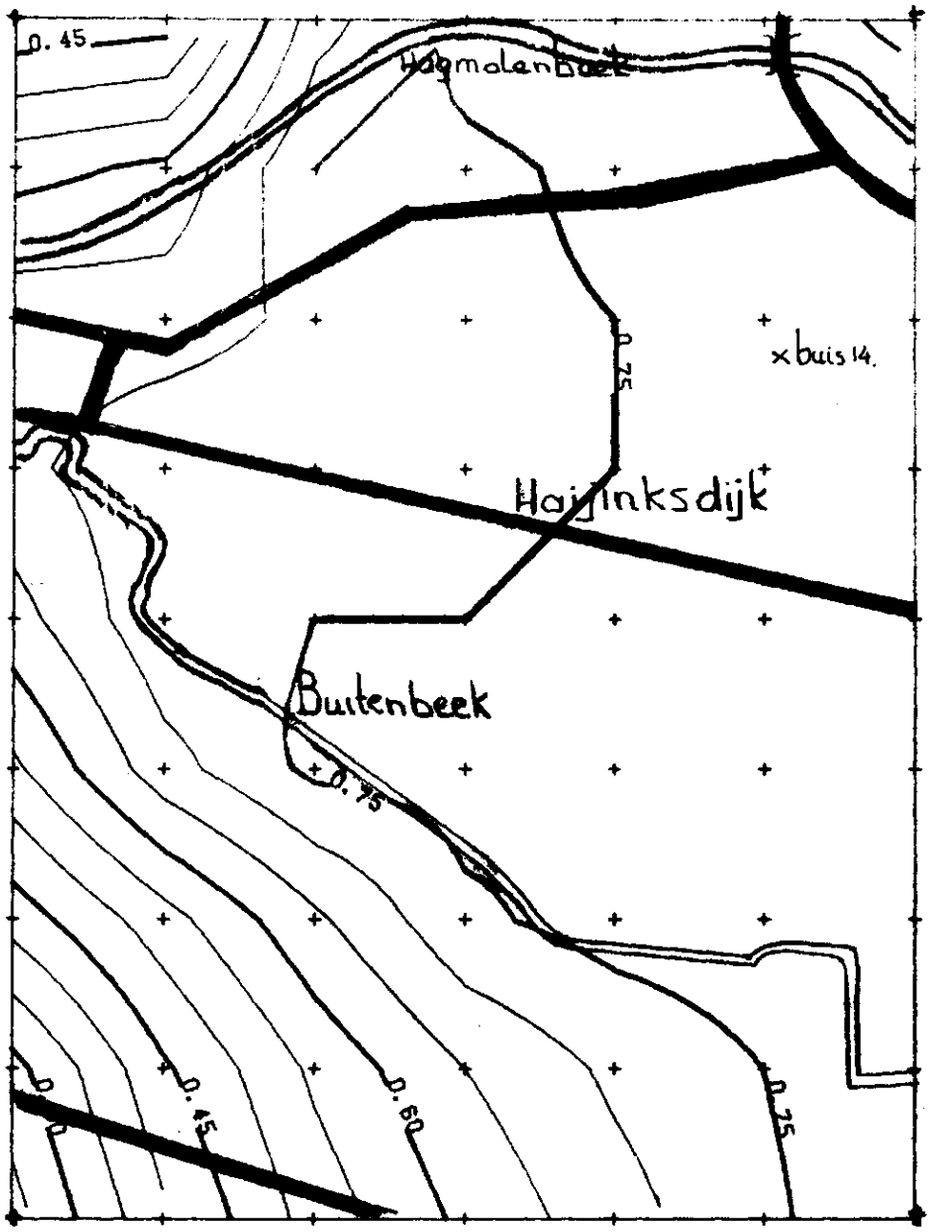


Fig. 32.

R. I. D. PLOTPROGRAMMA -GPCPP-

SCHAAL 1:5000 DATUM=05-AUG-82 TIJD=11:32:45

HAGMOLENBEEK: VERHOGING PEIL: 0.80 M.

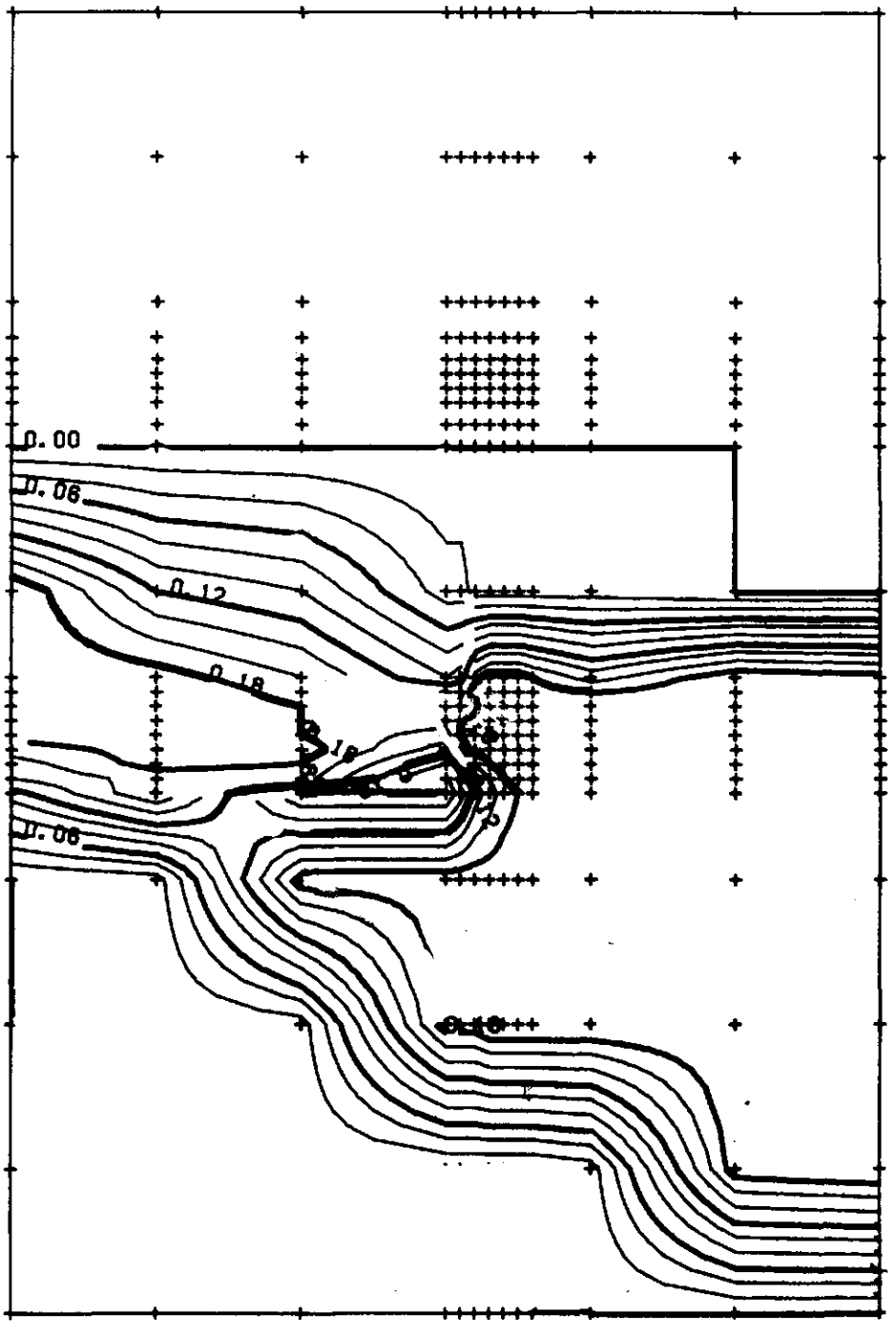


FIG.33

R.I.D. PLOTPROGRAMMA -GPCPP-

SCHAAL 1:50000 DATUM=05-AUG-82 TIJD=13:31:35

HAGMOLENBEEK; VERHOGING PEIL: 0.20 M.

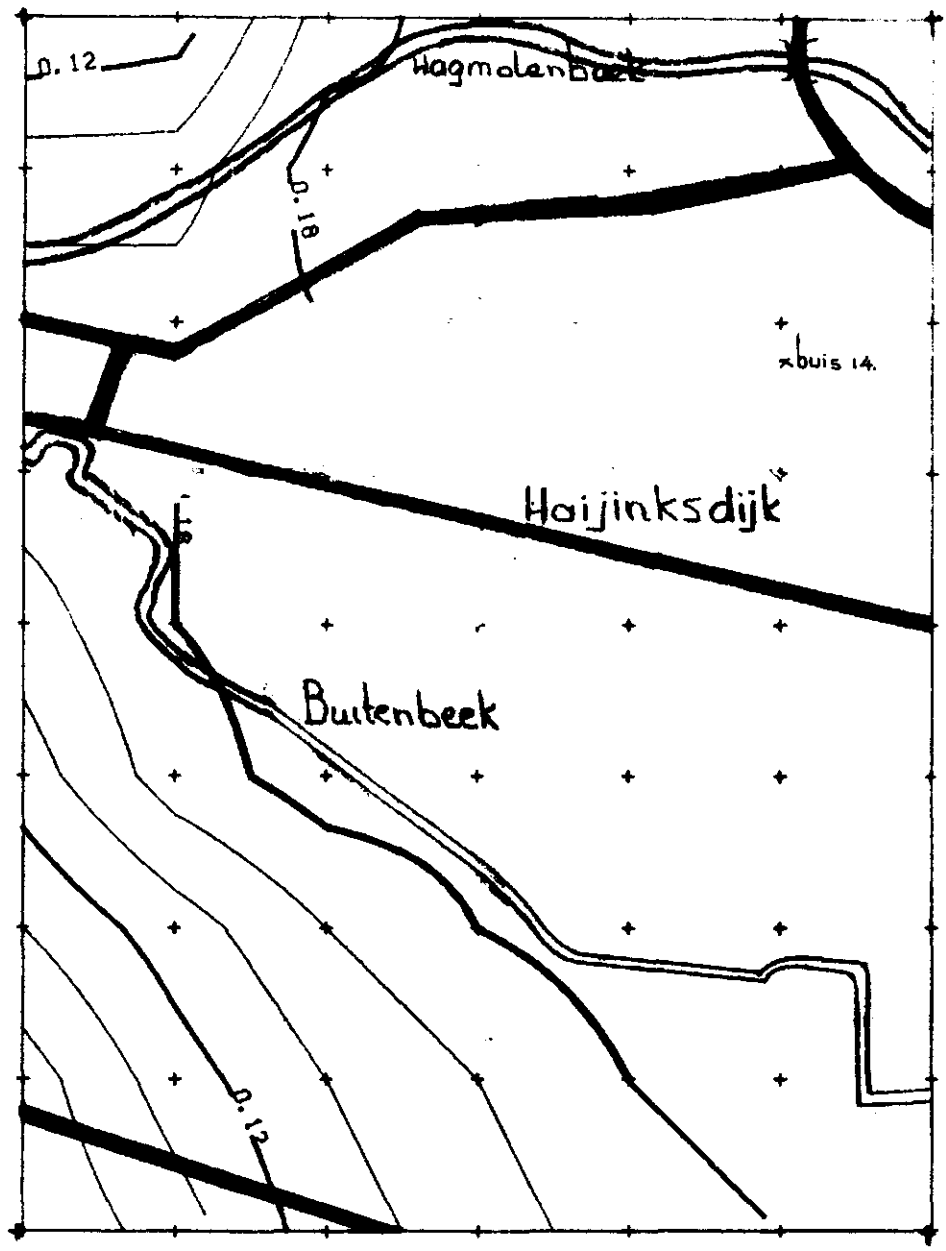


FIG.34.

R. I. D. PLOTPROGRAMMA -GPCPP-

SCHAAL 1:5000 DATUM=05-AUG-82 TIJD=13:44:11

HAGMOLENBEEK; VERHOGING PEIL: 0.20 M.

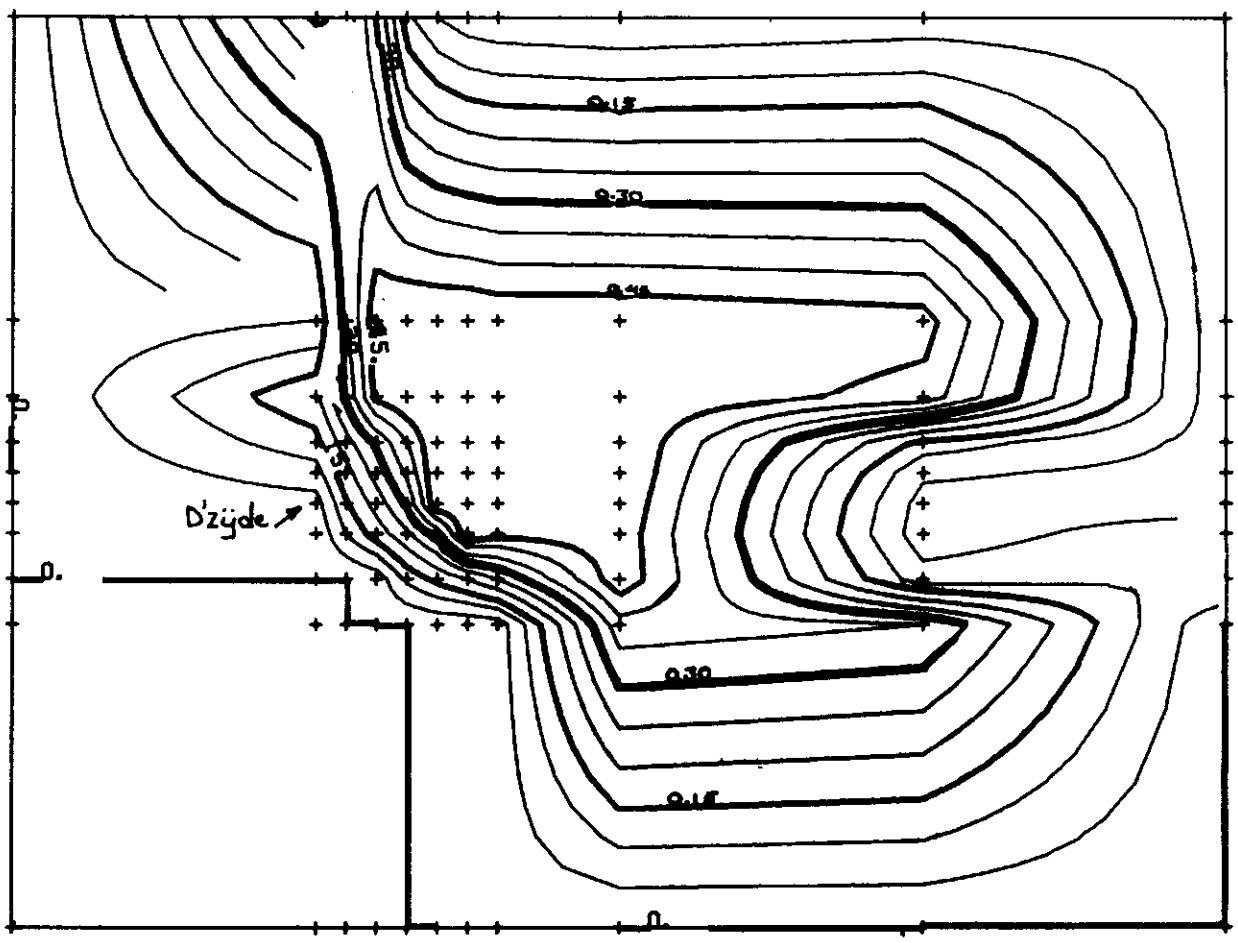


FIG. 35

R. I. D. PLOTPROGRAMMA -GPCPP-

SCHAAL 1:25000 DATUM=05-AUG-82 TIJD=12:03:01

DELDENERZIJDE; VERLAGING PEIL: 50 CM.

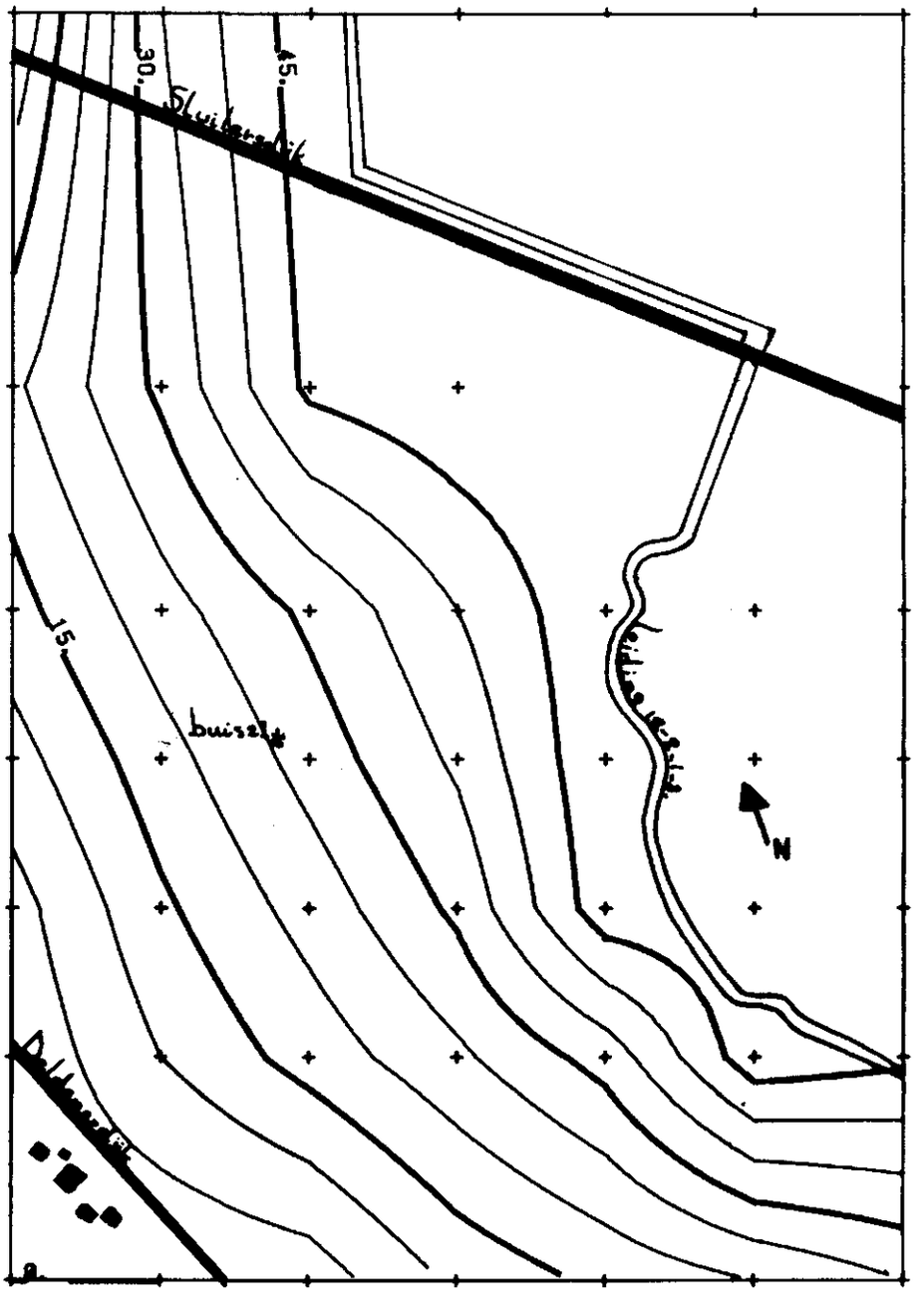


Fig.36

R. I. D. PLOTPROGRAMMA -GPCPP-

SCHAAL 1:5000 DATUM=05-AUG-82 TIJD=12:23:37

DELDENERZIJDE; VERLAGING PEIL: 50 CM.

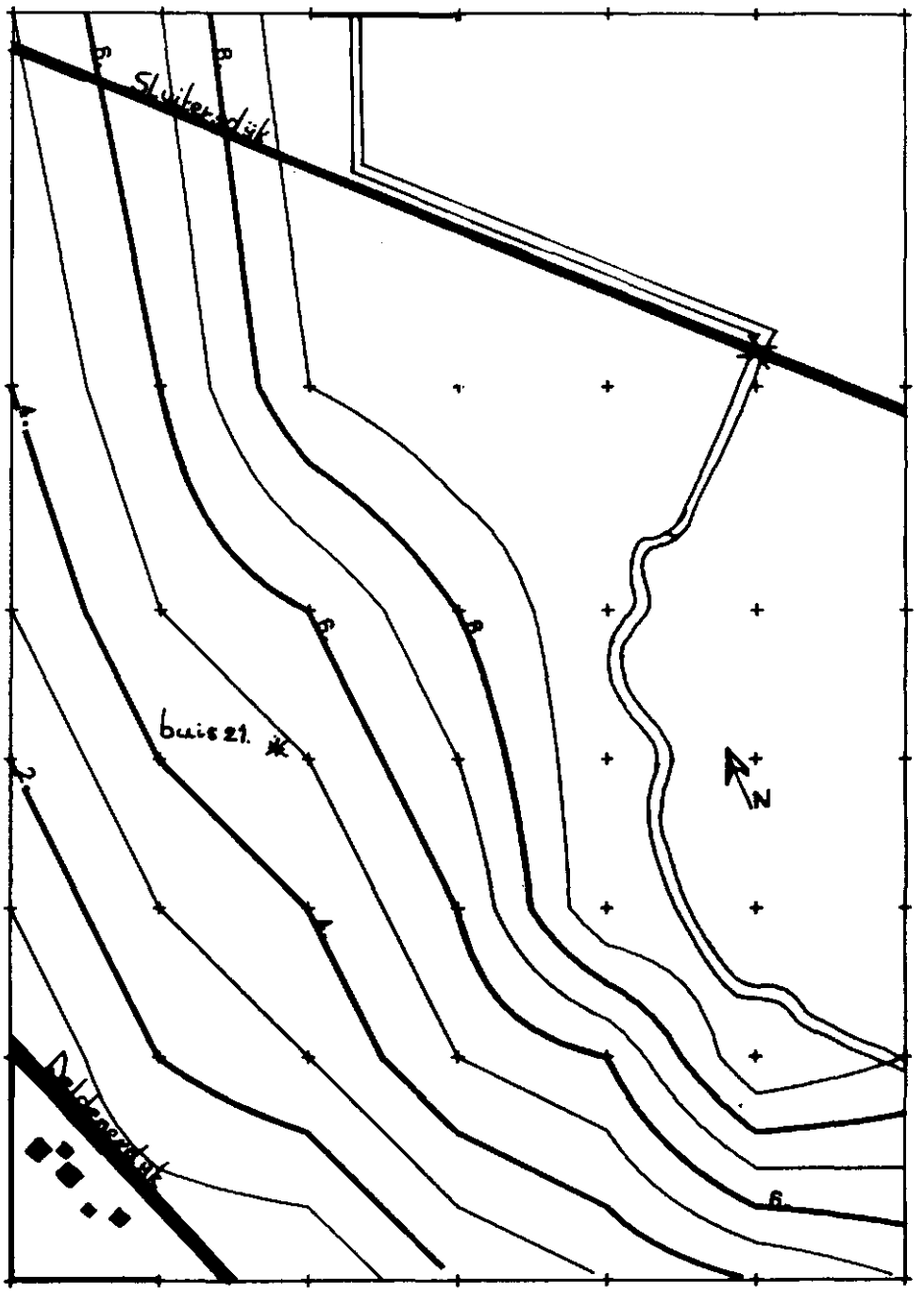


FIG. 37

R. I. D. PLOTPROGRAMMA -GPCPP-

SCHAAL 1:5000 DATUM=05-AUG-82 TIJD=12:48:05

DELDENERZIJDE; VERLAGING PEIL: 10 CM.

3.3.2. Het "model" De Zeeuw-Hellinga.

Het model berekent over een periode van t dagen de verandering in grondwaterstand op 1 punt met behulp van de volgende formule:

$$m_t = R/A \cdot (1 - e^{-\frac{At}{u}}) + m_o \cdot e^{-\frac{At}{u}}$$

m_t	= de opbolling na t dagen.	(m)
R	= neerslag - evapotranspiratie	(m/dag)
A	= constante	(1/dag)
t	= aantal dagen	
m_0	= de opbolling op t = 0	(m)
μ	= de bergingsfaktor.	(-)

Voor de afleiding van de formule wordt verwezen naar het diktaat Waterbeheersing van de vakgroep cultuurtechniek in Wageningen. Hier wordt volstaan met een beschrijving van de hydrologische situatie waarin de formule gebruikt wordt. (zie fig.38).
Het grondwater wordt voorgesteld door een cylinder gevuld met water. De cylinder wordt aangevuld door de neerslag. Er verdwijnt water uit door evapotranspiratie en afvoer. De afvoer gaat via de weerstand 1/A. Als er geen oppervlakkige afvoer plaatsvindt, blijkt A ongeveer 0.7 dag^{-1} te bedragen (blz.41).
De afvoerintensiteit is afhankelijk van het potentiaalverschil ofwel opbolling van het freatische vlak ($A.m_o$)

Buis 14 in de Bentelerzijde en buis 21 in de Deldenerzijde zijn de punten waarvan de grondwaterstanden worden berekend. Deze buizen zijn gekozen omdat:

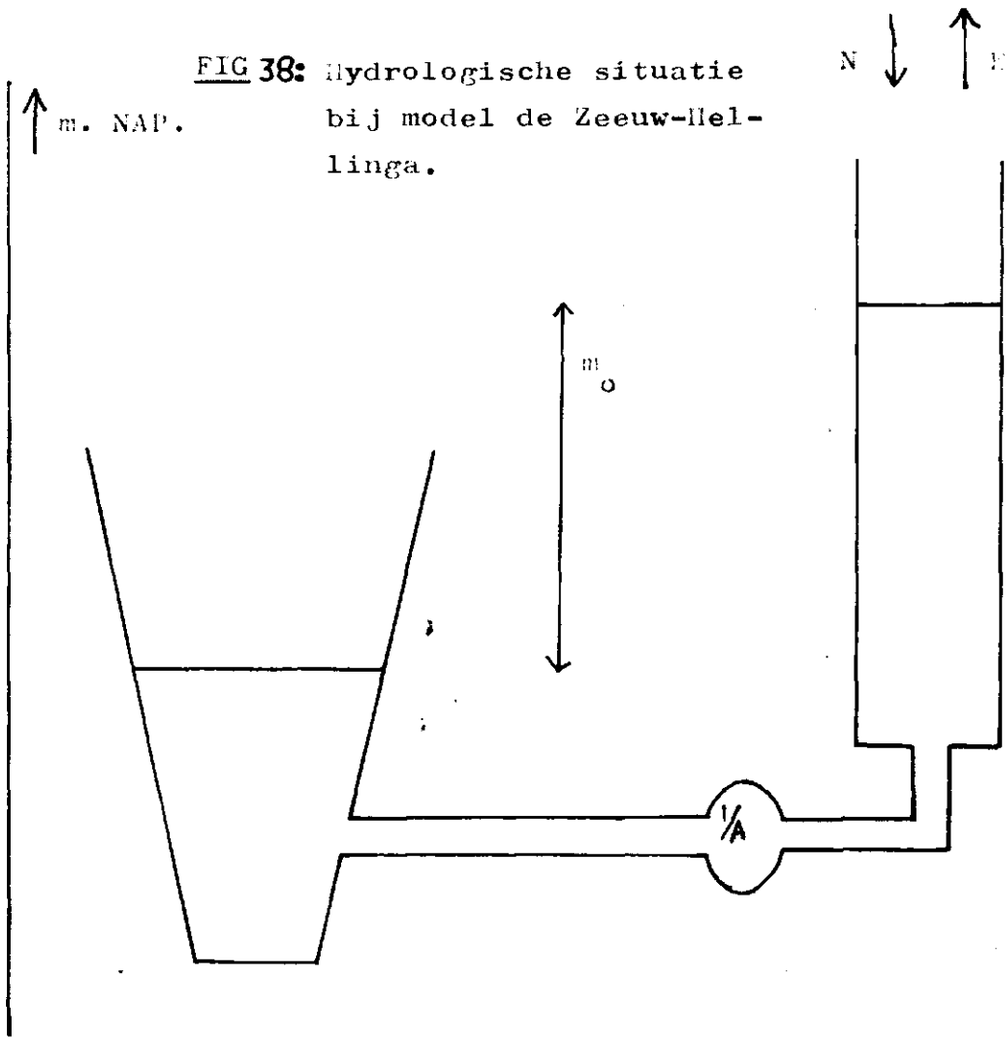
- gedurende de meetperiode geen enkele waarneming ontbreekt.
- de grondwaterstanden sterk fluctueren in een korte periode. Eventuele wijzigingen in de grondwaterstand zijn daardoor goed zichtbaar.
- ze zich bevinden in een gedeelte waar de dopheide domineert.

De gemeten standen zijn gebruikt om het model te ijken.

Met het geijkte model worden twee faktoren doorgerekend die invloed hebben op de vochtvoorziening voor de plant:

1. De grootte van neerslag en verdamping.
2. Verandering van beekpeilen. De resultaten van Statrect II worden hier bij gebruikt.

FIG 38: Hydrologische situatie bij model de Zeeuw-Hellinga.



N = neerslag

E = evapotranspiratie

1/A = weerstand

m_o = potentiaalverschil tussen grondwater en de beek.

Tabel M:

IJKTABEL DELDENERZIJDE. MEETPERIODE NOVEMBER 1981 -JULI 1982.

Per.	N.	E_o	$N-E_{pot.}$	Inh. w.z.	Gew. cap.	Werk. cap.	Tek.	Beek-peil.	M_t + beek-peil.	A	μ.
	mm.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.NAP			%
Dec.	46.6	0.0	46.6	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	17.66	6.0	50.
	8.3	0.0	8.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	17.59	4.0	50.
	10.6	0.0	10.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	17.55	4.0	30.
Jan.	27.6	1.0	27.4	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.55	4.0	30.
	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.47	2.0	30.
	33.3	0.0	33.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.81	17.53	3.0	30.
Feb.	9.8	0.0	9.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.81	17.49	2.0	20.
	5.4	5.0	4.2	26.0	0.0	0.0	0.0	16.76	17.44	1.0	10.
	0.0	4.0	- 1.0	25.0	0.0	0.0	0.0	16.76	17.37	1.5	15.
Ma.	32.2	11.0	29.5	26.0	0.0	0.0	0.0	16.79	17.49	2.0	30.
	27.3	14.0	23.8	26.0	0.0	0.0	0.0	16.76	17.51	2.0	30.
	0.9	16.0	- 3.1	22.9	0.0	0.0	0.0	16.76	17.46	1.5	15.
Ap.	18.8	23.0	12.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.74	17.48	1.5	15.
	6.1	24.0	0.1	26.0	0.0	0.0	0.0	16.74	17.41	0.7	10.
	4.3	25.0	- 1.9	24.1	0.0	0.0	0.0	16.67	17.35	1.0	10.
Mei	26.3	26.0	19.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.47	2.0	20.
	4.0	38.0	- 5.7	20.3	0.0	0.0	0.0	16.62	17.41	1.0	10.
	11.0	43.0	0.2	20.5	0.0	0.0	0.0	16.52	17.36	0.7	10.
Jun.	0.0	50.0	-25.0	00.0	4.5	4.5	0.0	16.57	17.26	0.7	10.
	43.3	28.0	29.4	26.0	0.0	0.0	0.0	16.52	17.24	0.7	10.
	58.9	43.0	41.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.47	17.43	0.7	10.
Juli	11.9	40.0	-16.1	9.9	0.0	0.0	0.0	16.42	17.33	0.7	10.
	0.1	49.0	-24.3	0.0	14.4	14.4	0.0	16.37	17.03	0.7	10.
	1.9	41.0	-26.8	0.0	26.8	26.8	0.0	16.30	16.81	0.7	10.

E_o = 'open water'-verdamping
E_{pot} = potentiële verdamping
Inh. wz. = vochtinhoud wortelzone
Gew. cap. = gewenste capillaire nalevering (vraag)
Werk. cap. = werkelijke capillaire nalevering (aanbod)
Tek. = vochttekort
M_t = opbolling
A = constante
μ = bergingsfaktor (%)

3.3.2.1. Methode van berekening.

Algemeen.

Iedere tien dagen wordt m.b.v. de formule berekend wat de nieuwe grondwaterstand is. De waterbalans moet kloppend zijn: neerslag = afvoer + evapotranspiratie + verdamping + berging. De verschillende onderdelen van deze balans worden besproken:

- de neerslag. De neerslaggegevens van vliegbasis Twente zijn gebruikt.
- de afvoer. Deze kan gesplitst worden in:
  - oppervlakkige afvoer.
  - afvoer door de bodem.

  Oppervlakkige afvoer vindt bij de hogere grondwaterstanden zowel bij de Bentelerzijde als bij de Deldenerzijde plaats. Buis 14 van de Bentelerzijde wordt omringd door hogere gedeelten waardoor de oppervlakkige afvoer een kleinere rol speelt dan bij de Deldenerzijde.
  Ten gevolge van het optreden van oppervlakkige afvoer verandert de factor A. De totale weerstand (1/A) om water af te voeren wordt kleiner. In tabel M is het verloop van A te zien. Dit verloop komt tot stand door ijking van het model.

  De grootte van de afvoer door de bodem wordt bepaald door het potentiaalverschil tussen grondwaterstand en beekpeil: m_0. (Zie fig 38).(De afvoerintensiteit bedraagt $A.m_0$).

  Het beekpeil fluctueert gedurende het jaar. Zolang de beek niet droogvalt worden de peilen aangehouden die gedurende het onderzoek gemeten zijn. Indien de beek droogvalt, hetgeen alleen bij de Deldenerzijde gebeurt, wordt aangenomen dat de bomen van het bos naast de beek de funktie van ontwateringsbasis overnemen. Op bladzijde 48 wordt het verloop van de ontwateringsbasis berekend.
- de berging.

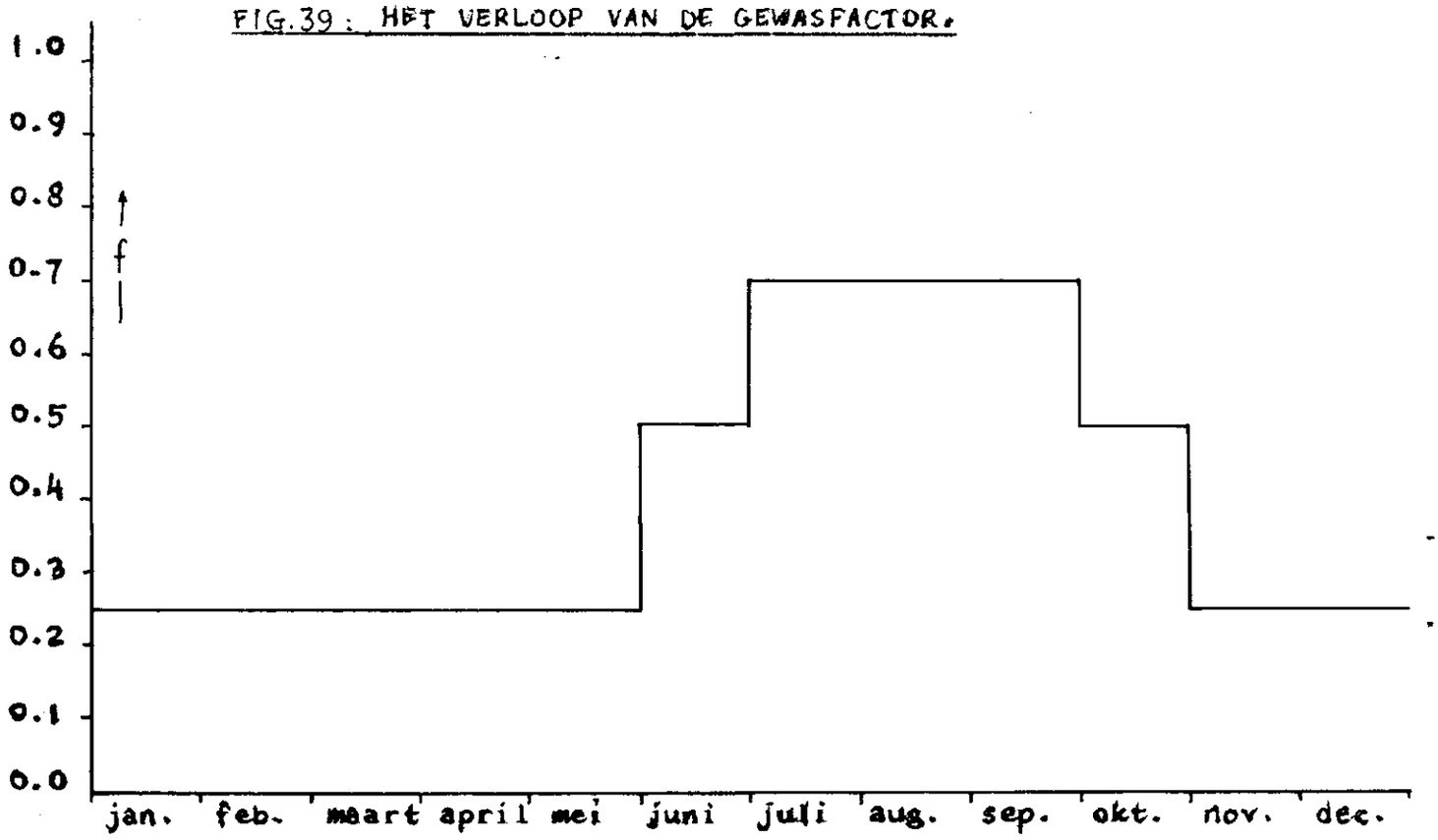
  De berging is het verschil in vochtinhoud dat zich tussen het maaiveld en de grondwaterstand op t = 0 en t = 10 bevindt. De bergingsfaktor wordt bepaald door:

  $$\frac{\text{vochtinhoud bij de grondwaterstand op}(t = 10) - (t = 0)}{\text{verschil in grondwaterstand op } t = 10 \text{ en } t = 0.}$$

  Indien uit de waterbalans blijkt dat bijv. 2 mm./mm.^{2} verdwijnt, zal de grondwaterstand bij een bergingsfaktor van 10% 2 cm. dalen.

  De bergingsfaktor bepaalt hoe groot de fluctuaties van

FIG.39 : HET VERLOOP VAN DE GEWASFACTOR.



de grondwaterstand zijn ten gevolge van neerslagtekorten of neerslagoverschotten en afvoer.
Uit literatuurgegevens en ijking d.m.v. berekeningen blijkt een bergingsfaktor van 10 % een goed gemiddelde te zijn.

Dit geldt niet wanneer oppervlakkige berging door hoge grondwaterstanden gaat optreden. De grootte van de bergingsfactor is dan afhankelijk van het percentage van het gebied dat onder water staat. De bergingsfaktor is voor deze grondwaterstanden eveneens door middel van ijking bepaald.

- de verdamping.

Via het K.N.M.I zijn verdampingscijfers verkregen van open water bij vliegveld Twente. Deze verdamping is echter niet gelijk aan de evapotranspiratie van het terrein. De volgende formule wordt gebruikt: $E_{terrein} = f \times E_{open\ water}$.

$E_{terrein}$ = potentiële verdamping van het terrein. (mm/dag).
$E_{open\ water}$ = verdamping van open water. (mm/dag).
f = gewasfaktor. (-).

De gewasfaktor hangt af van het vegetatietype en van de ontwikkelingsfase van deze vegetatie. In fig. 39 is te zien welke gewasfaktor gebruikt is. Uit de literatuur (Kemmers en Jansen, 1980; Oosterom en v. Steenderen, 1979) blijkt dat de gewasfaktor circa 0.55 bedraagt. Dit is een gemiddelwaarde voor het hele jaar.

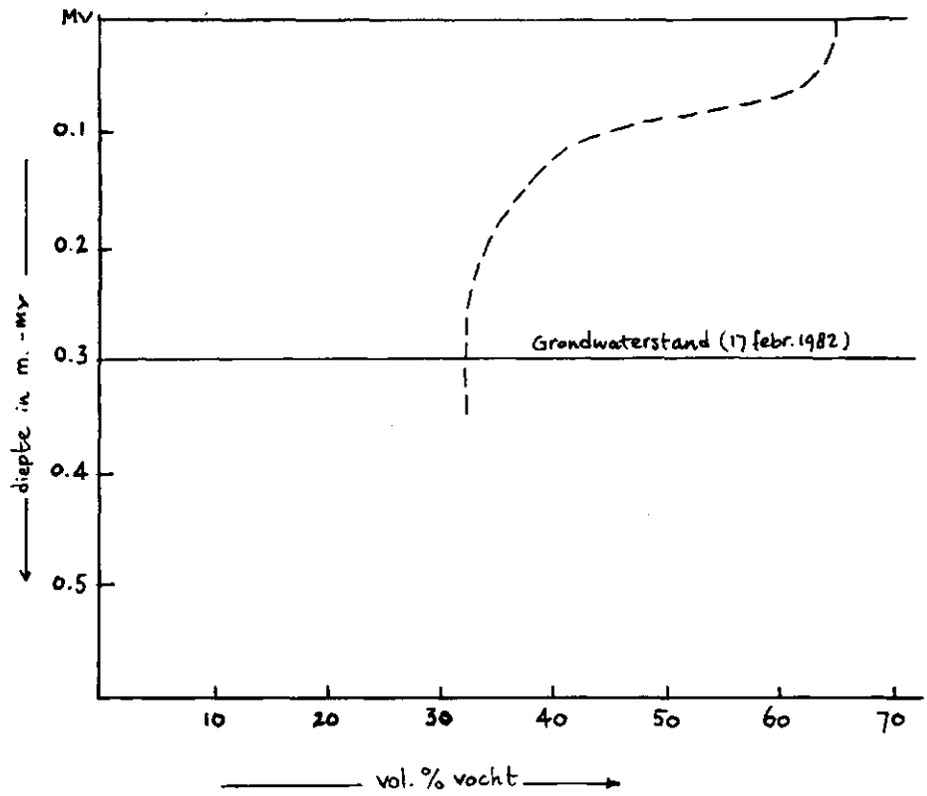
Vanaf april neemt de verdamping snel toe en gedurende het zomerhalfjaar kan er dan ook per decade sprake zijn van een neerslagtekort (verdampingsoverschot): de potentiële evapotranspiratie overschrijdt de aanvoer van water middels neerslag. Er treedt geen oppervlakkige berging van water meer op en de grondwaterstand wordt in deze periode bepaald door de grootte van het neerslagtekort of -overschot, de afvoer naar de waterlopen (voor zover aanwezig) en de capillaire nalevering van vocht vanuit het grondwater.

Deze capillaire nalevering gaat een rol spelen in perioden met aanhoudende neerslagtekorten. Het proces van vochttransport in de bodem is in werkelijkheid een niet stationair proces, d.w.z. de vochtinhoud van de bodem is, in de tijd bezien, niet constant. Vanwege de complexiteit van de niet-stationaire rekenmodellen die dit proces trachten te beschrijven en daarmee samenhangend de middelen in de tijd die zo'n aanpak vragen, is hier gekozen voor een semi-sta-

tionaire benadering van de werkelijkheid. Bij de berekeningen is er namelijk van uitgegaan dat capillaire nalevering kan gaan optreden zodra de hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzône door de plant verbruikt is. Als in die situatie nu een verdampingsoverschot volgt, wordt de capillaire nalevering van vocht vanuit het grondwater geacht te starten. Als motor achter de opwaartse vochtstroom geldt een zuigspanning van 16000 cm (p^F= 4,2) aan de onderzijde van de wortelzône.

Zowel de vochtinhoud van de wortelzône, als de capillaire nalevering van vocht vanuit het grondwater hangen nauw samen met de bodemgesteldheid. Hier wordt nader op ingegaan op de volgende bladzijden.

FIGUUR 40 : EVENWICHTSVOCHTSITUATIE IN DE BODEM TER PLEKKE VAN BUIS 21 (D'ZIJDE)



De vochtinhoud van de wortelzône.

Medio februari 1982 zijn op diverse plaatsen (10) in de onderzoeksterreinen grondmonsters verzameld. Met behulp van zg. steekapparatuur werden ringmonsters met een volume van 100 cm^3 gestoken. Door weging voor en na drogen kon het vochtgehalte bepaald worden.

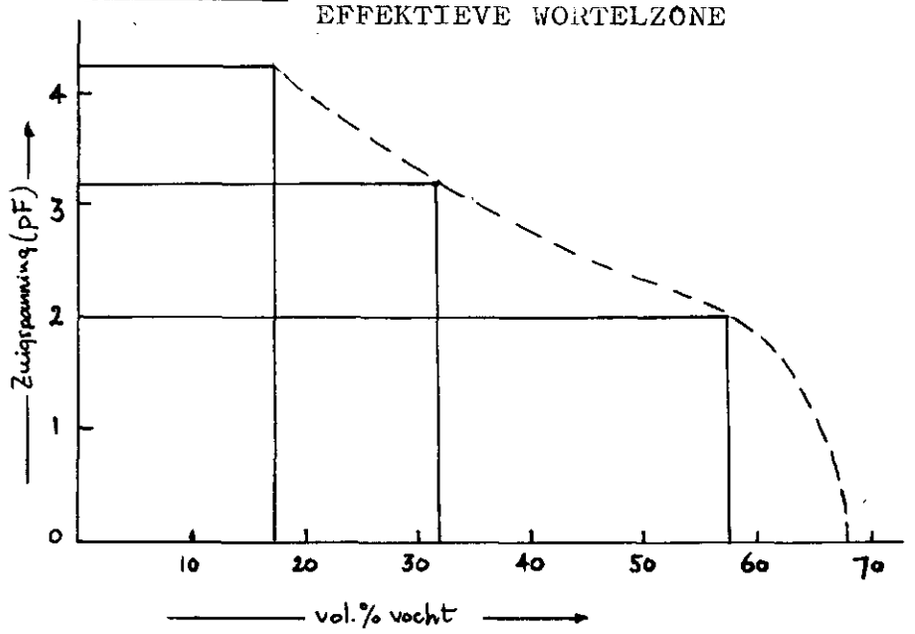
Op elke plek is op verschillende diepten bemonsterd tot dicht op het grondwater. Deze bemonstering vond plaats tijdens een neerslagarme periode, waarin aangenomen kon worden dat het gehele bodemprofiel met water was verzadigd. Bovendien trad nauwelijks gewasverdamping op. In zo'n geval spreekt men van een evenwichtsvochtsituatie in de bodem. Fig. 40 geeft deze situatie voor de bodem ter plekke van buis 21 aan op de Deldenerzijde. De weergegeven vochtverdeling mag, zo blijkt na vergelijking met vochtprofielen van andere monsterplaatsen, representatief geacht worden voor de profielen onder de dopheide in beide terreinen.

De zône waarin zich 80 % van de wortelmasse bevindt wordt de effektieve wortelzône genoemd. Met behulp van een wortelboor is middels diverse metingen vastgesteld dat deze zône onder de dopheide ca. 10 cm. bedraagt. Eenzelfde dikte wordt gevonden door Kemmers en Jansen (1980) in het CRM-reservaat Groot-Zandbrink in de Gelderse Vallei. Bobbink (medewerker Vakgroep Landschapsoecologie en Natuurbeheer, RU-Utrecht; mondelinge med.) en Bannink en Pape (1979) troffen grotere dikten van de effektieve wortelzône, resp. ca. 30 cm. (Gelderse Vallei) en 40 cm. (IJsselvallei).

Het geringe poriënvolume op kleine diepte onder het maaiveld zal een belangrijke barrière vormen voor de lengtegroei van de wortelzône. (Fig. 40) Een poriënvolume kleiner dan 40% wordt in de literatuur beperkend geacht voor beworteling in zandgronden.

Voor een schatting van de hoeveelheid voor de plant beschikbaar vocht in de wortelzône is het wenselijk te beschikken over een zg. vochtkarakteristiek, ook wel p^F-curve genoemd. Het bodemvocht is, al dan niet sterk, gebonden aan de vaste delen. Naarmate de spanning (bindingsenergie) groter is, zal de opname van vocht door de planten moeilijker zijn. De wortels dienen een steeds grotere

FIGUUR 41 : VOCHTKARAKTERISTIEK VAN DE EFFEKTIEVE WORTELZONE

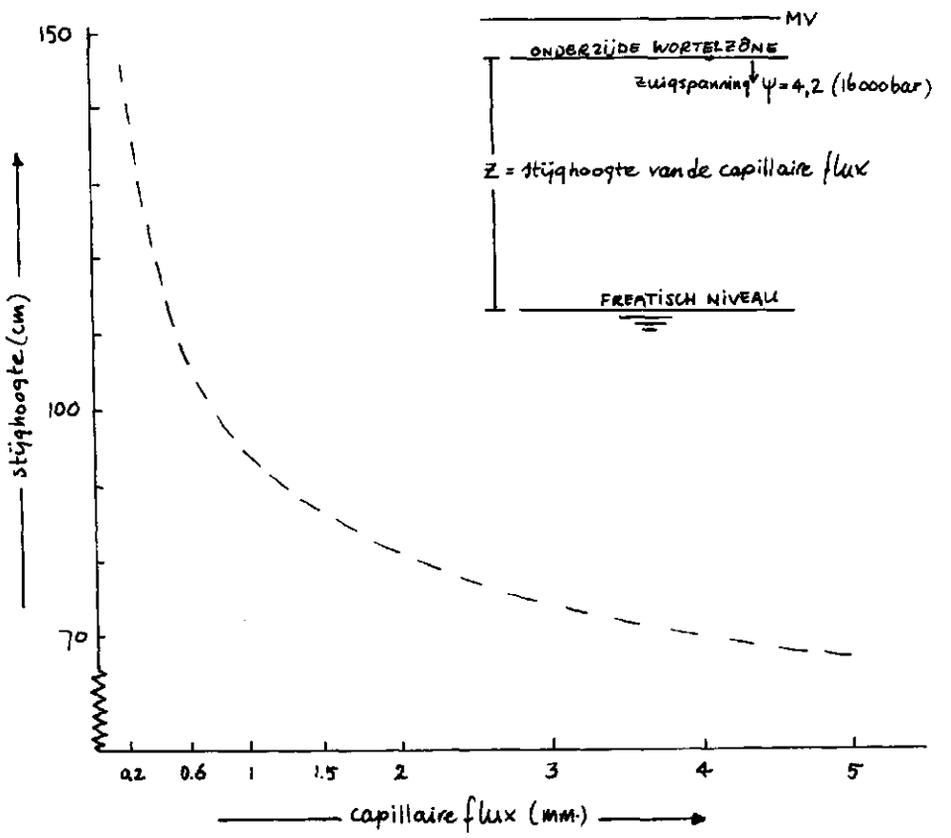


TABEL 0 : HOEVEELHEID BESCHIKBAAR VOCHT IN DE WORTELZONE

Grondwaterstand cm. - m.v.	pF in midden van de wortel-zône.	Beschikbaar vocht tot pF = 3.1 in mm.
000	0.0	00.0
15	1.0	31.0
25	1.3	30.0
40	1.5	28.5
55	1.7	27.5
70	1.8	26.5
85	1.9	26.0
105	2.0	25.0
125	2.1	21.0
150	2.2	17.0

zuigspanning te ontwikkelen om nog vocht aan de bodem te kunnen onttrekken. De bovengrens ligt bij een zuigspanning van ongeveer 16 bar., overeenkomend met een p^F van 4,2 en wordt het verwelkingspunt genoemd. Als ondergrens voor de beschikbaarheid van water houdt men een zuigspanning van 100 mbar. (p^F= 2) aan, de zg. veldcapaciteit. De vochtkarakteristiek van de eerste 10 cm. grond is bepaald met behulp van de p^F-gegevens die Rijtema (1969) geeft voor een twintigtal standaardgronden. Op grond van het gemeten organische stofgehalte (zie par. 2.3) en de gemeten vochtgehalten blijkt dat de in werkelijkheid optredende vochtsituatie het best benaderd wordt door de curven van de standaardgronden 20 (peat) en 5 (humous loamy medium coarse sand) te combineren. Het resultaat is weergegeven in fig.41

Uit de vochtkarakteristiek van de effectieve wortelzône valt nu de hoeveelheid voor de plant beschikbaar vocht in de wortelzône af te lezen. Deze waarde is voor verschillende grondwaterstanden gegeven in tabel 0 . Bij zuigspanningen van p^F=3,1 treedt reduktie in de verdamping van de planten op. (Kemmers en Jansen, 1979). Daarom zijn de hoeveelheden vocht welke tot p^F= 3,1 beschikbaar zijn in de tabel weergegeven. Bij de berekening is verondersteld dat er geen vertikale zuigspanningsgradiënt in de wortelzône aanwezig is, waardoor één bepaalde zuigspanningswaarde voor de gehele zône gehanteerd kan worden. (N.B. bij elke grondwaterstand is uitgegaan van een evenwichtsvochtsituatie). Voor de berekeningen met het model de Zeeuw-Hellinga is steeds uitgegaan van een gemiddelde hoeveelheid voor de plant beschikbaar vocht in de wortelzône van 26 mm./mm^2.



FIGUUR 42 : VERBAND TUSSEN ZUIGSPANNING, STIJGHOOGTE EN CAPILLAIRE FLUX VOOR 'MEDIUM FINE SAND'

(Bron : Rijtema (1969))

De capillaire nalevering van vocht.

Een andere bron van vocht voor de plant vormt het capillair opstijgende grondwater dat de onderzijde van de wortelzône bereikt. De aangevoerde hoeveelheid is afhankelijk van het bodemtype, de diepte van het freatisch vlak en de grootte van de zuigspanning aan de onderzijde van de wortelzône. Rijtema (1969) geeft voor 20 standaardgronden het verband tussen zuigspanning, de hoeveelheid én de stijghoogte van het capillair opstijgende vocht.

Voor een benadering van het profiel onder de dopheide is gekozen voor standaardgrond 3 (medium fine sand) op grond van textuurgegevens en berekeningen ter ijking van het model de Zeeuw-Hellinga, uitgaande van de gemeten grondwaterstanden.

Figuur 42 geeft het genoemde verband voor standaardgrond 3. Aan de onderzijde van de "uitgedroogde" wortelzône wordt een zuigspanning van 16000 mbar. verondersteld. ($p^F = 4,2$).

Zoals al eerder opgemerkt is het voor een eenvoudige berekening van de capillaire nalevering (welke het grondwater doet dalen), nodig om de in werkelijkheid optredende niet-stationaire processen in de bodem te benaderen door uit te gaan van een semi-stationaire situatie. Aan de hand van een voorbeeld wordt de gevolgde berekeningsmethode uitgelegd:

Zodra neerslagtekorten op gaan treden, bezien over een periode van 10 dagen, wordt de vochtinhoud van de wortelzône aangesproken. Zolang de hoeveelheid beschikbaar vocht (26 mm.) voldoende is om het neerslagtekort te compenseren, zal de grondwaterstand alleen dalen door toedoen van afvoer naar de waterloop; Deze situatie wijzigt zich als ten gevolge van een aanhoudend neerslagtekort de totale beschikbare hoeveeheid vocht in de wortelzône verbruikt is en niet door een neerslagoverschot wordt aangevuld.

Op dat moment wordt gesteld dat de grondwaterstand niet alleen ten gevolge van afvoer, maar tevens door capillaire nalevering van vocht daalt. Met behulp van de tabel van Rijtema is nu de hoeveelheid capillair opstijgend water over de 10-daagse periode te berekenen.

Dit gaat als volgt: Stel, de stand waarbij uitdroging van de wortelzône heeft plaatsgevonden en capillaire nalevering een aanvang neemt, is 18.16 m. NAP. *)

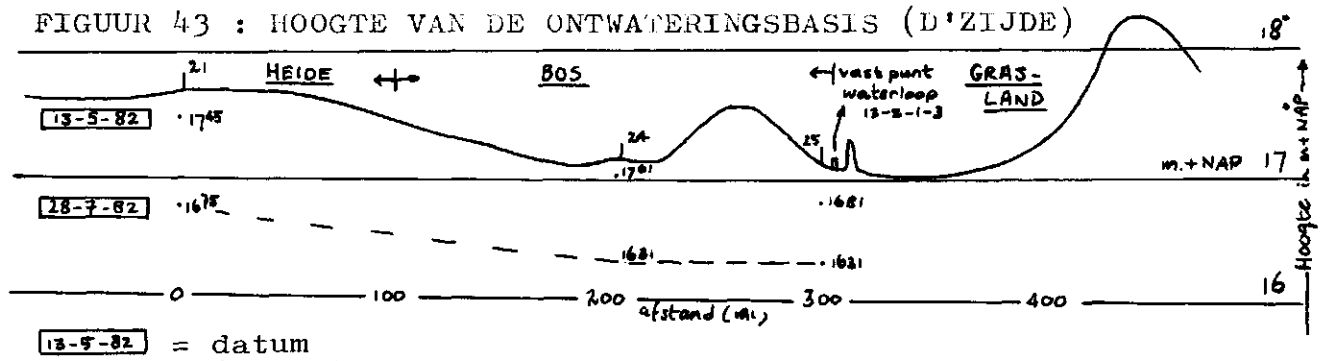
De voor optimale vochtvoorziening benodigde hoeveelheid vocht op dat moment is het verdampingsoverschot, zeg N-E=-16mm. over tien dagen. Middels capillaire nalevering kan geleverd worden (fig 42) :

Als de grondwaterstand daalt van:	Vochtverschil	Snelheid cap. flux	Aantal etm.
91.0*) tot 96.0 cm. - m.v.	5 mm.	v = 1.5 mm/etm.	3 etm.
95.5 tot 103,5 cm - m.v.	8 mm.	v = 1.0 mm/etm.	8 etm.

Over een tiendaagse periode kan 12 mm. vocht capillair opstijgen tot aan de onderzijde van de wortelzône. Deze hoeveelheid is onvoldoende om aan de vraag naar vocht (N-E) te voldoen.
Het grondwater daalt als gevolg van de reële evapotranspiratie, welke dus gelijk is aan de capillaire nalevering (12 mm.).

*) 18.16m.+NAP komt in dit voorbeeld overeen met een grondwaterstand van 91cm. beneden maaiveld.

FIGUUR 43 : HOOGTE VAN DE ONTWATERINGSBASIS (D'ZIJDE)



13-5-82 = datum

17.45 = (grond)waterpeil in m.+NAP

21 = peilbuis met nummer

De hoogte van de ontwateringsbasis na het droogvallen van waterlopen.

Tijdens de meetperiode viel waterloop 12-2-1-3 aan de Deldenerzijde droog. Dit was ook het geval met andere waterlopen en sloten in de omgeving van het onderzoeksterrein.

Uit de peilwaarnemingen van het grondwater blijkt dat het bos, gelegen tussen buis 21 en de waterloop 12-2-1-3- de funktie van ontwateringsbasis overneemt, nadat de waterloop zelf droogvalt. (Zie fig. 43). Met behulp van de grondwaterstanden welke bij buis 24 (in het bos) gemeten zijn is het mogelijk om het verloop van de diepte van de ontwateringsbasis na het droogvallen van de waterloop te benaderen. Aan de hand van dit verloop kan met behulp van het model De Zeeuw-Hellinga het verloop in grondwaterstand ter plekke van buis 21 berekend worden.

De benadering van de hoogte van de ontwateringsbasis geschiedt als volgt:

Op 28 juli valt buis 24 net droog. Daarom wordt eerst de periode tot 28 juli besproken.

Leiding 12-2-1-3 is op 13 mei 1982 drooggevallen. In tabel G (blz.20) is te zien dat het grondwater bij buis 24 op 28 juli 70 cm. lager zat. Deze daling kan alleen een gevolg zijn van verdamping door de bomen: er vindt geen wegzijging plaats naar diepere lagen.

Het verdampingsoverschot in de periode 13 mei-28 juli is ongeveer even groot als dat van een 10% droog zomerhalfjaar in dezelfde periode. (55 mm.). Voor een 10% droog zomerhalfjaar is de stand van buis 24 op 28 juli dus bekend. (16.31 m. NAP).

Voor 30, 50 en 70% droge zomerhalfjaren is de grondwaterstand bij buis 24 niet bekend uit metingen. Aangenomen wordt dat het tijdstip van droogvallen niet veranderd door de verschillen in neerslag en verdamping in april en mei. Het verloop van de grondwaterstand bij buis 24 hangt af van de grootte van de verdampingsoverschotten: de grootte van de capillaire nalevering bepaalt de (eventuele) daling.

Na 28 juli geldt dit eveneens. Het volgende dient echter opgemerkt te worden: aangenomen is dat nalevering nog plaatsvindt zolang de grondwaterstand niet dieper dan 100 cm. beneden de onderzijde van de wortelzône zit. De dikte van de wortelzône wordt geschat op 50 cm. Dit betekent dat het grondwater nooit verder kan dalen dan: hoogte maaiveld bij buis 24 - 1.50m. Dit is: 17.17 - 1.50 = 15.67 m. NAP.

In het geval van beekpeilverlagingen aan de Deldenerzijde (zoals die doorgerekend zijn) wordt de grondwaterstand bij buis 24 weer gebruikt als ontwateringsbasis, zodra de waterloop droogvalt. De standen bij buis 24 worden verder op dezelfde manier berekend als hierboven beschreven, rekening houdend met de verlagingen van de grondwaterstand t.g.v. de beekpeilveranderingen.

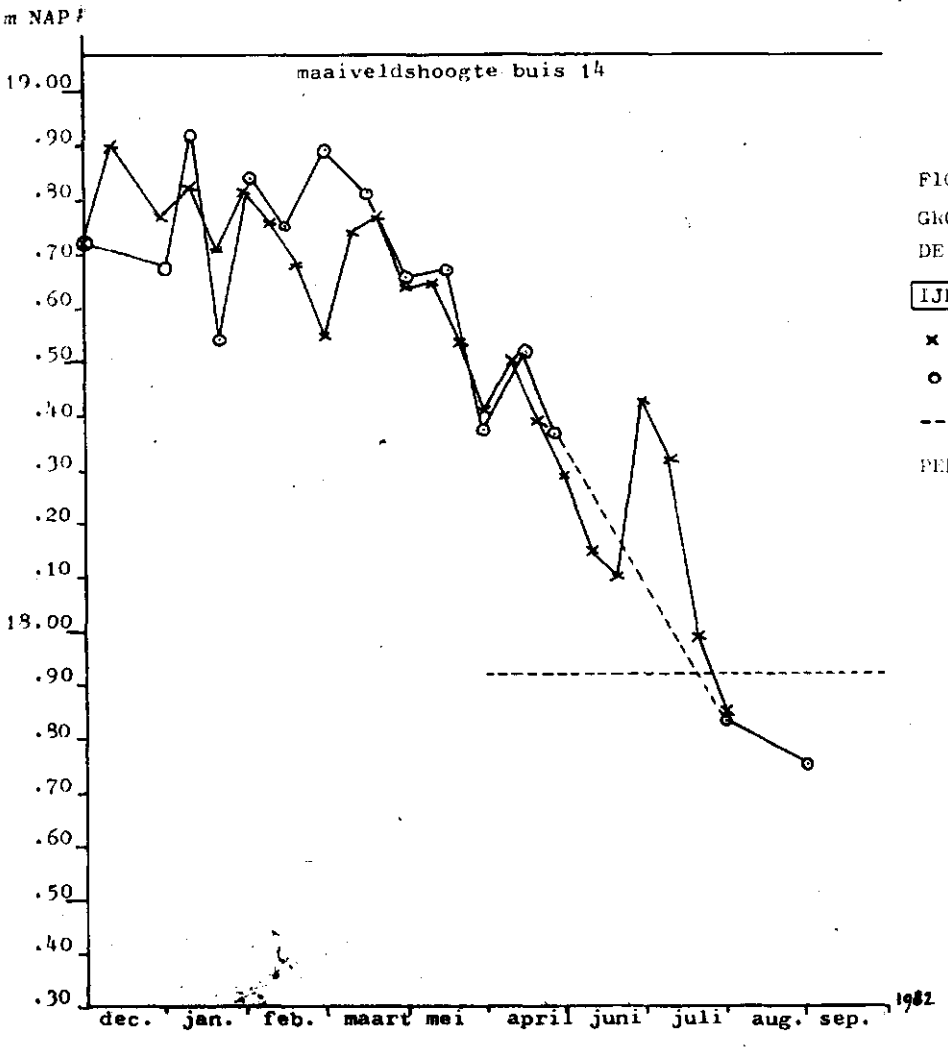


FIG 44.

GRONDWATERSTANDSVERLOOP VOLGENS DE ZEEUW-HELLINGA

IJKTABEL BENTELERZIJDE BUIS 14

× berekende standen

o gemeten standen

-- grens cap. nalevering

PERIODE: NOVEMBER 1981 - SEPTEMBER 1982

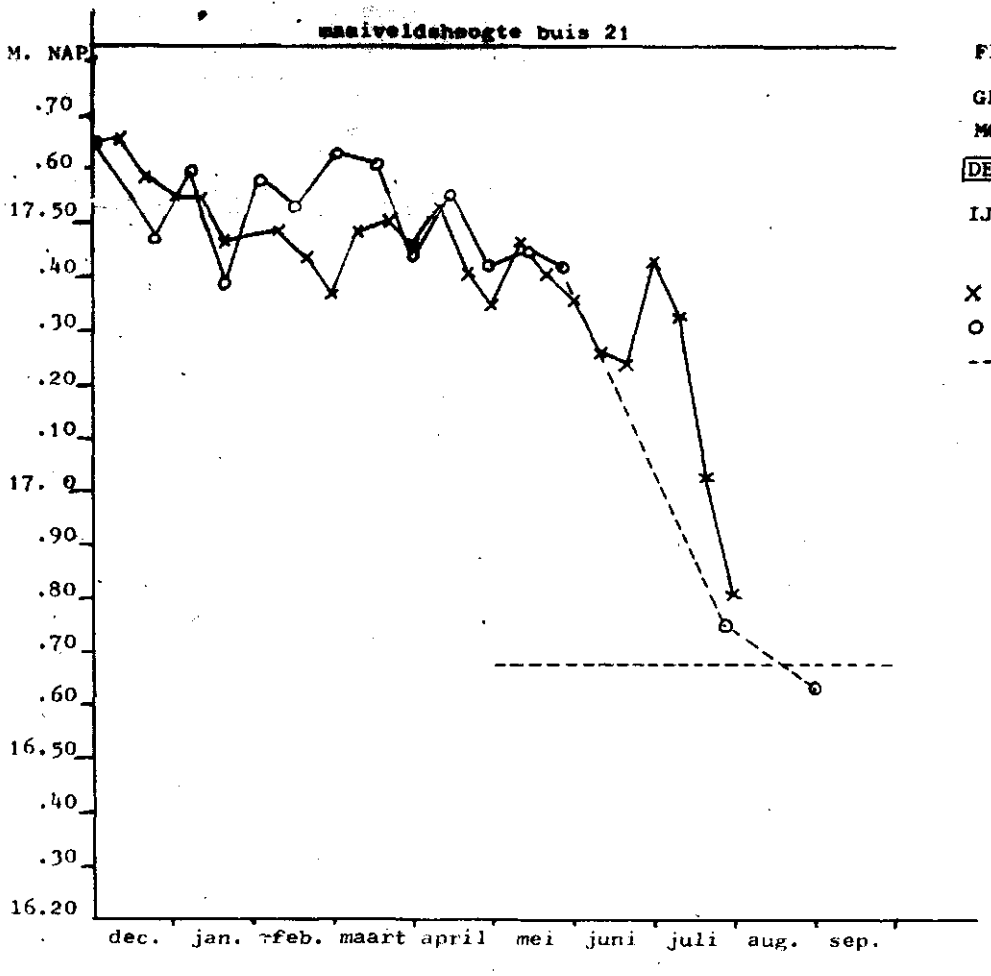


FIG.45

GRONDWATERSTANDSVERLOOP VOLGENS MODEL DE ZEEUW-HELLINGA.

DELDENERZIJDE BUIS 21

IJKTABEL, PERIODE: NOVEMBER '81 - SEPTEMBER '82.

X berekende grondwaterstanden

O gemeten grondwaterstanden.

-- grens cap. opstijging

3.3.2.2. De resultaten.

De ijking van het model.

Met zowel het gemeten grondwaterstandsverloop bij buis 14 als bij buis 21 heeft ijking van het model de Zeeuw-Hellinga plaatsgevonden. In het onderstaande volgt een bespreking van de resultaten.

Buis 14- Bentelerzijde. Fig. 44, tabel Q. (tabel Q t/m II : zie Bijlage)

De startwaarde voor de berekening is de gemeten grondwaterstand eind november 1981. De standen in de maanden januari, februari en maart 1982 zijn sterk beïnvloed door de accumulatie van water in de vorm van sneeuw en sneeuw en ijs. Er vindt vertraging van de afvoer van water en van de aanvulling van grondwater plaats. Bovendien kan door ijslensvorming in de bodem zelfs water aan het grondwater onttrokken worden. Via het model worden voor die periode te hoge standen berekend (bv. 8 januari gedurende de vorstperiode). Tijdens de dooiperiode (eind februari en maart) zijn de berekende standen juist lager dan de gemeten waarden. Daarna stemmen ze goed overeen.

Buis 21- Deldenerzijde. Fig. 45, tabel R.

De effecten van vorst en dooi op het het verloop van de grondwaterstand zorgen ook hier voor een overschatting van de standen in januari en een onderschatting in februari en maart. Vanaf half maart stemmen berekende en gemeten grondwaterstanden weer redelijk overeen.

De berekening m.b.v. het model is gecompliceerder dan die voor buis 14. In de winter treedt meer oppervlakkige berging en afvoer op, terwijl in de zomer waterloop 12-2-1-3 droogvalt. De afwijking van 6 cm. t.o.v. de gemeten stand eind juli mag daarom bevredigend worden genoemd.

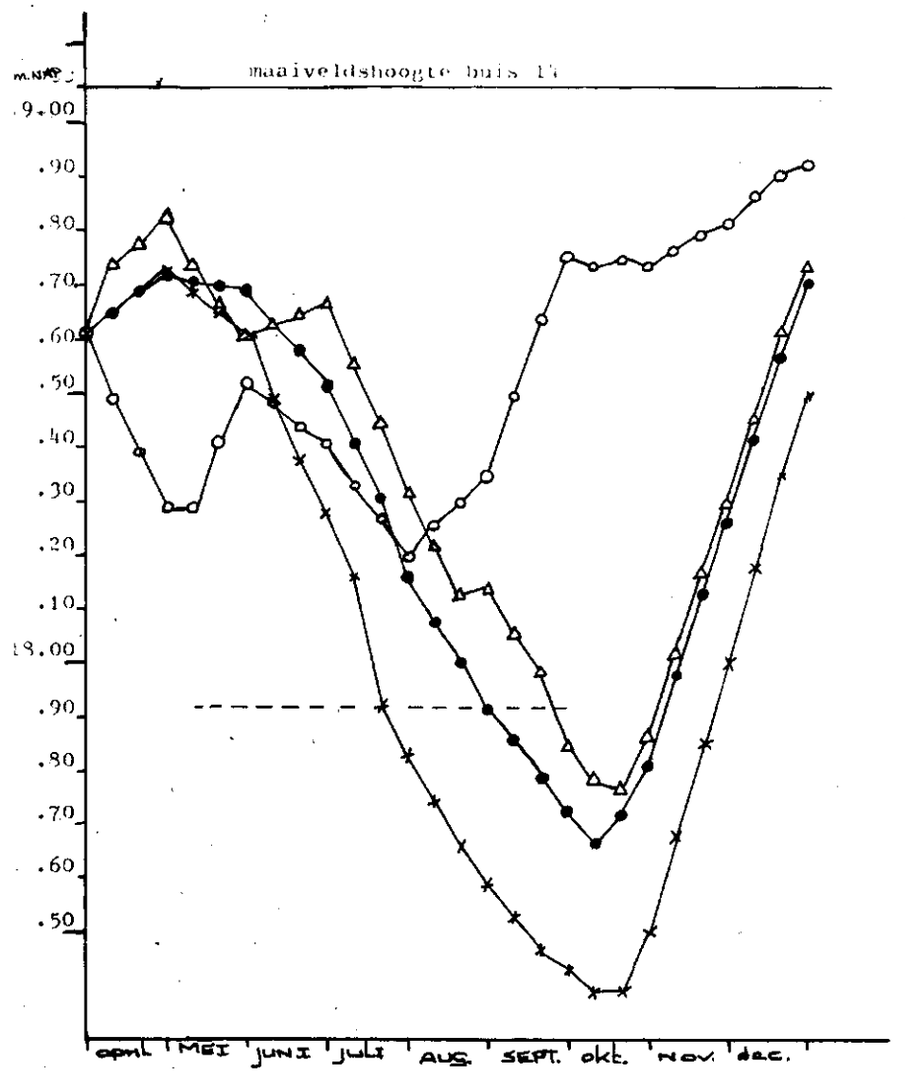


FIG 46

GRONDWATERSTANDSVERLOOP VOLGENS MODEL DE ZEEUW-HEERINGA.

BEEKPEILVERANDERING: 0 CM.
BENTELERZIJDE BUIS 14.

o 70% droog zomerhalfjaar

Δ 50% droog zomerhalfjaar

● 30% droog zomerhalfjaar

× 10% droog zomerhalfjaar.

--- grens cap. opstijging.

HYDROLOGISCH ZOMERHALFJAAR: 1 april - 31 sep.

Tabel 5. : neerslag en verdamping van de zomerhalfjaren.

	Neerslag per maand (mm)						Verdamping per maand (mm)					
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.
10% droog zomerhalfjaar (1975)	63	50	47	37	20	57	62	102	122	122	124	65
30% droog zomerhalfjaar (1979)	64	61	71	34	73	29	64	104	104	93	79	59
50% droog zomerhalfjaar (1977)	78	48	91	45	90	5	67	118	98	106	77	52
70% droog zomerhalfjaar (1968)	11	88	75	89	93	113	94	87	106	114	80	52

De invloed van neerslag en verdamping.

Onderzocht is in welke mate het grondwaterstandsverloop beïnvloed wordt door de grootte van neerslag en verdamping. Aangezien met name in de zomerperiode vochttekorten kunnen optreden is voor resp. 10, 30, 50 en 70 % droge zomerhalfjaren het verloop van de grondwaterstand berekend met behulp van het model. Hierbij is gebruik gemaakt van de maandsommen van neerslag en verdamping over de periode 1953-1980 van het station Hengelo. (tabel S).

Een 10% zomerhalfjaar wil zoveel zeggen als: in 10% van de beschouwde zomerhalfjaren valt er nog minder neerslag. Bij een 50% zomerhalfjaar spreekt met van een "normaal" (lees: gemiddeld) zomerhalfjaar. De maandsommen zijn door drie gedeeld voor het verkrijgen van 10-daagse (decade) sommen.

De startwaarde voor de berekeningen is steeds de grondwaterstand welke eind maart optreedt na een, qua neerslag- en verdampingscijfers, normaal winterhalfjaar. De gemeten stand op 31 maart 1982 wordt geacht de betreffende stand te benaderen, gezien de "normaliteit"van het voorafgaande winterhalfjaar (1 oktober 1981 - 31 maart 1982) Ook hier zijn de berekeningen uitgevoerd voor zowel buis 14 als 21.

Buis 14-Bentelerzijde. Fig. 46, tabel T, U, V, W.

Het verschil tussen natte (70% "droge") en droge zomerhalfjaren komt pas goed tot uitdrukking vanaf juli en augustus. Vooral het verloop bij de extreme situaties (10 en 70%) wijkt dan sterk af. De relatief lage standen voor een 70% droog zomerhalfjaar gedurende de periode april-mei worden veroorzaakt doordat de 10, 30, 50 en 70% zomerhalfjaren bepaald zijn uitgaande van de neerslagsommen van de gehele periode (1 april-30 september) en niet van de maanden afzonderlijk. (Tabel S).

In de wintermaanden lopen de lijnen weer naar elkaar toe. Oppervlakkige afvoer en berging gaan een rol spelen bij een grondwaterstand hoger dan ± 18.75 m+NAP. Wegens het gebruik van maandgegevens, welke door drie gedeeld zijn, in plaats van de wekelijkse decadegegevans vindt er een sterke demping plaats van de grondwaterschommelingen over korte perioden. Het getekende verloop is "glad" vergeleken met de ijkfiguren.

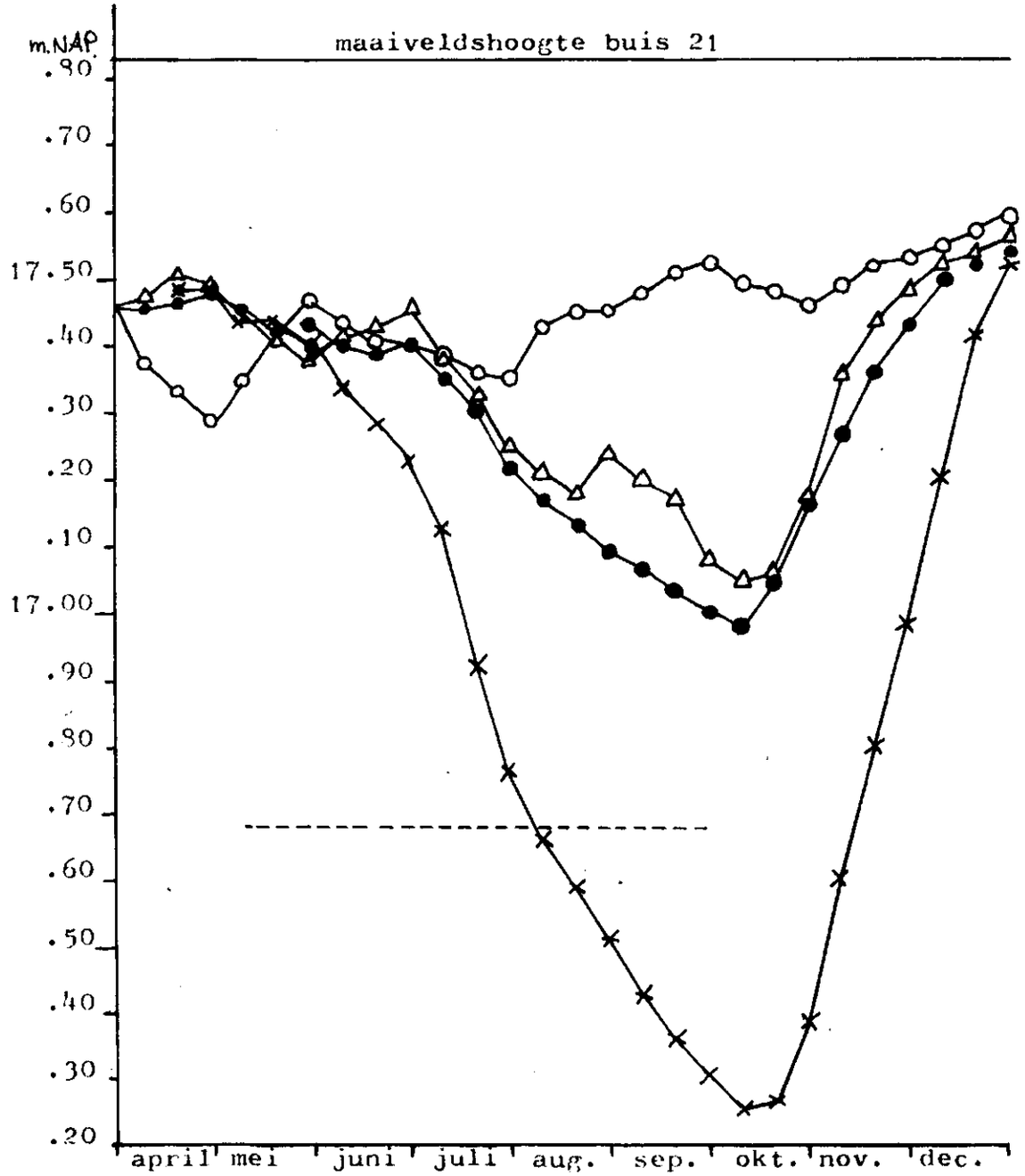


FIG 4.7.

GRONDWATERSTANDSVERLOOP VOLGENS MODEL DE ZEEUW-HELLINGA

BEEKPEILVERANDERING: 0 CM.

DELDENERZIJDE BUIS 21.

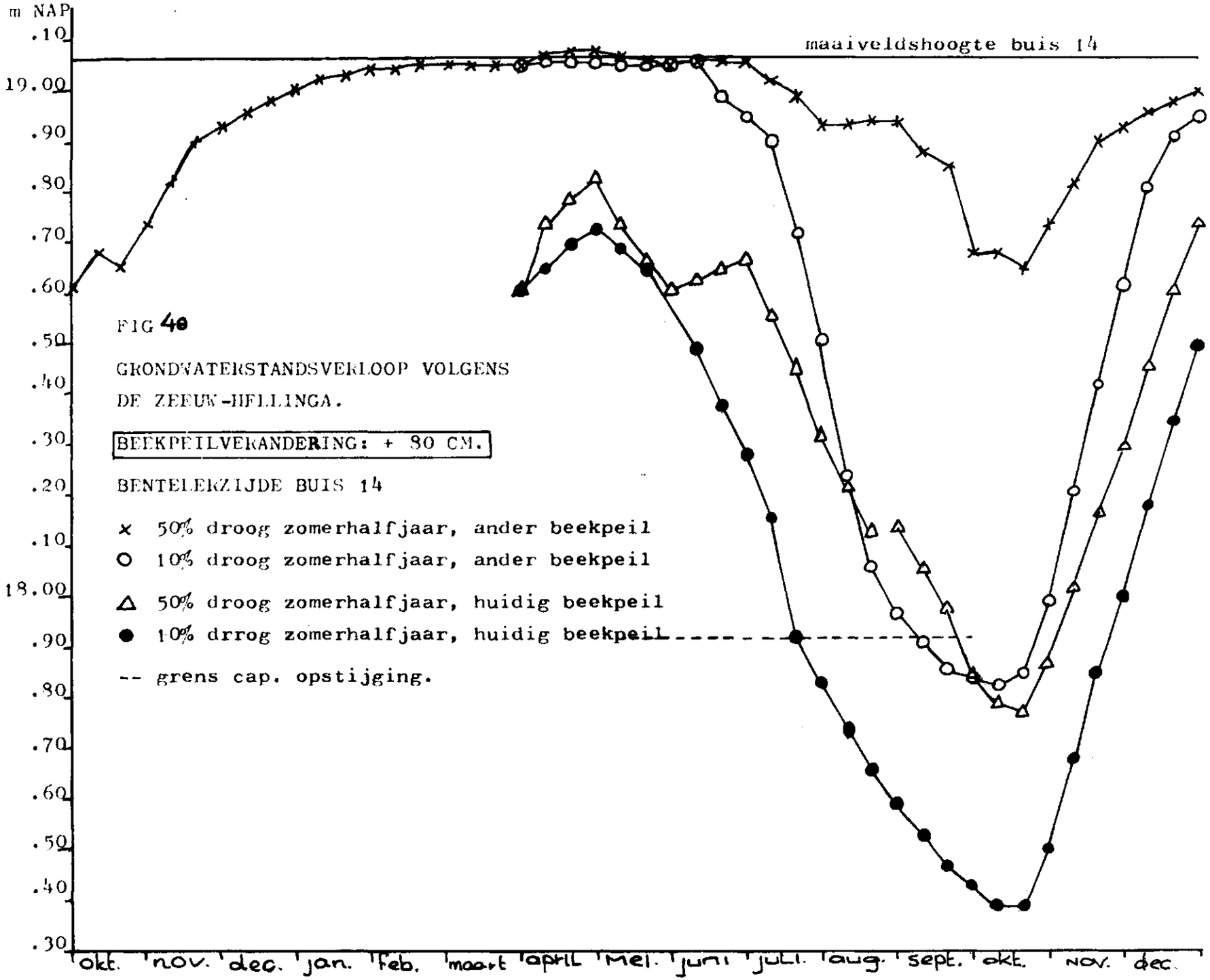
- ○ 70% droog zomerhalfjaar
- △ 50% droog zomerhalfjaar
- ● 30% droog zomerhalfjaar
- X 10% droog zomerhalfjaar
- -- grens cap. opstijging
- ↕ HYDROLOGISCH ZOMERHALFJAAR: 1 APRIL - 31 SEPTEMBER.

Buis 21-Deldenerzijde. Fig. 47, tabel X, Y, Z, AA.

Het verschil tussen het 10% droge zomerhalfjaar en de 30 en 50% zomerhalfjaren is, wat betreft het berekende grondwaterstandsverloop, opvallend groot. In het 10% droge zomerhalfjaar gaat, na het vrijwel stilvallen van de capillaire nalevering ter plekke (bij standen dieper dan 115 cm -mv.), de afvoer van water nog steeds door o.i.v. een potentiaalverschil dat in stand wordt gehouden tussen buis 21 en het bos, dat tussen de buis en waterloop 12-2-1-3 gelegen is. (zie blz. 48)

De lang doorgaande oppervlakkige afvoer en berging verhindert het snel uit elkaar lopen van de lijnen bij 30, 50 en 70% droge zomerhalfjaren. Eerst in juli worden de verschillen groter. Eind december komen de lijnen weer dicht naar elkaar toe, o.i.v. hoge neerslagoverschotten en oppervlakkige afvoer en berging.

Vergeleken met het verloop aan de Bentelerzijde (buis 14, fig. 46) valt de geringere amplitudo van de fluctuatie van de grondwaterstanden op. Bij de Bentelerzijde blijft het grondwater ook zakken ten tijde dat neerslag en verdamping elkaar in evenwicht houden. Het grotere potentiaalverschil t.o.v. de ontwateringsbasis is hiervoor verantwoordelijk.


m NAP
.10
19.00
.90
.80
.70
.60
.50
.40
.30
.20
.10
18.00
.90
.80
.70
.60
.50
.40
.30
maaiveldshoogte buis 14
FIG 40
GRONDWATERSTANDSVERLOOP VOLGENS
DE ZEEUW-HELLINGA.
BEEKPEILVERANDERING: + 80 CM.
BENTELEKZIJDE BUIS 14
× 50% droog zomerhalfjaar, ander beekpeil
○ 10% droog zomerhalfjaar, ander beekpeil
△ 50% droog zomerhalfjaar, huidig beekpeil
● 10% drrog zomerhalfjaar, huidig beekpeil
-- grens cap. opstijging.
okt.
nov.
dec.
jan.
feb.
maart
april
mei.
juni
juli.
aug.
sept.
okt.
nov.
dec.

De invloed van beekpeilveranderingen.

Met behulp van het model STATRECT II is berekend in welke mate de grondwaterstanden zich wijzigen o.i.v. beekpeilveranderingen.

De uitkomsten worden nu gebruikt door met behulp van het model De Zeeuw-Hellinga het grondwaterstandsverloop te berekenen bij gewijzigde beekpeilen.

Het tijdstip waarop grondwaterstandsveranderingen welke via STATRECT II zijn gevonden mogen worden aangesloten bij de berekeningen met het model De Zeeuw-Hellinga moet aan de volgende voorwaarden voldoen:

- er mag op dat moment geen sprake meer zijn van oppervlakkige afvoer en berging.
- de waterlopen die als ontwateringsbasis fungeren moeten water voeren.

Alle beekpeilwijzigingen worden doorgerekend voor 10 en 50% droge zomerhalfjaren, wederom uitgaande van een voorafgaand normaal (50% droog) winterhalfjaar.

Beekpeilverhoging van + 80 cm aan de Bentelerzijde. Fig. 48, tabel BB,CC

Ter plekke van buis 14 geeft een verhoging van de beekpeilen met 80 cm een grondwaterstandsstijging van eveneens 80 cm. volgens STATRECT II. Oppervlakkige berging treedt op bij grondwaterstanden hoger dan 18.75 m + NAP. Aansluiting van STATRECT II is toegestaan indien de grondwaterstand zonder verhoging + 80 cm. deze waarde niet overschrijdt. In een 50% droog zomerhalfjaar is dit aan het einde van de maand september. In een 10% droog zomerhalfjaar kan de aansluiting op 20 juli plaatsvinden. Er wordt aangenomen dat de beken water voeren op dat moment.

In fig.48 zijn ter vergelijking tevens opgenomen de lijnen die horen bij 10% en 50% droge zomerhalfjaren bij de huidige ontwateringsbasis.

Bij een ontwateringsbasis die 80 cm. hoger ligt (situatie in het verleden, zeer waarschijnlijk van voor 1932) zakt de grondwaterstand in een 50% droog zomerhalfjaar niet verder weg dan ca. 40 cm. beneden maaiveld. Een 10% droog zomerhalfjaar geeft in dat geval in de nazomer een min of meer gelijk verloop te zien met een 50% droog zomerhalfjaar bij de huidige ontwateringsbasis.

Opvallend is verder dat het verschil in grondwaterstanden bij 10 en 50% droge zomerhalfjaren nu kleiner is dan in de situatie waarin het beekpeil 80 cm. hoger ligt. Dit verschil

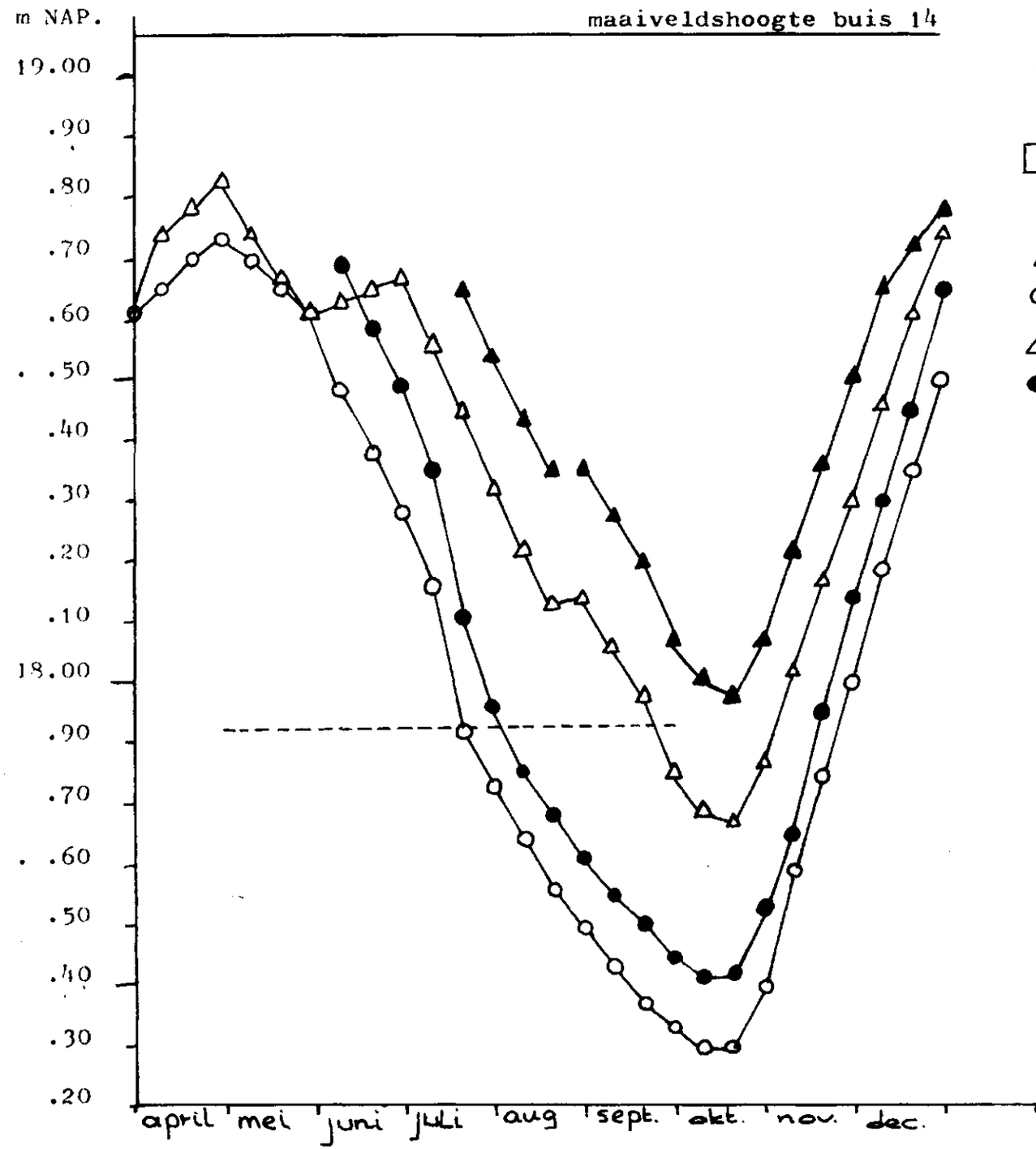


FIG. 49.

GRONDWATERSTANDSVERLOOP VOLGENS DE ZEEUW-HELLINGA.

BEEKPEILVERANDERING: + 20 CM.

BENTELLRZIJDE BUIS 14.

▲ 50% droog zomerhalfjaar, ander beekpeil

○ 10% droog zomerhalfjaar, ander beekpeil

△ 50% droog zomerhalfjaar, huidig beekpeil

● 10% droog zomerhalfjaar, huidig beekpeil.

-- grens cap. opstijging

is toe te schrijven aan de invloed van oppervlakkige berging op het grondwaterstandsverloop. Eerst als er geen oppervlakkige berging meer plaatsvindt zal het water, eenmaal beneden maaiveld gekomen, sneller dalen ten gevolge van de geringere bergingsmogelijkheden in de grond. Bij de huidige ontwateringsbasis treedt die situatie al snel in het voorjaar op (hoge afvoer), zowel bij 10 als bij 50% droge zomerhalfjaren. In het verleden (80cm verhoging van beekpeil) bleef oppervlakkige berging in het terrein veel langer een rol spelen. Alleen in extreme situaties (bv. 10% droge zomerhalfjaren) zakt het grondwater dieper weg als gevolg van de grote verdampingsoverschotten.

Beekpeilverhoging van 20 cm. aan de Bentelerzijde. Fig. 49, tabel DD,EE.

In een 50% droog zomerhalfjaar kunnen de uitkomsten van STATRECT II op 20 juli aangesloten worden. Zonder verhoging is het peil dan 18.45 m + NAP hetgeen (ruim) 20 cm. onder de stand is waarbij oppervlakkige afvoer en berging stoppen.

In een 10% droog zomerhalfjaar worden de verschillen in grondwaterstand voor de situaties met en zonder beekpeilverandering kleiner als het grondwater beneden een NAP-peil van 17.92 m + NAP daalt. De capillaire nalevering van vocht vanuit het grondwater is dan nihil geworden. (blz. 46). Eind december komen alle lijnen weer naar elkaar toe, zodra oppervlakkige berging een rol gaat spelen.

De Deldenerzijde.

De stand waarbij oppervlakkige afvoer en berging op gaan treden ligt ongeveer op 17.45 m + NAP. Zowel bij een 10% als 50% droog zomerhalfjaar wordt deze stand bereikt op 10 mei.

Omdat er hier, i.t.t. de Bentelerzijde, peilverlagingen ingevoerd worden, zal in die situaties al eerder dan op 10 mei geen sprake meer zijn van oppervlakkige afvoer en berging. De STATRECT II uitkomsten mogen daarom op deze datum aangesloten worden.

Beekpeilverlaging van 50 cm.

Uit fig.36 blijkt dat een peilverlaging van 50 cm. een grondwaterstandsdaling van 25 cm. ter plekke van buis 21 betekent. De startwaarde voor de berekening van het grondwaterstandsverloop wordt daardoor 17.44 - 0.25 = 17.19 m. + NAP. (17.44 is de gemeten grondwaterstand bij buis 21 op 10 mei 1982). Daar waterloop 12-2-1-3 geen water blijft voeren treedt een complicatie in de berekening op. Het bos tussen de waterloop en buis 21 gelegen, neemt, zo blijkt uit de peilwaarnemingen, de

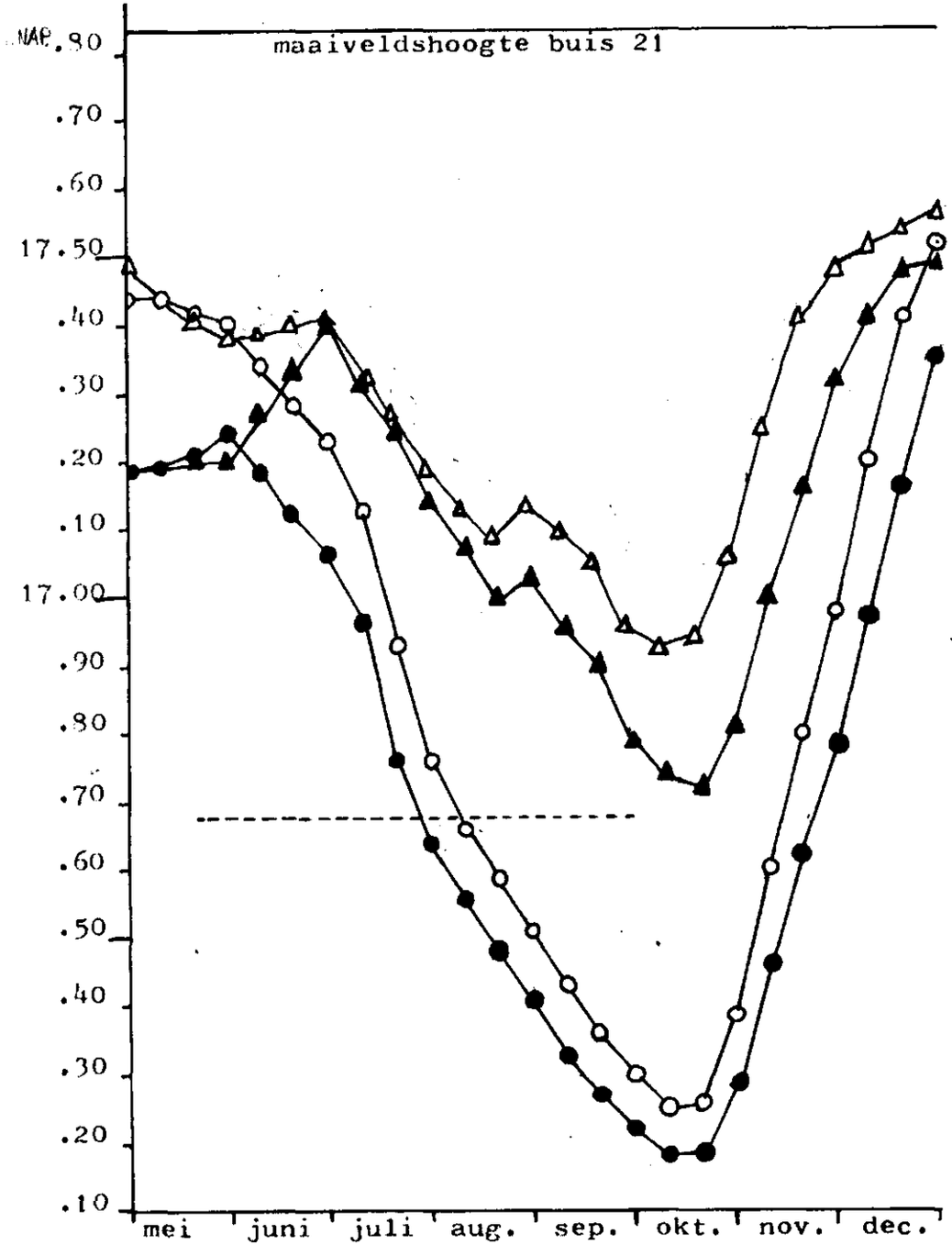


FIG. 50

GRONDWATERSTANDSVERLOOP VOLGENS DE ZEEUW-HELLINGA

BEEKPEILVERANDERING: - 50 CM.

DELDENERZIJDE BUIS 21

▲ 50% droog zomerhalfjaar, ander beekpeil

● 10% droog zomerhalfjaar, ander beekpeil

△ 50% droog zomerhalfjaar, huidig beekpeil

○ 10% droog zomerhalfjaar, huidig beekpeil

-- grens cap. opstijging

funktie van ontwateringsbasis over. (Zie blz. 48). Het verloop van de hoogte van de ontwateringsbasis wordt als volgt benaderd:

- 10% droog zomerhalfjaar.

De hoogte van de ontwateringsbasis op 10 mei is: 16.67 - 0.50 = 16.17 m. + NAP. (16.67 is de hoogte van het peil op 13 mei 1982). Op 28 juli is de hoogte gelijk gesteld aan de stand van het grondwater bij buis 24 (bos). Deze is:
(stand buis 24 op 13 mei 1982) - (daling over de periode 13 mei- 28 juli in een 10% droog zhj) - (daling door beekpeilverlaging) = 17.04 - 0.70 - 0.44 = 15.90 m + NAP.

De daling over de periode 13 mei - 28 juli in een 10% droog zhj (0.70 m.) is ongeveer gelijk aan de daling die van 13 mei - 28 juli in 1982 optrad. In deze periode is het neerslagoverschot ongeveer gelijk aan dat van dezelfde periode in een 10% droog zhj.

Verlaging na 28 juli vindt verder plaats door capillaire nalevering ter plekke van buis 24. (zie blz. 48). Tussen 1o mei en 28 juli wordt de diepte van de Ontwateringsbasis geïnterpoleerd.

- 50% droog zomerhalfjaar.

De hoogte van de ontwateringsbasis op 28 juli wordt nu: (Stand buis 24 op 13 mei (Dit is: berekende stand buis 21 op 13 mei - het verschil in grondwaterstand tussen buis 21 en 24)) - (daling buis 21 van 13 mei - 28 juli) - (daling door beekpeilverlaging) = 17.03 - 0.43 - 0.25 = 16.35 m. + NAP.

Deze stand is hoger dan de bodemhoogte van de waterloop. (16.35 t.ov. 16,17 m. + NAP.) De opbolling van het grondwater bij buis 24 t.o.v. de waterloop bedraagt ca. 30 cm. (Ook dit is uit de peilwaarnemingen af te leiden).
Als hoogte van de ontwateringsbasis wordt daarom aangehouden op 28 juli: 16.35 - 0.30 = 16.05 m. + NAP.

De resultaten van de berekeningen (Fig. 50, Tabel FF en GG)

- De verschillen tussen de grondwaterstanden in de huidige situatie en bij een beekpeilverlaging van 50 cm. worden kleiner dan 10 cm. zodra standen lager dan ca. 16.70 m. + NAP op gaan treden in een 10 % droog zhj. De capillaire nalevering is dan nihil geworden.
- Voor een 50% droog zomerhalfjaar neemt het verschil in grondwaterstand tussen de huidige situatie en de situatie bij een 50 cm. verlaagde ontwateringsbasis sterk toe vanaf augustus.

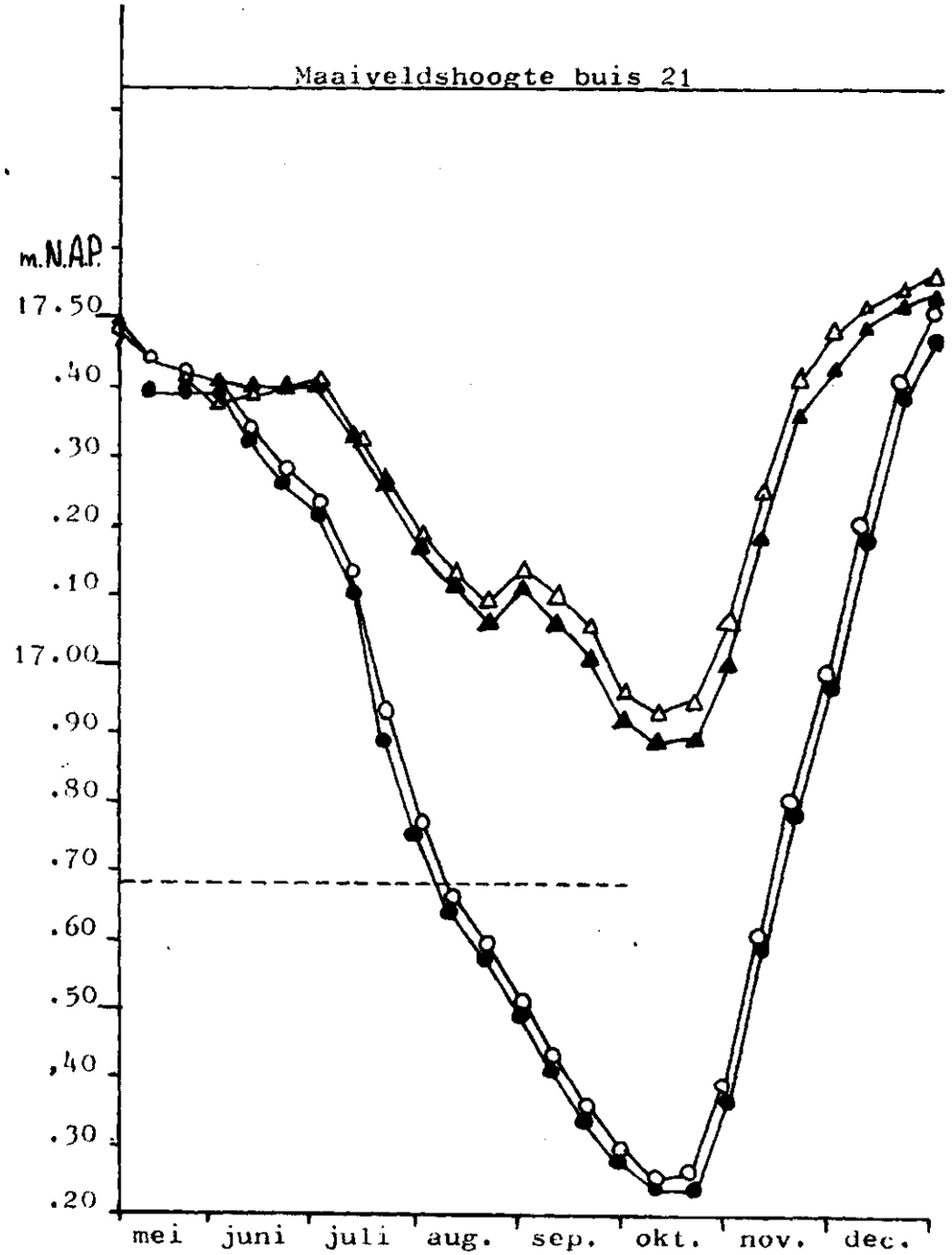


FIG. 51

GRONDWATERSTANDSVERLOOP VOLGENS MODEL DE ZEEUW-HELLINGA

BEEKPEILVERANDERING: - 10 CM.

DELDENERZIJDE BUIS 21

▲ 50% droog zomerhalfjaar, ander beekpeil

● 10% droog zomerhalfjaar, ander beekpeil

△ 50% droog zomerhalfjaar, huidig beekpeil

○ 10% droog zomerhalfjaar, huidig beekpeil

-- grens cap. opstijging

(van 10 cm. tot 25 centimeter, eind oktober).

- In de winter verdwijnen de verschillen weer, met name als oppervlakkige afvoer en berging een rol gaan spelen.

Beekpeilverlaging van 10 cm. Fig. 51, tabel III, II.

De aansluiting van de STATRECT II uitkomsten vindt zowel in een 10% als 50% droog zomerhalfjaar plaats op 30 april. Een verlaging van het open waterpeil met 10 cm. heeft volgens STATRECT II ter plekke van buis 21 een grondwaterstandsdaling van 8 cm. tot gevolg. De startwaarde van de berekening van het grondwaterstandsverloop is 17.52 - .8 = 17.44 m. + NAP in een 10% droog zomerhalfjaar en 17.57 - .8 = 17.49 m. + NAP in een 50% droog zomerhalfjaar.

- 10% droog zomerhalfjaar.

  De hoogte van de ontwateringsbasis is als volgt berekend: (Stand 13 mei buis 24) - (daling grondwaterstand bij buis 24 volgens STATRECT II) - (daling stand buis 24 van 13 mei tot 28 juli) = 17.01 - 0.08 - 0.70 = 16.23 m. + NAP. (= stand op 28 juli van buis 24). Verdere daling hangt af van neerslagtekorten en capillaire nalevering.

- 50% droog zomerhalfjaar.

  De hoogte van de ontwateringsbasis is als volgt berekend: (Stand buis 24 op 13 mei (= berekende stand buis 21 - verschil in grondwaterstand tussen buis 21 en 24)) - (daling door beekpeilverlaging) - (daling buis 21 van 13 mei - 28 juli) = 17.03 - 0.08 - 0.25 = 16.70 m. + NAP.

  De grondwaterstand bij buis 24 ligt dus op 28 juli hoger dan de bodem van waterloop 12-2-1-3. (16.70 m. t.o.v. 16.57 m. + NAP.) Daarom is nog met een opbolling van het grondwater bij buis 24 tov. waterloop 12-2-1-3 rekening gehouden. Deze opbolling zal ca. 30 cm. bedragen. Als hoogte van de ontwateringsbasis op 28 juli is aangehouden 16.70 - 0.30 = 16.40 m. + NAP.

De resultaten.

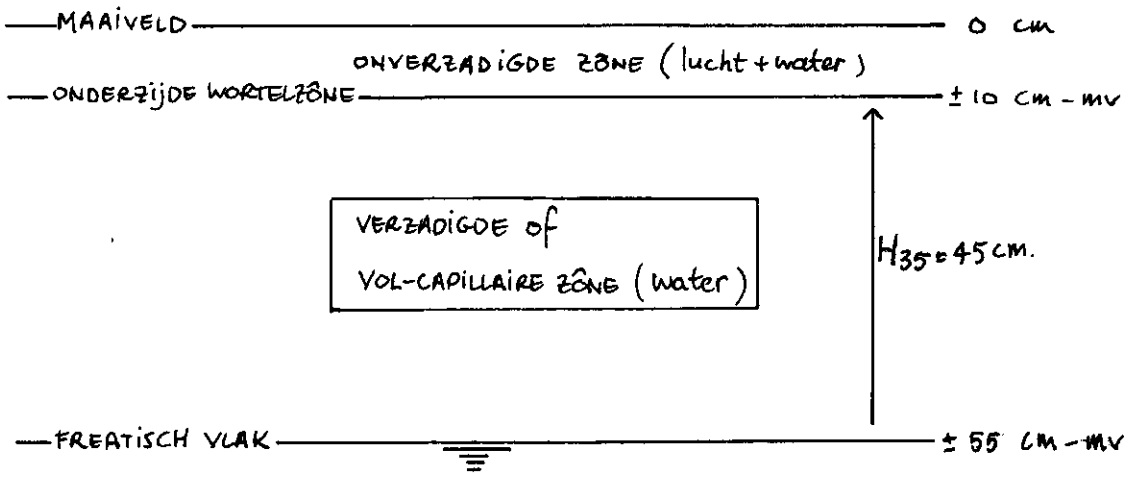
In fig. 51 is te zien dat het verschil in grondwaterstanden in de situaties met en zonder verlaging miniem is voor een 10% droog zomerhalfjaar. In een 50% droog zomerhalfjaar zijn de verschillen eveneens gering.

FIGUUR 52:

$H_{35} = 0.774U$, (HoogHoudt;uit: Van der Molen,1975) waarbij:

H_{35} : hoogte van de verzadigde zône boven het freatisch niveau bij zandgronden (poriënvolume 35%)

U : U-cijfer,maat voor de korrelgrootte (U=1/d, waarbij d= korreldiameter)



De beoordeling van de vochtvoorziening.

Ter beoordeling van de vochtvoorziening van de vegetatie zijn drie maatstaven ontwikkeld.

• Maat A. Het aantal dagen dat de grondwaterstand dieper dan 115 cm. beneden maaiveld zakt gedurende de periode mei tot en met september.

Gedurende deze periode treedt met een overschrijdingsfrequentie van meer dan 90% een verdampingsoverschot op van 4 mm. in 15 dagen. (Rijtema 1969, Bannink en Pape 1979).

Uit de tabellen van Rijtema, die het verband tussen zuigspanningen, grootte en stijghoogte van de capillaire flux weergeven (zie fig. 42) is af te leiden dat deze hoeveelheid van 4 mm. in 15 dagen niet meer door capillaire opstijging van vocht vanuit het grondwater geleverd kan worden bij een grondwaterstand dieper dan 115 cm. beneden maaiveld. Hierbij is uitgegaan van een gemeten effektieve wortelzône van 10 cm. (Dopheide).

Deze maat is eenvoudig te hanteren. Ze valt namelijk direct uit het weergegeven grondwaterstandsverloop af te leiden door een horizontale lijn op een diepte van 115 cm. onder maaiveld te tekenen. Vervolgens kan het aantal dagen waarop de kans dat verdampingsreduktie optreedt groter is dan 90% worden afgelezen. Verdampingsreduktie van de planten vindt plaats als de beschikbare hoeveelheid vocht minder wordt dan nodig is voor een optimale vochtvoorziening en verdamping.

• Maat B. Het aantal dagen dat de hoeveelheid capillair nageleverd vocht minder is dan het optredende verdampingsoverschot.

Dit aantal kan uit de berekeningstabellen T t/m II worden bepaald, evenals het aantal mm. vochttekort (=verdampingsoverschot (N-E) - capillair nageleverd vocht). Het bepalen van deze maat vergt meer tijd dan het bepalen van maar A. Bovendien is zij sterk afhankelijk van de verdeling van neerslag en verdamping. Het aangegeven van de kans van optreden is nogal gecompliceerd.

• Maat C. (Fig.52) Deze maat wordt ontleend aan de literatuur. Onderzocht is, hoe ver de volcapillaire zône boven het freatisch vlak uitsteekt. Voor dekzand is dit 45 cm. Maat C is nu

TABEL JJ: BEOORDELING VAN DE VOCHTVOORZIENING

		Bentelerzijde			Deldenerzijde			
Maat	zhj	0	+20	+80	0	-10	-50	cm. ← Beekpeil-verandering
A	10%	70	58	12	51	70	70	dagen
	30%	25	-	-	0	-	-	"
	50%	5	0	0	0	0	0	"
	70%	0	-	-	0	-	-	"
B	10%	80	70	30	70	70	70	"
	30%	0	-	-	0	-	-	"
	50%	0	0	0	0	0	0	"
	70%	0	-	-	0	-	-	"
C	10%	110	95	60	100	105	130	"
	30%	90	-	-	70	-	-	"
	50%	80	60	0	65	75	75	"
	70%	0	-	-	0	-	-	"

het aantal dagen dat de onderkant van de wortelzône geen contakt heeft met de volcapillaire zône. Daar de wortelzône van dopheide 10 cm. dik is, betekent dit, dat de grondwaterstand meer dan 55 cm. beneden maaiveld zit.

Een overzicht van de beoordeling van de vochtvoorziening m.b.v. de besproken maten geeft tabel JJ .

Aan de Bentelerzijde valt het volgende op:

Bij de huidige ontwateringsbasis zullen er in een normaal (50% droog) zomerhalfjaar nauwelijks vochttekorten optreden volgens maat A en B. Maat C daarentegen geeft voor 80 dagen een grondwaterstand beneden 55 cm. van het maaiveld aan. Dit jaar (1982) zal ongeveer eenzelfde beeld te zien hebben gegeven. In ieder geval tot augustus week de neerslaghoeveelheid nauwelijks af van die in een 10% droog zomerhalfjaar. De berekende grondwaterstand voor eind juli in een 10% droog zomerhalfjaar komt overeen met de gemeten stand op 28 juli van dit jaar.

Bij de gesimuleerde beekpeilverhogingen komt naar voren dat maat C een gevoeliger maat is dan maat A en B.

Aan de Deldenerzijde valt op:

Volgens maat A en B is er alleen sprake van vochttekorten in een extreme situatie. (10% droog), zij het minder bij de Bentelerzijde Maat C geeft echter ook tekorten voor 30 en 50 % droge zomerhalfjaren.

Opvallend is dat bij een beekpeilverlaging van 50 cm. maat A en B weinig verandering in vochtvoorziening te zien geven. De aard van de ontwateringsbasis speelt hierin een belangrijke rol: niet lang na het droogvallen van waterloop 12-2-1-3 neemt het bos, door de toenemende onttrekking van vocht aan het grondwater, de funktie van ontwateringsbasis over. Maat C geeft voor een 10% droog zomerhalfjaar wel een verandering te zien; voor een verlaging van het beekpeil met 10 cm. zijn de verschillen voor maat B en C met de huidige situatie erg klein, maat A geeft een groter verschil.

In het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 4) zal onder meer nader worden ingegaan op de soortensamenstelling van de heidevegetatie in relatie tot de vochtvoorziening.

Hoofdstuk 4. De relatie tussen hydrologie en vegetatie.

In dit slothoofdstuk wordt in de eerste plaats nader ingegaan op de wijzigingen in de soortensamenstelling van de natte heidevegetaties als gevolg van de beekpeilveranderingen.

Per situatie wordt een korte typering gegeven van het grondwaterstandsverloop, de grondwater- en bodemchemie , en van de vegetatie in het heideterrein (Par. 4.1).

Met de resultaten van het onderzoek in de hand wordt vervolgens ingegaan op de te verwachten ontwikkelingen en de beheersmogelijkheden van terreinen met vochtminnende levensgemeenschappen in het algemeen en van de natte heide in het bijzonder. (Par. 4.2)

Par. 4.1. Gevolgen van beekpeilveranderingen.

In hoofdstuk 2 (Beschrijving van de onderzoeksterreinen) en in de paragrafen 1 en 2 van hoofdstuk 3 (Hydrologische gesteldheid) is een beeld geschetst van de huidige terreinsituatie in de Bentelerzijde en de Deldenerzijde. In par. 3,3 is vervolgens voor één punt in beide terreinen met behulp van hydrologische modellen het grondwaterstandsverloop benaderd bij verschillende beekpeilen.

Aldus kon worden nagegaan welke grondwaterstanden voor 1932 bij benadering optraden ter plekke van buis 14 aan de Bentelerzijde.

Met behulp van de peilwaarnemingen verkregen door veldwerk (par. 3.1) is het berekende grondwaterstandsverloop bij dit punt min of meer vertaald naar het verloop van de grondwaterstanden voor het onderzoeksterrein als geheel.

Drie hydrologische situaties kunnen als resultaten van de berekeningen worden onderscheiden:

I. De grondwaterstand komt gedurende het gehele jaar niet dieper dan 50 cm. beneden maaiveld op elk punt van het terrein.

II. Beekpeilen in de directe omgeving van het terrein niet of nauwelijks gewijzigd, daarentegen in de wijdere omgeving, op meer dan een kilometer afstand, met meer dan 50 cm. verlaagd.

III. Forse beekpeilverlaging, van meer dan 50 cm., in de directe omgeving van het heideterrein.

Voor elk van deze situaties volgt nu een typering van het grondwaterstandsverloop, de grondwater- en bodemchemie en van de vegetatie binnen het heideterrein. Hierbij is telkens uitgegaan van een qua neerslag "normaal " jaar. (50% droog zomerhalfjaar).

Situatie I.

Deze situatie wordt geacht te zijn opgetreden vóór 1930 in zowel de Deldenerzijde als de Bentelerzijde. De watervoerende capaciteit van alle waterlopen in de omgeving is klein door de geringe afmetingen (dimensionering). Opslag van bomen vindt sporadisch plaats. Van aaneengesloten bosstroken langs de randen van het heideterrein is echter geen sprake. (Fig. 13)

Grondwaterstanden.

In de laagste delen van het heideterrein staat het water gedurende het hele jaar boven (voorjaar) of aan (zomer) maaiveld. (Fig. 48). De hogere delen zijn in het voorjaar nog dras. (Dit

is: water aan maaiveld).

Het grondwater zakt in de zomer niet dieper dan 50 cm. beneden maaiveld weg. (GLG = 40 cm. - m.v.). De vegetatie blijft op de hoogste delen voortdurend binnen de invloedssfeer van het grondwater. De vol-capillaire zône reikt namelijk het gehele jaar tot aan de wortelzône. ($H_{35} \approx 45$ cm.).

Alleen in extreem droge jaren is capillaire nalevering van vocht vanuit het grondwater nodig op de hogere delen van het terrein. (Fig. 48). Van vochttekorten is echter geen sprake.

Grondwaterchemie.

In winter en voorjaar wordt een grote locale watermassa in het heideterrein opgebouwd. Door de nog geringe verblijfsduur in de grond zijn weinig mineralen in oplossing gegaan. Het ondiepe grondwater gelijkt sterk op neerslag en wordt primair water genoemd. (p^H = 4 - 5, $EGV_{25, red.}$ = 75 - 150 µS/cm, [Ca] / [kationen] kleiner dan 0.25, [Cl] kleiner dan 15 mg/l; (zie par. 3.3.2)

De kwelstromen binnen het heideterrein blijven langdurig gehandhaafd. Als gevolg hiervan is er sprake van ruimtelijke variatie (gradiënten) in de ionenarmoede van het grondwater. In de laagste delen is het grondwater relatief minder arm door toevoer van ionen vanuit de hogere delen. (De huidige situatie aan de Deldenerzijde weerspiegelt nog enigzins deze ruimtelijke variatie).

Zoals gezegd vindt in extreme droge jaren capillaire nalevering van vocht plaats vanuit het grondwater, onder de hoogste delen van het heideterrein. De diepte waarop nog vocht onttrokken wordt bedraagt maximaal ongeveer 115 cm. beneden maaiveld. (Fig. 42). De ionensamenstelling van dit water wijkt nauwelijks af van het grondwater op geringere diepte, kortom het gaat nog steeds om primair (locaal) grondwater. (Fig. 24 en 25)

De totale hoeveelheid opneembaar stikstof in het grondwater is klein, minder dan 10 mg/l. De procentuele verhouding NH_4^+/NO_3^- is groter dan 90/10. De omzetting van het ammonium NH_4^+ in het gemakkelijke opneembare nitraat (NO_3^-) wordt geremd door de zuurstofarmoede van de bovengrond.

Bodemchemie

De mineralisatie van organische stof (afgestorven planten) verloopt traag. Het C/N- coëfficient, een maat voor de mineralisatiesnelheid, is hoog en bedraagt meer dan 30. (Fig. 24). Er vindt ophoping van organische materiaal plaats en de beschikbaarheid van mineralen voor de plant is laag. De natte, zuurstof-

TABEL F : PLANTEN VAN DE NATTE HEIDE-VEGETATIE

			V	N	Z	
Erica tetralix	-gewone dopheide	♄	8	2	1	(f)
Molinia caerulea	-pijpestro	♃	7	2	x	(f)
Myrica gale	-gagel	♄	9	2	3	F
Scirpus caespitosus	-veenbies	♃	9	1	1	F
Eriophorum angustifolium	-veenpluis	♃	9	2	4	W
x Rhynchospora alba	-witte snavelbies	♃	9=2		2	W
x Rhynchospora fusca	-bruine snavelbies	♃	9=2		1	W
x Drosera rotundifolia	-ronde zonnedauw	♃	9	1	1	F
x Drosera intermedia	-kleine zonnedauw	♃	9	2	2	F
x Gentiana pneumonanthe	-klokjesgentiaan	♃	7	2	x	F
Andromeda polifolia	-lavendelheide	♄				F
Salix repens	-kruipwilg	♄	x	x	x	F
Juncus squarrosus	-trekrus	♃	8	1	1	f

- Levensvorm ♄ = struik/heester(houtig)
  ♃ = overblijvendeplant

- Ellenberggetallen :

  V : vochtgetal; aanwijzing voor lage(1) tot hoge(9) bodemvochtigheid.
  N : stikstofgetal; aanwijzing voor laag(1) tot hoog(9) stikstofgehalte van de standplaats.
  Z : zuurgraadgetal; aanwijzing voor sterk zure(1) tot basenrijke omstandigheden.

- Londo :

  W : soorten,die in Nederland voor een goede ontwikkeling en voltooiïng van hun levenscyclus (oa. kieming) vereisen dat het (grond)water gedurende een deel van het jaar min of meer permanent boven het maaiveld staat (in een normaal hydrologisch jaar).

  F : sootren, die in Nederland uitsluitend groeien binnen de invloedssfeer van het freatische oppervlak, dat zich in de regel onder het maaiveld bevindt. (obligate freatofyten)

  f : soorten, die in Nederland hoofdzakelijk of vrijwel uitsluitend groeien binnen de invloedssfeer van het freatische oppervlak, dat zich in de regel onder het maaiveld bevindt.De soorten van deze categorie, als ook die van de volgende (f),zijn niet-obligate freatofyten.

  (f): soorten, die in het grootste deel van hun verspreidingsgebied in Nederland binnen de invloedssfeer van het freatische oppervlak groeien.Het grondwater staat in de regel onder maaiveld.

  Een onderstreping van de codes duidt erop dat de betreffende soorten kenmerkend zijn voor een, wat voedselrijkdom betreft, minder dynamisch milieu ('gevoelige'soorten)

arme, koude en extreem zure omstandigheden zijn hiervoor verantwoordelijk De activiteit van de bodemorganismen is namelijk zeer beperkt.

Vegetatie.

Alle typische natte-heideplanten zijn aanwezig. (Tabel F). Op zich is de vegetatie soortenarm met zo'n 10 tot 15 hogere planten. Één en tweejarige planten ontbreken in dit extreme milieu.

De produktie van de planten is met name door de geringe beschikbaarheid van mineralen hoofdzakelijk gericht op instandhouding van de soort en niet zozeer op expansie. De concurrentieposities zijn vrij stabiel, er is plaats voor relatief veel, in groeiwijze en grootte verschillende, planten. Veenmosbulten versterken de gradiëntrijke situatie. Molinia caerulea(pijpestro) kan zich dank zij luchtwortels ook handhaven in de lagere delen van het heideterrein. Opslag van bomen (Pinus Sylvestris) vindt slechts zeer sporadisch plaats. Het kiemingsmilieu is nauwelijks geschikt, waarschijnlijk alleen in een extreem droog voorjaar.

De voorkomende planten kunnen verdeeld worden in:

a). Freatofyten. De betreffende soorten komen in Nederland binnen de invloedssfeer van het freatisch grondwater voor, al dan niet obligaat. Hiertoe behoren de F-soorten uit tabel F(obligate freatofyten) evenals Erica tetralix (gewone dophei) en Molinia caerulea (pijpestro), aangeduid met f. De laatste twee soorten kunnen in Nederland ook buiten de invloedssfeer van het freatisch vlak voorkomen.

b). Soorten, die blijkens hun voorkomen drasse omstandigheden over langere tijd "verlangen" (verdragen). Dit zijn de planten aangeduid met een W in tabel F.

De situatie die hier geschetst is komt thans in geen van beide onderzoeksterreinen voor.

Situatie II.

Kenmerken van de situatie II zijn:

- De beekpeilen in de naaste omgeving van het heideterrein zijn niet of nauwelijks gewijzigd.
- In de wijdere omgeving hebben beekpeilverandering wel plaatsgevonden: op meer dan een kilometer afstand met meer dan 50 cm.

De watervoerende capaciteit van één of meer waterlopen in de

wijdere omgeving is vergroot. Opslag van bomen heeft geleid tot het voorkomen van bosstroken aan de randen van het heideterrein. Deze situatie komt voor aan de Deldenerzijde, anno 1982.

Grondwaterstanden.

Het grondwaterstandenverloop wordt gekenmerkt door nog relatief hoge standen in het voorjaar en een forse daling gedurende de zomer. De gemiddelde voorjaarsstand in de hoogste delen van het heideterrein (GVG) bedraagt ca. 30 cm. - m.v. (Fig. 24). In situatie I (vóór 1930) was er ter plekke nog sprake van drasse omstandigheden (grondwater aan maaiveld).

De verlaging wordt voornamelijk veroorzaakt doordat regionaal toestromend grondwater min of meer volgens de algemene terreinhelling (ZO-NW), afgevangen wordt door de vergrote waterlopen in de omgeving van het heideterrein.

Als de verdamping van de bomen op gang komt (april-mei) daalt het grondwaterpeil onder de hogere delen van het heideterrein tot ruim 0.75meter beneden maaiveld. (Fig.42). Omstreeks eind juli bereikt het grondwater een stand, waarbij een groot deel van de vegetatie op de hoogste delen het contact met het freatisch grondwater, via de vol-capillaire zône verliest. (Fig.52 : H_{35}= 45 cm.). Niet alleen in extreem droge jaren, maar tevens in normale (50%) jaren is dus capillaire nalevering van vocht vanuit het grondwater nodig, ook in de lagere delen van het terrein. Absolute vochttekorten zullen alleen gedurende extreem droge jaren voorkomen over een periode van circa 70 dagen in het groeiseizoen (tabel JJ).

Grondwaterchemie.

In de laagste delen van het heideterrein wordt waarschijnlijk in extreem droge jaren middels capillaire nalevering vocht onttrokken aan het regionale grondwater. (Zie vegetatie hieronder). Door een langere verblijfsduur is dit water rijker aan mineralen dan het locale grondwater (Par.3.2.2)
De procentuele verhouding tussen ammonium en nitraat, NH_4/NO_3, is kleiner dan bij situatie I (minder dan 90/10). Ten gevolge van de verlaging van de grondwaterstand in voorjaar en zomer neemt de nitrificatie langzaam toe. Het aandeel van nitraat (NO_3^-) in de hoeveelheid beschikbare stikstof neemt toe.

Bodemchemie.

Vergeleken met situatie I verlooptde vertering van organisch materiaal sneller. De C/N-coëfficienten dalen over het algemeen

tot beneden 30 (fig. 24). De beschikbaarheid van mineralen is (weinig) toegenomen.

Vegetatie.

Onder andere door verlies van het contact met de vol-capillaire zône nemen een aantal kleine, overblijvende planten sterk af in aantal of verdwijnen zelfs. (Gentiana pneumonanthe (klokjesgentiaan) en Drosera spp. (zonnedauw).

Met name het gras Molinia caerulea (pijpestro) reageert positief op de genoemde grondwaterstandsveranderingen, en verandering in grondwater- en bodemchemie. De wortelzône kan vergroot en de produktie van de plant opgevoerd worden.

De expansie van de relatief forse plant gaat ten koste van andere planten.

De veranderingen in het vegetatiebeeld voltrekken zich nog in een langzaam tempo. Kleinere soorten als Eriophorum ang. (veenpluis), Rhunchospora alba (witte snavelbies) en Rhynch. fusca (bruine snavelbies) weten zich nog te handhaven.

De bodemtemperatuur en het zuurstofgehalte in de bovenground zijn in het voorjaar zodanig geworden dat een geschikt kiemingsmilieu voor Pinus sylvestris (grove den) en Betula pubescens (zachte berk) is ontstaan.

De locale kwelstromen binnen het heideterrein blijven ten gevolge van de nog relatief hoge voorjaarsgrondwaterstanden lang gehandhaafd. Gedurende de zomer krijgt een neergaande waterbeweging (wegzijging naar de ontwateringsbasis) echter de overhand. Een soort als Myrica gale (Gagel) komt voor in de zône waar sprake is van continue horizontale (kwel)stroming. Ook als de hydrologische situatie sterk gewijzigd is, kan deze soort zich lang handhaven, waarschijnlijk door het houtige karakter van de plant. In dit verband wordt gesproken over een plant als relict en over de geheugenwerking van de vegetatie.

Situatie III.

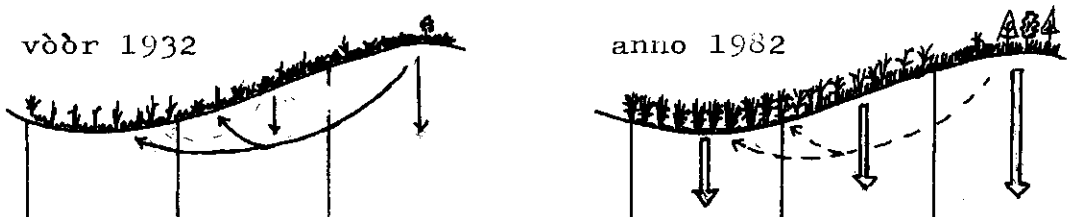
Kenmerken van situatie III zijn:

- Forse beekpeilverlaging met meer dan 50 cm., in de directe omgeving van het heideterrein.

Grondwaterstanden.

Niet lang na de beekpeilverlaging, welke een gevolg is van profielverruiming en verdieping van de beek (of beken), zal het grondwaterpeil snel dalen. Het heideterrein loopt "leeg" door een groot potentiaalverschil tussen beekpeil en grondwaterpeil

FIGUUR 53 : SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN VEGETATIE EN HYDROLOGIE NU EN MEER DAN 50 JAAR GELEDEN



	A	B	C	A	B	C
GVG	+mv.		dras	dras		45cm-mv
GLG	dras		±40cm-mv	±110cm		±125cm-mv
Tmv	jaar		april/mei	tot mei		-
Th35	jaar		jaar	dec-aug		dec-juli

⟶ = stromingsrichting grondwater
GVG = gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand
GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand
Tmv = tijdsbestek waarin het grondwater aan of boven het maaiveld staat
Th35= tijdsbestek waarin de vol-capillaire zône tot (minimaal)de onderzijde van de wortelzône reikt

en een snelle afvoer door de beek zelf.

Na verloop van tijd stabiliseert de situatie zich en het grondwaterpeil daalt nauwelijks verder. Ten opzichte van de situatie zonder beekpeilverlaging (situatie 1) blijft de afvoer in winter en voorjaar echter versneld plaatsvinden.

Deze hydrologische situatie is kenmerkend voor de Benteler-zijde anno 1982.

Zowel voorjaars- als zomerstanden van het grondwater zijn tov zo'n 50 jaar geleden fors gedaald. (Fig.53). Was er op de hoge delen van het heideterrein vroeger sprake van een drasse situatie in het voorjaar, nu bedraagt de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) circa 45 cm. -mv. Gedurende de zomer zakt het grondwaterpeil ter plekke tot gemiddeld 120 à 130 cm. beneden maaiveld, en extreem droge jaren zelfs tot circa 170 cm. -mv. (Voorheen resp. 40 en 120 cm. - mv.) .

De vegetatie op de hogere delen bevindt zich nog slechts tot half juli binnen de invloedssfeer van het freatisch grondwater. Tachtig dagen van het groeiseizoen bevindt het grondwater zich dieper dan 55 cm. beneden maaiveld. (Tabel JJ). Voor 1930 kwam het grondwaterpeil niet dieper dan 50 cm. -mv. In de lage delen van het terrein reikt het grondwater aan het begin van het groeiseizoen nog tot aan het maaiveld. (Voor 1930 boven maaiveld).

Waar vroeger het water zich gedurende de zomer nog aan maaiveld bevond, zakt het nu snel weg tot een diepte van 100 à 120 cm. beneden maaiveld, in extreme jaren nog aanzienlijk dieper. Op alle plaatsen in het heideterrein is dus in een "normaal" jaar capillaire nalevering van vocht vanuit het grondwater nodig om aan de verdampingsbehoefte van de planten te voldoen. Absolute vochttekorten, waarbij forse verdampingsreduktie en verdroging optreden, komen alleen in extreem droge jaren voor en wel ongeveer 80 dagen van het groeiseizoen. (Tabel JJ).

Grondwaterchemie.

Van locale kwelstroming en daardoor van ruimtelijke milieuvariatie binnen het heideterrein, is nauwelijks sprake meer. De overwegende stromingsrichting is sterk naar de beek gericht. (Fig.18). Een en ander uit zich in het voorkomen van hetzelfde ionenarme grondwater in zowel de lage als hogere delen van het terrein.

In de zomer vindt echter capillaire opstijging van vocht plaats vanuit diepere lagen. Molinea cairulea (pijpestro) ontwikkelt lange wortels, waarmede vooral in de lage delen van het terrein

ionenrijk water omhoog gebracht wordt. Het bereft hier regionaal of secundair grondwater. (par. 3.2.2)

Door de daling van het grondwater komt er op een vroeg tijdstip meer lucht in de bodem. De omzetting van ammonium (NH_4^+) en NO_3^- (nitraat) verloopt sneller. De procentuele verhouding NH_4^+/NO_3^- daalt tot 60/10 en lager. (Fig. 25).
(uitzondering punt B6)

Bodemchemie.

Om dezelfde reden is ook de snelheid waarmee organisch materiaal gemineraliseerd wordt toegenomen. De C/N- coëfficienten reiken niet hoger dan 15. (Fig.25 , uitzondering B6).

De activiteit van de bodemorganismen is klaarblijkelijk toegenomen en de grond is "vroeger" geworden.(Landbouwkundige term). De produktie van de planten kan toenemen, met alle gevolgen van dien voor de soortensamenstelling van de natte heidevegetatie.

Vegetatie.

Zoals al onder II bleek, reageren de diverse planten niet op identieke wijze op de geschetste veranderingen in grondwaterstanden, grondwater- en bodemchemie. Bezien we de vegetatie in de Bentelerzijde anno 1982, dan valt op:

- Molinia caerulea (pijpestro) is opgedrongen vanuit de laagste delen en sterk in aantal en bedekkingsgraad toegenomen in de overgangszône tussen laag en hoog.
  Het vegetatiebeeld van de zônes AenB (fig. 53) wordt volledig door dit gras beheerst. (Vergrassing). De strooiselproduktie van Molinia neemt bij verlagen van de grondwaterstand sterk toe. Aangezien het strooisel relatief gemakkelijk gemineraliseerd wordt, komt er veel stikstof beschikbaar voor de vegetatie. Juist Molinia reageert hier sterk positief op en aldus komt er een zichzelf versterkend proces op gang, waarbij sterke uitbreiding ten koste van andere planten plaatsvindt. (Mondelinge mededeling R. Bobbink, medewerker Vakgroep Landschapsoecologie & Natuurbeheer, RU-Utrecht)
- Alle kleine, typische natte heideplanten zijn uit de vegetatie verdwenen (Drosera spp., Gentiana pneumonanthe, Rhynchospora fusca en alba, en Eriophorum augustifolium. Veenmos (Sphagnum tenellum) is nagenoeg verdwenen. De wat forsere pollen veenbies hebben zich kennelijk kunnen handhaven.
  Opmerkelijk is het voorkomen van lavendelheide. Mogelijk speelt de geheugenwerking van deze kleine houtige plant een rol. (Dit is een soort naijlin seffect).

- Erica tetralix (gewone dopheide) heeft zich als het ware teruggetrokken op een eiland, namelijk op de hogere delen van de natte heide, en is daar de dominante plantesoort. Het voorkomen van Molinia caerulea is daar voornamelijk beperkt tot de plekken rondom de bomen en tot de open plekken die ontstaan zijn door het kappen verwijderen van bomen. Op de open plekken komen ook Chamaenerion augustifolium (wilgeroosje) en Rumex acetosella (schapezuring) voor. De opslag van bomen is sterk toegenomen en hiermee gaat een verdere verdroging van het terrein gepaard.

Samenvattend.

Vrijwel alle W- en F-soorten uit tabel F zijn verdwenen uit de vegetatie. Molinia caerulea (pijpestro) en Erica tetrelix (gewone dopheide) bepalen het beeld resp. in de lage delen en in de hoge delen.

Het zijn beide niet-obligate freatofyten, hetgeen tot uiting komt in het feit dat ze zich ook nu, anno 1982, nog kunnen handhaven, in grote aantallen, buiten de invloedssfeer van het freatische grondwater. Ten slotte is het aantal bomen toegenomen.

FIGUUR 13 : TOENAME VAN DE HOUTOPSLAG OVER DE PERIODE 1916 - 1976 (Topografische kaarten)

anno 1916

anno 1933

anno 1952

anno 1965

anno 1976

4.2 Ontwikkeling en beheer.

Het landgoed Twickel herbergt, naast de twee in dit onderzoek behandeld, nog een relatief groot aantal vochtige tot natte-heideterreinen (meer in het algemeen: vochtminnende levensgemeenschappen). Het huidige vegetatiebeeld in deze terreinen is voornamelijk resultante van wijzigingen in het uitwendig beheer (met name ingrepen in de waterhuishouding) maar tevens van veranderingen in het inwendige beheer (ingrepen binnen de terreinen). Aan het begin van deze eeuw is een bepaald inwendig beheer, dat instandhouding van de specifieke vegetatie waarborgde, weggevallen (par. 2.5).
Een direct gevolg daarvan was een toename van struik- en boomopslag in de terreinen. Zelfs bij een ongewijzigde hydrologische situatie buiten de terreinen leidde een en ander tot enige verdroging en bosvorming binnen de terreinen. Rigoreuze ingrepen in de waterhuishouding hebben dit proces versterkt en versneld in de afgelopen 50 jaar, zoals blijkt uit het onderzoek.

Alle terreinen bevinden zich in een bepaalde fase van deze ontwikkeling van karakteristieke vegetatie tot bos.
Van de twee onderzochte terreinen bleek de Bentelerzijde reeds in een vergevorderd stadium. Vrijwel alle typische natte-heide planten zijn uit de vegetatie verdwenen en het gras Molinia caerulea (pijpestro) breidt zich snel uit.
Aande Deldenerzijde hebben een aantal specifieke soorten zich weten te handhaven, maar de opslag van bomen (verdroging) gaat ook daar onmiskenbaar door.
In het Flierveld, even ten westen van de Deldenerzijde gelegen, heeft de heidevegetatie al geheel plaats gemaakt voor bos (zie fig. 13). Ondanks incidentele schoningswerkzaamheden lijkt voor Benteler- en Deldenerzijde een gelijk lot beschoren.
Voortzetting van het huidige, passieve beheer zal op den duur leiden tot dichtgroeien van de terreinen met oa. Pinus (grove den) en Betula (berk), wellicht ook Quercus (eik).
De diversiteit van het landgoed zal door dergelijke 'ongestoorde' ontwikkelingen sterk afnemen. Het is de vraag in hoeverre dit in de lijn der bedoelingen van bestuurders en beheerders ligt.

Door een doelgericht inwendig beheer,met inachtneming van een aantal hydrologische voorwaarden, zal voorkomen kunnen worden dat in alle terreinen tenslotte eenvormig bos ontstaat.

De keuze van de te nemen beheersmaatregelen is in de eerste plaats afhankelijk van de beheersvisie van het landgoedbestuur. Hierbij zullen onder meer criteria als diversiteit, zeldzaamheid en onvervangbaarheid van de aanwezige levensgemeenschappen (landelijk/regionaal bezien) een rol spelen. Verder dienen de kosten en mogelijkheden voor subsidiëring bekend te zijn.
Op grond van de onlangs verschenen natuurwetenschappelijke inventarisatie van het landgoed (De Bruijn) kan per terrein het gewenste beheer vastgesteld worden.

Voor wat betreft de natte-heide terreinen worden de volgende mogelijkheden genoemd :
(voor uitgebreide beschrijving van de beheersmethoden zij verwezen naar RIN (1979) en TERWINDT & VAN ZIEL (1981))

1- Behoud en herstel van de typische natte-heide vegetatie
Inwendig beheer : plaggen,branden en/of maaien
Hydrologische randvoorwaarde : een (voorjaars)grondwaterstand die niet verder dan ca. 50cm. beneden de oppervlakte zakt. De vegetatie blijft dan binnen de invloedssfeer van ionenarm, sterk op neerslagwater gelijkend grondwater (par. 3.2). Bovendien blijven locale kwelstromen gehandhaafd, hetgeen de gradiëntenrijkdom ten goede komt.

2- Ontwikkeling in de richting van een heischraal grasland
Inwendig beheer : maaien en/of extensieve begrazing
Hydrologische randvoorwaarde : liefst als onder 1, in ieder geval dient het grondwater in de zomer niet dieper weg te zakken dan ca. 1.20m. onder de hogere terreindelen. Dit in verband met verdampingsreductie, verdroging en verrijking (par. 3.2 /3.3).

Voor zover afwezig,kan de hydrologische randvoorwaarde deels gerealiseerd worden door het plaatselijk stuwen van water in de winter en het vroege voorjaar. Op die manier vindt voorraadvorming van ionenarm water in de natuurterreinen plaats. Het zou de moeite waard zijn

om voor een enkel terrein te volstaan met stuwen en eventueel schonen van bosopslag (achterwege laten van overig inwendig beheer). Deze vorm van verdrassing leidt waarschijnlijk tot een boeiende vegetatieontwikkeling.

Tot slot past nog een enkele opmerking over de door het Waterschap 'Regge en Dinkel' voorgestelde verlaging van peil in de waterloop 12-2-1-3 aan de Deldenerzijde met circa 10 centimeter. Uit de berekeningen valt af te leiden dat een dergelijke peilverlaging een daling van de grondwaterstand binnen het terrein van gemiddeld 5cm. te weeg zal brengen (fig. 51). Het effect op de vegetatie laat zich moeilijk raden. In de huidige situatie komen echter nog een aantal karakteristieke natte-heideplanten voor (situatie II,par. 4.1) die gevoelig zijn voor(kleine) veranderingen in de grondwaterstand (langzame toename van het mineralenaanbod en verlies van het contact met de volcapillaire zône gedurende een langere periode).
Een woord van waardering voor het waterschap is hier op zijn plaats.vanwege de openheid en bereidwilligheid bij het zoeken naar alternatieve oplossingen.
Op de invloed van de bosstrook welke gelegen is tussen de waterloop en de natte heide is al uitvoerig ingegaan in de paragrafen 3.3 en 4.1. Het verwijderen van de bomen aldaar mag dan een rigoreuze maatregel lijken, het valt te verwachten dat de natte-heide vegetatie er bij gebaat zal zijn door de stijging van het grondwater.

Samenvatting

Op het landgoed Twickel bij Delden (Twenthe) komen een groot aantal bijzondere vochtminnende levensgemeenschappen voor. De uitvoering van waterhuishoudkundige ingrepen heeft echter in een toenemend aantal terreinen de specifieke levensomstandigheden voor de vegetatie doen verdwijnen.

In twee natte-heide terreinen op het landgoed, te weten de Deldenerzijde en de Bentelerzijde, is onderzoek verricht naar de invloed van beekpeilveranderingen op de soortensamenstelling en ontwikkeling van de vegetatie. De Bentelerzijde bevindt zich in de directe omgeving van een sterk gereguleerde beek (ca.1935 en 1974 onder handen genomen). De waterhuishouding van de Deldenerzijde is minder direct door menselijk ingrijpen beïnvloed en dit terrein fungeert in zekere zin als referentie.

Onderzocht zijn de veranderingen in de tijd van/in :
- grondwaterstanden en grondwaterstandsverloop
- vochtvoorziening van de planten
- mineralenhuishouding van bodem en grondwater

De genoemde elementen worden geacht de specifieke levensomstandigheden van een natte-heide vegetatie te beïnvloeden.

Uit een regionale peilbuizenanalyse van de grondwaterstanden blijkt dat met name de natte winters een verlaging van de grondwaterstand ten opzichte van 1950 te zien geven (meer dan 40 centimeter).

Met behulp van twee hydrologische 'modellen'(Statrect II en De Zeeuw-Hellinga) kon het grondwaterstandsverloop in de beide onderzoeksterreinen worden nagebootst. Ijking vond plaats door grondwaterstandsmetingen. (november 1981 tot aug. 1982 .. De volgende stap was de simulatie van een aantal hydrologische situaties, zowel uit het verleden (ca. Bentelerzijde vóór 1935) als in de toekomst. (Deldenerzijde).

Inzicht in de mineralenhuishouding van bodem en grondwater is verkregen door analyse van bodem- en watermonsters.

Bij vergelijking van de vroegere (vóór 1930) en huidige situatie in de Bentelerzijde komen een aantal zaken duidelijk naar voren. De verlaging van het beekpeil ten opzichte van

het peil vóór 1935, geschat op circa 80 cm., heeft een verlaging van de grondwaterstand tot gevolg gehad, met name in voorjaar en zomer. Het grondwaterpeil zakt nu in een gemiddeld voorjaar vrijwel op alle plaatsen tot onder maaiveld. In het verleden was dit zelfs op de hogere delen niet het geval. Gedurende een gemiddelde zomer daalt het grondwaterpeil tot meer dan een meter onder de oppervlakte. Met name in de hogere terreingedeelten is het aantal dagen met een kans op verdampingsreductie ≥ 90% sterk toegenomen (van 12 tot 70 dagen van het groeiseizoen in een droge zomer).
Het aantal dagen waarop de vol-capillaire zône niet meer tot aan de wortelzône reikt is toegenomen van 0 tot meer dan 80 dagen. Dit heeft vrijwel zeker direct geleid tot sterke afname en het verdwijnen van een groot aantal typische natte-heide planten welke gebonden zijn aan de invloedssfeer van het freatische grondwater.
Toename van de fluctuatie van de grondwaterstanden heeft voor een versnelde stikstofmineralisatie in de bodem gezorgd (verrijking). Bovendien zijn een aantal planten voor het handhaven van de verdamping gedurende een deel van de zomer nu aangewezen op grondwater dat van grotere diepte komt dan voorheen. Dit water is door de langere verblijftijd in de bodem rijker aan mineralen (Calcium-aandeel in de kationensom > 25%).
De toenemende vergrassing in de vorm van Molinia caerulea (pijpestro) kan onder meer 'verklaard' worden uit een tweetal eigenschappen van dit gras. Door sterke worteluitbreiding na verlaging van de grondwaterstand en een positieve reactie op een verhoogd mineralenaanbod is de concurrentiepositie van Molinia versterkt.

Analyse van de resultaten voor de Deldenerzijde geven een ander beeld te zien. Hoewel de 'beek' niet gereguleerd is, heeft daling van de grondwaterstand plaatsgevonden. Gedurende de zomer zakt het grondwaterpeil dieper weg (tot circa 0.75m beneden maaiveld onder de hogere terreindelen). De verdamping van vocht via een 200 meter brede strook bos, gelegen tussen de heide en de 'beek', is hiervoor verant-

woordelijk. Deze strook, die vóór 1930 afwezig was, neemt als het ware de functie van ontwateringsbasis over van de 'beek', die in het begin van de zomer droogvalt.
De plantensoorten die afhankelijk zijn van een direkt contakt met de vol-capillaire zône in de bodem nemen in aantal af en dreigen te verdwijnen. Toename van de mineralisatie is nog gering geweest. Het aantal typische natte-heideplanten in dit terrein is dan ook groter dan het aantal in de Bentelerzijde.

Afhankelijk van de beheersdoelstelling kan door het bestuur van het landgoed Twickel gekozen worden voor een beheer gericht op de instandhouding van de typische natte-heidevegetatie in terreinen waar deze nog geherbergd wordt, en een beheer gericht op de ontwikkeling van de op vele plaatsen sterk gedegradeerde heide tot vormen van heischraal grasland. In het eerste geval gaat het om (kostbare) beheersmaatregelen als plaggen, branden en/of maaien van de vegetatie. Het andere geval vraagt om extensieve vormen van begrazing en maaien. Daarnaast is er de 'mogelijkheid' van voortzetting van het huidige zogeheten passieve beheer, namelijk het achterwege laten van beheersmaatregelen (op zo nu en dan schonen van bosopslag na).*
Met name bij een beheer gericht op de instandhouding van de typische natte-heidevegetatie dienen een aantal richtlijnen ten aanzien van het hydrologische beheer in acht te worden genomen. Belangrijkste voorwaarde lijkt een gemiddelde (voorjaars-)grondwaterstand van minder dan 50 cm. beneden maaiveld. De vegetatie blijft in dat geval binnen de invloedssfeer van ionenarm grondwater(Calcium-aandeel in de kationensom < 25; contact met vol-capillaire zône).

*: Leidt op den duur toch tot bosvorming.

LITERATUUR

AELMANS, F.G.,197 .Grondwaterkaart van Nederland;blad 340ost en blad 35. TNO Dienst Grondwaterverkenning, Delft

BA[illegible], [illegible].F. en J.C. PAPE,1979. Enige gegevens betreffende de bodemgesteldheid van de natuurterreinen Empese en Tondensche heide,Koolmansdijk en Nijkampsheide. Rapport ten behoeve van de Commissie Bestudering Waterhuishouding in Gelderland. Stiboka rapport nr. 1456, Wageningen

BLIJDENSTEIN,1923. Streeplijsten van vegetatieopnamen in enkele natuurterreinen op het landgoed Twickel (aantekeningen).

BOTH, J.C. en G. VAN WIRDUM,1981. Waterhuishouding,bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden. RIN-rapport nr. 81/18, Leersum

CONSULENTSCHAP voor BODEMAANGELEGENHEDEN in de LANDBOUW,1976. Cursus Bodemkunde,deel 1: Algemene bodemkunde. Wageningen

DIENST GRONDWATERVERKENNING TNO,1981. Grondwaterstanden in het zuidelijke deel van Twickel. Archief Grondwaterstanden Delft

ELLENBERG, H.,1977. Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica Bd. 9.

FREEVE, J.,1958. De landbouwwaterhuishouding in de provincie Overijssel. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland COLN (TNO)

GROOTJANS, A.,1977. De invloed van grondwaterstandsdaling op de vegetatie in natuurgebieden.PPD Drenthe

HEUKELS en VAN OOSTROOM,1975. Flora van Nederland. Groningen

HOEVE, J. ter,1958. Een onderscheid tussen natuurlijke en kunstmatige invloed op de gronwaterstand in Dorst. Water nr. 26, 2-4

KEMMERS, R.H. en P.C. JANSEN,1979. Onderzoek naar de relatie vegetatie-waterhuishouding in het komgrondenreservaat Tielerwaard-West, deelrapport 2: Berekening van enkele hydrologische grootheden. ICW nota 1143, Wageningen

------- 1980. Idem, deelrapport 3: Overschrijdingsduurlijnen van grondwaterstanden en de invloed van het grondwaterregiem op de vegetatie. ICW nota 1144, Wageningen

------- 1980. Relaties tussen hydrologische parameters en enkele vegetatietypen van het CRM-reservaat Groot Zandbrink. ICW nota 1180, Wageningen

------- 1980. De invloed van chemische factoren in grondwater en bodem op enkele vegetatietypen in het CRM-reservaat Groot Zandbrink. ICW nota 1181, Wageningen

MONDO, G.,1975. Nederlandse lijst van hydro-,freato- en afreatofyten. Rapport RIN Leersum

MEINARDI, C.R. e.a. Hydrologisch onderzoek naar de winningsmogelijkheden van grondwater. RID-mededelingen 80/6. 's Gravenhage

MEINE, E.A.V.,1973. Zand ten behoeve van de Rijkswegen Twenthe; onderdeel Delden-Bentelo. RGD-rapport nr.900, Haarlem

MOLE , W.H. van der.,1975. Colle edictaat Agrohydrologie; Cultuurtechniek. Landbouw ogeschool Wageningen

------- Collegedictaat Waterbeheersing, idem

MOLENAAR, J.G. de.,1980. Bemesting,waterhuishouding en intensivering in de landbouw en het natuurlijk milieu. RIN-rapport 80/6. Leersum

OOSTEROM, A.P. en J.H.W.M. VAN SCHIJNDEL.,1979. De chemische samenstelling van het bovenste grondwater bij natuurlijke begroeiingen op kalkarme zandgrond. ICW nota 1075 Wageningen

PIPER, A.M.,1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Transactions, American Geophysical Union Vol. 25

PROJECTGROEP RUILVERKAVELING.,1977. De oecologische gevolgen van de ruilverkavelingen "Rolde" en "Anloo". Doctoraalscriptie RU Groningen

REIJNEN, M.J.S.M. e.a.,1981. Vegetatie en grondwaterwinning in het gebied ten zuiden van Breda. RIN-rapport 81/24, Leersum

ROELOFS, H.J. en W. VOS.,1979. Landschapsoecologische relaties via het grondwater in de Kampina en omgeving. Rijksinstituut voor onderzoek in bos- en landschapsbouw De Dorschkamp. Rapport nr. 213, Wageningen

RIJKSINSTITUUT voor NATUURBEHEER ,1979. Natuurbeheer in Nederland; Levensgemeenschappen. Pudoc Wageningen

RIJTEMA, P.E.,1969. Soil moisture forecasting. ICW nota 413, Wageningen

SCHUT, J.Th. de ,1962. Twenthe natuurhistorisch dl.III; De Twenthse heide. N.V

STICHTING voor BODEMKARTERING ,1979. Bodemkaart van Nederland; Blad 34Oost Enschede en blad 35 Glanerbrug. Wageningen

TERWINDT, H.P. en H.W. VAN ZIEL,1981. Richtlijnen voor het beheer van enkele natuurterreinen van het landgoed Twickel bij Delden. Doctoraalscriptie,Vakgroep Natuurbeheer Landbouwhogeschool Wageningen

VRIES, R.P. de,1980. Hydrologisch en vegetatiekundig onderzoek in het CRM-reservaat De Dommelbeemden. ICW nota 1212, Wageningen

WALTER, H.,1973. Vegetation of the earth. New York

WATERSCHAP REGGE en DINKEL,1966. Rapport van de Studiecommissie voor de Afwatering in het Reggegebied. Almelo

------- 1981. Jaarverslag 1980. Almelo

WERKGROEP BIOLOGISCHE WATERBEOORDELING,1978. Biologische waterbeoordeling. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek,TNO

WESTHOFF, V. e.a.,1973. Wilde planten; Flora en vegetatie in onze natuurgebieden, deel 3: De hogere grond. Amsterdam

WESTHOFF, V. en A.J. DEN HELD,1975. Plantengemeenschappen in Nederland. Zutphen

TABEL Q :

IJKTABEL BENTELERZIJDE. MEETPERIODE NOVEMBER 1981 - JULI 1982.

Per.	N.	$E_{pot.}$	N-E	Inh. w.z.	Gew. cap.	Wer. cap.	Tek.	Beek-peil.	M_t + beek-peil.	A	u.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m NAP			
Dec.	46.6	0.0	46.6	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	18.90	1	15.
	8.3	0.0	8.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	18.83	1	15
	10.6	0.0	10.6	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	18.77	1	15
Jan.	27.6	1.0	26.6	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.83	1	15
	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.71	1	15
	33.3	0.0	33.3	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.82	1	15
Feb.	9.8	3.0	9.0	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.76	1	15
	5.4	5.0	4.2	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.68	0.7	10
	0.0	4.0	- 1.0	25.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.55	0.7	10
Ma.	32.2	11.0	29.5	26.0	0.0	0.0	0.0	16.95	18.74	1	15
	27.3	14.0	23.8	26.0	0.0	0.0	0.0	16.95	18.77	1	15
	0.9	16.0	- 3.1	22.9	0.0	0.0	0.0	17.00	18.64	0.7	10
Ap.	18.8	23.0	12.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.97	18.65	0.7	10
	6.1	24.0	0.1	26.0	0.0	0.0	0.0	16.97	18.54	0.7	10
	4.3	25.0	- 1.9	24.1	0.0	0.0	0.0	16.91	18.41	0.7	10
Mei	26.3	26.0	19.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.89	18.50	0.7	10
	4.0	38.0	- 5.7	20.3	0.0	0.0	0.0	16.92	18.39	0.7	10
	11.0	43.0	0.2	20.5	0.0	0.0	0.0	16.91	18.29	0.7	10
Juni	0.0	50.0	-25.0	0.0	4.5	4.5	0.0	16.90	18.15	0.7	10
	43.3	28.0	29.4	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.10	0.7	10
	58.9	43.0	41.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.43	0.7	10
Juli	11.9	40.0	-16.1	9.9	0.0	0.0	0.0	16.90	18.32	0.7	10
	0.1	49.0	-34.2	0.0	24.3	24.3	0.0	16.90	17.99	0.7	10
	1.9	41.0	-26.8	0.0	26.8	26.8	0.0	16.90	17.85	0.7	10

Legenda : N = neerslag
E_{pot} = potentiële evapotranspiratie
N-E = neerslagoverschot/verdampingstekort
Inh.w.z. = vochtinhoud v.d. wortelzône
Gew.cap. = gewenste capillaire nalevering
Wer.cap. = werkelijke capillaire nalevering
Tek. = vochttekort ivm. optimale vochtvoorziening

M_t = opbolling v.h. freatisch vlak
A = afvoerintensiteit
u = bergingsfaktor

TABEL R :

IJKTABEL DELDENERZIJDE. MEETPERIODE NOVEMBER 1981 -JULI 1982.

Per.	N.	$E_{pot.}$	N-E	Inh. w.z.	Gew. cap.	Wer. cap.	Tek.	Beek-peil.	M_t + beek-peil.	A	u.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m NAP			
Dec.	46.6	0.0	46.6	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	17.66	6.0	50.
	8.3	0.0	8.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	17.59	4.0	50.
	10.6	0.0	10.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.96	17.55	4.0	30.
Jan.	27.6	1.0	27.4	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.55	4.0	30.
	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.47	2.0	30.
	33.3	0.0	33.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.81	17.53	3.0	30.
Feb.	9.8	3.0	9.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.81	17.49	2.0	20.
	5.4	5.0	4.2	26.0	0.0	0.0	0.0	16.76	17.44	1.0	10.
	0.0	4.0	- 1.0	25.0	0.0	0.0	0.0	16.76	17.37	1.5	15.
Ma.	32.2	11.0	29.5	26.0	0.0	0.0	0.0	16.79	17.49	2.0	30.
	27.3	14.0	23.8	26.0	0.0	0.0	0.0	16.76	17.51	2.0	30.
	0.9	16.0	- 3.1	22.9	0.0	0.0	0.0	16.76	17.46	1.5	15.
Ap.	18.8	23.0	12.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.74	17.48	1.5	15.
	6.1	24.0	0.1	26.0	0.0	0.0	0.0	16.74	17.41	0.7	10.
	4.3	25.0	- 1.9	24.1	0.0	0.0	0.0	16.67	17.35	1.0	10.
Mei	26.3	26.0	19.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.47	2.0	20.
	4.0	38.0	- 5.7	20.3	0.0	0.0	0.0	16.62	17.41	1.0	10.
	11.0	43.0	0.2	20.5	0.0	0.0	0.0	16.52	17.36	0.7	10.
Jun.	0.0	50.0	-25.0	00.0	4.5	4.5	0.0	16.57	17.26	0.7	10.
	43.3	28.0	29.4	26.0	0.0	0.0	0.0	16.52	17.24	0.7	10.
	58.9	43.0	41.9	26.0	0.0	0.0	0.0	16.47	17.43	0.7	10.
Juli	11.9	40.0	-16.1	9.9	0.0	0.0	0.0	16.42	17.33	0.7	10.
	0.1	49.0	-24.3	0.0	14.4	14.4	0.0	16.37	17.03	0.7	10.
	1.9	41.0	-26.8	0.0	26.8	26.8	0.0	16.30	16.81	0.7	10.

Bijlage Q 4/m II

TABEL T :

BENTELERZIJDE BUIS 14; 10% DROOG ZHJ. BEEKPEILVERANDERING: 0 cm.

Per.	Inh. w.z. mm.	Gew. cap. mm.	Wer. cap. mm.	Tek. mm.	Beek-peil. m.+NAP	M_t + beek-peil	A	u. -
Apr.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.65	0.7	10
						18.70		
						18.73		
Mei	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.69	0.7	10
						18.65		
						18.61		
Juni	11.7	0.0	0.0	0.0	16,90	18.49	0.7	10
						18.38		
						18.28		
Juli	0.0	4.3	4.3	0.0	16.90	18.16	0.7	10
	0.0	16.0	12.0	4.0	16.90	17.92		
	0.0	16.0	2.5	11.5	16.90	17.83		
Aug.	0.0	22.0	2.0	20.0	16.90	17.74	0.7	10
	0.0	22.0	2.0	20.0	16.90	17.66		
	0.0	22.0	2.0	20.0	16.90	17.59		
Sep.	0.0	3.9	2.0	1.9	16.90	17.53	0.7	10
	0.0	3.9	1.0	2.9	16.90	17.47		
	0.0	3.9	1.0	2.9	16.90	17.43		
Okt.	15.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.39	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	o.0	16.90	17.39		
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.50		
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	17.68	0.7	10
						17.85		
						18.00		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.18	0.7	10
						18.35		
						18.50		

Inh. w.z. = vochtinhoud wortelzône M_t = opbolling grondwater (fig.38)
Gew, cap. = gewenste cap. nalevering Tek.= tekort aan capillaire nalevering.

TABEL U :

BENTELERZIJDE BUIS 14; 30% DROOG ZHJ; BEEKPEILVERANDERING 0 cm.

Per.	Inh. w.z. mm.	Gew. cap. mm.	Wer. cap. mm.	Tek. mm.	Beek-peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A	u. -
Apr.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.65	0.7	10.
						18.69		
						18.72		
Mei.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.71	0.7	10
						18.70		
						18.69		
Juni	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.63	0.7	10
						18.58		
						18.52		
Juli	15.6	0.0	0.0	0.0	16.90	18.41	0.7	10
	5.2	0.0	0.0	0.0	16.90	18.31	0.7	10
	0.0	5.2	5.2	0.0	16.90	18.16	0,7	10
Aug.	6.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.08	0.7	10
	12.1	0.0	0.0	0.0	16.90	18.00	0.7	10
	18.1	0.0	0.0	0.0	16.90	17.92	0.7	10
Sept.	13.9	0.0	0.0	0.0	16.90	17.86	0.7	10
	9.7	0.0	0.0	0.0	16.90	17.79	0.7	10
	5.5	0.0	0.0	0.0	16.90	17.73	0.7	10
Okt.	20.4	0.0	0.0	0.0	16.90	17.67	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.72	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.81	0.7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	17.98	0.7	10
						18.13	0.7	10
						18.26	0.7	10
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.42	0.7	10
						18.57		
						18.71		

TABEL V :

BENTELERZIJDE BUIS 14; 50% DROOG ZHJ; BEEKPEILVERANDERING: 0 cm.

Per.	Inh. w.z. mm.	Gew. cap. mm.	Wer. cap. mm.	Tek. mm	Beek-peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A	u
Apr.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.74	0.7	10
						18.78	1.0	15
						18.83	1.0	15
Mei	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.74	1.0	15
						18.67	0.7	10
						18.61	0.7	10
Juni	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.63	0.7	10
						18.65		
						18.67		
Juli	16.4	0.0	0.0	0.0	16.90	18.56	0.7	10
	6.8	0.0	0.0	0.0	16.90	18.45	0.7	10
	0.0	- 2.7	2.7	0.0	16.90	18.32	0.7	10
Aug.	12.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.22	0.7	10
	24.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.13	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.14	0.7	10
Sep.	15.6	0.0	0.0	0.0	16.90	18.06	0.7	10
	5.2	0.0	0.0	0.0	16.90	17.98	0.7	10
	0.0	5.2	5.2	0.0	16.90	17.85	0.7	10
Okt.	14.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.79	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.77	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.87	0.7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.02	0.7	10
						18.17		
						18.30		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.46	0.7	10
						18.61		
						18.74		

TABEL W :

BENTELERZIJDE BUIS 14; 70% DROOG ZHJ; BEEKPEILVERANDERING: 0 cm.

Per.	Inh. w.z. mm.	Gew. cap. mm	Wer. cap. mm.	Tek. mm.	Beek-peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A	u
Apr.	22.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.49	0.7	10
	17.9	0.0	0.0	0.0	17.00	18.39	0.7	10
	13.9	0.0	0.0	0.0	17.00	18.29	0.7	10
Mei	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.29	0.7	10
						18.41		
						18.52		
Juni	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.48	0.7	10
						18.44	0.7	10
						18.41	0.7	10
Juli	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.33	0.7	10
						18.27		
						18.20		
Aug.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	18.26	0.7	10
						18.30		
						18.35		
Sep.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.50	0.7	10
						18.64		
						18.76		
Okt.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.74	1.0	15
						18.76	0.7	15
						18.74	1.0	15
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.77	1.0	15
						18.80		
						18.82		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.00	18.87	1.0	15
						18.91		
						19.93	1.0	40

TABEL X :

DELDENERZIJDE BUIS 21; 10% DROOG ZHJ. BEEKPEILVERANDERING: 0 cm.

Per.	N.	$E_{pot.}$	N-E	Inh. w.z.	Gew. cap.	Wer. cap.	Tek.	Beek-peil.	N_t + beek-peil.	A	u.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	m.NAP		%	-
Apr.	63.0	15.5	47.5	26.0	0.0	0.0	0.0	16.75	17.47	1.5	15.
								16.75	17.48	2.0	20
								16.75	17.48	2.0	20
Mei	50.1	25.5	24.6	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.44	2.0	20
								16.67	17.42	1.5	15
								16.67	17.40	1.5	15
Juni	46.7	61.0	-14.3	11.7	0.0	0.0	0.0	16.51	17.34	0.7	10
								16.51	17.28	0.7	10
								16.51	17.23	0.7	10
Juli	37.4	85.4	-48.0	0.0	4.3	4.3	0.0	16.35	17.13	0.7	10
					16.0	16.0	0.0	16.13	16.93	0.7	10
					16.0	13.0	3.0	15.91	16.76	0.7	10
Aug.	19.6	86.8	-67.2	00.0	23.0	6.0	17.0	15.69	16.66	0.7	10
					22.2	2.0	20.2	15.69	16.59	0.7	10
					22.0	2.0	20.0	15.69	16.51	0.7	10
Sept.	57.2	45.5	-11.7	0.0	3.9	2.0	1.9	15.67	16.43	0.7	10
					3.9	2.0	1.9	15.67	16.36	0.7	10
					3.9	2.0	1.9	15.67	16.30	0.7	10
Okt.	57.7	15.0	44.7	15.0	0.0	0.0	0.0	15.67	16.25	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	15.83	16.26	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.10	16.39	0.7	10
Nov.	68.3	1.7	66.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.34	16.60	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.34	16.80	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.34	16.98	0.7	10
Dec.	76.1	0.5	76.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.57	17.20	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.41	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.52	0.7	10

TABEL Y :

DELDENERZIJDE BUIS 21; 30% DROOG ZHJ. BEEKPEILVERANDERING: 0 cm.

Per.	N.	$E_{pot.}$	N-E	Inh. w.z.	Gew. cap.	Wer. cap.	Tek.	Beek-peil.	N_t + beek-peil.	A	u.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	m.NAP		%	-
Apr.	64.2	16.0	48.2	26.0	0.0	0.0	0.0	16.75	17.45	2.0	20
									17.46	2.0	20
									17.47	2.0	20
Mei	61.0	26.0	35.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.45	2.0	20
									17.43	2.0	20
									17.43	1.5	15
Juni	71.0	52.0	19.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.40	1.5	15
									17.39	1.0	10
									17.40	0.7	10
Juli	33.9	65.1	-31.2	15.6	0.0	0.0	0.0	16.67	17.35	0.7	10.
				5.2	0.0	0.0	0.0	16.64	17.30	0.7	10
				0.0	5.2	5.2	0.0	16.62	17.21	0.7	10
Aug.	73.4	55.3	18.1	6.0	0.0	0.0	0.0	16.62	17.17	0.7	10
				16.1	0.0	0.0	0.0	16.62	17.13	0.7	10
				18.1	0.0	0.0	0.0	16.62	17.09	0.7	10
Sep.	28.7	41.3	-12,6	13.9	0.0	0.0	0.0	16.62	17.06	0.7	10
				9.7	0.0	0.0	0.0	16.62	17.03	0.7	10
				5.5	0.0	0.0	0.0	16.62	17.00	0.7	10
Okt.	57.7	13.0	44.7	20.4	0.0	0.0	0.0	16.62	16.98	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.62	17.05	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.17	0.7	10
Nov.	68.3	2.0	66.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.27	0.7	10
								16.67	17.36	0.7	10
								16.67	17.43	1.0	10
Dec.	76.1	1.5	76.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.50	2.0	20
								16.90	17.52	3.0	30
								16.90	17.54	3.0	30

TABEL Z :

DELDENERZIJDE BUIS 21; 50% DROOG ZHJ. BEEKPEILVERANDERING: 0 cm.

Per.	N.	$E_{pot.}$	N-E	Inh. w.z.	Gew. cap.	Wer. cap.	Tek.	Beek-peil.	M_t + beek-peil.	A	u.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	m NAP		%	-
Apr.	78.0	16.7	61.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.75	17.47	2.0	20
									17.50	2.0	20
									17.49	3.0	30
Mei	47.7	29.5	18.2	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.44	2.0	20
									17.41	1.5	15
									17.38	1.5	15
Juni	90.9	53.9	36.1	26.0	0.0	0.0	0.0	16.57	17.39	1.5	15
									17.40	1.5	15
									17.41	1.5	15
Juli	45.5	74.2	-28.7	16.4	0.0	0.0	0.0	16.48	17.32	0.7	10
				6.8	0.0	0.0	0.0	16.48	17.26	0.7	10
				0.0	-2.7		0.0	16.48	17.18	0.7	10
Aug.	90.0	53.9	36.1	12.0	0.0	0.0	0.0	16.50	17.13	0.7	10
				24.0	0.0	0.0	0.0	16.50	17.19	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.50	17.14	0.7	10
Sep.	5.2	36.4	-31.2	15.6	0.0	0.0	0.0	16.45	17.10	0.7	10
				5.2	0.0	0.0	0.0	16.45	17.06	0.7	10
				0.0	5.2	5.2	0.0	16.45	16.96	0.7	10
Okt.	57.7	15.0	42.7	14.0	0.0	0.0	0.0	16.55	16.93	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.55	16.94	0.7	10
				26.0	0.0	0.0	0.0	16.55	17.06	0.7	10
Nov.	68.3	1.7	66.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.25	0.7	10
								16.67	17.41	1.0	10
								16.75	17.48	2.0	20
Dec.	76.1	0.5	76.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.52	2.0	20
									17.54	3.0	30
									17.55	3.0	30

TABEL AA :

DELDENERZIJDE BUIS 21; 70% DROOG ZHJ. BEEKPEILVERANDERING: 0 cm.

Per.	N.	$E_{pot.}$	N-E	Inh. w.z.	Gew. cap.	Wer. cap.	Tek.	Beek-peil.	M_t + beek-peil	A	u
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	m NAP		%	-
Apr.	11.4	23.5	-12.1	22.0	0.0	0.0	0.0	16.75	17.37	1.0	10
				17.9	0.0	0.0	0.0	16.75	17.33	0.7	10
				13.9	0.0	0.0	0.0	16.75	17.29	0.7	10
Mei.	86.7	21.7	66.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.75	17.35	0.7	10
									17.43	1.5	15
									17.47	2.0	20
Juni	74.6	53.0	21.6	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.43	2.0	20
									17.40	1.5	15
									17.40	1.0	10
Juli	89.0	79.8	9.2	26.0	0.0	0.0	0.0	16.67	17.38	0.7	10
									17.36	0.7	10
									17.35	0.7	10
Aug.	99.6	56.0	43.6	26.0	0.0	0.0	0.0	16.69	17.43	1.0	10
									17.45	1.5	15
									17.45	2.0	20
Sept.	112.8	36.4	76.4	26.0	0.0	0.0	0.0	16.75	17.48	2.5	25
									17.51	2.5	25
									17.52	3.0	30
Okt.	57.7	13.0	44.7	26.0	0.0	0.0	0.0	16.75	17.49	2.5	25
									17.48	2.5	25
									17.46	2.5	25
Nov.	68.3	1.7	66.3	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.49	2.5	25
									17.52	2.5	25
									15.53	3.0	30
Dec.	76.1	0.5	76.0	26.0	0.0	0.0	0.0	16.90	17.55	3.0	30
									17.57	3.0	30
									17.59	3.0	30

TABEL BB :

BENTELERZIJDE BUIS 14; BEEKPEILVERANDERING: + 80 cm.

TIJDSTIP VAN AANSLUITING: 10 juli.

10% droog zomerhalfjaar.

Per.	Inh. w.z. mm	Gew. cap. mm	Wer. cap. mm	Tek. mm	Beek-peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A %	u -
Juli	0.0	16.0	16.0	0.0	17.70	18.72	0.7	10
	0.0	16.0	16.0	0.0	17.70	18.51	0.7	10
Aug.	0.0	23.0	23.0	0.0	17.70	18.24	0.7	10
	0.0	22.0	16.0	6.0	17.70	18.06	0.7	10
	0.0	22.0	7.5	14.5	17.70	17.97	0.7	10
Sept.	0.0	3.9	3.9	0.0	17.70	17.91	0.7	10
	0.0	3.9	2.0	1.9	17.70	17.88	0.7	10
	0.0	3.9	2.0	1.9	17.70	17.84	0.7	10
Okt.	15.0	0.0	0.0	0.0	17.70	17.83	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	17.85	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	17.99	0.7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	18.21	0.7	10
						18.42		
						18.62		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	18.81	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	18.91	1.0	15
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	18.95	1.0	40

TABEL CC :

BENTELERZIJDE BUIS 14; 50% DROOG ZHJ; BEEKPEILVERANDERING :+80 cm.

TIJDSTIP VAN AANSLUITING: 30 sept: 17.85 + 0.80 = 18.65 m.+NAP

Per.	Inh. w.z. mm	Gew. cap. mm	Wer. cap. mm	Tek. mm	Beekpei peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A %	u. -
Okt.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	18.68	0.7	10
						18.65		
						18.64		
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	18.82	1.0	15
						18.90	1.0	15
						18.93	1.0	50
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	18.96	1.0	50
						18.98	1.0	50
						19.00	1.0	50
Jan.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	19.02	1.0	70
						19.03		
						19.04		
Febr.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	19.04	1.0	70
						19.05		
						19.05		
Ma.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	19.04	1.0	70
						19.06	1.0	100
						19.05	1.0	100
Ap.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.80	19.06	1.0	100
						19.07	1.0	100
						19.08	1.0	100
Mei	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	19.07	1.0	100
						19.06	1.0	100
						19.06	1.0	70
Juni	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	19.05	1.0	70
						19.05	1.0	70
						19.05	1.0	70
Juli	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	19.02	1.0	70
						18.99	1.0	70
						18.93	1.0	40
Aug.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	18.93	1.0	40
						18.94	1.0	40
						18.94	1.0	40
Sep.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.70	18.88	1.0	15
						18.75	1.0	15
						18.58	0.7	10

TABEL DD :

BENTELERZIJDE BUIS 14; 10 % DROOG ZIJ; BEEKPEILVERANDERING: + 20 cm.

TIJDSTIP VAN AANSLUITING: 30 juni: 18.52 + 0.20 = 18.72 m.+NAP

Per.	Inh. w.z. mm.	Gew. cap. mm.	Wer. cap. mm.	Tek. mm.	Beek-peil. m NAP	M_t + beek-peil.	A mm/dag	u. -
Juli	0.0	4.3	4.3	0.0	17.10	18.35	0.7	10
	0.0	16.0	16.0	0.0	17.10	18.11	0.7	10
	0.0	16.0	9.0	7.0	17.10	17.96	0.7	10
Aug.	0.0	22.0	5.0	17.0	17.10	17.85	0.7	10
	0.0	22.0	2.0	20.0	17.10	17.78	0.7	10
	0.0	22.0	2.0	20.0	17.10	17.71	0.7	10
Sep.	0.0	3.9	2.0	1.9	17.10	17.65	0.7	10
	0.0	3.9	2.0	1.9	17.10	17.60	0.7	10
	0.0	3.9	2.0	1.9	17.10	17.54	0.7	10
Okt.	15.0	0.0	0.0	0.0	17.10	17.51	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.10	17.52	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.10	17.63	0.7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.20	17.77	0.7	10
						17.91		
						18.14		
Dec	26.0	0.0	0.0	0.0	17.20	18.32	0.7	10
						18.50		
						18.65		

TABEL EE :

BENTELERZIJDE BUIS 14; 50% DROOG ZIJ; BEEKPEILVERANDERING + 20 cm.

Tijdstip van aansluiting: 10 juli: 18.56 + 0.20 = 18.76 m.+NAP

Per.	Inh. w.z. mm.	Gew. cap. mm.	Wer. cap. mm	Tek. mm.	Beek-peil. m NAP	M_t + beek-peil.	A mm/dag	u. -
Juli		0.0	0.0	0.0	17.10	18.65	0.7	10
	0.0	-2.7	2.7	0.0	17.10	18.54	0.7	10
Aug.	12.0	0.0	0.0	0.0	17.10	18.44	0.7	10
	24.0	0.0	0.0	0.0	17.10	18.35	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.10	18.36	0.7	10
Sept.	15.6	0.0	0.0	0.0	17.10	18.28	0.7	10
	5.2	0.0	0.0	0.0	17.10	18.20	0.7	10
	0.0	5.2	5.2	0.0	17.10	18.07	0.7	10
Okt.	14.0	0.0	0.0	0.0	17.10	18.01	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.10	17.98	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	17.10	18.07	0,7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.20	18.22	0.7	10
						18.36		
						18.50		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	17.20	18.65	0.7	10
						18.72	0.7	10
						18.78	1.0	15

TABEL FF :

DELDENERZIJDE BUIS 21: 10% DROOG ZIJ: BEEKPEILVERANDERING: -0.5 m.

TIJDSTIP VAN AANSLUITING: 30 APRIL: ± 17.40 m.+NAP

Per.	Inh. w.z. mm.	Gew. cap. mm.	Wer. cap. mm.	Tek. mm	Beek-peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A %	u. -
Mei	26.0	0.0	0.0	0.0	16.42	17.19	0.7	10
						17.21		
						17.24		
Juni	11.7	0.0	0.0	0.0	16.30	17.18	0.7	10
						17.12		
						17.06		
Juli	00.0	4.3	4.3	0.0	16.17	16.96	0.7	10
	0.0	16.0	14.0	2.0	16.00	16.76	0.7	10
	0.0	16.0	6.0	10.0	15.90	16.64	0.7	10
Aug.	0.0	23.0	2.0	21.0	15.74	16.56	0.7	10
	0.0	22.0	2.0	20.0	15.68	16.48	0.7	10
	0.0	22.0	2.0	20.0	15.67	16.41	0.7	10
Sep.	0.0	3.9	2.0	1.9	15.67	16.33	0.7	10
	0.0	3.9	2.0	1.9	15.67	16.27	0.7	10
	0.0	3.9	1.0	2.9	15.67	16.22	0.7	10
OKT.	15.0	0.0	0.0	0.0	15.67	16.18	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	15.67	16.18	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	15.67	16.29	0.7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	15.67	16.46	0.7	10
						16.62		
						16.78		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	15.99	16.97	0.7	10
					16.17	17.16		
					16.36	17.35		

TABEL GG :

DELDENERZIJDE BUIS 21; 50% DROOG ZIJ; BEEKPEILVERANDERING: - 0.50 m.

TIJDSTIP VAN AANSLUITING: 30 APRIL: 17.40 m.+NAP

Per.	Inh. w.z. mm	Gew. cap. mm	Wer. cap. mm.	Tek. mm.	Beek-peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A %	u -
Mei.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.42	17.19	0.7	10
						17.20		
						17.20		
Juni	26.0	0.0	0.0	0.0	16.23	17.27	0.7	10
						17.34		
						17.40		
Juli	16.4	0.0	0.0	0.0	16.17	17.31	0.7	10
	6.8	0.0	0.0	0.0	16.17	17.24	0.7	10
	0.0	2.7	2.7	0.0	16.17	17.14	0.7	10
Aug.	12.0	0.0	0.0	0.0	16.05	17.07	0.7	10
	24.0	0.0	0.0	0.0	16.05	17.00	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.05	17.03	0.7	10
Sept.	15.6	0.0	0.0	0.0	16.05	16.96	0.7	10
	5.2	0.0	0.0	0.0	16.05	16.90	0.7	10
	0.0	5.2	5.2	0.0	16.05	16.79	0.7	10
Okt.	14.0	0.0	0.0	0.0	16.05	16.74	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.05	16.72	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.05	16.82	0.7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.29	17.00	0.7	10
						17.16		
						17.32		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.53	17.41	0.7	10
						17.48		
						17.49.		

TABEL HH :

DELDENERZIJDE BUIS 21; 10% DROOG ZHJ; BEEKPEILVERANDERING: - 0.1 m.

TIJDSTIP VAN AANSLUITING: 30 april: + 17.40 m.+NAP

Per.	Inh. w.z. mm	Gew. cap. mm	Wer. cap. mm	Tek. mm	Beek-peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A %	u. -
Mei	26.0	0.0	0.0	0.0	16.57	17.39	0.7	10
						17.39	1.0	10
						17.39	1.0	10
Juni	11.7	0.0	0.0	0.0	16.42	17.32	0.7	10
						17.26	0.7	10
						17.21	0.7	10
Juli	0.0	4.3	4.3	0.0	16.23	17.10	0.7	10
	0.0	16.0	16.0	0.0	16.23	16.89	0.7	10
	0.0	16.0	10.0	6.0	16.23	16.75	0.7	10
Aug.	0.0	23.0	6.0	17.0	16.05	16.64	0.7	10
	0.0	22.0	2.0	20.0	15.83	16.57	0.7	10
	0.0	22.0	2.0	20.0	15.67	16.49	0.7	10
Sep.	0.0	3.9	2.0	1.9	15.67	16.41	0.7	10
	0.0	3.9	2.0	1.9	15.67	16.34	0.7	10
	0.0	3.9	2.0	1.9	15.67	16.28	0.7	10
Okt.	15.0	0.0	0.0	0.0	15.67	16.24	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	15.83	16.24	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.10	16.37	0.7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.34	16.59	0.7	10
						16.78		
						16.97		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.57	17.18	0.7	10
						17.39		
						17.47		

TABEL II :

DELDENERZIJDE BUIS 21; 50% DROOG ZHJ; BEEKPEILVERANDERING: -10 cm.

TIJDSTIP VAN AANSLUITING: 10 MEI: ± 17.40 m.+NAP

Per.	Inh. w.z. mm	Gew. cap. mm	Wer. cap. mm	Tek. mm	Beek-peil. m.NAP	M_t + beek-peil.	A %	u. -
Mei.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.57	17.39	0.7	10
						17.40		
Juni	26.0	0.0	0.0	0.0	16.46	17.40	0.7	10
						17.40		
						17.40		
Juli	16.4	0.0	0.0	0.0	16.40	17.33	0.7	10
	6.8	0.0	0.0	0.0	16.40	17.26	0.7	10
	0.0	2.7	2.7	0.0	16.40	17.17	0.7	10
Aug.	12.0	0.0	0.0	0.0	16.40	17.12	0.7	10
	24.0	0.0	0.0	0.0	16.40	17.06	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.40	17.11	0.7	10
Sep.	15.6	0.0	0.0	0.0	16.35	17.06	0.7	10
	5.2	0.0	0.0	0.0	16.35	17.01	0.7	10
	0.0	5.2	5.2	0.0	16.35	16.92	0.7	10
Okt.	14.0	0.0	0.0	0.0	16.46	16.89	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.46	16.89	0.7	10
	26.0	0.0	0.0	0.0	16.46	17.00	0.7	10
Nov.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.57	17.19	0.7	10
						17.36		
						17.43		
Dec.	26.0	0.0	0.0	0.0	16.80	17.49	2.0	20
						17.52	2.5	25
						17.53	3.0	30