

22 december 1970

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding

DE POMPPROEF H 72 BIJ MOERKAPELLE

drs A.B. Pomper

BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW

---

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.

---

279 735



## INHOUDSOPGAVE

	Blz.
INLEIDING	1
ALGEMEEN OVERZICHT	1
DE POMPPROEF	2
BEREKENINGEN	4
Methode de Glee	4
Methode van Theis	6
Correctiemethode vlg. Huisman	7
DE STOPPROEF	10
SAMENVATTING	11
LITERATUUR	12
BIJLAGEN	13

## INLEIDING

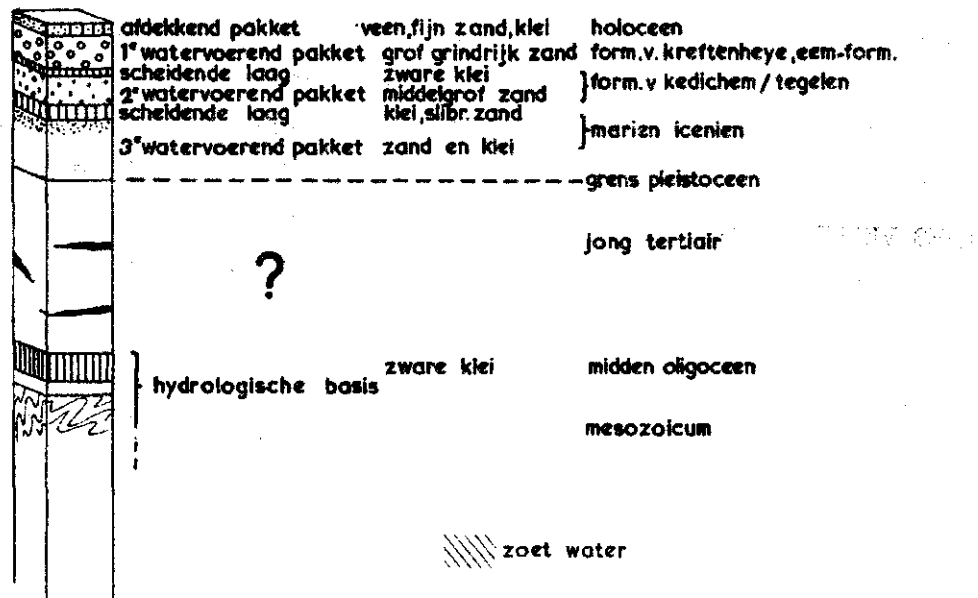
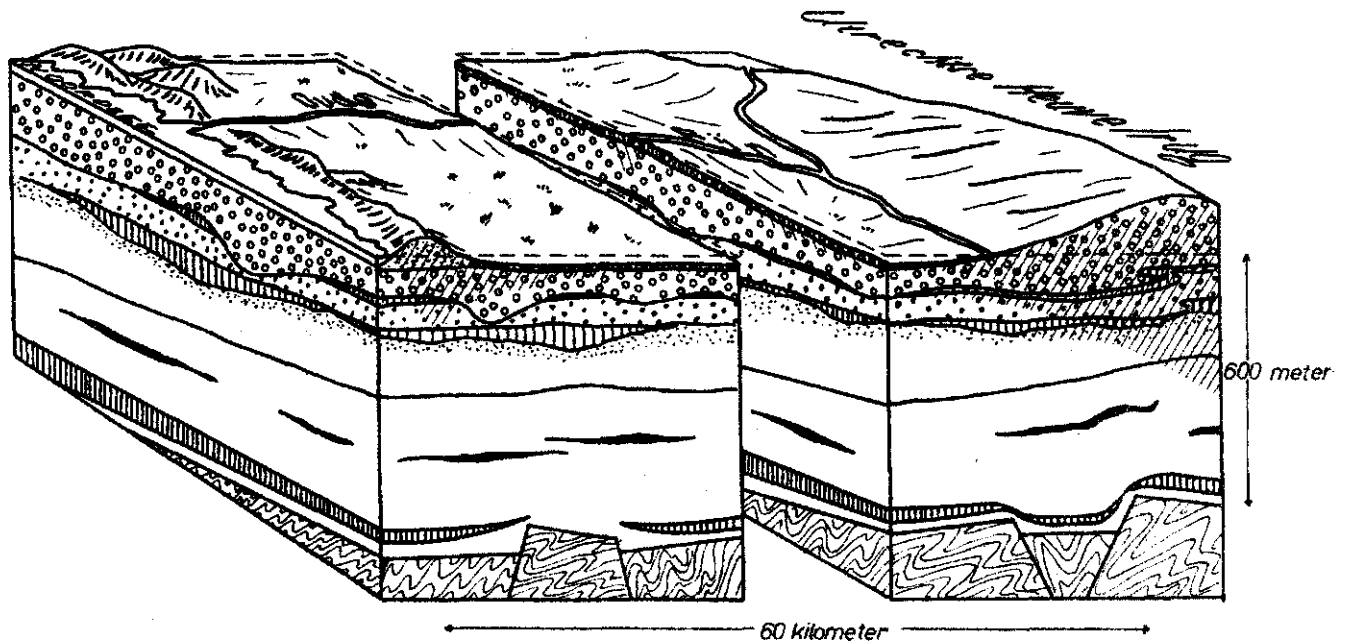
Sedert enige jaren voert de afdeling Geologie een onderzoek uit naar de geo-hydrologische factoren die van invloed zijn op de verzilting in Midden-West Nederland. In de nota 516 (lit. 5) werd reeds een overzicht gegeven van de te verwachten geo-hydrologische opbouw van het gebied tussen de Nieuwe Waterweg en het Noordzeekanaal. Vastgesteld werd dat pas een goed beeld van het stromingspatroon kan worden gekonstrueerd als meer details bekend zouden zijn van de opbouw van het sedimentpakket tot 50 meter-N.A.P.; in het noordelijk deel van het gebied is zelfs de kennis van een pakket van grotere dikte nodig. Deze dikte wordt bepaald door de dikte van het bovenste watervoerend pakket en de basis zal door de capaciteit van de eigen boorinstallatie niet overal bereikt kunnen worden.

In eerste instantie werd een studie gemaakt van de in archieven aanwezige gegevens. Het eigen boorprogramma dat wordt uitgevoerd beoogt leemtes in het net van bestaande boringen op te vullen en de interpretatie van voorhanden zijnde boorbeschrijvingen te verbeteren of mogelijk te maken. Getracht is uit de nu beschikbare gegevens een schatting van het doorlatend vermogen uit te voeren (WITT en VAN REES VELLINGA 1970). Een dergelijke schatting kan alleen een redelijke betrouwbaarheid krijgen als ze m.b.v. exacte berekeningen van het doorlatend vermogen uit pompproeven of Steggewentz metingen e.d. kan worden gecorrigeerd. Ter aanvulling van het bestaande net van pompproeven (Archief van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening) zal een aantal pompproeven worden uitgevoerd. De eerste van deze serie werd in de maanden juni, juli en augustus 1970 bij Moerkapelle uitgevoerd.

## ALGEMEEN OVERZICHT

In fig. 1 is schematisch de te verwachten opbouw weergegeven. Op een uit vaste rots bestaande ondergrond (mesozoïcum) ligt een dik pakket

# SCHEMATISCH BLOKDIAGRAM VAN MIDDEN-WEST NEDERLAND



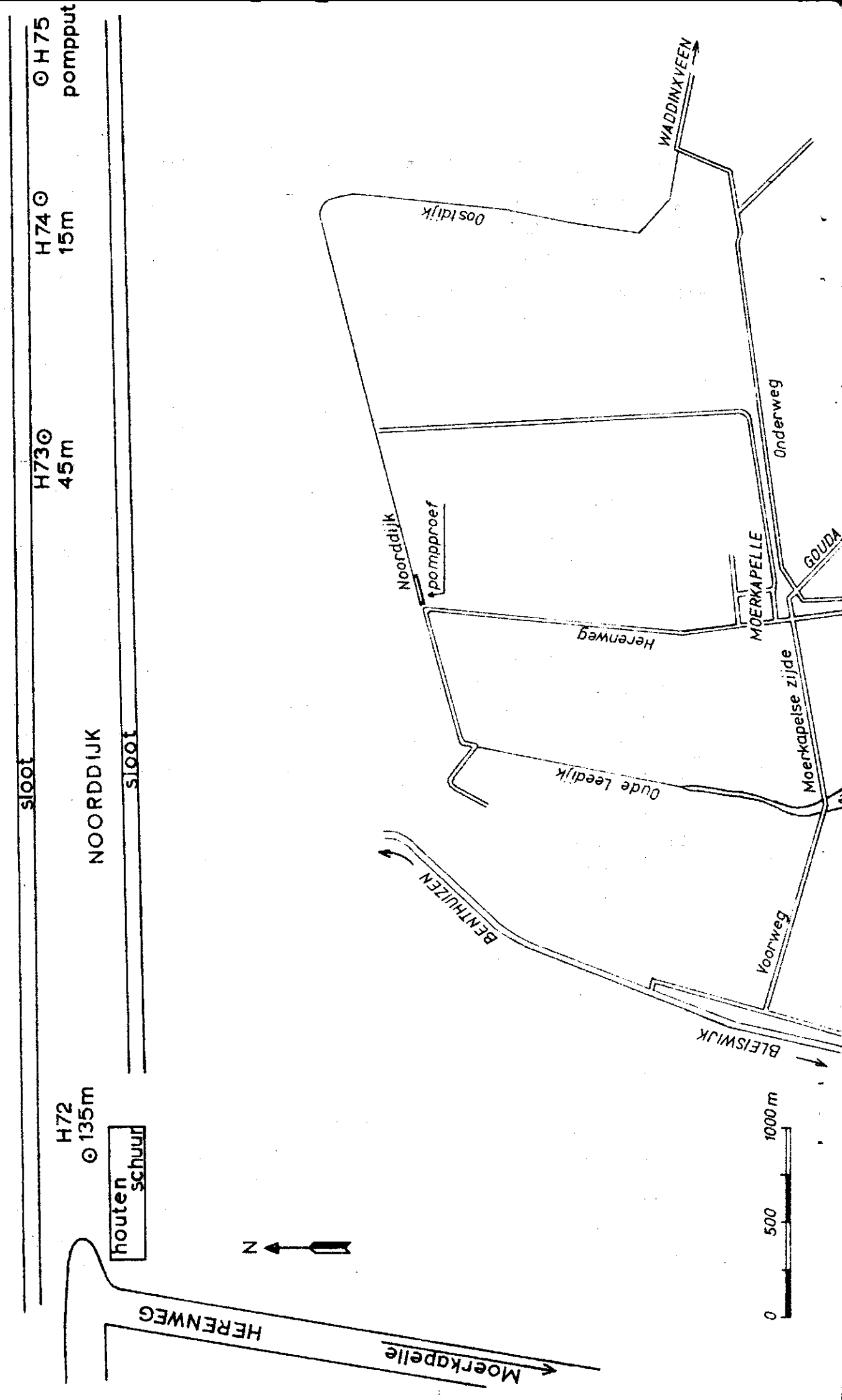
tertiaire en kwartaire sedimenten. Zeer grote hydrologische waarde moet worden gehecht aan de diepte van de midden-oligocene SETARIENKLEI. Deze klei vormt in vrijwel het gehele gebied de onderste begrenzing van het voor de hydrologische verschijnselen nabij de oppervlakte belangrijke pakket. Daarop liggen miocene, pliocene en oud-pleistocene sedimenten die het (de) onderste watervoerende pakket(ten) vormen. De bovenste begrenzing van dit pakket wordt gevormd door een kleilaag uit het jongste icenien welke echter niet in a l l e tot het icenien reikende boringen is aangetroffen. Overigens wordt de onderste begrenzing niet altijd gevormd door de Septanienklei. PANNEKOEK (lit. 4) stelde vast dat het tertiair in een gebied ten zuid-oosten van 's-Gravenhage ontbreekt, hetgeen overigens niet betekent dat de basis van het pleistoceen daar dieper voorkomt. Het mesozoïcum ligt daar hoger dan elders in het bestudeerde gebied en ongeveer gelijk met het oppervlak van het tertiair. Na het einde van het icenien zijn voornamelijk terrestrische sedimenten afgezet. Het middenste watervoerend pakket - direkt op het icenien dus - bestaat uit betrekkelijk grove sedimenten van de formaties van Kedichem en Tegelen. Aan de bovenzijde van dit pakket is een kleilaag afgezet (de zg. Kedichemklei) waarvan de aanwezigheid afhangt van de morfologie van het midden-pleistocene erosievlak dat veelal de bovenste begrenzing van de afzettingen in de formaties van Kedichem en Tegelen vormt. Op de plaatsen waar de klei ontbreekt, bestaat een direkte verbinding tussen het middenste en het bovenste watervoerend pakket.

Het bovenste watervoerend pakket bestaat voornamelijk uit grove en zeer grove sedimenten (formatie van Kreftenheye) en matig grove zanden (Eemien). Aan de bovenzijde wordt het watervoerend pakket afgesloten door de holocene sedimenten met een dikte van 10-15 m (veen, klei, zand).

#### DE POMPPROEF

De geo-hydrologische situatie in het gebied van de pompproef: In Fig. 2 is de lokatie van de pompproef in detail aangegeven. Fig. 3 geeft een doorsnede welke aan de hand van de gegevens uit de boringen H 72 t/m 75 is samengesteld. Men ziet dat hier inderdaad sprake is van een grof tot zeer grof watervoerend pakket, aan de onderzijde

## Situatieschets



afgesloten door de Kedichemklei en afgedekt door een  $\pm 12$  m dik holceen pakket.

Er zijn op vier niveaus waarnemingsfilters geplaatst:

- 1) nabij het oppervlak
- 2) in het grofste deel van het watervoerend pakket
- 3) in de fijnere zanden direkt boven de Kedichemklei
- 4) direkt onder de Kedichemklei

Op 13 juli werd de eerste pompproef gehouden. Helaas is in de nacht van 13 op 14 juli de motor van de pomp afgeslagen, zodat de verlaging na het bereiken van de stationaire toestand moeilijk kan worden vastgesteld. Het was ook niet mogelijk de gebruikelijke stopproef te houden. Op basis van deze onvolledige gegevens werd door de heer K.E. WIT een  $kD$ -waarde berekend van  $\pm 1400 \text{ m}^2/\text{dag}$  en een totale  $c$ -waarde (afdekkend pakket en basis samen dus) van 150 dagen.

Op 10 augustus werd de pompproef herhaald. In de week voorafgaande aan de proef werden de waterstanden waargenomen. Fig. 4 geeft de tijd-stijghoogtelijnen van de peilfilters op 45 meter afstand van de pompput. Het konstante waterpeil in de periode voorafgaande aan de pompproef is te danken aan de geringe neerslag in die periode. Op 10 augustus regende het (6 mm) maar dat had geen invloed op de waarnemingen in de ondiepe filters.

De gemeten hoeveelheden afgepompt water zijn in fig. 5 gegeven.

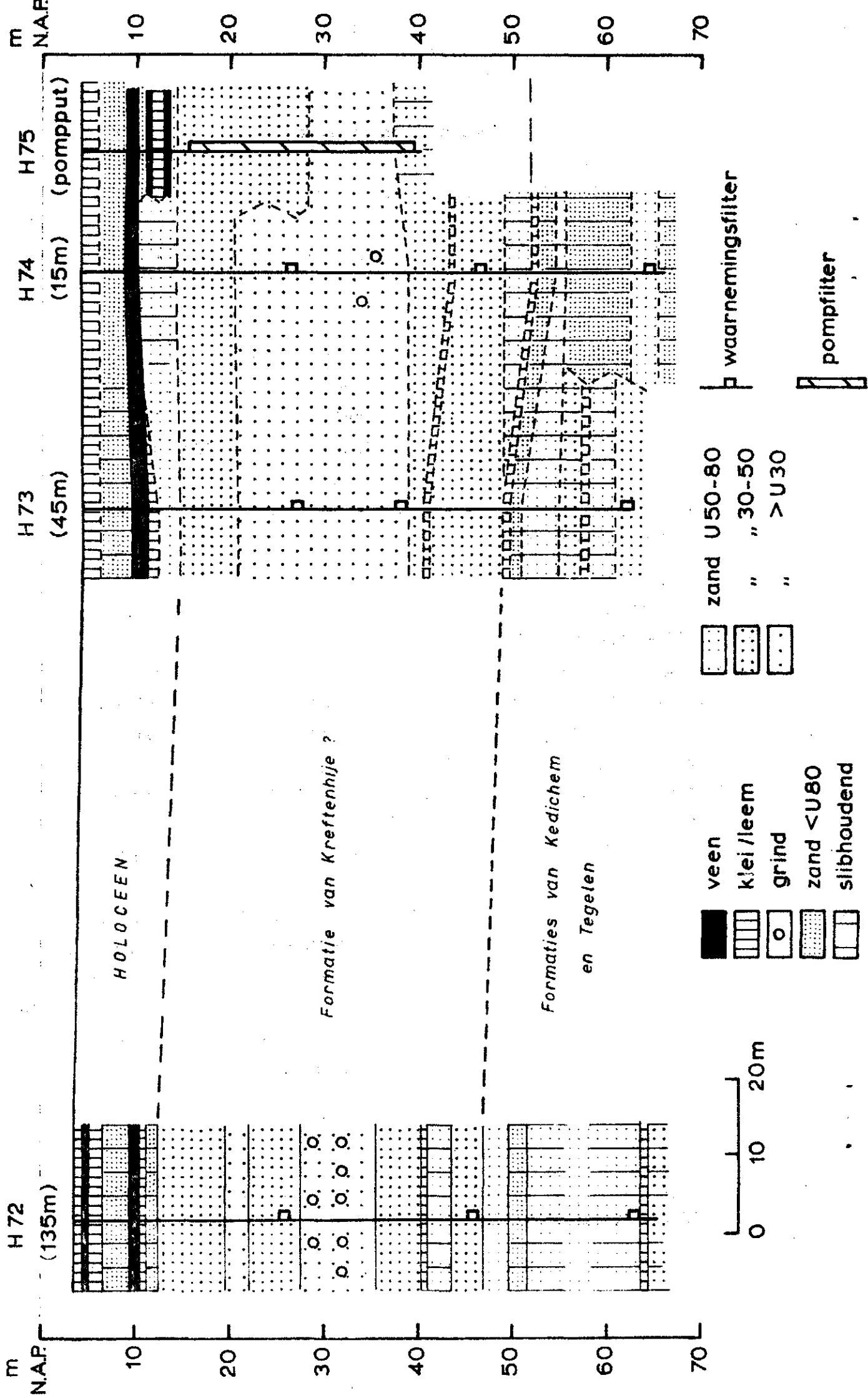
In het totaal werd tussen 10 uur 's ochtends op 11 augustus en 10.40 op 11 augustus  $681,9 \text{ m}^3$  water opgepompt, zodat een gemiddelde capaciteit van  $27,5 \text{ m}^3/\text{uur}$  werd aangehouden.

In bijlage I zijn de gemeten peilen in de verschillende waarnemingsbuizen weergegeven. In fig. 6 zijn de dalingscurven van de waarnemingen in het watervoerend pakket gegeven. Uit deze figuur valt af te leiden dat de volgende ochtend de opgetreden verlagingen in vrijwel stationaire toestand voor de waarnemingsputten op een afstand van 15 meter, 45 meter en 135 meter van de pompput resp. 26,0, 16,2 en 9,9 cm bedragen  $\ast$ .

$\ast$  De eindsituatie van de filter op 15 meter is niet geheel duidelijk. De verlaging bedroeg bij de laatste waarneming 25,8 cm.



fig. 3



Tijdstijghoogtelijnen put H73 (45m)

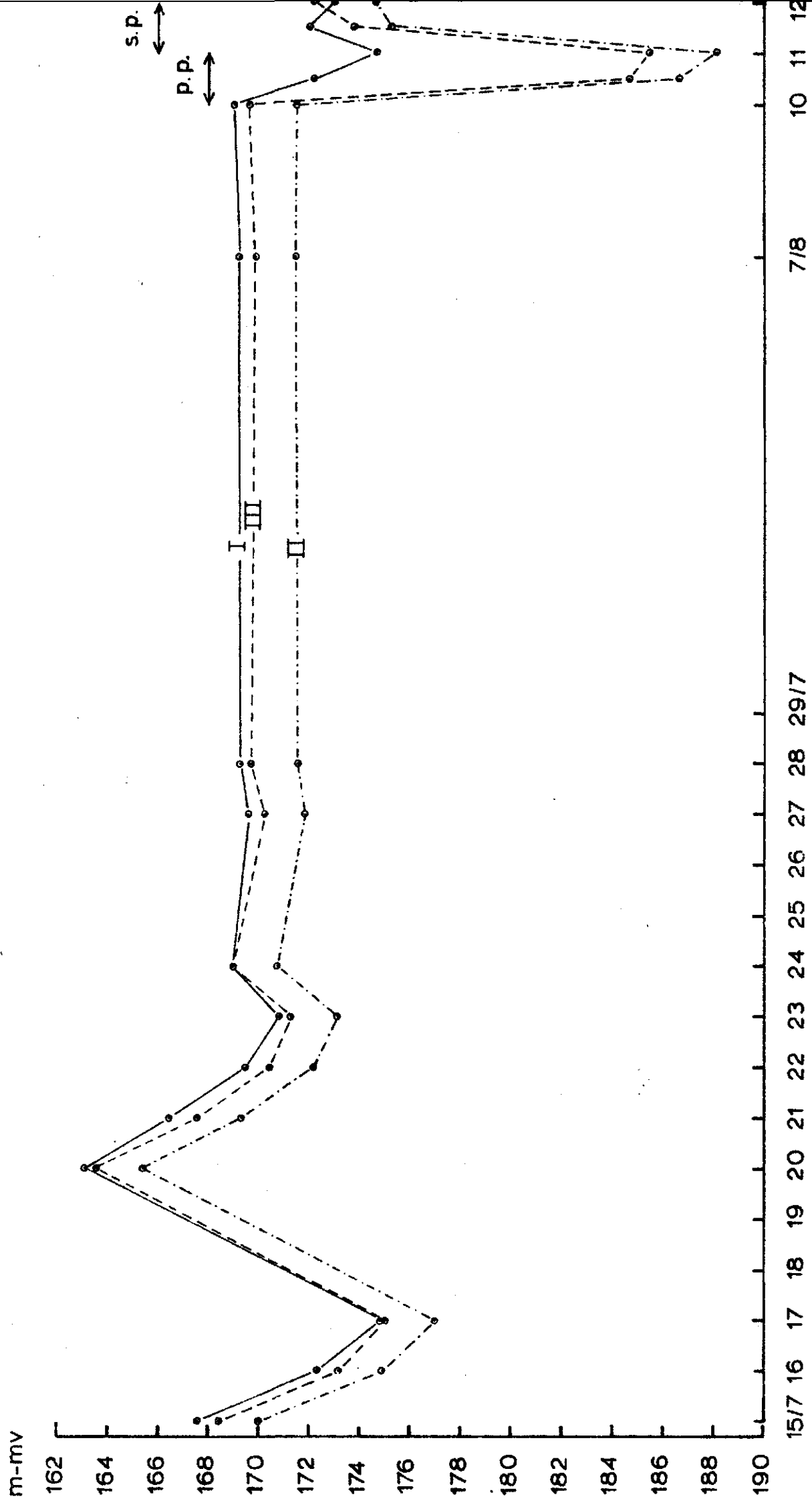
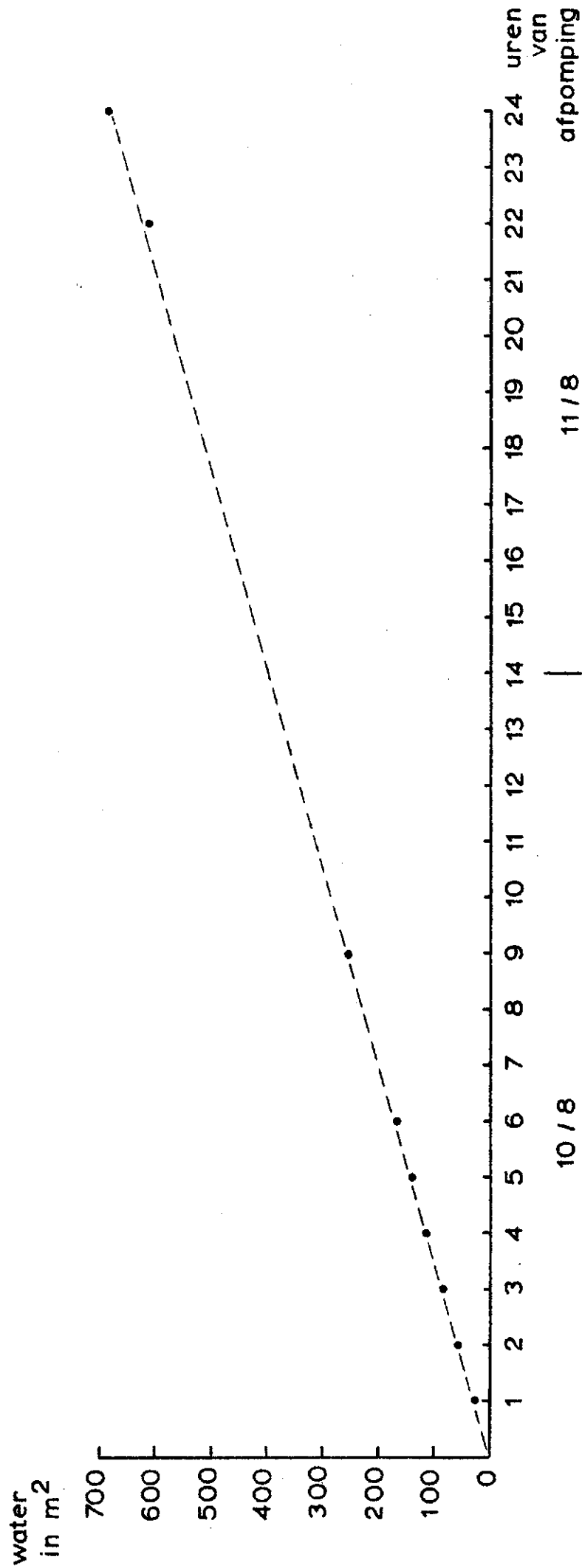
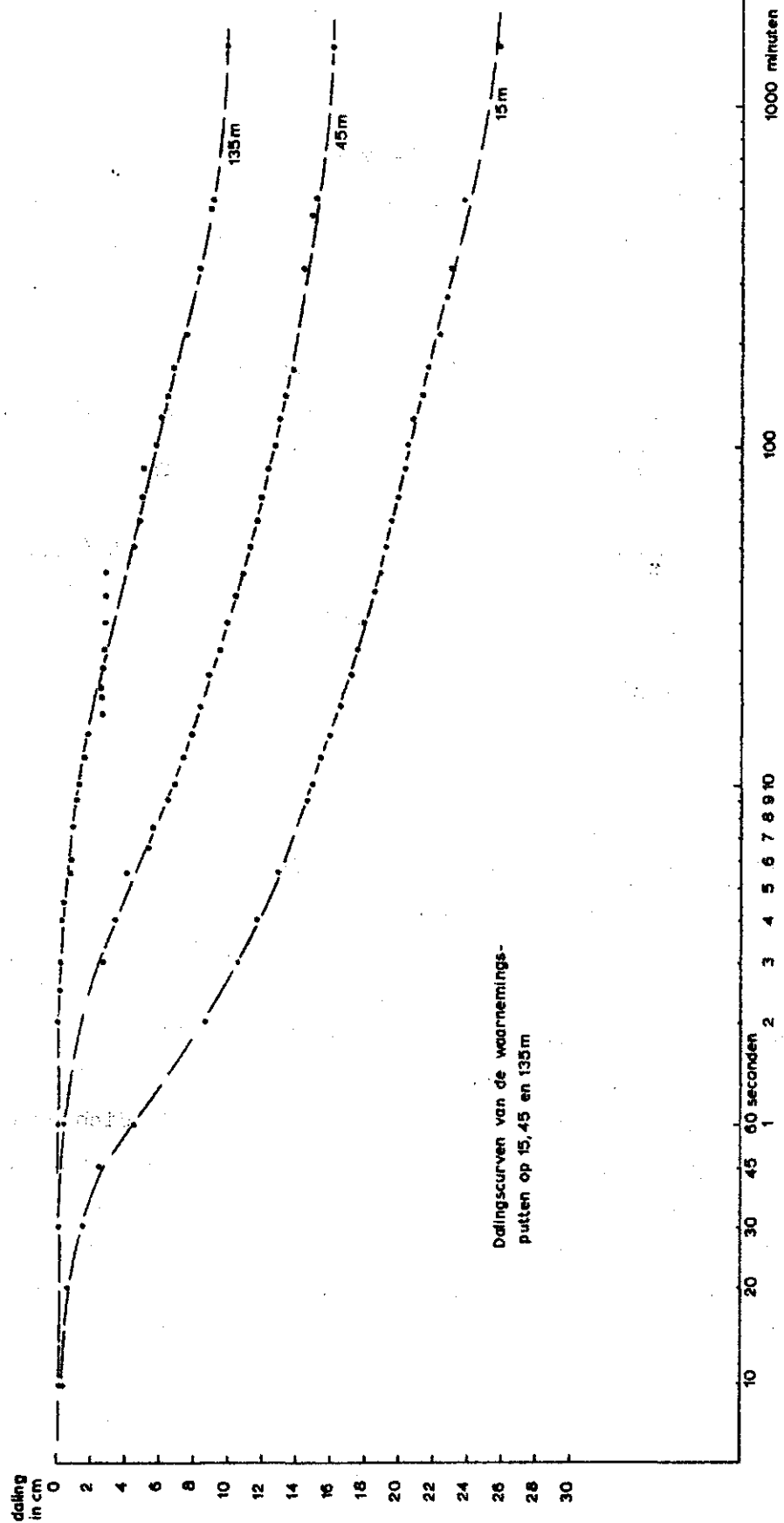


fig. 5



Het debiet gedurende pompproef H72

fig. 6



## BEREKENINGEN

### Methode DE GLEE:

Het feit dat er sprake is van semi-spanningswater geeft de mogelijkheid de berekeningsmethode van DE GLEE (lit. 1) toe te passen. Hiertoe zijn de afstanden van de waarnemingsputten afgezet tegen de verlagingen in stationaire toestand op dubbellogaritmisch papier. (Fig. 7). Daarna wordt getracht de aldus verkregen punten te "passen" op de type-curve van de Besselfunctie  $K_0(x)$  (lit. 2). De verkregen asserverschuiving bedraagt voor de horizontale as 480 m, voor de verticale as 0,077 m, waaruit de volgende waarden kunnen worden berekend:

$$\frac{Q}{2\pi kD} = 0,077 \text{ m} \quad (1) \quad \begin{array}{l} Q = \text{debiet (681,9 m}^3/\text{dag)} \\ kD = \text{doorlatend vermogen} \end{array}$$

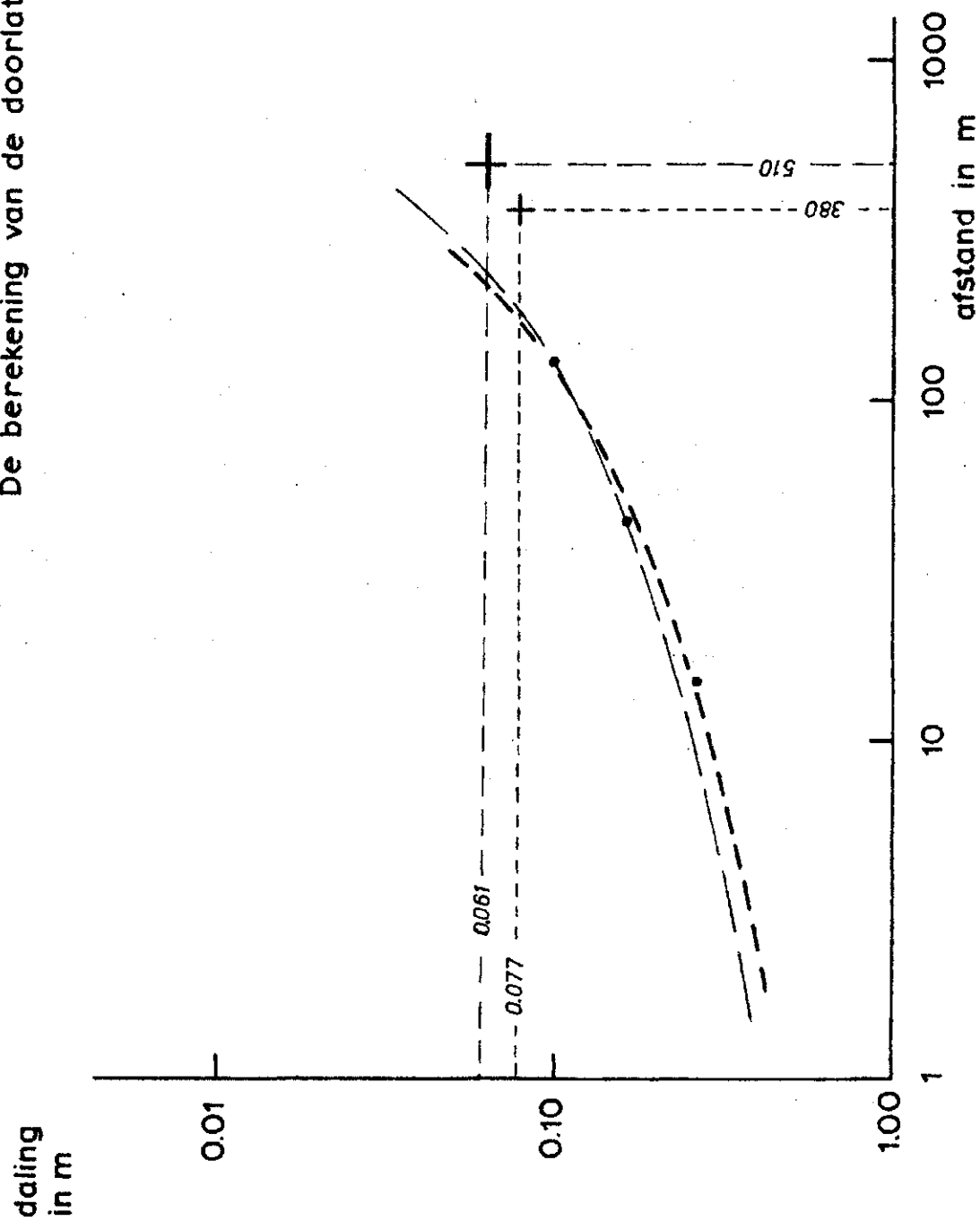
$$kD = 1410 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$\lambda = \sqrt{kD \cdot c} = 480 \text{ m} \quad (2) \quad \begin{array}{l} c = \text{vert. weerstand} \\ \text{v.h. afdekkend pakket} \\ \text{en de basis samen} \end{array}$$

$$c = 163 \text{ dagen} \quad \left( \frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} \right)$$

Men ziet in Fig. 7 dat de betreffende punten niet geheel dekkend gemaakt kunnen worden met de type-curve  $K_0(x)$ . Daarvoor heeft òf de waarnemingsbuis op 15 m van de pompput een te sterke verlaging òf de andere twee een te geringe. Het eerste is aannemelijk als men zich realiseert dat er sprake is van een onvolkomen put. Uit Fig. 3 blijkt dat het putfilter niet de gehele dikte van het watervoerend pakket bestrijkt. Dit heeft een extra verlaging tot gevolg in de putten die **dichter bij het pompfilter** liggen dan de dikte (D) van het watervoerend pakket. Dit euvel is te verhelpen door de waarnemingsbuis op 15 m van de pompput geheel bij de berekening uit te sluiten. Wordt de type-curve op de verlagingpunten van de overige filters gepast dan krijgen we:

De berekening van de doorlatendheid volgens DE GLEE



$$\frac{Q}{2 \pi kD} = 0,061 \text{ m}$$

$$kD = 1800 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$\lambda = \sqrt{kD \cdot c} = 740 \text{ m}$$

$$c = 304 \text{ dagen}$$

In tabel I is te zien dat de landbouwbuizen een zeer geringe verlaging hebben getoond. Tot het begin van de neerslag ( $\pm 1$  uur na het begin van de pompproef) was er zelfs geen sprake van waterstandsverandering. We kunnen dus de toestroming uit de bovengrond verwaarlozen. Dit geeft de mogelijkheid de formule van THIEM toe te passen:

$$Q = \frac{2\pi kD(h_3 - h_2)}{\ln(r_2/r_3)} \quad (3)$$

Waarin:

$kD$  = doorlatendheid in  $\text{m}^2/\text{dag}$ .

$h_2$  en  $h_3$  = verlaging in meters na bereiking van de stationaire toestand. In de waarnemingsputten op resp. 45 m en 135 m afstand van de pompput.

$r_2$  en  $r_3$  = afstand in meters van de waarnemingsputten tot de pompput.

$Q$  = debiet van de pomp in  $\text{m}^3/\text{dag}$ .

We sluiten derhalve de waarnemingsput op 15 m afstand uit.

Een voorwaarde voor deze formule is dat we te doen hebben met een volkomen put d.w.z. het filter beslaat de gehele dikte van het pakket. Hoewel aan deze voorwaarde niet is voldaan kan de formule wel worden toegepast op de filters op 45 en 135 m afstand.

Gegevens:

$$Q = 681,9 \text{ m}^3/\text{dag}$$

$$h_2 = 16,2 \text{ cm} = 16,2 \cdot 10^{-2} \text{ meter}$$

$$h_3 = 9,9 \text{ cm} = 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ meter}$$

$$r_2 = 45 \text{ m}$$

$$r_3 = 135 \text{ m}$$

$$681,9 = \frac{2 \pi kD(16,2-9,9)10^{-2}}{2,3(\log 45 - \log 135)}$$

$$kD = \frac{2,3 \times 681,9 \times (\log 45 - \log 135) \times 10^2}{2 \times 3,14 \times (16,2 - 9,9)}$$

$$kD = 1891,3 \approx 1890 \text{ m}^2/\text{dag}$$

#### De methode van THEIS

Een derde rekentechniek die we kunnen toepassen is ontleend aan THEIS (li. 3) waarbij uitgegaan wordt van een pompproef in niet-stationaire toestand. Hiertoe worden waarnemingen (verlagingen) afgezet op dubbel logaritmisch papier tegen het quotient  $\frac{t}{r^2}$  (t is de tijd in minuten, r de afstand tot de pompput in meters) (Fig. 8). De zo ontstane punten worden zo goed mogelijk gepast op de curve van de functie  $W(u)$  tegen het quotient  $\frac{1}{u}$  (Fig. 8).

$$u = \frac{r^2 \cdot S}{4kDt} \quad (4)$$

Waarin:

r = afstand tot de pompput (m)

S = bergingscoëfficiënt (demensieloos)

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

t = tijd (dagen)

Het verband tussen  $W(u)$  en  $\frac{1}{u}$  is in tabellen gegeven (lit. 3)

Uit Fig. 8 kunnen we aflezen dat de assenverschuiving langs de

h-as (vertikale as)  $2,8 \cdot 10^{-2}$  bedraagt en langs de  $\frac{t}{r^2}$  as (horizontale as)  $4,7 \cdot 10^{-4}$ . Hieruit berekenen we met de formule:

$$kD = \frac{Q}{4\pi S} W(u) \quad W(u) = 10^0 = 2,8 \cdot 10^{-2} \quad (5)$$

$$kD = 1938,9 \approx 1950 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$\text{en } S = \frac{4kD(\frac{t}{r^2})}{\frac{1}{u}} \quad kD = 1938,9 \quad (6)$$

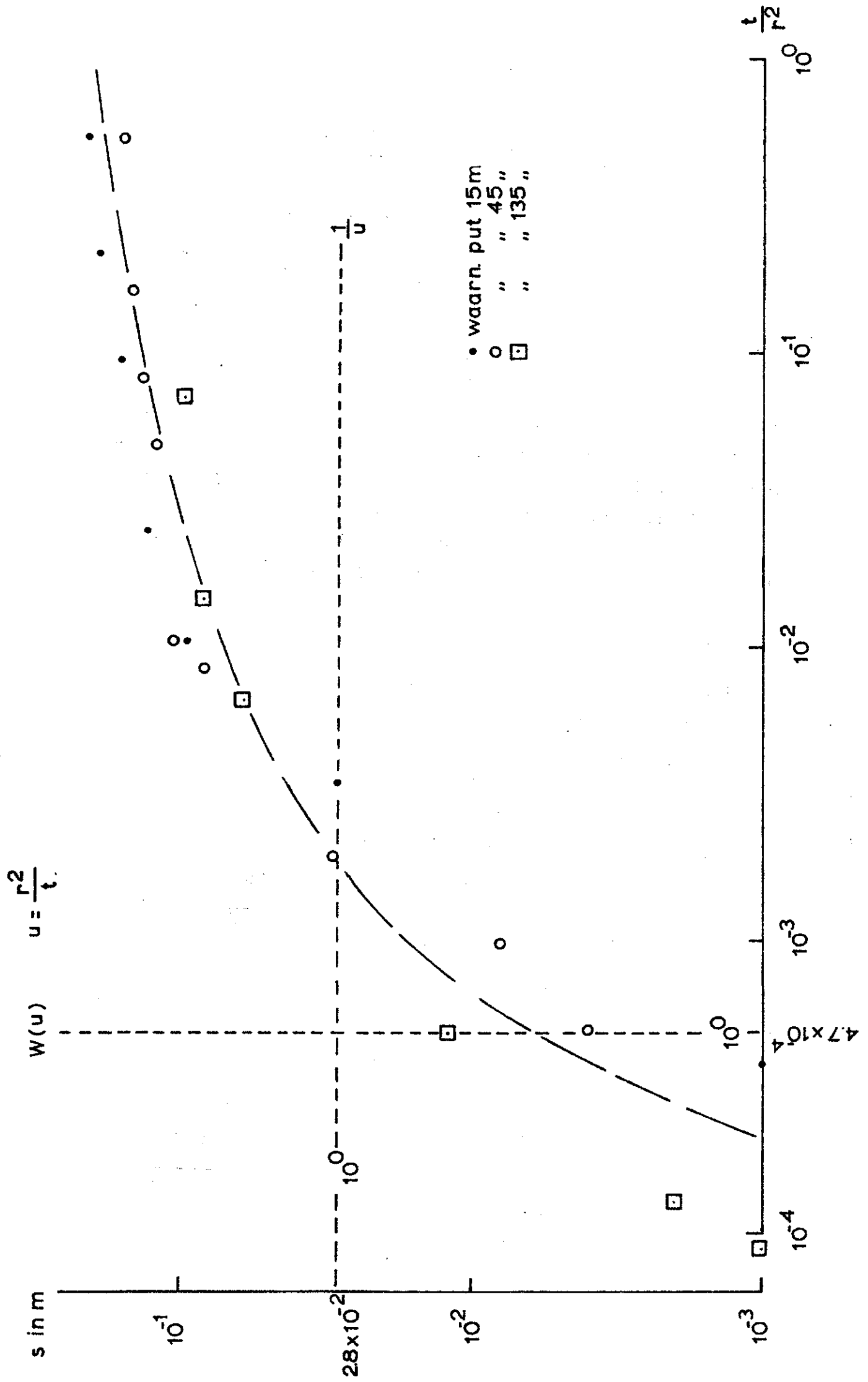
$$\frac{t}{r^2} \text{ uitgedrukt in } \frac{\text{dagen}}{\text{m}^2} = \frac{4,7 \times 10^{-4}}{1440}$$

$$S = 25,31 \quad 25$$



De berekening van de doorlatendheid volgens  
THEIS d.m.v. een pascurve

fig 8



# Correctiemethode vlg. HUISMAN (lit. 6)

Bij de berekeningen volgens de methodes van THIEM en DE GLEE werd de waarnemingsput op 15 m afstand buiten beschouwing gelaten om reeds eerder genoemde reden (blz. 4). HUISMAN heeft een methode gegeven waarmee de waargenomen waterstandsverlaging kan worden gecorrigeerd. Hiervoor geldt de volgende formule:

$$Y_n = (S_m)_{\text{gedeeltelijk}} - (S_m)_{\text{geheel}} = \frac{Q}{2\pi kD} \times \frac{2D}{\pi d} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left\{ \sin \frac{n b}{D} - \sin \frac{n a}{D} \right\} \cos \frac{n \pi z}{D} K_0 \left( \frac{n \pi r}{D} \right) \quad (7)$$

De symbolen zijn te lezen in fig. 9

$(S_m)_{\text{gedeeltelijk}}$  = de verlaging in stationaire toestand van de te corrigeren put

$(S_m)_{\text{geheel}}$  = gecorrigeerde waarneming

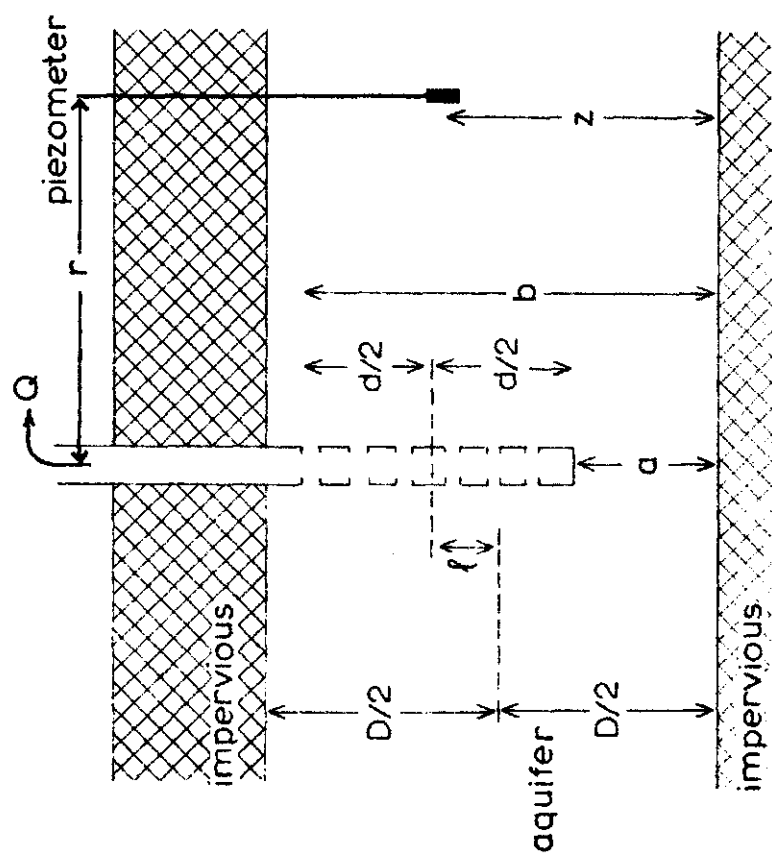
Van belang is te weten hoe ver men de waarde  $n$  moet laten uitstrekken. In de praktijk blijkt dat de reeks bij  $n=4$  al zodanig is geconvergeerd dat  $Y_n - Y_{n+1}$  binnen de waarnemingsfout van  $(S_m)_{\text{gedeeltelijk}}$  valt.

Gegevens:

$a = 13 \text{ m}$	$D = 42 \text{ m}$
$b = 15 \text{ m}$	$r = 15 \text{ m}$
$z = 25 \text{ m}$	$Q = 681,9 \text{ m}^3/\text{dag}$
$d = 20 \text{ m}$	

De  $kD$ -waarde wordt geschat. Is er een grote diskrepantie tussen de aanvankelijk gebruikte  $kD$  en de na correctie berekende waarde dan zal de aangenomen  $kD$ -waarde moeten worden aangepast. Als geschatte  $kD$ -waarde nemen we het gemiddelde van de reeds berekende waarden i.c.  $1344 \text{ m}^2/\text{dag}$

fig. 9



naar Kruseman en De Ridder 1970

n	$Y_n$ (in mm)
1	2,29
2	9,50
3	9,93
4	9,95
5	9,92

Men ziet dat de extra verlaging  $Y_n$  nadert tot een waarde tussen 9,93 en 9,95 mm. Gezien het feit dat decimalen van mm niet binnen de waarneming lagen, komen we tot een extra verlaging van 10 mm. Deze moet dus van de uiteindelijk verlaging worden afgetrokken. De verlaging in stationaire toestand zal dan niet 26 cm maar 25 cm bedragen. Uiteindelijk heeft deze correctie weinig invloed op het eindresultaat. Nog steeds is het niet mogelijk de drie punten op de type-curve van de Besselfunctie  $K_0(x)$  te passen.

Gaan we uit van de waarnemingen van de buizen op 15 m en 45 m van de pompput dan bedragen (Fig. 10)\*

$$kD = 1200 \text{ m}^2/\text{dag}$$

en van de waarnemingsputten 15 en 135 meter

$$kD = 2140 \text{ m}^2/\text{dag}$$

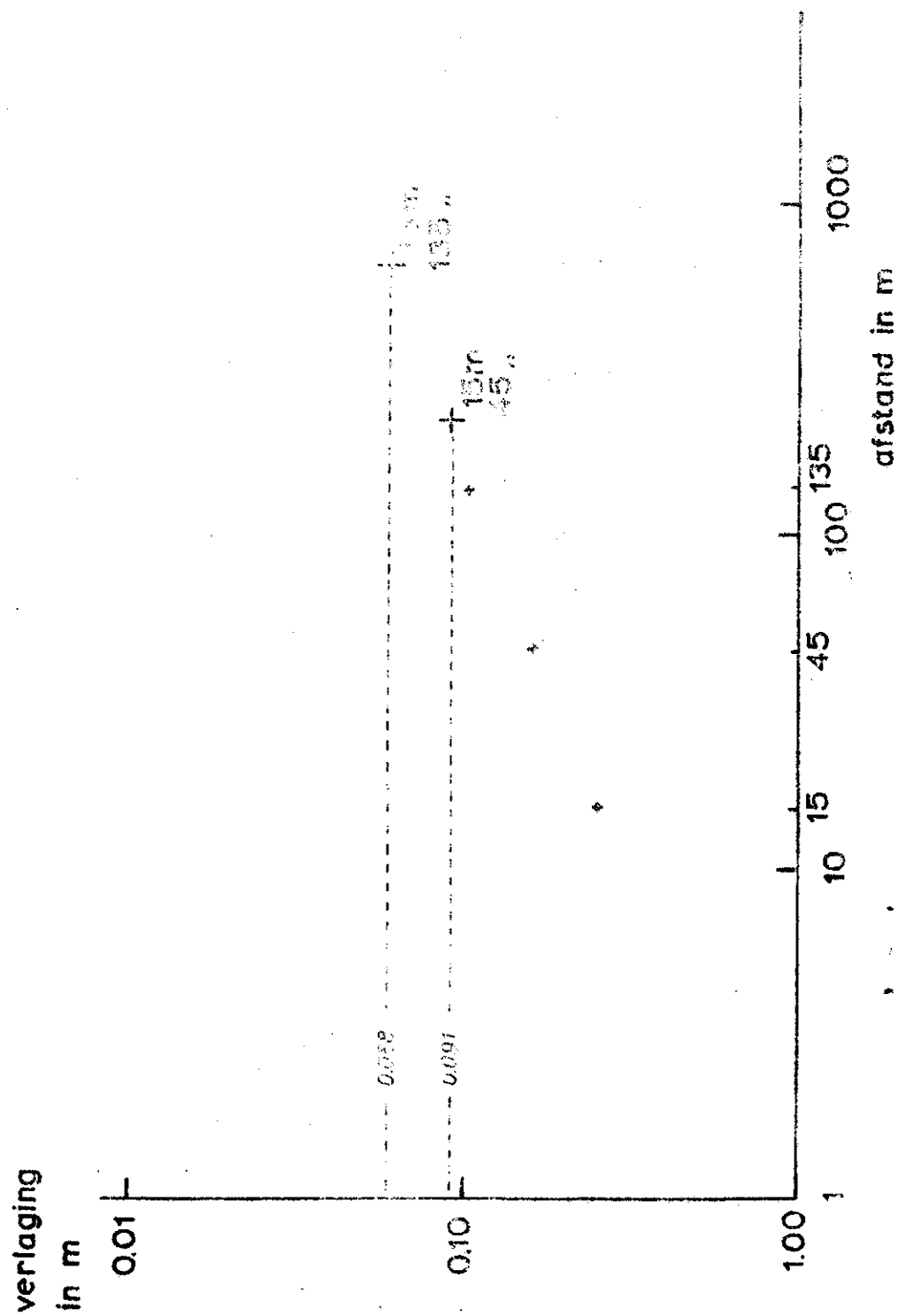
Passen we nu de drie punten op de meest aanvaardbare manier om de curve dan berekenen we:

$$kD = 1600 \text{ m}^2/\text{dag}$$

In ieder geval is de aangenomen  $kD$ -waarde van  $1340 \text{ m}^2/\text{dag}$  voor geen van de drie uitkomsten juist. Nemen we het gemiddelde van deze drie waarden ( $1650 \text{ m}^2/\text{dag}$ ) als uitgangspunt dan berekenen we:

\* Ter vereenvoudiging is in Fig. 10 en 11 alleen de oorsprong van de Besselcurve aangegeven. In Fig. 10 geeft het teken met 15 en 45 m de oorsprong aan als de curve over die punten wordt gelegd, 15 en 135 als deze over 15 en 135 wordt gelegd

DE GLEE toegepast op een situatie waarbij de waarnemingsput op 15m is gecorrigeerd m.b.v. de HUISMAN-KEMPERMAN-methode



n	$Y_n$ (in mm)
1	2,82
2	11,69
3	12,21
4	12,24
5	12,20

De verlaging van de buis van 15 m afstand van de pompput bedraagt dan 24,8 cm.

Na deze korrektie zijn de punten beter passende te krijgen, hoewel nog steeds niet volmaakt. We nemen dan de volgende waarden waar (Fig. 11).

$$\lambda = \sqrt{kD \cdot c} = 300 \text{ meter}$$

$$\frac{Q}{2\pi kD} = 71 \cdot 10^{-3} \text{ meter}$$

Hieruit werd berekend de  $kD$ -waarde van  $1529,2 \text{ m}^2/\text{dag}$ , welke dus nog  $\pm 120 \text{ m}^2/\text{dag}$  lager dan de aangenomen waarde is.

We kunnen nu nog de op pg. 5 berekende  $kD$  van  $1800 \text{ m}^2/\text{dag}$  in rekening brengen:

n	$Y_n$ (in mm)
1	3,07
2	12,73
3	13,31
4	13,33
5	13,29

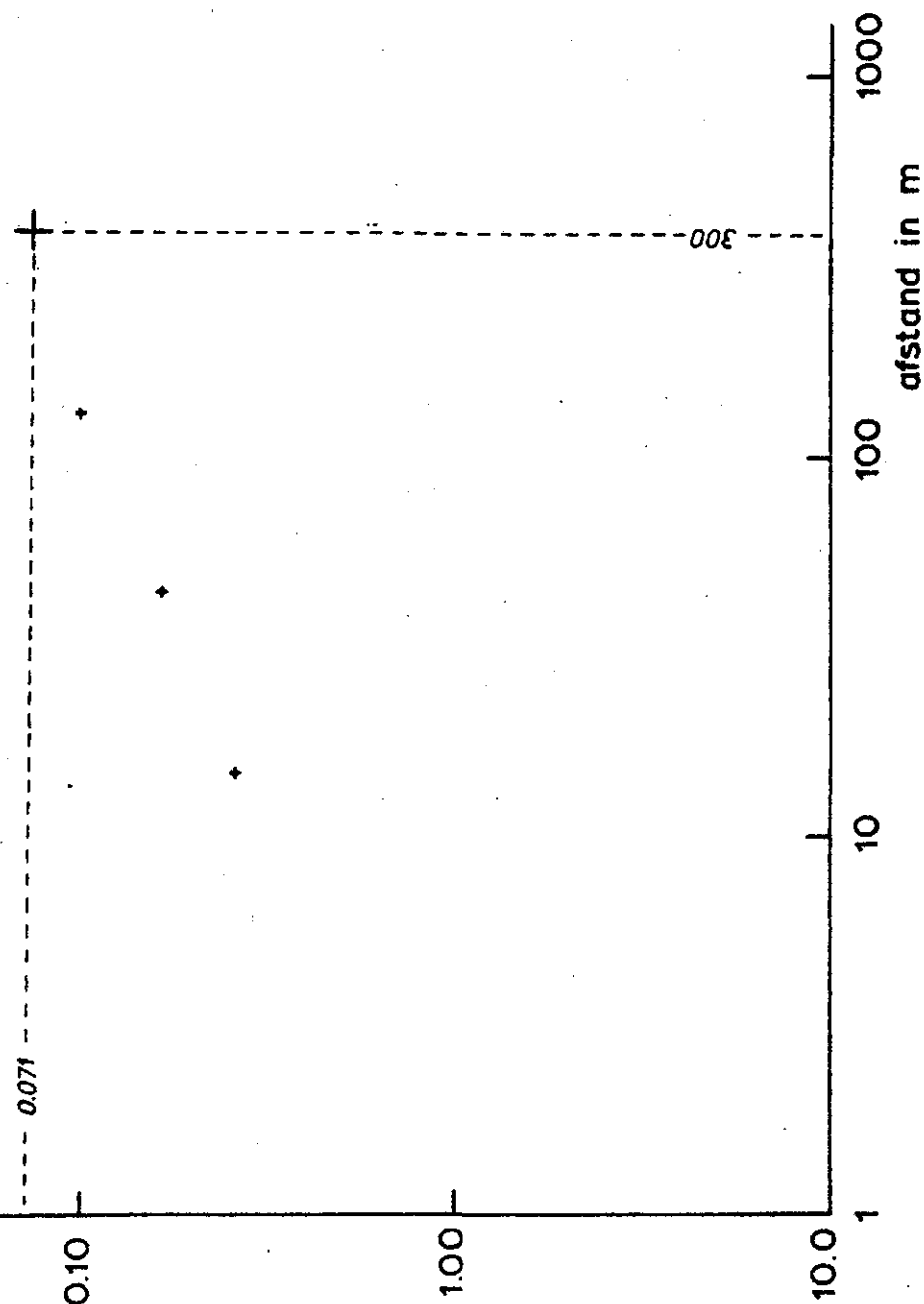
De verlaging van de waarnemingsbuis op 15 m van de pompput bedraagt nu 24,7 cm. De ligging van de punten wordt nu goed passend. We kunnen dus deze waarde als definitieve uitkomst van deze berekening beschouwen.

$$kD = 1800 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = 304 \text{ dagen}$$

verlaging  
in m

DE GLEE toegepast op een situatie waarbij de  
waarnemingsput op 15 m is gecorrigeerd m.b.v.  
de HUISMAN-KEMPERMAN-methode  
2<sup>e</sup> correctie



## DE STOPPROEF

Op 11 augustus werd de stopproef gehouden. Om 10.40 uur werd het pompen gestaakt. De waarnemingen zijn in bijlage II verzameld. De volgende dag werd de "normale" toestand bereikt. De weersomstandigheden waren gunstiger dan bij de pompproef; er was geen neerslag.

Bij de berekening werd de THEIS-stopproef-formule gebruikt:

$$s'' = \frac{Q}{4\pi kD} \left( \ln \frac{t}{S} - \ln \frac{t''}{S''} \right) \quad (8)$$

Waarin:

$s''$  = verlagingsverandering

$S$  = bergingscoëfficiënt voor het beëindigen van het pompen

$S''$  = bergingscoëfficiënt na het bereiken van de evenwichtstoestand

$t$  = tijd in dagen sedert het begin van het pompen

$t''$  = tijd in dagen sedert het einde van het pompen ten tijde van het waarnemen van  $s''$

Bergingscoëfficiënt: In een homogeen pakket ontstaat geen verandering van deze faktor. Hoewel het onderhavige watervoerend pakket niet homogeen is, treedt dit effect hier niet op omdat de grondwaterspiegel niet beneden de bovengrens van het watervoerend pakket komt.

Een ander effect kan wel van belang zijn. Onder invloed van het pompen heeft enige verdichting van het sediment plaats, onder invloed van het herstel van de normale toestand enige uitzetting. Dit zou inderdaad enig effect kunnen hebben. In grove sedimenten is dit echter een zo gering effect dat het niet waarneembaar is. We kunnen derhalve stellen dat  $S = S''$ . De formule (8) wordt dan:

$$s'' = \frac{2,30 Q}{4\pi kD} \log \frac{t}{t''} \quad (9)$$

Een voorwaarde voor de toepassing van deze formule is dat de stationaire toestand niet bereikt is. De berekening is uitgevoerd voor alle waarnemingen en het resultaat is verzameld in bijlage III.

We zien dat de berekende waarden variëren tussen 1900 m<sup>2</sup>/dag en 2500 m<sup>2</sup>/dag terwijl de gemiddelde waarden voor de vier buizen bedragen: 2026 m<sup>2</sup>/dag, 2128 m<sup>2</sup>/dag, 2077 m<sup>2</sup>/dag en 2041 m<sup>2</sup>/dag. Houden we deze gemiddelden aan dan berekenen we een gemiddelde  $kD$  van 2068 m<sup>2</sup>/dag



afgerond  $2070 \text{ m}^2/\text{dag}$ . Wij zijn geneigd grote waarde te hechten aan de berekening aan de hand van de waarnemingen tijdens de sterkste stijging. Deze geven een gemiddelde  $kD$ -waarde van  $1900 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

#### SAMENVATTING

Voor de doorlatendheidsberekening werden verschillende berekeningsmethoden toegepast met het volgende resultaat:

- |   |   |
|---|---|
| a) de Glee met gebruik van het filter op 15 m van de pompput        | $kD = 1410 \text{ m}^2/\text{dag}$<br>$c = 163 \text{ dagen}$ |
| b) idem zonder gebruik vsn het filter op 15 m van de pompput        | $kD = 1800 \text{ m}^2/\text{dag}$<br>$c = 304 \text{ dagen}$ |
| c) Thiem met gebruik van de filters op 45 m en 135 m van de pompput | $kD = 1890 \text{ m}^2/\text{dag}$                            |
| d) Theis met gebruik van alle waarnemingsfilters                    | $kD = 1950 \text{ m}^2/\text{dag}$                            |
| e) de Glee na korrektie m.b.v. de formule van Huisman               | $kD = 1800 \text{ m}^2/\text{dag}$<br>$c = 304 \text{ dagen}$ |
| f) stopproef na toepassing van de stopproef-formule van Theis       | $2070 \text{ m}^2/\text{dag}$                                 |
| g) idem voor sterkste stijging                                      | $1900 \text{ m}^2/\text{dag}$                                 |

Beschouwen we dit lijstje dan zien we dat de berekening a) duidelijk uit de toon valt. De reden is bekend namelijk de onvolkomenheid van de put. De overige waarden liggen allen om de waarde van d) namelijk  $1900 \text{ m}^2/\text{dag}$ . Wij zullen deze waarde derhalve als eindwaarde van deze berekening beschouwen. Dit laatste is ook des te aanvaardbaarder omdat zij zonder meer kan worden ingepast in de  $kD$ -waardekaart van WITT en VAN REES VELLINGA (lit. 6).

## LITERATUUR

1. DE GLEE, G.J. - Over grondwaterstromingen bij de onttrekking door middel van putten. Thesis 1930
2. JAHNKE, E. en F. v.d. EMDEN - Tables of functions with formulas and curves. 1945
3. KRUSEMAN, G.P. en N.A. DE RIDDER - "Analyses of pumping Tests data" Bull. 11 IILC 1970
4. PANNEKOEK, H.J. c.s. - De geologische geschiedenis van Nederland, 1956
5. POMPER, A.B. - De betekenis van de Oud-Pleistocene en oudere formaties voor de Hydrologie van Midden-West Nederland. I.C.W. Nota 516, 1969
6. WITT, H. en E. VAN REES VELLINGA - Proeve van een KD-waardenkaart van Midden-West Nederland. I.C.W. Nota 573, 1970

Waarnemingen in de waarnemingsputten van de pomproef bij Moerkapelle (Zuid-Holland) 10 augustus 1970.  
Stijghoogte in cm t.o.v. de bovenkant van de buis.

Tijd in sec. (min.) na 10 uur	Pompput H75				15 meter H74				45 meter H73				Tijd in sec. (min.) na 10 uur	135 meter H72				1.b.b. = land- bouwbuis
	buis I	l.b.b.	debiet v.d. pomp meter- stand in m <sup>3</sup>		buis I	buis II	buis III	l.b.b.	buis I	buis II	buis III	l.b.b.		buis I	buis II	buis III		
filter- diepte t.o.v. NAP	15,5-39,5	3			64,5	46,5	26,5	3	62,0	38,0	27,0	3		63,0	46,0	26,0		
begin 10 uur	186.6	195.6	3305.03		177.1	177.1	170.7	215.5	169.0	171.4	169.0	173.7	beginst.					
min/sec													min/sec	231.1	238.0	267.4		
5							170.8		169.2	171.7	169.1		5			267.4		
10							171.0				169.1		10			267.4		
20							171.2				169.1		20			267.4		
30							172.1				169.1		30			267.4		
45							173.1				169.2		45			267.4		
60							175.1				169.4		60			267.5		
1.10							176.6				169.8		1.10			267.5		
1.25							177.9				170.0		1.25			267.5		
1.40							178.6				170.4		1.40			267.5		
2.00							179.3				170.8		2.00			267.5		
2.20							180.2				171.2		2.20			267.6		
2.40							180.7				171.8		2.40			267.6		
3.00							181.2				172.2		3.00			267.6		
3.35							181.8				173.0		3.35			267.6		
4.00							182.2			175.0	172.9		4.00			267.7		
5.30							183.3		169.9		173.5		5.30			268.2		
6.30					176.8						174.2		6.30			268.3		
7.30									169.3	177.8	174.5		7.30			268.4		
9							185.1				175.3		9			268.6		
10						189.0	185.5		169.4	178.5	175.8		10		241.5	268.7		
12							186.0		170.0	178.9	176.2		12			269.0		
14					177.3		186.5		169.3	179.3	176.7		14	231.1		269.3		
17						190.3	187.1		168.7	181.4	177.2	174.0	17			270.0		
21					177.3	191.1	187.6		169.9	180.6	177.7	173.9	21			270.0		
25	292.0	195.6	3333.40		177.5	191.4	188.1	215.5	170.5	181.5	178.3	173.5	25	231.1	249.5	270.1		
30					177.5	191.7	188.5		170.5	181.3	178.7	173.6	30	231.0	249.5	270.2		
36					177.5	192.3	189.1		169.9	181.9	179.2	173.8	36	232.6		270.2		
42					177.7	192.6	189.4	215.5	169.7	181.9	179.6	173.8	42	232.1	244.1	270.2		

Vervolg bijlage I

Tijd in sec. (min.) na 10 uur	Pompput H75				15 meter H74				45 meter H73				Tijd in sec. (min.) na 10 uur	135 meter H72				l.b.b. = land- bouwbuis
	buis I	l.b.b.	debiet v.d. pomp meter- stand in m <sup>3</sup>		buis I	buis II	buis III	l.b.b.	buis I	buis II	buis III	l.b.b.		buis I	buis II	buis III		
filter- diepte t.o.v. NAP begin 10 u. min/sec	15,5-39,5	3			64,5	46,5	26,5	3	62,0	38,0	27,0	3		63,0	46,0	26,0		
50					177.9	193.0	189.8		170.3	182.2	180.0	173.8	50				270.3	
60					178.1	193.3	190.1	215.3	170.3	182.5	180.4	174.0	60	231.5	242.5		270.3	
70					178.3	193.3	190.4		170.1	184.6	180.7	174.5	70	231.0			272.5	
85	293.0	195.5	3361.45		178.8	194.0	190.9	215.2	170.7	183.3	181.1	173.6	85	231.5	243.9		272.4	
100					178.8	194.3	191.2	215.2	171.6	184.2	181.4	174.4	100	232.1	244.9		273.2	
120					179.0	194.6	191.5	215.2	171.8	184.5	181.8	175.0	120	231.5	244.5		273.5	
140	293.0	195.5	3389.40		179.1	195.0	191.9	215.2	171.6	185.4	182.1	173.8	140	232.5	245.7		274.0	
170					179.2	195.3	192.3	215.2	171.3	185.9	182.6	174.5	170	233.2	245.6		274.3	
210	293.0	195.5	3417.30		179.7	195.9	192.9	215.2	171.3	185.5	183.2	173.5	210	232.7	246.2		274.9	
270	293.5	195.4	3445.20		179.8	196.1	193.3	215.0	171.4	185.9	183.7	173.3	270					
330	293.5	195.4	3473.00		180.0	196.5	193.6	215.0	171.7	186.2	183.9	173.3	330	232.9	246.2		275.7	
515	294.5	195.3	3556.50		180.8	197.4	194.3	215.0	172.1	186.6	184.6	173.2	515	233.6	247.6		276.4	
1300	296.5	195.6	3917.30		182.6	199.3	196.4	215.0	174.0	189.1	184.9	172.9	1300	235.4	250.0		277.3	
1440			3986.90										1440					

Bijlage II

Waarnemingen in de waarnemingsputten van de stopproef bij Mierkapelle (Zuid-Holland) 11 augustus 1970. Stijghoogte in cm t.o.v. de bovenkant van de buis.

Tijd min/sec	Pompput			15 meter			45 meter			Tijd		
	buis I	buis II	buis III	buis I	buis II	buis III	buis I	buis II	buis III	l.b.b.	l.b.b.	l.b.b.
filterdiepte	15,5-39,5	3	26,5	64,5	46,5	26,5	62,0	38,0	27,0	3	63,0	46,0
NAP												
begin 10.40	184.0	200.5	197.7	215.-	174.7	190.1	186.4			0	235.90	250.20
5			196.8				187.7			5		279.84
10			196.3				187.7			10		279.84
15			195.3				187.7			15		279.84
20			194.6				187.7			20		279.84
25			193.8				187.7			25		279.84
30			193.3				187.7			30		279.84
35			192.8				187.7			35		279.37
40			192.6				187.7			40		279.99
50			192.1							50		279.99
60			191.3							60		279.99
1.10			190.8							1.10		279.99
1.25			190.1				187.5			1.25		280.01
1.40			189.6				187.3			1.40		280.02
2.00			189.0				187.1			2.00		280.01
2.30			188.3				186.3			2.30		279.99
3.00			187.5				185.9			3.00		279.95
3.35			186.9							3.35		279.91
4.00			186.6							4.00		279.81
5.30			185.6							5.30		279.81
6.30			184.9							6.30		279.75
7.30			184.5							7.30		279.71
9	184.8	189.5	183.8				182.9			9	236.60	250.60
10	184.1	188.5	183.5				181.8			10	237.90	279.63
12	183.5	188.-	183.0				181.5			12	249.30	279.15
14	183.6	187.6	182.6				181.0			14	236.85	278.95
17	183.6	187.4	182.0				180.7			17	248.77	278.69
21	183.1	186.8	181.4				180.2			21	237.10	278.33
25	183.1	186.2	181.0	215.1			179.5			25	238.10	278.09
30	183.1	185.6	180.2				179.2			30	237.50	278.09
36	182.9	185.0	180.0				178.4			36	236.10	277.95
42	182.6	184.7	179.5				178.0			42	247.30	277.79

Vervolg bijlage II

Tijd	Pomput	15 meter	4,5 meter	Tijd	l.b.b. = land- bouwbuis
filterdiepte 15,5-39,5 m	buis I l.b.b.	buis I buis II	buis I buis II	buis I buis II buis III	
NAP					
begin 10.40					
min/sec					
50		182.7	184.4	179.1	276.45
60	194.5	182.1	183.8	178.8	275.81
70	193.2	182.5	183.6	178.4	
85		182.7	183.0	178.0	275.20
100		182.5	182.8	177.1	274.81
120		182.5	182.6	176.8	
140	192.5	182.5	182.5	177.0	274.10
170	192.2	181.7	182.4	176.7	273.50
210	192.0	181.4	182.0	175.8	273.40
230					273.40
260	191.4	181.3	181.7	176.2	273.40
560	191.3	181.0	181.4	176.1	272.50
1380	191.8	180.6	180.9	175.0	

$$\text{Formule } kD = \frac{2,30 \times 681,9}{4 \pi S} \log \left( \frac{1480 + t}{t} \right)$$

S'' = S <sub>1</sub> - 170,7						S'' = S <sub>2</sub> - 169,0		S'' = S <sub>3</sub> - 267,4		S'' = S <sub>4</sub> - 186,6	
t	S <sub>1</sub>	k <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	k <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	k <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	t	S <sub>4</sub>	k <sub>4</sub> D <sub>4</sub>		
		60 <sup>-1</sup>		60 <sup>-1</sup>		60 <sup>-1</sup>			60 <sup>-1</sup>		
1/12	196,8	20,32	187,7	28,36	279,8	—					
1/6	196,3	19,25	187,7	26,35	279,8	—					
1/4	195,3	19,14	187,7	25,18	279,8	—					
1/3	194,6	19,05	187,7	24,34	279,8	—					
5/12	193,8	19,18	187,7	23,70	279,8	—					
1/2	193,3	19,17	187,7	23,17	—	—					
7/12	192,8	19,23	187,7	22,72	279,3	—					
1/3	192,6	20,79	—	—	—	—					
5/6	192,1	18,95	—	—	280,0	—					
1	191,3	19,21	—	—	—	—					
1/6	190,8	19,27	—	—	280,0	—					
5/6	190,1	18,71	187,5	19,62	280,0	—					
1 2/3	189,6	19,47	187,3	20,11	280,0	—					
2	189,0	19,57	187,1	19,79	280,0	—					
2 1/2	188,3	19,66	186,3	20,01	280,0	—					
3	187,5	20,01	185,9	19,90	280,0	—					
3 7/12	186,9	20,16	—	—	280,0	25,92					
4	186,6	20,17	185,1	19,92	279,9	25,65					
5 1/2	185,6	20,37	185,1	18,85	279,8	24,47					
6 1/2	184,9	20,74	183,4	20,45	279,8	23,75					
7 1/2	184,5	20,78	183,0	20,48	279,8	23,12					
9	183,8	21,14	182,3	20,82	279,7	22,51					
10	183,5	21,19	181,8	21,19	279,6	22,23					
12	183,0	21,25	181,5	20,91	279,2	22,15					
14	182,6	21,27	181,0	21,09	279,0	21,82					
17	182,0	21,48	180,7	20,75	278,7	21,48					
21	181,4	21,63	180,2	20,66	278,3	21,23					

Vervolg bijlage III

t	S <sub>1</sub>	k <sub>1</sub> D <sub>1</sub> m <sup>-1</sup>	S <sub>2</sub>	k <sub>2</sub> D <sub>2</sub> m <sup>-1</sup>	S <sub>3</sub>	k <sub>3</sub> D <sub>3</sub> m <sup>-1</sup>	t	S <sub>4</sub>	k <sub>4</sub> D <sub>4</sub> m <sup>-1</sup>
25	181,0	21,56	179,5	21,45	278,1	20,76			
30	180,2	22,36	179,2	20,82	278,1	19,85			
36	180,0	21,80	178,4	21,57	278,0	19,13			
42	179,5	22,11	178,0	21,62	277,7	18,89			
50	179,1	22,07	177,4	22,07	276,5	20,38			
60	178,8	21,72	177,1	21,72	275,8	20,94			
70	178,4	21,80	176,7	21,80	—	—	68	196,4	17,29
85	178,0	21,63	175,3	25,06	275,2	20,24	92	193,7	21,67
100	177,1	23,38	174,8	25,79	274,1	22,33	128	193,2	20,78
140	177,0	21,07	—	—	—	—	147	192,5	22,09
170	176,7	20,53	—	—	274,1	18,39			
190	—	—	—	—	273,5	19,31			
210	175,8	22,16	—	—	—	—			
230	—	—	174,8	18,75	—	—	173	192,2	21,85
260	175,2	22,90	174,5	18,73			220	192,0	20,52
275	—	—	—	—	273,5	16,47	260	191,4	21,47
560	175,2	15,57	173,8	14,60	—	—	308	191,4	19,86
1380	175,0	9,19	172,1	12,74	273,4	6,58	388	191,3	18,12
	$\overline{k_1 D_1}$	20,26	$\overline{k_2 D_2}$	21,28	$\overline{k_3 D_3}$	20,77		$\overline{k_4 D_4}$	20,41

$$\overline{kD} = 2068 \text{ m}^2/\text{dag}$$