

NN31545.0925

NOTA 925

I

september 1976

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGERBOUW**

EEN POMPPROEF TE JUNNE (GEM. OMMEN)

drs. A.B. Pomper

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

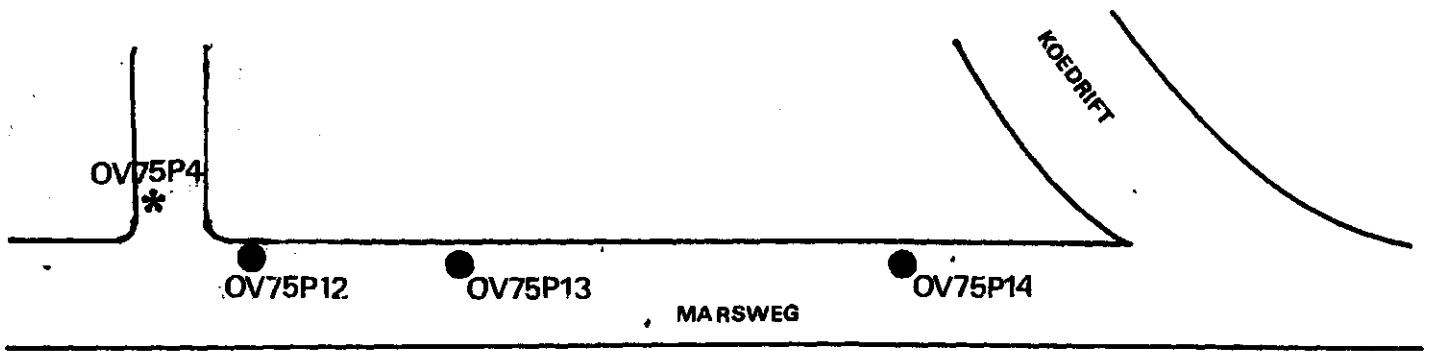
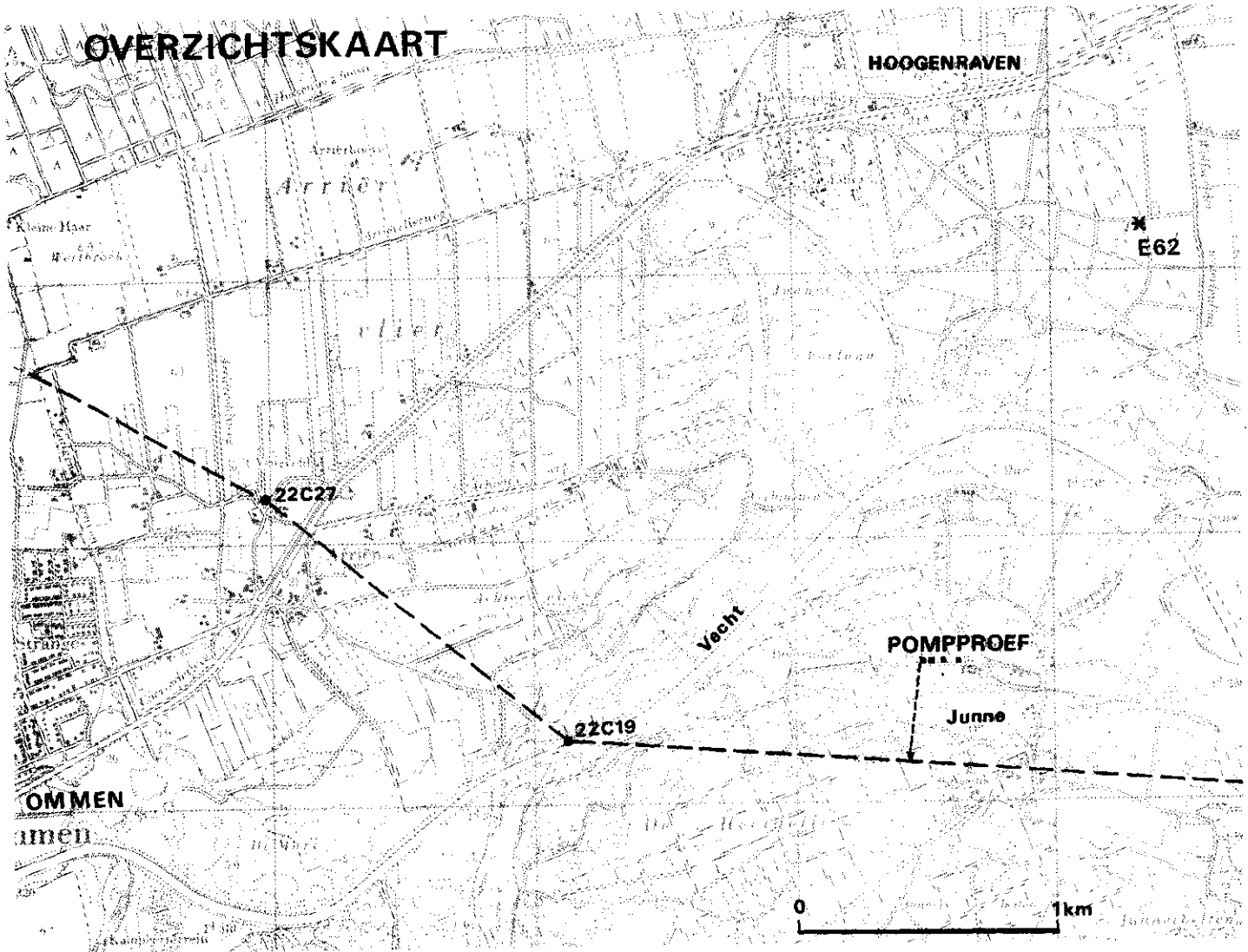


7 FEB. 1989

## I N H O U D

|   | blz. |
|---|------|
| 1. INLEIDING  | 2    |
| 2. GEOLOGISCHE SITUATIE   | 2    |
| a. Algemeen   | 2    |
| b. Beschrijving van de sedimenten in het gebied<br>van de pompproef | 5    |
| c. Beschrijving van de uitgevoerde boringen                         | 7    |
| d. De boring E 62   | 10   |
| 3. DE GRONDWATERSTANDEN   | 12   |
| 4. DE POMPPROEF   | 14   |
| 5. DE BEREKENINGEN  | 16   |
| 6. DE STOPPROEF   | 21   |
| 7. SCHATTING VAN DE $k_D$ -waarde                                   | 24   |
| 8. RECAPITULATIE  | 25   |
| 9. SAMENVATTING   | 26   |
| LITERATUUR  | 28   |
| GEBRUIKTE SYMBOLEN  | 28   |
| BIJLAGEN  |      |

# OVERZICHTSKAART



## SITUATIESCHETS

BOERDERIJ  
G. Hesselink

## 1. INLEIDING

In het kader van de werkzaamheden van de Coördinatiegroep Vechtstreek, welke werd ingesteld door de Stuurgroep Coördinatie Geohydrologisch Onderzoek in Nederland, moest een pompproef worden gehouden in het gebied ten oosten van Ommen. Het ICW zou deze pompproef verzorgen. Aanvankelijk werd hiervoor een locatie gekozen in het gemeentelijk bos ten zuiden van het buurtschap Hoogenraven, waarvoor door het ICW de boring E 62 werd uitgevoerd.

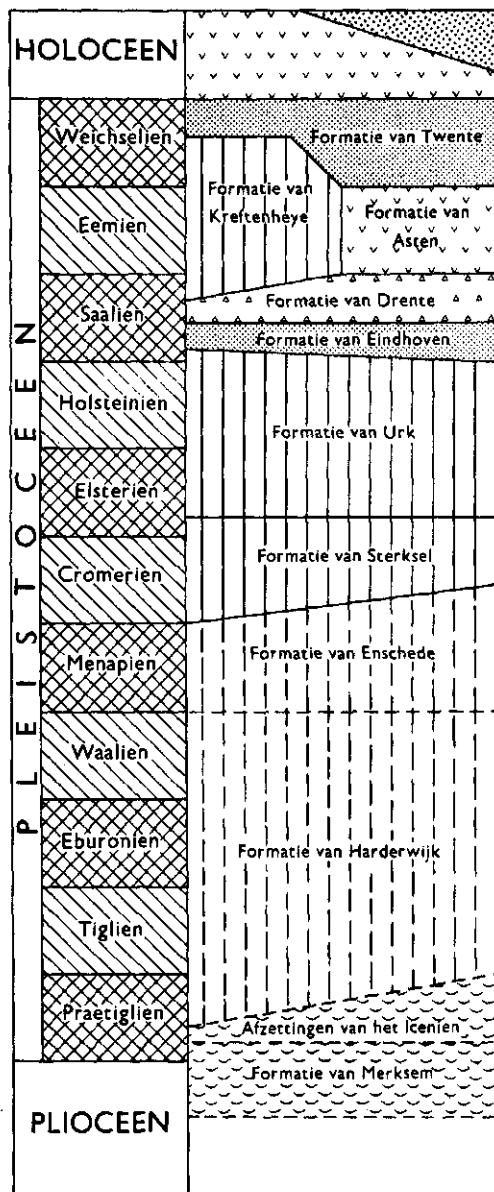
De opbouw van het profiel was echter zodanig dat het uitvoeren van een boring tot de gewenste diepte van 90 meter met de ICW boorinstallatie onmogelijk bleek te zijn. Bovendien was de uitvoering van de boring E 62 de beschikbare boortijd verstreken. Er werd derhalve van afgezien op deze lokatie een pompproef te houden.

Op verzoek van de Waterleiding Maatschappij Overijssel (WMO) te Zwolle werd nu een pompproef gehouden in het buurtschap Junne (gem. Ommen) waarvoor de boorwerkzaamheden in opdracht van de WMO door de Fa. R. Haitjema en Zoon werden uitgevoerd. De pompproef werd onder leiding van de heer H. Witt ingericht en uitgevoerd. Op 11 mei werd de pomp gestart en op 12 mei werd het pompen gestaakt.

## 2. GEOLOGISCHE SITUATIE

### a. Algemeen.

De plaats van de pompproef is gelegen in het oerstroombdal van de Vecht. Dit oerstroombdal ontstond gedurende de Saalien-ijstijd (fig. 2) in de toen aanwezige tertiaire, oud- en midden-pleistocene



**Stratigrafische tabellen**

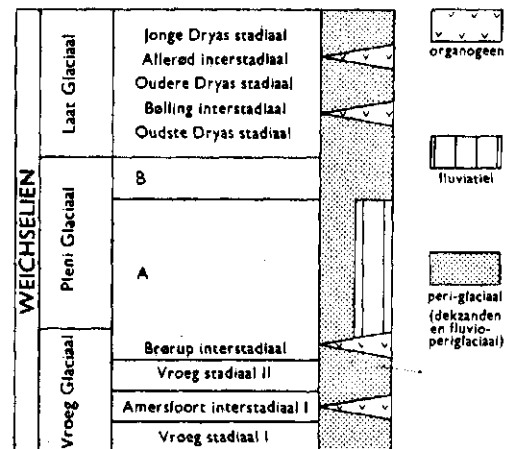
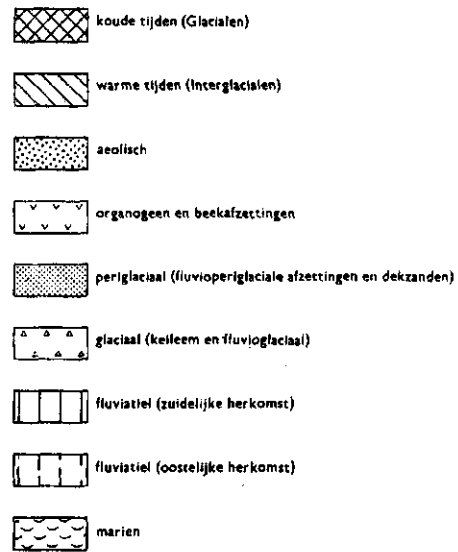


Fig. 2. Geologische tijdtabel (uit RGD 1966)

en preglaciale afzettingen die tijdens de aanwezigheid van het ijs waren opgestuwd. Het diende voor de afvoer van het smeltwater dat afkomstig was van de ten noorden van het dal gelegen ijskap (fig. 3).

In een later stadium van de ijstijd is het dal weer gedeeltelijk opgevuld met een dikke laag zogenaamde glaciale klei, welke ook elders in Nederland wordt aangetroffen en op vele plaatsen een seizoengelaagdheid te zien geeft (JELGERSMA, 1975).

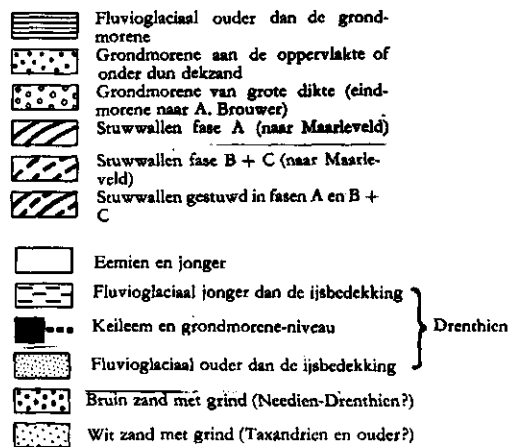
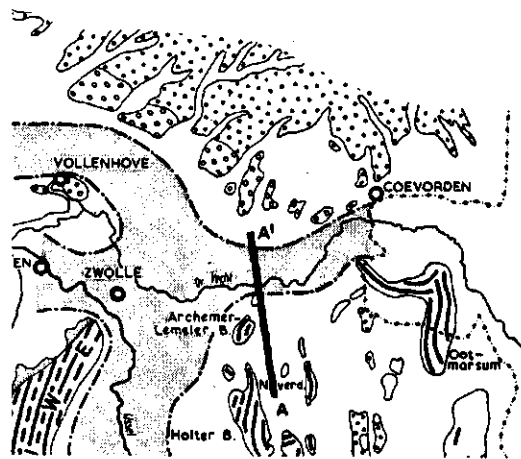
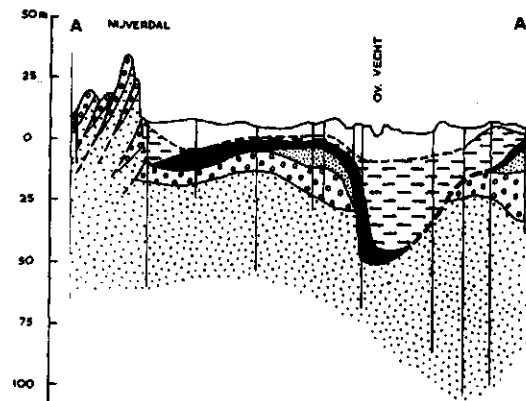


Fig. 3. Geologische kaart en profiel van het Vechtdal en omgeving.  
Overgenomen uit A.J. Pannekoek et al (1956)

Ondanks de tientallen meters dikke opvulling, welk proces zich tot in het holoceen heeft voortgezet, vormt het voormalige oerstroombetal nog steeds een uitgestrekte laagte in het landschap en heeft een belangrijke functie in de natuurlijke drainage van Overijssel en een deel van Drente.

b. Beschrijving van de sedimenten in het gebied van de pompproef.

Op basis van het geo-elektrisch onderzoek dat door de Dienst Grondwaterverkenning-TNO is uitgevoerd kon de opbouw van de ondergrond globaal worden vastgesteld.

Bovengenoemd geo-elektrisch onderzoek betreft voornamelijk het plio-pleistocene pakket dat een belangrijke rol speelt in de grondwaterstroming en het grondwater-regime. Als onderbegrenzing van dit watervoerend pakket wordt genomen het pakket uit het Onder-Plioceen stammende zware kleien en kleihoudende zanden met kleilaagjes (resp. boring 22C-68 en 22D-51). Ter plaatse van de pompproef wordt dit kleipakket aangetroffen op een diepte van circa 150 meter-NAP.

Direkt boven de basis bevindt zich het mariene Boven-Plioceen bestaande uit fijne slibhoudende zanden, waarvan aangenomen mag worden dat het pakket weliswaar niet slecht doorlatend is maar toch wel een geringe doorlatendheid heeft.

Dit laatste geldt ook voor de daarop liggende zanden uit de Formatie van Scheemda (Jong Tertiair en oud Pleistoceen). Deze laag is weliswaar iets grover maar bevat toch ook wel veel slib. Op de Formatie van Scheemda ligt de Formatie van Zuidlaren, - matig fijne tot matig grove zanden - die mogelijkwijs een grote doorlatendheid hebben.

Ten noordwesten van Ommen komt Tegelenklei voor, die plaatselijk een dikte van meer dan 30 meter bereikt. Hoewel de begrenzing naar het zuidwesten niet met zekerheid is vastgesteld, wordt aangenomen dat deze in het gebied van Junne niet meer voorkomt.

Boven deze onderlaag van slecht en matig doorlatende pakketten komen de grove grindrijke zanden voor behorend tot de Formaties van Harderwijk, Enschede en Urk. Over het algemeen is het onderscheid tussen deze formaties niet zonder specialistisch onderzoek

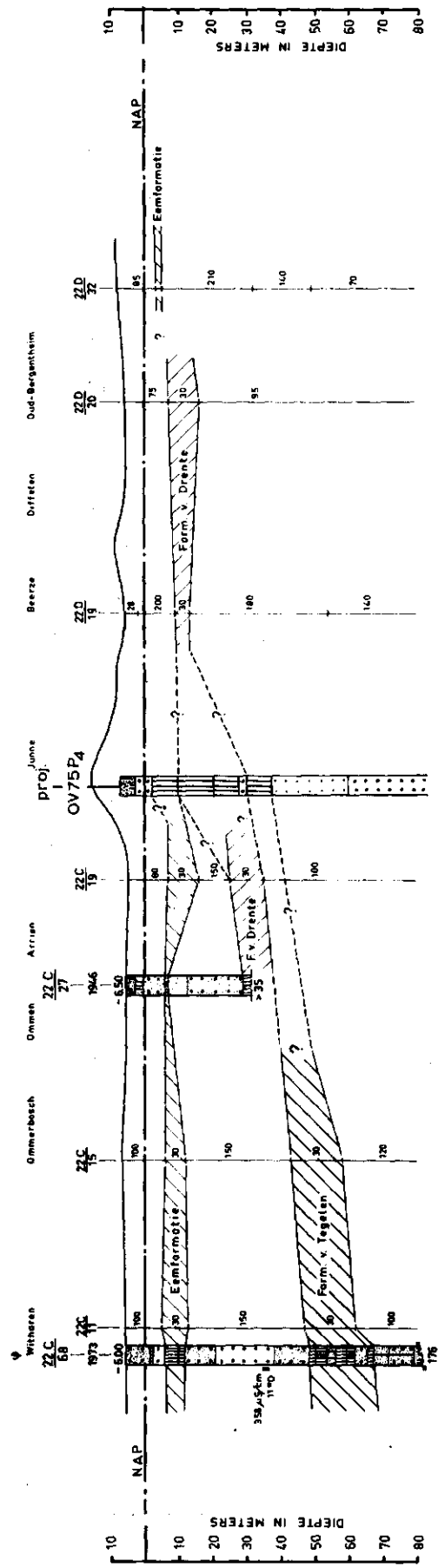


Fig. 4. Profiel voor het gebied rondom Ommen (naar TERWEY, 1974, aangevuld met de boring OV75P4)



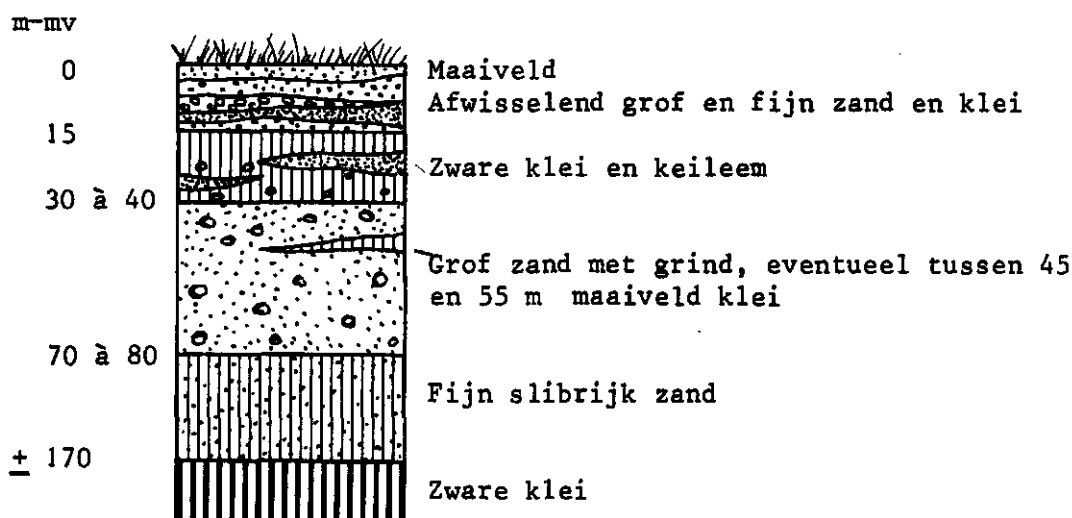
vast te stellen. Voor een hydrologische studie als de onderhavige is dit echter niet van belang.

Het door TERWEY (1975) gegeven onderscheid tussen de Formatie van Urk 1 en Urk 2 gescheiden door een fijne laag uit de Formatie van Peelo en het Holsteinien is in de bij het rapport gegevens profielen niet terug te vinden.

De Formatie van Drenthe bestaat plaatselijk (zoals eerder gemeld) uit fluvioglaciale klei, op andere plaatsen echter uit grove zanden. Volgens profiel 2 uit TERWEY (1975) (fig. 4) kan in de omgeving van Junne klei en keileem uit de formatie van Drenthe worden verwacht. Op de Formatie van Drenthe komen vaak afzettingen uit de Eemformatie voor. In het onderhavige gebied komt plaatselijk continentale Eemklei voor die vaak aansluit bij de Drenthe-klei en daarmee één hydrologisch pakket vormt.

Op de Eem-afzettingen komen tenslotte Jongpleistocene en Holocene zanden en kleien voor die samen niet dikker zijn dan 15 meter.

Samenvattend kan de volgende opbouw worden verwacht:



#### c. Beschrijving van de uitgevoerde boringen.

De profielopbouw ter plaatse van de pompproef kan worden afgelezen uit de boringen die ter plaatse van de pompproef zijn uitgevoerd. Bovendien is beschikbaar de beschrijving van de boring E 62 te Hoogenraven.

Bij de pompproef zijn vier boringen (voor de ligging zie fig. 1) uitgevoerd, waarvan er één tot een diepte van 90 meter -mv is geboord en drie tot 50 meter -mv. Het boorsysteem was bij de diepste 'luchtlift', de andere waren spuitboringen ('straightflush'-boringen). De eerste is goed beschreven terwijl de beschrijving bovendien aangevuld wordt met een geo-elektrische meting in het boorgat; van de overige boringen is alleen de beschrijving van de boormeester beschikbaar. Aan de hand van de profielbeschrijvingen is een profiel samengesteld (fig. 5). Hiernaast zijn de beschrijvingen van de boringen op het terrein van de pompproef en die van boring E 62 gegeven in bijlage 1. In fig. 5 zijn ook de filterdieptes aangegeven. Bij beschouwing van de beschrijving van de boring OV 75 P4 (pompput op het terrein van de pompproef) kan mede op basis van het gestelde in het vorige hoofdstuk de volgende opbouw worden vastgesteld:

Tabel 1.

| meters<br>-mv                   | sediment   | mogelijke<br>formatie        |
|---------------------------------|--|------------------------------|
| 0 - 4.15                        | zeer fijn tot matig grof zand  | Holoceen                     |
| 4.15 - 8.95                     | zeer grof en uiterst grof zand   | Weichselien                  |
| 8.95 - 16.40                    | slappe klei met een enkel steentje   | Eemien                       |
| 16.40 - 25.70                   | afwisselend taaie harde leem en<br>slappe klei met een enkel steentje                                    | Drenthien<br>(glaciale klei) |
| 25.70 - 35.40                   | afwisselend taaie harde leem en slappe<br>klei met grote stenen met onderin zeer<br>grof zand met stenen | Drenthien<br>(keileem)       |
| 35.40 - 42.05                   | afwisselend taaie harde leem en slappe<br>klei, onderin humeus   | Tegelen                      |
| 42.05 - 64.05                   | matig grof zand met wat fijnere<br>laagjes glauconiet houdend  | Scheemda                     |
| 64.05 - 90.00<br>(einde boring) | Uiterst grof glauconiet houdend zand   | Marien<br>plioceen           |

Ten aanzien van de onderverdeling van het kleipakket tussen  $\pm 9$  m en  $\pm 42$  m -mv moet specialistisch onderzoek nader uitsluitsel geven. Dit laatste is in zoverre van belang dat het resultaat een indicatie

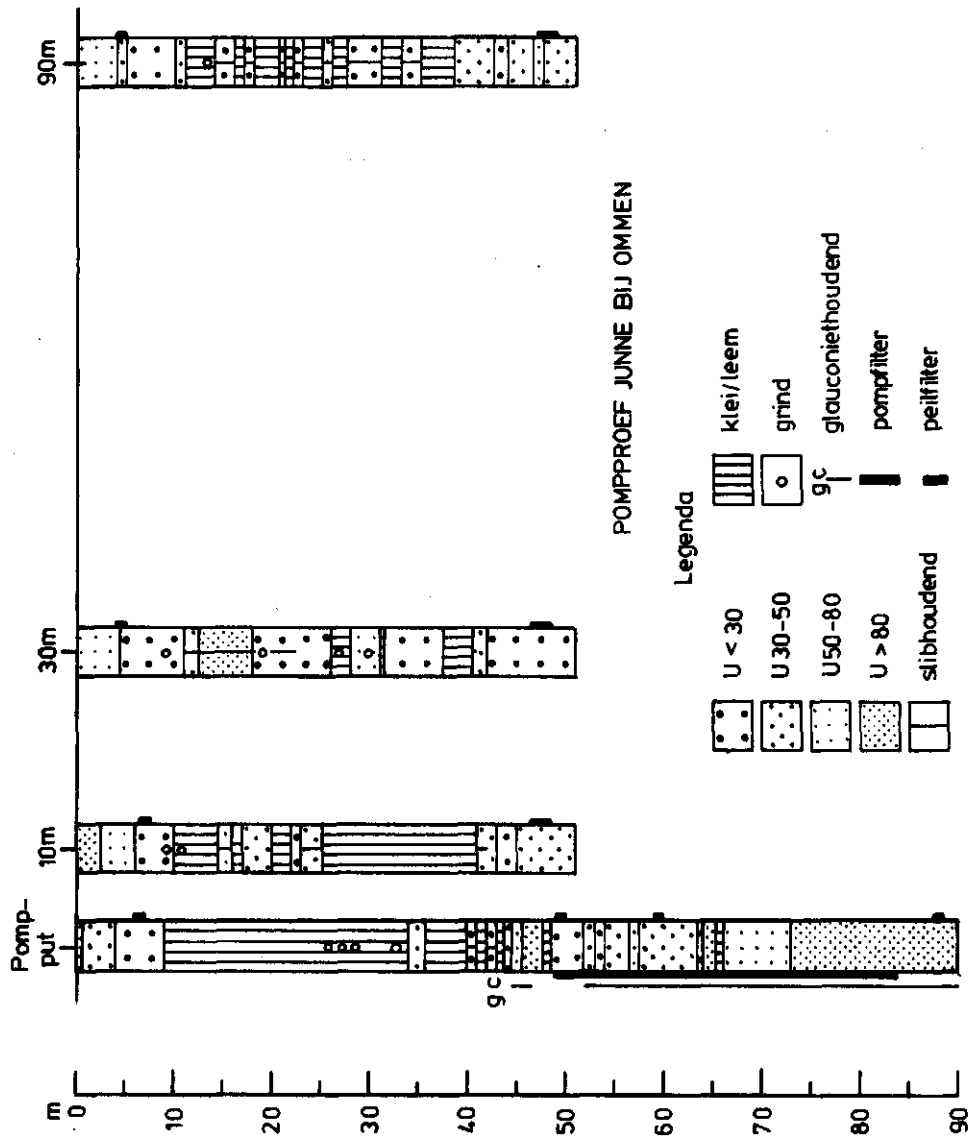


Fig. 5. Schematische weergave van de boringen op het terrein van de pompproef

kan geven van de hydrologische betekenis van de laag over een groter gebied dan de direkte omgeving van de pompproef. De suggestie dat het bovenste gedeelte van het kleipakket tot het Eemien zou behoren vindt steun in het feit dat in de 'straight-flush'-boring OV 75 P12 (op 10 meter afstand van de pompput) tussen 14.50 en 16 m -mv schelpresten zijn aangetroffen.

Zoals gesteld is in het boorgat van de boring OV 75 P4 door de DGV-TNO een geoelektrisch onderzoek uitgevoerd, waarvan het resultaat in fig. 6 is afgebeeld. Doordat de verbuizing tot 44 meter -mv reikte geeft de weerstand geen informatie over het kleipakket.

Wel kon de natuurlijke gammastraling over de bovenste 40 meter worden gemeten. Te zien is dat de bovenste 17 meter een iets geringere waarde geeft en ook een grilliger patroon te zien geeft, als de waarden in het daaronder liggende kleipakket. Bij 32 meter -mv treedt weer een stijging in de intensiteit van de natuurlijke gammastraling op, in hoeverre dit samenhangt met de eerder gesuggereerde geologische indeling van het kleipakket is aan de auteur niet bekend.

d. De boring E 62.

Teneinde een indruk te geven van de geologische opbouw op enige afstand van het terrein van de pompproef en tevens de gegevens meer toegankelijk te maken wordt de boring op de oorspronkelijke pompproeflokatie bij het buurtschap Hoogenraven kort besproken:

De beschrijving van deze boring wordt gegeven in bijlage II. In tegenstelling met boring OV 75 P4 zijn in het leempakket weinig veranderingen te zien. Over het gehele pakket tussen 9.20 en 36.80 meter -mv komt leem voor met stenen en grof grind. Het daaronder voorkomende zand is matig fijn en slibhoudend. Pas op + 50 meter -mv wordt grover zand aangetroffen. Na 70 meter -mv komt weer fijner zand voor, wellicht hetzelfde materiaal dat bij OV 75 P 4 op een diepte van 65.30 meter -mv wordt aangetroffen.

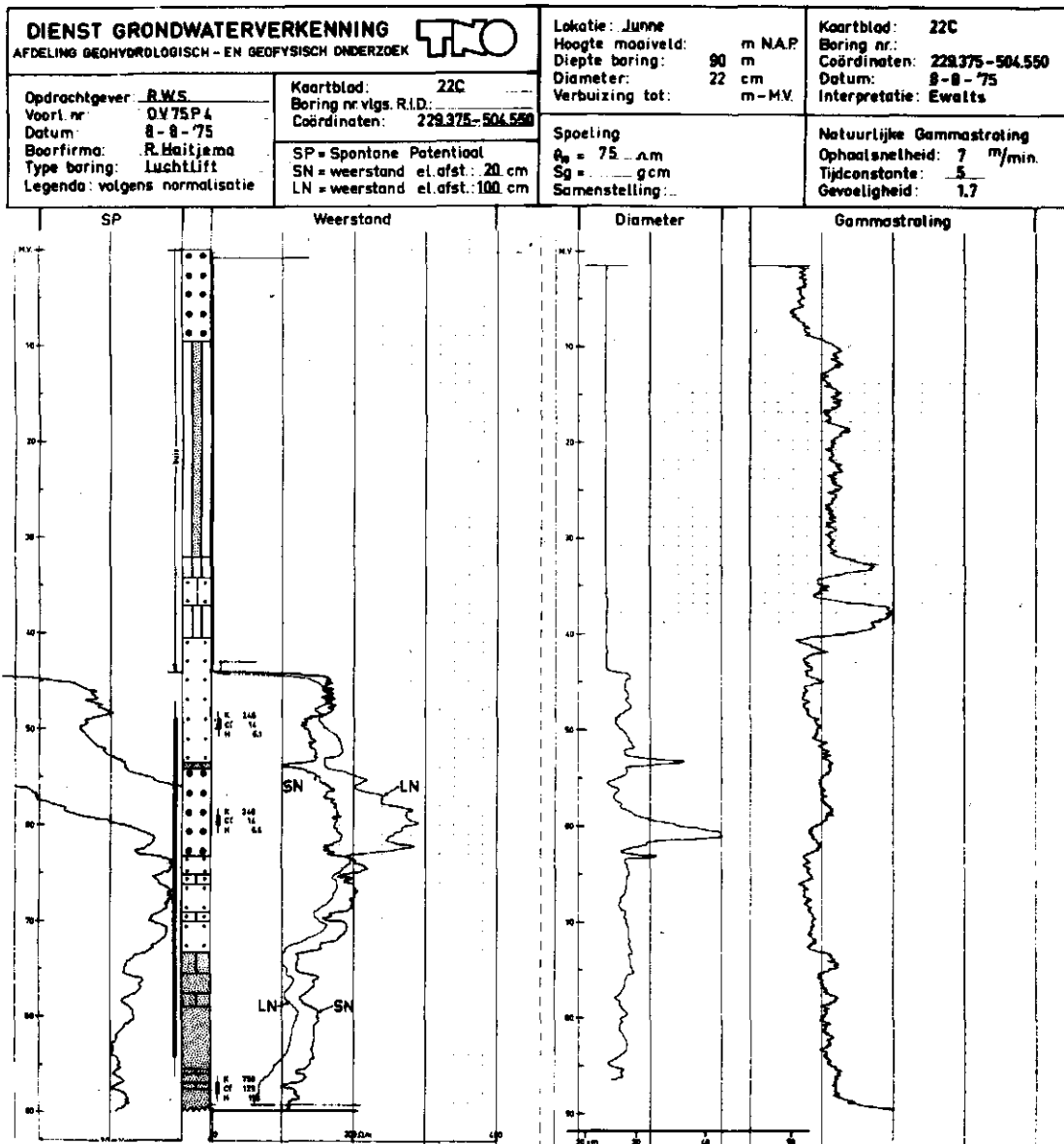


Fig. 6. Geofysische boorgatmeting in boring OV75P4. Meting van de spontane potentiaal (sp) en weerstand was tot 43 m -mv. onmogelijk in verband met verbuizing

### 3. DE GRONDWATERSTANDEN

Fig. 7 geeft het verloop van de grondwaterstanden in het gebied van de pompproef in een periode van ongeveer een maand voor het begin van de pompproef. Het is te zien dat voor de pompproef geen van de peilfilters grote variaties te zien geeft. Alleen is er sprake van een constante lichte daling. Dit laatste kan veroorzaakt zijn door de geringe neerslag gedurende de waarnemingsperiode. Het nabij het terrein van de pompproef gelegen KNMI-neerslagwaarnemingsstation te Vilsteren geeft de volgende neerslagcijfers (tabel 2).

Tabel 2. Neerslaggegevens van het KNMI-waarnemingsstation te Vilsteren

| Datum       | aant.mm<br>neerslag | Datum       | aant.mm<br>neerslag | Datum     | aant.mm<br>neerslag |
|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-----------|---------------------|
| 15 apr. '76 | 0,5                 | 26 apr. '76 | 0                   | 7 mei '76 | 0                   |
| 16 " "      | 0                   | 27 " "      | 0                   | 8 " "     | 0                   |
| 17 " "      | 0                   | 28 " "      | 0                   | 9 " "     | 0                   |
| 18 " "      | 0,1                 | 29 " "      | 0                   | 10 " "    | 0                   |
| 19 " "      | 0                   | 30 " "      | 0                   | 11 " "    | 0                   |
| 20 " "      | 0                   | 1 mei '76   | 1,1                 | 12 " "    | 0                   |
| 21 " "      | 0                   | 2 " "       | 1,2                 | 13 " "    | 2,2                 |
| 22 " "      | 0                   | 3 " "       | 0,5                 |           |                     |
| 23 " "      | 0                   | 4 " "       | 7,1                 |           |                     |
| 24 " "      | 0                   | 5 " "       | 0,5                 |           |                     |
| 25 " "      | 0                   | 6 " "       | 0                   |           |                     |

De invloed van de neerslag op de grondwaterstand is af te leiden uit het gevolg van de korte neerslagperiode aan het begin van mei. De grondwaterstanden van 7 mei geven bij alle buizen een lichte stijging ten opzichte van die van 6 mei.

Overigens is de daling van de grondwaterstanden over de gehele periode dermate gering (6-8 mm over 20 dagen) dat de daling over de periode van de pompproef (22½ uur) verwaarloosbaar wordt geacht.

In fig. 7 zijn van de vier meetpunten op het terrein van de pompproef (OV75 P4 (pompput)), OV75 P12, OV75 P13 en OV75 P14 de

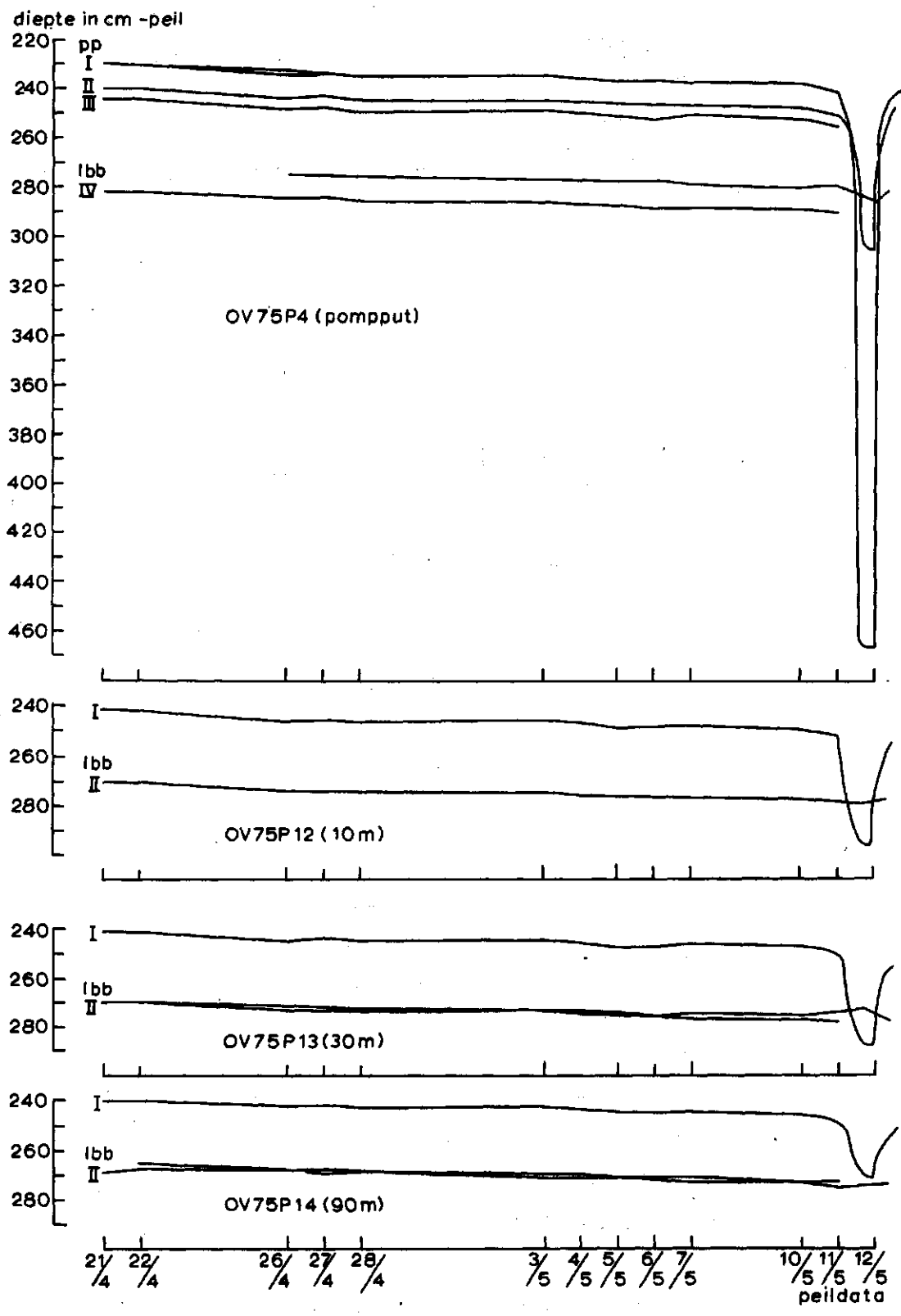


Fig. 7. Grondwaterstanden op de vier meetpunten van het terrein van de pompproef

gegevens alle peilputten per meetpunt gegeven. De waarnemingsdiepten zijn voor alle meetpunten gegeven ten opzichte van de hoogte van eenzelfde vast punt.

Opvallend is dat de waarnemingen in de putten met een filter het bovenste watervoerend pakket en die in het freatisch water weinig verschil te zien geven. Het water boven de glaciale klei is dus freatisch.

Bij alle punten is te zien dat het water onder de glaciale klei circa 30 cm hoger staat dan het freatisch respectievelijk ondiepe grondwater.

Tijdens de pompproef treedt in het pakket waar gepompt wordt (onder de glaciale klei dus) een sterke verlaging op. Ook het freatisch c.q. ondiepe grondwater vertoont een - zeer geringe - verlaging. Een uitzondering op dit laatste vormt meetpunt OV75 P13 waar het freatisch water een geringe verhoging vertoont, wellicht als gevolg van infiltratie vanuit een nabij gelegen greppel die tegen de verwachting in in verbinding stond met de sloot waar het opgepompte water werd geloosd, waardoor plaatselijk voeding van het freatisch water optrad.

#### 4. DE POMPPROEF

Op 11 mei 1976 om 11.30 uur werd de pomp gestart. Het verloop van de grondwaterstanden is in fig. 8 (diep grondwater) en fig. 9 (ondiep grondwater) gegeven. Na 22½ uur is de evenwichtssituatie bereikt en wordt het pompen gestaakt, waarna het herstel wordt vervolgd (stopproef).

Het freatisch water vertoont bij alle meetpunten dan weer een lichte daling, dan weer een lichte stijging. Wellicht is deze gang van zaken het gevolg van het aan en uitslaan van de waterwinningsinstallatie van de nabij gelegen boerderij. Overigens gaan de schommelingen over kleine waarden. Ook de storing van de waterinstallatie van de nabij gelegen boerderij kan niet groot zijn. Hoewel niet bekend was hoe groot die onttrekking was kan geen sprake zijn van een grote hoeveelheid als men weet dat de installatie



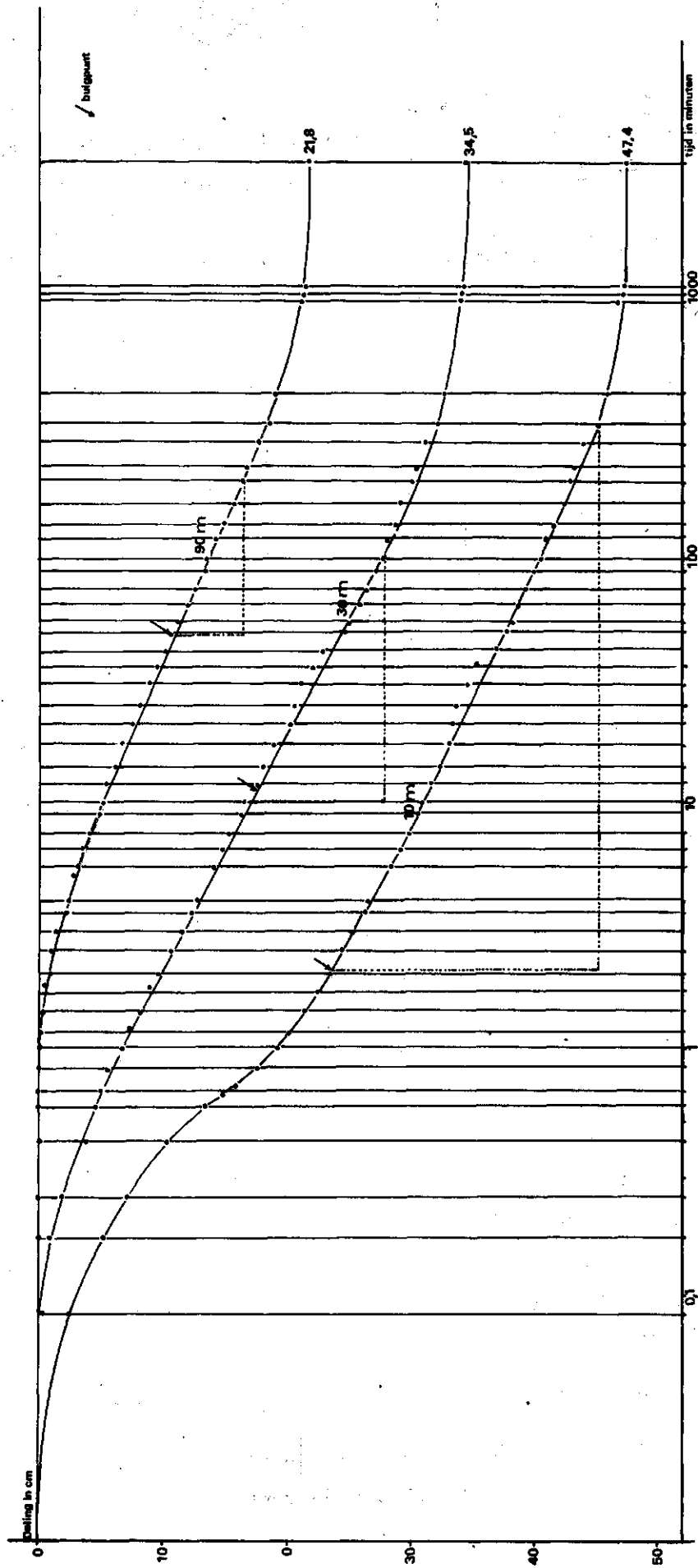


Fig. 8. Verloop van het diepe grondwater tijdens de pompproef

uitsluitend diende voor veedrenking.

Nadat de pomp is gestopt blijkt totaal  $677,15 \text{ m}^3$  te zijn onttrokken, hetgeen neerkomt op een onttrekking van  $30,10 \text{ m}^3/\text{uur}$  of wel  $722,29 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

Aan het einde van de pompproef worden de volgende verlagingen gemeten (tabel 3).

Tabel 3. Verlagingen ten opzichte van de beginstand in het water-voerend pakket onder de glaciale klei, gemeten in cm

|         |       |
|---------|-------|
| Pompput | 214.4 |
| 10 m    | 47.4  |
| 30 m    | 35.4  |
| 90 m    | 21.8  |

De afpompingskegel is in fig. 10 gegeven.

## 5. DE BEREKENINGEN

Gezien het feit dat het freatisch water - zij het licht - reageert op het pompen kan worden aangenomen dat het kleipakket geen volledig afsluitende functie heeft. Voor het onderhavige geval kan dan de formule van De Glee worden toegepast, waarvoor de volgende voorwaarden gelden (KRUSEMAN en DE RIDDER, 1970):

- het afdekkend pakket is licht doorlatend;
- de toestroming naar de pompput is in evenwicht;
- er is een constante voeding vanuit het bovenwater;
- de spreidingslengte  $L (= kD.c)$  in meters is groter dan de dikte van het watervoerend pakket, wat uit de berekening zal moeten blijken.

De berekenings-procedure is als volgt (DE RIDDER, 1962):

- Zet de waarden van de gemodificeerde Besselfunctie ( $K_0(x)$ ) op dubbel logaritmisch papier tegen de waarde van  $x$ ;

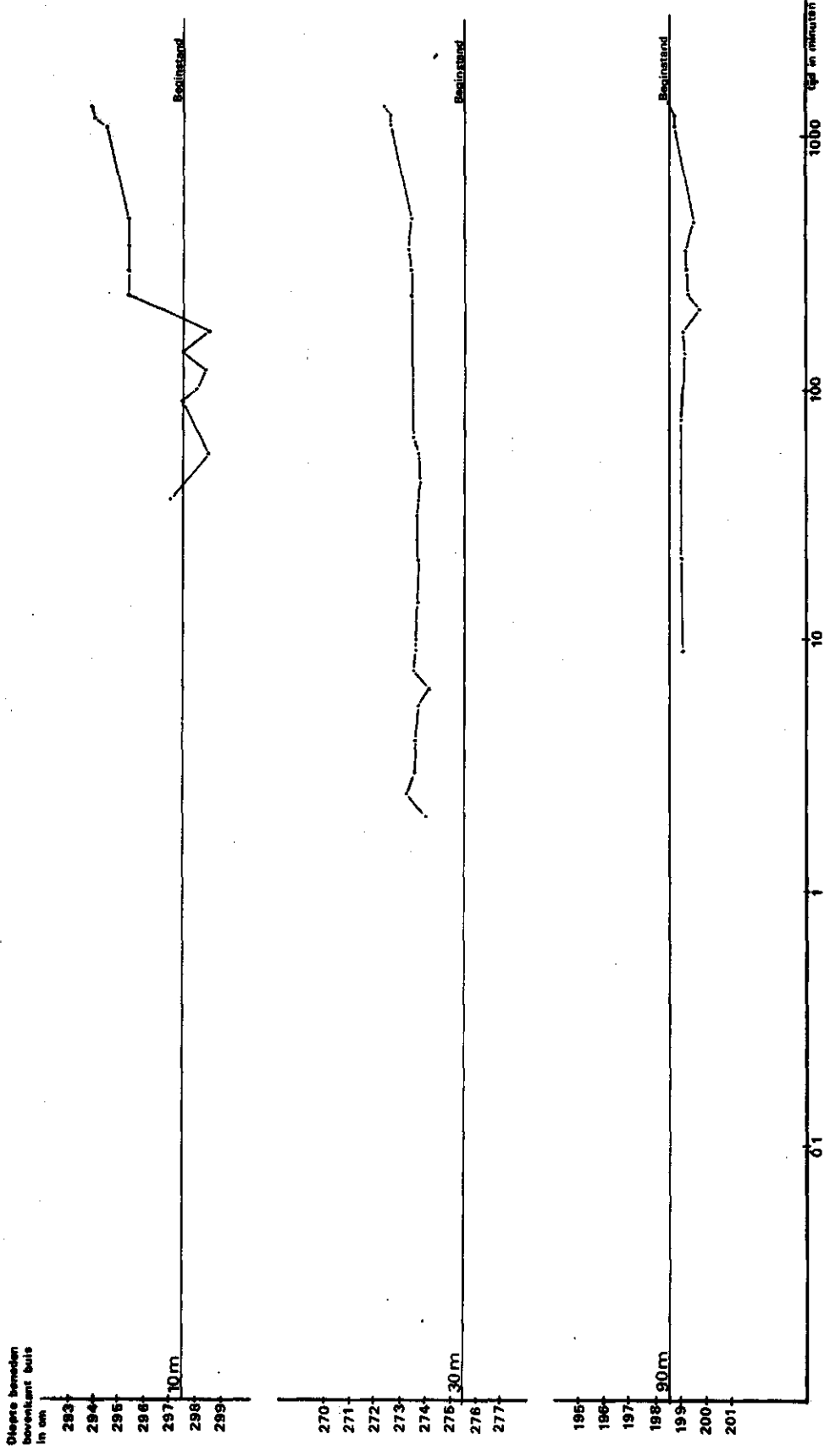


Fig. 9. Verloop van het freatisch grondwater

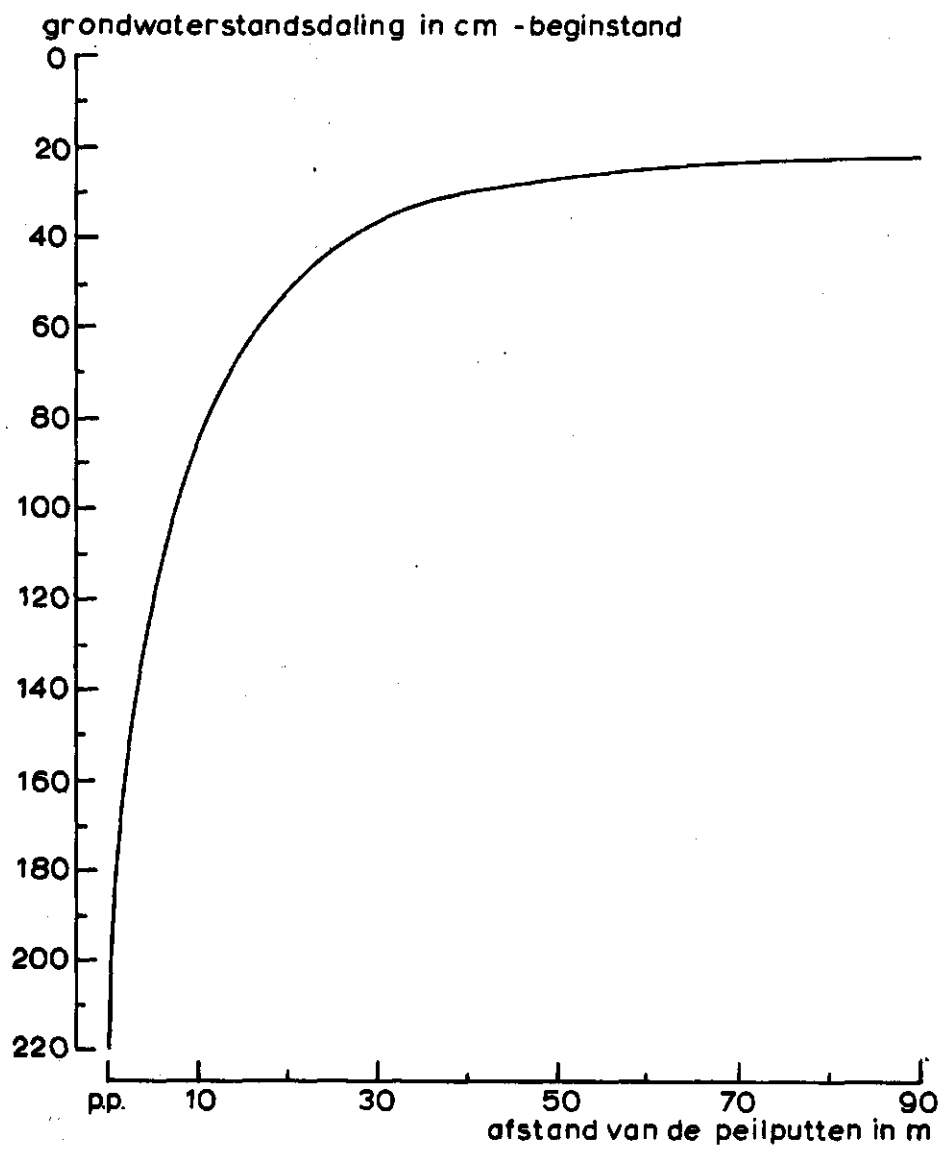


Fig. 10. Afpompingskegel

2. Doe hetzelfde met de gemeten verlagingen (tabel 3) tegenover de afstand tot de pomput (beide waarden in meters);
3. Pas beide curven op elkaar, zodanig dat de assen van beide curven evenwijdig zijn;
4. Bepaal de afstand tussen de horizontale assen en tussen de verticale assen. De eerste geeft dan de waarde (in meters) van het quotient  $\frac{Q}{2\pi kD}$  en de tweede (in meters) de spreidingslengte L.

Het geheel is in fig. 11 toegepast waaruit valt af te leiden dat:

$$\frac{Q}{2 kD} = 0,12 \text{ m}$$

en

$$L = 500 \text{ m (hiermee is tevens aan voorwaarde voldaan)}$$

Bij een onttrekking van  $722,29 \text{ m}^3/\text{dag}$  kan dan een  $kD$ -waarde worden berekend van  $960 \text{ m}^2/\text{dag}$  en een  $c$ -waarde van 260 dagen.

Een tweede berekeningsmethode die kan worden toegepast is die van Hantush. De voorwaarden zijn dezelfde als die van de methode van De Glee met dien verstande dat de evenwichtssituatie niet bereikt hoeft te zijn, hoewel deze wel uit het verloop van de standen moet kunnen worden afgeleid.

Bij de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de afpompcurve zoals afgebeeld in fig. 8. Hieruit kan de eindverlaging ( $S$ ) worden afgelezen. Met de waarde van  $S_m$  wordt die van het buigpunt  $S_p$  vastgesteld.

$$S_p = \frac{1}{2} S_m \quad (3)$$

Verder moet worden berekend de helling van het rechte gedeelte van de afpompcurve (deze curve is op halflogaritmisch papier uitgezet, zodat in het rechte gedeelte de waterstanden een logaritmisch verloop hebben). De helling  $\Delta S_p$  is gelijk aan het hoogteverschil tussen twee punten op de curve met een tijdsverschil van één logcyclus.

Bij de berekeningen worden de volgende formules toegepast:

$$kD = \frac{2,30 Q}{4\pi\Delta S_p} e^{-r/L} \quad (4)$$

$$2,30 \frac{S_p}{\Delta S_p} = e^{r/L} K_o(r/L) \quad (5)$$

$$c = \frac{L^2}{kD} \quad (6)$$

Nadat met behulp van formule (5) de waarde van het product  $e^{r/L} K_o(r/L)$  is berekend kan door middel van een tabel (JAHNKE en EMDE) de waarde van  $e^{-r/L}$  en  $\frac{r}{L}$  worden afgelezen. Uit deze waarden wordt de  $kD$ -waarde en de  $c$ -waarde berekend.

Bij toepassing van de berekeningsmethode op de curve van OV75P12 op 10 meter van de pompput blijkt dat er een dusdanig kleine waarde voor  $r/L$  wordt berekend dat deze buiten de beschikbare tabel valt. De punten OV75P13 en OV75P14 blijken wel geschikt te zijn voor toepassing van de methode.

Met de curve OV75P13 (30 m) wordt dan de volgende berekening uitgevoerd:

gegevens:

$$Q = 722,29 \text{ m}^3/\text{dag}$$

$$S_p = 0,1725 \text{ m}$$

$$\Delta S_p = 0,11$$

$$e^{-r/L} = 0,916$$

$$r/L = 0,088$$

door toepassing van formule (4) krijgt men dan:

$$kD \approx 1160 \text{ m}^2/\text{dag}$$

en met formule (6):

$$c \approx 633 \text{ dagen}$$

Met OV75P14 (90 m) wordt het volgende berekend:

gegevens:

$$Q = 722,29$$

$$S_p = 0,109$$

$$\Delta S_p = 0,09$$

$$e^{-r/L} = 0,916$$

$$r/L = 0,088$$

door toepassing van formule (4) krijgt men dan:

$$kD \approx 1345 \text{ m}^2/\text{dag}$$

en met formule (6):

$$c \approx 778 \text{ dagen}$$

De kleine verschillen zijn het gevolg van onnauwkeurigheden van de methode zodat de gemiddelden van beide uitkomsten als eindwaarde worden genomen

$$kD \approx 1250$$

$$c \approx 705 \text{ dagen}$$

## 6. DE STOPPROEF

Nadat gedurende ruim 22 uur was gepompt werd het pompen gestaakt, waarna het stijgen van de waterstanden werd gevolgd. Het verloop van de standen van het diepe grondwater is in fig. 12 op enkel logaritmisch papier vastgelegd (vertikale as lineair, horizontale as logaritmisch). De waarnemingen werden na 2½ uur gestaakt.

Zoals uit fig. blijkt was na beëindiging van de waarnemingen de evenwichtssituatie nog niet bereikt. Hierdoor wordt het aantal berekeningsmethoden beperkt.

Een heel eenvoudige berekeningsmethode wordt gegeven door THEIS (KRUSEMAN en DE RIDDER, 1970). De te gebruiken formule luidt:

$$kD = \frac{2,30 Q}{4\pi \Delta S_p} \quad (7)$$

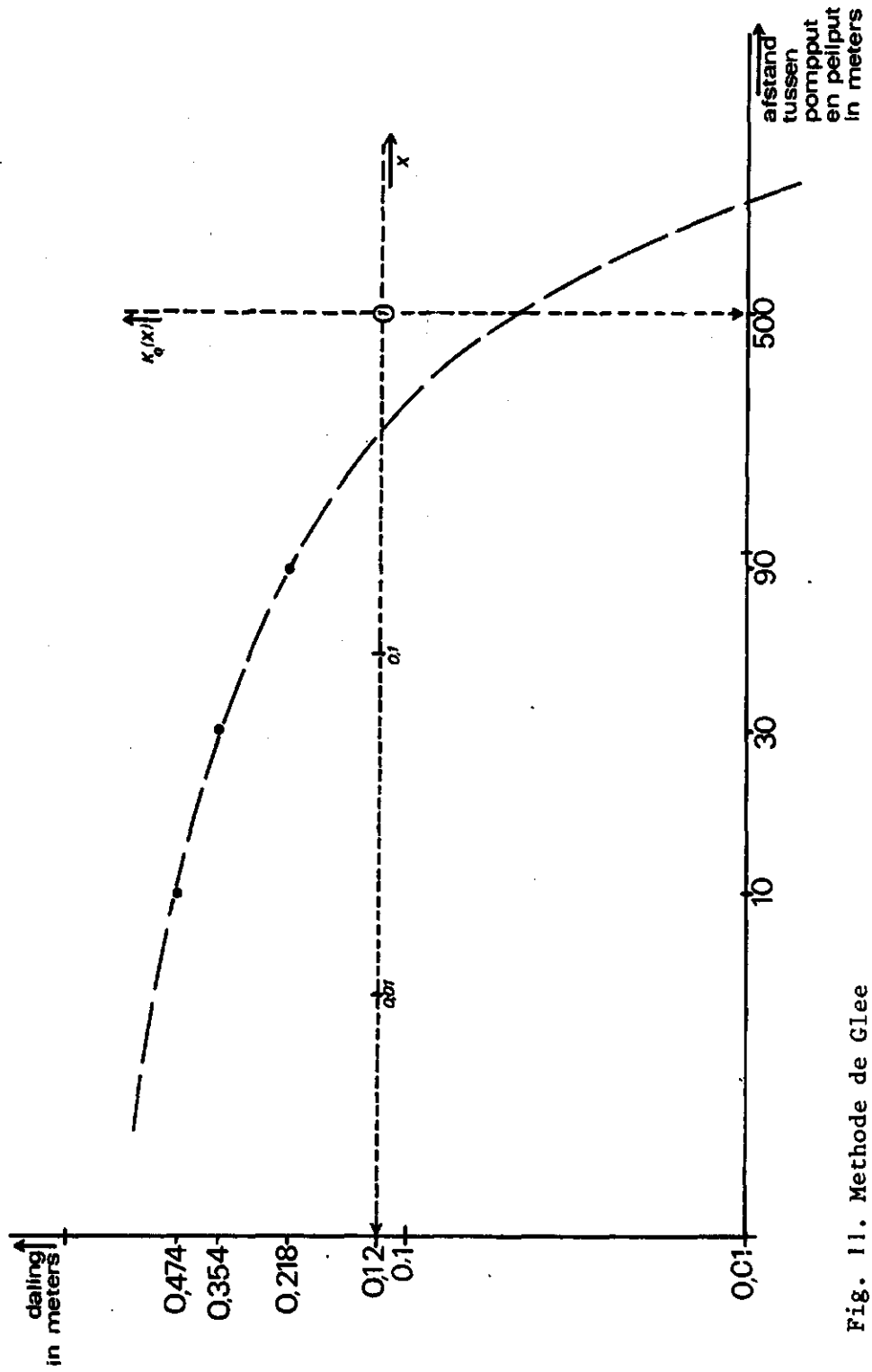


Fig. 11. Methode de Glee



Er worden geen andere hydrologische grootheden berekend. De formule geldt alleen voor afgesloten pakketten, wat in het onderhavige geval valt te betwijfelen. De bergings-faktor moet voor en na de pompproef ongeveer gelijk zijn, wat in een zandig pakket als het onderhavige wel het geval zal zijn.

Het bleek dat de berekeningen voor alle drie de buizen kunnen worden uitgevoerd:

OV75P12 (10 m):

gegevens:

$$\Delta S_p = 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$Q = 722,29 \text{ m}^3/\text{dag}$$

$$kD = 1380 \text{ m}^2/\text{dag}$$

OV75P13 (30 m):

gegevens:

$$\Delta S_p = 9,2 \cdot 10^{-2}$$

$$Q = 722,29 \text{ m}^3/\text{dag}$$

$$kD = 1440$$

OV75P14 (90 m):

gegevens:

$$\Delta S_p = 10,0 \cdot 10^{-2}$$

$$Q = 722,29 \text{ m}^3/\text{dag}$$

$$kD = 1320 \text{ m}^2/\text{dag}$$

gemiddeld  $kD = 1380 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

De betrekkelijk hoge uitkomst is mogelijk het gevolg van het feit dat er wel voeding vanuit het bovenpakket is, waar de berekeningsmethode niet van uit gaat.

Blijft nu nog de mogelijkheid de bij de pompproef gebruikte methode van Hantush toe te passen. Zoals bij de pompproef bleek moet de evenwichtssituatie bekend zijn. Omdat deze nog niet bereikt was werd hiervoor de grondwaterstand van voor de pompproef genomen.

Uit fig. 12 moet de helling van het rechtlijnig deel van de tijdstijghoogtelijn worden afgelezen. Het bleek dat bij OV75P12 (10 m) de waarde van  $e^{-r/L} K_0(r/L)$  7,0 bedroeg, welke waarde buiten de tabel valt. Bij dit punt kon dus geen berekening worden uitgevoerd. Dit was wel het geval voor de andere punten.

OV75P13 (30):

gegevens:

$$\begin{aligned} S_m &= 34,5 \\ \Delta S_p &= 9,2 \\ Q &= 722,29 \\ e^{r/L} K_0(r/L) &= 4,3125 \\ e^{-r/L} &= 0,984 \\ r/L &= 0,016 \end{aligned}$$

$$kD = 1440 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = 2450 \text{ dagen}$$

OV75P14 (90):

gegevens:

$$\begin{aligned} S_m &= 21,8 \\ \Delta S_p &= 10,0 \\ Q &= 722,29 \\ e^{r/L} K_0(r/L) &= 1,2535 \\ e^{-r/L} &= 0,883 \\ r/L &= 0,125 \end{aligned}$$

$$kD = 1170 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = 444 \text{ dagen}$$

## 7. SCHATTING VAN DE kD-WAARDE

Op het ICW is een methode ontwikkeld, waarbij uit de boorbeschrijving een waarde voor de kD-waarde kan worden geschat, welke methode

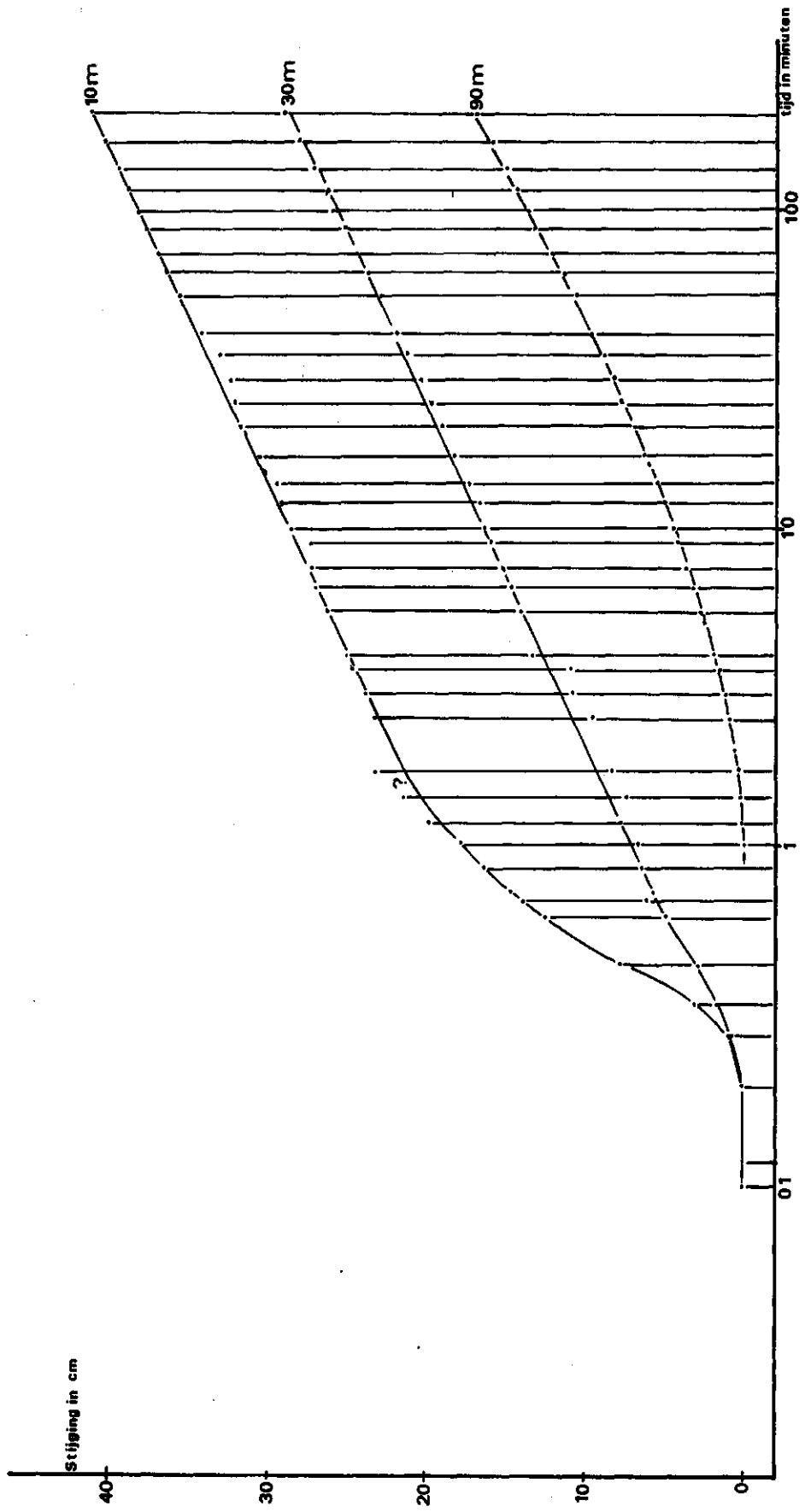


Fig. 12. Verloop van het diepe grondwater tijdens de stopproef

in andere delen van Nederland redelijk betrouwbaar bleek te zijn. In het onderhavige geval is deze methode ook toegepast. De op deze manier bepaalde kD-waarde bleek  $990 \text{ m}^2/\text{dag}$  te bedragen, welke waarde overeenkomt met die welke volgens de methode DE GLEE bij de pompproef is berekend.

## 8. RECAPITULATIE

De verschillende berekeningen hebben de volgende uitkomsten opgeleverd (tabel 4):

Tabel 4. Resultaten van de verschillende berekeningen van de pompproef te Junne

| Methode                                |      | kD-waarde<br>in $\text{m}^2/\text{dag}$ | c-waarde<br>in dagen |
|--|------|---|----------------------|
| Pompproef<br>methode de Glee           |      | 960                                     | 260                  |
| Pompproef<br>methode Hantush           |      | 1250                                    | 705                  |
| Stopproef<br>methode Theis             |      | 1380                                    | -                    |
| Stopproef<br>methode Hantush           | 30 m | 1440                                    | 2450                 |
|  | 90 m | 1170                                    | 440                  |
| Schatting<br>methode van Rees Vellinga |      | 990                                     | -                    |

Het geheel overziend kan gesteld worden dat tussen de uitkomsten voor de kD-waarde geen opvallend grote verschillen voorkomen.

Anders is het met de c-waarde. Het verschil tussen de eerste en de tweede uitkomst is verklaarbaar als men zich realiseert dat de weerstand biedende kleilaag alleen op de plaats van de pompput een grote dikte heeft maar reeds bij de andere putten in een aantal lagen uiteen is gevallen. Ook uit het geo-fysisch onderzoek was

naar voren gekomen dat de plaats van de pompproef zich bevindt op de grens van het gebied waar de glaciale klei voorkomt. De methode De Glee betreft een uitgestrekter gebied binnen de invloed van de waarnemingen dan de methode Hantush.

Bij de stopproef valt op dat het resultaat van de berekening met behulp van de waarnemingen van de put op 30 meter een abnormaal hoge c-waarde geeft, waarvoor geen verklaring gevonden kon worden. Dit resultaat wordt dan ook verder buiten beschouwing gelaten.

Als gemiddelde van de berekeningen komen nu de volgende waarden naar voren:

|           |                          |
|-----------|--------------------------|
| kD-waarde | 1150 m <sup>2</sup> /dag |
| c-waarde  | 470 dagen                |

## 9. SAMENVATTING

Het terrein van de pompproef is gelegen in het oerstroombdal van de Vecht, dat gedurende de Saalien-ijstijd een belangrijke functie had in de afvoer van smeltwater van de ijskap, waarvan de rand gedurende een lange tijd juist ten noorden van het dal heeft gelegen. Het is later opgevuld, aanvankelijk met een dik pakket glaciale klei, die een belangrijke functie heeft in de grondwaterstroming en later met fijne zanden en kleien. Onder de glaciale klei bevindt zich nog wat keileem, eventueel ook nog Klei van Tegelen waarna een dik grofzandig pakket wordt aangetroffen. In dit grofzandige pakket is een pompfilter geplaatst, terwijl op afstanden van resp. 10, 30 en 90 meter waarnemingsfilters zijn geplaatst. Ook in het pakket boven de klei zijn waarnemingsfilters geplaatst.

De pompproef duurde 22½ uur. In die tijd was de evenwichtstoestand bereikt.

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de methodes van de Glee en Hantush voor de pompproef en die van de Theis en Hantush voor de stopproef. Ook werd een schatting van de kD-waarde uitgevoerd volgens een methode die op het ICW is ontwikkeld en met name door van Rees Vellinga veelvuldig met succes wordt toegepast.

De uitkomsten voor de kD-waarden vertoonden geen opvallende verschillen, zodat de gemiddelde waarde als einduitkomst kon worden genomen.

Wel werden grote verschillen in de uitkomsten voor de c-waarde waargenomen, die slechts ten dele verklaarbaar waren.

## LITERATUUR

- JELGERSMA, S. en J.B. BREEUWER, 1975. 'Toelichting bij de kaart glaciale verschijnselen gedurende het Saalien 1 : 600 000' uit Toelichting bij de geologische kaarten van Nederland, RGD 1975.
- KRUSEMAN en N. DE RIDDER, 1970. 'Analyses and evaluation of pumping test data' ILRI 1970
- PANNEKOEK, A.J. et al, 1956. 'Geologische geschiedenis van Nederland'
- TERWEY, J.L., 1975. 'De Overijsselse Vecht, een geo-elektrische verkenning' Rapport 89 Dienst Grondwaterverkenning-TNO
- WEE, M.W. TER, 1966. De geologische kaart van Nederland, Kaartblad Steenwijk-Oost, RGD 1966

### Lijst van gebruikte symbolen en afkortingen

|                    |  |  |
|--------------------|--|--|
| c                  | Weerstand tegen verticale stroming                               | dagen                                      |
| D                  | Dikte watervoerend pakket  | m  |
| k                  | Doorlaatfactor van het sediment in het watervoerend pakket       | m/dag                                      |
| kD                 | Doorlaatvermogen van het watervoerend pakket                     | m <sup>2</sup> /dag                        |
| K <sub>0</sub> (x) | Gemodificeerde Besselfunctie van de 2e soort en de orde o        | -  |
| L                  | Spreidingslengte   | m  |
| m-mv               | meters onder maaiveldshoogte                                     | m  |
| Q                  | Debiet van de pomp, hoeveelheid opgepompt water                  | m <sup>3</sup> /dag of m <sup>3</sup> /uur |
| r                  | Afstand tussen de pompput en een peilfilter                      | m  |
| S <sub>m</sub>     | Verlaging t.o.v. de beginsituatie tijdens de evenwichts toestand | m  |
| S <sub>p</sub>     | Diepte van het rechte gedeelte in de verlagings curve            | m  |
| ΔS <sub>p</sub>    | Helling van het rechte gedeelte van de verlagingscurve           | -  |

| Diepte m' - m.v. | Grondsoort | Benaming          | Kleur        | Omschrijving                                      | M50 |
|------------------|------------|-------------------|--------------|---|-----|
| 1 0.00 - 0.05    | Bosgrond   |                   |              | zanderig  |     |
| 2 0.05 - 0.25    | Zand       | zeer fijn         | bruin        | scherp, lemerig                                   | 110 |
| 3 0.25 - 0.75    | Zand       | zeer fijn         | bruin        | scherp  | 130 |
| 4 0.75 - 2-90    | Zand       | matig grof        | licht/bruin  |   | 250 |
| 5 2.90 - 3.65    | Zand       | matig grof        | licht/bruin  |   | 250 |
| 6 3.65 - 4.15    | Zand       | matig fijn        | grijs        | scherp  | 160 |
| 7 4.15 - 5.90    | Zand       | uiterst grof      | grijs        |   | 430 |
| 8 5.90 - 6.15    | Zand       | uiterst grof      | grijs        |   | 430 |
| 9 6.15 - 7.25    | Zand       | uiterst grof      | bruin        |   | 500 |
| 10 7.25 - 8.15   | Zand       | uiterst grof      | bruin        |   | 430 |
| 11 8.15 - 8.95   | Zand       | zeer grof         | grijs        |   | 320 |
| 12 8.95 - 9.15   | Klei       |                   | grijs        | zanderig met een steentje.                        |     |
| 13 9.15 - 9.90   | Klei       | slappe            | grijs        |   |     |
| 14 9.90 - 12.15  | Klei       | slappe            | grijs        |   |     |
| 15 12.15 - 14.05 | Klei       | slappe            | grijs        |   |     |
| 16 14.05 - 15.85 | Klei       | slappe            | grijs        |   |     |
| 17 15.85 - 16.40 | Klei       | slappe            | grijs        | met een steentje                                  |     |
| 18 16.40 - 18.15 | Klei       | harde dorre       | grijs        |   |     |
| 19 18.15 - 18.70 | Klei       | harde dorre       | grijs        |   |     |
| 20 18.70 - 21.25 | Klei       | taaie             | grijs        |   |     |
| 21 21.25 - 22.35 | Klei       | slappe            | grijs        | met een steentje                                  |     |
| 22 22.35 - 24.35 | Klei       | taaie             | grijs        |   |     |
| 23 24.35 - 25.70 | Klei       | dorre             | grijs        |   |     |
| 24 25.70 - 27.30 | Klei       | slappe            | grijs        | met dikke stenen                                  |     |
| 25 27.30 - 29.80 | Klei       | slappe            | grijs        | met dikke stenen                                  |     |
| 26 29.80 - 30.55 | Klei       | slappe            | grijs        | met dikke stenen                                  |     |
| 27 30.55 - 31.70 | Klei       | taai en slap      | grijs        |   |     |
| 28 31.70 - 32.55 | Klei       | harde taaie vette | bruin        |   |     |
| 29 32.55 - 33.40 | Klei       | taaie vette       | grijs        |   |     |
| 30 33.40 - 33.85 | Klei       | slappe            | grijs        | met stenen  |     |
| 31 33.85 - 34.50 | Zand       | zeer grof         | grijs        | met dikke stenen en klei                          | 310 |
| 32 34.50 - 35.40 | Zand       | matig grof        | grijs        | met klei en steentje                              | 200 |
| 33 35.40 - 35.65 | Klei       | zanderig          |              |   |     |
| 34 35.65 - 35.80 | Klei       | taaie             |              |   |     |
| 35 35.80 - 36.05 | Klei       | taaie             |              |   |     |
| 36 36.05 - 36.10 | Klei       | slappe            |              |   |     |
| 37 36.10 - 37.15 | Klei       | taaie             |              |   |     |
| 38 37.15 - 38.20 | Klei       | taaie             |              |   |     |
| 39 38.20 - 39.85 | Klei       | slappe            |              |   |     |
| 40 39.85 - 39.95 | Klei       | dorre             |              |   |     |
| 41 39.95 - 40.00 | Klei       | dorre             |              |   |     |
| 42 40.00 - 40.20 | Klei       | zanderige taaie   |              |   |     |
| 43 40.20 - 40.95 | Zand       | zeer grof         |              | met kleistukjes                                   | 310 |
| 44 40.95 - 41.75 | Klei       | slappe            | donker/bruin | zanderige   |     |
| 45 41.75 - 41.85 | Klei       | harde taaie       | donker/bruin | glimmer   |     |
| 46 41.85 - 42.05 | Klei       | taaie zanderige   | grijs        |   |     |
| 47 42.05 - 42.35 | Zand       | zeer grof         | grijs        | met kleistukken                                   | 350 |
| 48 42.35 - 42.50 | Zand       | zeer grof         | grijs        | met kleistukken                                   | 350 |
| 49 42.50 - 43.00 | Zand       | zeer grof         | grijs        | met veel klei en houtresten                       | 350 |
| 50 43.00 - 43.35 | Klei       | slappe zanderige  | grijs        |   |     |
| 51 43.35 - 43.65 | Klei       | slappe zanderige  |              |   |     |
| 52 43.65 - 43.75 | Zand       | matig grof        | grijs        | met kleistukjes                                   | 200 |
| 53 43.75 - 44.40 | Zand       | matig grof        |              | met kleistukjes en houtresten, glauconiet houdend | 220 |
| 54 44.40 - 44.65 | Zand       | matig fijn        |              | scherp, met kleistukjes en glauconiet houdend     | 160 |
| 55 44.65 - 45.65 | Zand       | matig fijn        |              | scherp, met kleistukjes en glauconiet houdend     | 160 |



## INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

Pulsboring E 62

## Geohydrologisch onderzoek Salland

Hoogte : ca 6 m + NAP

Filters: 1 60,60 - 61,60 m -m.v.

2 8,25 - 9,25 m -m.v.

Datum : 1-8-1975

U-, S-, sl- en gri-cijfers getaxeerd

- 0,00 - 1,00 geen monster. Opgave boormeester: bouwvoor, loodzand, humeus  
 1,00 - 3,00 lichtgelig grijs slibarm, stoffig matig fijn tot matig grof  
 zand, zeer slecht gesorteerd, zwak bont met spoor zeer fijn  
 melkkwarts grind, kalkvrij  
 U 50, S 55, sl 0,5  
 Opgave boormeester: op 1,80 m grindhoudend laagje, op 2,50 m  
 overgaand in grijs zand
- 3,00 - 4,90 lichtgrijs slibarm, zwak stoffig, matig fijn tot matig grof  
 zand, zeer slecht gesorteerd, zwak bont, spoortje zeer fijn  
 melkkwarts grind, een enkel lemig brokje, zeer weinig fijne  
 plantenresten, kalkvrij  
 U 50 S 55 sl 0,2
- 4,90 - 6,00 lichtbruinig grijs slibvrij matig- tot middelgrof zand, slecht  
 gesorteerd, zwak bont, spoortje fijn melkkwartsgrind, kalkvrij  
 U 30 S 60 sl 0
- 6,00 - 7,50 lichtbruingrijs slibarm, zwak stoffig, matig- tot middelgrof  
 zand, slecht gesorteerd, bont, met weinig zeer fijn en fijn  
 en spoor grof grind (melkkwarts, grijze en bonte kwartsiet,  
 enkele vuursteenschilfers) weinig zeer fijne glimmers, kalkarm  
 U 30 S 60 sl 0,2 gri 10
- 7,50 - 9,20 bruingrijs slibarm, stoffig matig tot middelgrof zand, bont,  
 slecht gesorteerd, met weinig zeer fijn en fijn grind (melkkwarts,  
 grijze en bonte kwartsiet) weinig glimmers, kalkarm  
 U 30 S 60 sl 0,2 gri 10  
 Opgave boormeester: vanaf 8,50 m veel grind
- 9,20 - 16,00 grauw bruinig grijze zandige harde leem met fijn en grof grind  
 waaronder: melkkwarts, grijze en bonte kwartsiet, vuursteen  
 enkele scherven vaneen grotere rode kwartsietsteen, kalkrijk
- 16,00 - 17,00 leem en grind als boven, echter afgewisseld met enkele lagen van  
 matig fijn, slibrijk, stoffig zand, met vrij veel matig tot  
 middelgrove korrels, slecht gesorteerd, zwak bont en weinig  
 fijn grind (melkkwarts, vuursteen, grijze kwartsiet, kalkrijk  
 U 55 S 60 sl 8 gri 10
- 17,00 - 21,00 grauwgrijze harde en taaie leem met weinig fijn grind en een  
 grijze kwartsiet van 6 cm op een diepte van 18,50 m. kalkrijk
- 21,00 - 23,00 harde leem als boven, fijn grindhoudend (grijze kwartsiet,  
 vuursteen en kalksteen) en met twee stenen van 9 cm doorsnee  
 resp. op 21,50 m een rode graniet en op 22,00 m een rode  
 kwartsiet, de leem is kalkrijk

Pulsboring E 62

- 23,00 - 33,00 geen monster. grijze harde leem met grind als boven op + 27,00 m een grijze kwartsiet van 5 cm
- 33,00 - 35,00 grijze harde leem met zandlaagjes en grind waaronder kalksteen. Op 33,60 m een grijze kwartsiet van 9 cm. kalkrijk
- 35,00 - 36,80 grauwgrijze iets slappere leem met weinig grind, kalkrijk
- 36,80 - 39,00 grijs slibhoudend stoffig matig fijn zand, matig gesorteerd, enkele bonte korrel, enkele fijne kalksteenschilfers, enkele leembrokjes, weinig glimmers, kalkrijk  
U 65 S 65 sl 4
- 39,00 - 41,00 grijs slibhoudend, stoffig matig fijn tot matig grof naderend zand, slecht gesorteerd, enkele bonte korrel, een enkel leembrokje, weinig glimmers, spoortje zeer fijn grind, spoortje verkoalde houtrestjes, kalkhoudend  
U 55 S 60 sl 4
- 41,00 - 43,00 grijs zwak slibhoudend, stoffig matig fijn zand, goed gesorteerd, enkele bonte korrel, glimmerhoudend, met grijze harde leembrokken.  
Opgave boormeester: leemlagen van 3 cm op 41,00, 42,00 en 42,50 m. De leem is kalkvrij, het zand is kalkarm  
U 60 S 70 sl 2,5
- 43,00 - 45,00 lichtgrijs, zwak slibhoudend stoffig matig fijn zand, goed gesorteerd, niet bont, glimmerhoudend, kalkvrij  
U 60 S 70 sl 2,5
- 45,00 - 46,00 geheel als boven met enkele houtrestjes en spoor fijne leembrokjes  
U 60 S 70 sl 2,5
- 46,00 - 48,00 lichtgrijs, zwak slibhoudend, stoffig, matig fijn zand, goed gesorteerd, niet bont, glimmerhoudend, weinig fijne plantenresten, enkele harde leembrokjes, kalkvrij  
U 60 S 70 sl 2,5
- NO. 467 enkele grijze plaatselijk roestige leembrokjes, kalkvrij  
Opgave boormeester: op 48,00 m een leemlaagje
- 48,00 - 50,00 lichtgrijs, slibhoudend, niet bont, glimmerhoudend, weinig fijne plantenresten, met harde bruingrijze kleischilfers, kalkvrij / stoffig, matig fijn zand, goed gesorteerd,  
U 60 S 70 sl 4  
Opgave boormeester: enkele kleilaagjes
- 50,00 - 51,00 lichtgrijs, zwak slibhoudend, stoffig, matig fijn zand, goed gesorteerd, niet bont, glimmerhoudend, met weinig hout- en plantenresten, kalkvrij  
U 60 S 70 sl 2,5
- 51,00 - 53,00 grauwig grijs, slibarm, stoffig matig fijn zand met middel-grove korrels gemengd, slecht gesorteerd, niet bont, glimmerhoudend, plantenresten en een houtbrok van 8 cm op 51,00 m, kalkvrij  
U 55 S 60 sl 0,5
- 53,00 - 55,00 grauwgrijs, slibarm, stoffig matig grof zand, tweetoppig gesorteerd in de fracties matig fijn en middel- tot zeer grof, niet bont, spoortje fijn grind, weinig hout- en plantenresten, glimmerhoudend, kalkvrij  
U 40 S 45 sl 0,2

Pulsboring E 62

- 55,00 - 57,00    grauwgrijs, slibarm, stoffig, matig tot middelgrof zand, slecht gesorteerd, niet bont, met hout- en plantenresten, glimmerhoudend, kalkvrij  
U 30 S 60 sl 0,5
- 57,00 - 59,00    grauwgrijs, slibarm stoffig matig tot middelgrof zand, matig gesorteerd, niet bont met weinig hout- en plantenresten, weinig glimmers, kalkvrij  
U 30 S 65 sl 0,5
- 59,00 - 61,00    grauwgrijs, slibarm, stoffig middelgrof zand, slecht gesorteerd, niet bont, spoortje zeer fijn en fijn grind, met weinig hout- en plantenresten, weinig glimmers, kalkvrij  
U 25 S 60 sl 0,5
- 61,00 - 65,00    zand als boven echter matig gesorteerd  
U 25 S 65 sl 0,2
- 65,00 - 67,00    grijs slibarm, zwak stoffig matig grof zand, goed gesorteerd, niet bont, met plantenresten, glimmerhoudend, kalkvrij  
U 40 S 70 sl 0,2
- 67,00 - 69,00    grijs slibarm, stoffig, matig grof zand, goed gesorteerd, niet bont, met fijne plantenresten, glimmerhoudend, enkele lemige kluitjes en een enkel kleibrokje, kalkvrij  
U 30 S 70 sl 0,2
- 69,00 - 71,00    grauwig grijs, slibarm, zwak stoffig, matig grof tot middelgrof naderend zand, matig gesorteerd, niet bont, spoortje zeer fijn grind, met fijne plantenresten, glimmerhoudend, kalkvrij  
U 35 S 65 sl 0,2
- 71,00 - 77,50    bleekgrijs, slibarm, zwak stoffig matig fijn zand, goed gesorteerd, niet bont, spoortje zeer fijn grind, enkele lemige kluitjes, weinig fijne plantenresten, en vrij veel glimmers, kalkvrij  
U 60 S 70 sl 0,2