

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 360, d. d. 8 november 1966

Pompproef M 163 tussen  
Dinxperlo en Aalten

J. J. de Vries

---

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-  
delen, 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 onder-  
zoek nog niet is afgesloten.

Aan gebruikers buiten het Instituut wordt verzocht ze niet in pu-  
blikaties te vermelden.

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

---

## Inleiding

Op 21 en 22 september 1966 werd door het I.C.W. in het kader van het geohydrologisch onderzoek in de Achterhoek een pompproef gehouden in het gebied tussen Dinxperlo en Aalten.

Ten behoeve van deze proef werden de boringen M211, M212 en M213 gezet. M211 en M212 en de bestaande exploratie boring M163 werden afgewerkt als waarnemingsput, terwijl M213 ingericht werd als pompput. De waarnemingsputten zijn gelegen op respectievelijk 45 m, 15 m en 135 m van de pompput.

In iedere boring werd een waarnemingsfilter geplaatst op 2 m - beneden maaiveld en op ongeveer 32 m - beneden maaiveld, terwijl in M163 tevens een filter op 48 m - beneden maaiveld werd gesteld.

Als pompfilter werd een met glasvlies omwikkeld spleetfilter van P.V.C. met een lengte van 24 m en een diameter van 3", gebruikt. (Voor lokatie en ligging van de filters zie figuren 1 en 2)

## Hydrogeologische gesteldheid

Figuur 2 geeft een doorsnede door het lithologisch profiel ter plaatse.

De boringen zijn geplaatst in een pre-glaciaal dal, dat zich tot zeer diep in het Tertiair heeft ingesneden. Met behulp van boringen en geo-elektrisch onderzoek kon dit dal vervolgd worden van Dinxperlo tot aan Vreden in Duitsland. Nabij Dinxperlo bedraagt de diepte waarschijnlijk meer dan 80 m. In de omgeving van de pompproef werd op 50 m diepte de basis van de geul niet bereikt. Voor de volgende berekeningen werd een diepte van ongeveer 60 m voor de dikte van het watervoerend pakket aangehouden.

De geul is opgevuld met fluvioglaciaal, dat zich naar boven uitstrekt tot ongeveer 35 m - beneden maaiveld. Dit sediment bestaat uit matig grove, tot middel grove grindhoudende zanden, op grotere diepte overgaande in middel fijne zanden.

Van 25 m - beneden maaiveld tot ongeveer 7 m - beneden maaiveld volgt een pakket middel grove sterk grindhoudende zanden, naar boven overgaande in matig grove grindhoudende zanden. Op grond van de zware mineraal inhoud wordt deze laag tot de formatie van Kreftenheye gerekend. (Fluviatiel Rijnsediment)

Hier boven tot aan maaiveld ligt een pakket middel fijn, soms zwak slibhoudend eolisch zand, dat tot het dekzand (zanddiluvium) behoort.

Vanaf ongeveer 30 m - beneden maaiveld, manifesteert de geul (die hier

ongeveer 800 m breed is) zich als een insnijding in de praktisch ondoorlatende, fijne slibhoudende zanden en kleien van het Marien-Mioceen.

#### Grondwaterstendswaarnemingen

Vanaf 9 september zijn dagelijks grondwaterstendswaarnemingen gedaan in de peilbuizen M211, M212, M163 en de op respectievelijk 4 km en 2 km afstand gelegen waarnemingsputten M161 en M162 (fig. 1). M162 is niet in de geul gelegen.

Deze waarnemingen zijn in figuren 3 en 4 weergegeven als tijd - stijghoogtelijnen van het diepe en ondiepe grondwater.

Uit deze figuren blijkt dat tijdens de 24 uur dat gepompt werd, er een natuurlijke grondwaterspiegeldaling van ongeveer 2 cm plaatsvond.

Verder toont M161 een afwijkend gedrag, de grondwaterstandsveranderingen zijn hier minder extreem.

In de periode van 19 tot 23 september viel geen neerslag. Het verschil in stijghoogte tussen het diepe en ondiepe grondwater bedroeg ongeveer 12 cm, terwijl een grondwaterspiegeldaling van ongeveer 2 cm per etmaal plaatsvond, hetgeen bij een bergingscoëfficiënt van 0,1 een drainage van 2 mm per etmaal betekent.

Voor de verticale weerstand  $C_v$  geldt de volgende formule

$$C_v = \frac{h_1 - h_2}{q_v}$$

waarin:

$h_1 - h_2$  is het verschil in stijghoogte tussen het diepe en ondiepe  
grondwater

$q_v$  is de verticale stroomsterkte

Met de bovenstaande gegevens geeft dit

$$C_v \approx \frac{12}{0,2}$$

$$C_v \approx 60 \text{ dagen}$$

Analyse van de bij de pompproef verkregen gegevens

Van 21 september 9.42 uur tot 22 september 9.58 uur werd met een constant debiet van 770 m<sup>3</sup>/dag gepompt.

De hierbij optredende potentiaaldalingen zijn als tijd-potentiaal curven in figuur 5 en figuur 6 respectievelijk voor de diepe en de ondiepe filters weergegeven.

Op deze dalingen is een correctie aangebracht in verband met de natuurlijke drainage.

Een correctie van ca. 1,5 cm doet aan het einde van de proef een evenwicht ontstaan. Wanneer een grotere correctie wordt aangebracht ontstaat een grondwaterstandsstijging aan het einde van de proef. Waarschijnlijk werd dus de natuurlijke drainage gereduceerd door de potentiaaldalingen die tengevolge van het pompen optraden.

Als correctie is dan ook 1,5 cm aangehouden. De op deze wijze verkregen maximale potentiaaldalingen aan het einde van de pompproef zijn als volgt:

		diep	ondiep
M163/135 m	I	4,5 cm	4,8 cm
	II	4,0 cm	
M211/ 45 m		7,3 cm	5,4 cm
M212/ 15 m		13 cm	8,4 cm

In figuur 7 zijn deze maximale dalingen op semi-log papier uitgezet tegen de afstand tot de pompput.

Hieruit blijkt dat het potentiaalveld niet zuiver logaritmisch verloopt. De reden hiervan kan zijn: a) De onvolkomenheid van de put tengevolge van het feit dat het pompfilter zich niet over de gehele watervoerende laag uitstrekt. Hierdoor ontstaat radiale stroming in de omgeving van de pompput, waardoor de potentiaaldaling, tengevolge van de radiale weerstand groter wordt dan bij een volkomen put het geval zou zijn. b) Het grondwater gedraagt zich als semi-spanningswater. De kleine verticale weerstand in de bovenlaag en de grote potentiaaldalingen in het ondiepe water doet dit laatste echter niet vermoeden.

De correctie op de potentiaaldaling van de in de nabijheid van de pomp-

put gelegen peilput, kan met de volgende formule worden berekend:

$$\Psi_{\text{volkomen}} - \Psi_{\text{onvolkomen}} = \frac{Q}{2\pi kD} \cdot \frac{2D}{\pi h} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left( \sin \frac{n\pi b}{D} - \sin \frac{n\pi a}{D} \right) \cdot \cos \frac{n\pi z}{D} \cdot K_0 \left( \frac{n\pi r}{D} \right)$$

waarin:

- $\Psi$  de potentiaaldaling in m
- $Q$  het debiet van de pomp = 770 m<sup>3</sup>/dag
- $D$  de dikte van het watervoerend pakket = 60 m
- $kD$  de doorlatendheid = 4000 m<sup>2</sup>/dag (geschat)
- $h$  de lengte van het pompfilter = 24 m
- $b$  de afstand van de bovenkant van het pompfilter tot de ondoorlatende basislaag = 40 m
- $a$  de afstand van de onderkant van het pompfilter tot de ondoorlatende basislaag = 15 m
- $z$  de afstand van het midden van het pompfilter tot de ondoorlatende basislaag = 28 m
- $r$  de afstand van pompput tot waarnemingsput = 15 m
- $K_0$  een gemodificeerde functie van Bessel

De constante

$$\frac{Q}{4\pi kD} \cdot \frac{2D}{\pi h} = 0,05$$

$$\begin{aligned} n_1 &= 0,0139 \\ n_2 &= 0,17 \\ n_3 &= 0,005 \\ n_4 &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\sum_1^4 R = 0,124$$

dus  $\Delta\Psi \approx 0,0065$  m

Er moet dus een correctie van 0,7 cm aangebracht worden op de maximale potentiaaldaling van M212/15 m.

Het potentiaalveld geeft nu echter nog geen logaritmisch verloop te

zien.

Toch lijkt het gerechtvaardigd het grondwater als freatisch te beschouwen.

Voor dit niet stationaire stromingsgeval kan de formule van Theis worden gebruikt:

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi kD} \int_{\frac{r^2 S}{4kDt}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$$

waarin:

- $h_0 - h$  is de potentiaaldaling in m  
 $Q$  de putopbrengst in m<sup>3</sup>/dag  
 $kD$  de doorlatendheid in m<sup>2</sup>/dag  
 $r$  de afstand van pompput tot peilput in m  
 $t$  de tijd in dagen, verlopen sinds het starten van de pomp ...  
 $S$  de storage coëfficiënt

$$u = \frac{r^2 S}{4kDt}$$

In figuur 8 is deze differentiaal vergelijking grafisch opgelost. Hier-  
 toe zijn de potentiaaldalingen voor iedere put uitgezet tegen het quotiënt  
 $\frac{r^2}{t}$ .

De op deze wijze verkregen curven, zijn zo veel mogelijk passend gelegd  
 op de type curve van de exponentiële integraal

$$\int_{\frac{r^2 S}{4\pi kD}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} \cdot du$$

De verschuivingen van de assenstelsels die hierbij optreden kunnen wor-  
 den gelijk gesteld aan de constanten:

- 6 -

$$\frac{Q}{4\pi kD} \quad \text{en} \quad 4 \frac{kD}{S}$$

In figuur 8:

$$M212/ 15 \text{ m} \quad \frac{Q}{4\pi kD} = 1,5 \cdot 10^{-2}$$

$$kD = 4200 \text{ m}^2/\text{dag} \quad \leftarrow$$

$$\frac{4kD}{S} = 1,5 \cdot 10^7$$

$$S = 0,001$$

$$M211/ 45 \text{ m} \quad \frac{Q}{4\pi kD} = 10^{-2}$$

$$kD = 6100 \text{ m}^2/\text{dag} \quad \leftarrow$$

$$\frac{4kD}{S} = 1,7 \cdot 10^7$$

$$S = 0,0014$$

$$M163/135 \text{ m} \quad \frac{Q}{4\pi kD} = 6,5 \cdot 10^{-3}$$

$$kD = 9400 \text{ m}^2/\text{dag} \quad \leftarrow$$

$$\frac{4kD}{S} = 2,6 \cdot 10^8$$

$$S = 0,0015$$

$$\text{gemiddelde } kD\text{-waarde} = \underline{6600 \text{ m}^2/\text{dag}}$$

Beschouwen we het diepe grondwater als semi-spanningswater, dan kan,

wanneer aan het einde van de pompproef evenwicht is ingetreden, de formule van De Glee voor stationaire stroming worden gebruikt:

$$h_m = \frac{Q}{2\pi kD} K_0 \frac{r}{\sqrt{kDc}}$$

waarin:

$h_m$  = maximale daling in de waarnemingsput in m

$Q$  = het debiet van de pomp in  $m^3/dag$

$kD$  = doorlatendheid in  $m^2/dag$

$r$  = afstand tot de pompput in m

$c$  = verticale weerstand

$\sqrt{kDc}$  =  $\lambda$  = spreidingslengte

$K_0$  = Besselse functie van de 2e soort, orde nul

De grafische oplossing van deze vergelijking gaat ongeveer op dezelfde manier als bij de formule van Theis. Hier wordt echter de type curve vergeleken met de spanningsverhanglijn die verkregen wordt door de maximale dalingen van de verschillende putten tegen de respectievelijke afstanden tot de pompput uit te zetten.

In figuur 9 is deze bewerking voor het onderhavige geval uitgevoerd.

$$\frac{Q}{2\pi kD} = 3,6 \cdot 10^{-2}$$

$$kD = 3500 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$\lambda = 3 \cdot 10^2 = \sqrt{kD \cdot C_v}$$

$$C_v = 25 \text{ dagen}$$

Volstrekt betrouwbaar zijn deze uitkomsten niet, aangezien de dalingen in de ondiepe filters eigenlijk te groot zijn voor echt semi-spanningswater.



Methode van Thiem voor freatisch water

De formule van Thiem is geldig voor een horizontaal stromingsgeval, waarbij aan het einde van de proef een evenwicht is ingetreden, terwijl na verloop van tijd de verschillen in potentiaaldaling tussen de verschillende filters constant is geworden. Aan deze voorwaarden is hier voldaan

$$Q = 2\pi kD \frac{h_1 - h_2}{\ln \frac{r_1}{r_2}}$$

hierin zijn  $h_1$  en  $h_2$  de potentiaaldalingen in de waarnemingsputten op respectievelijke afstanden  $r_1$  en  $r_2$  van de pompput.

Tussen M212 en M163

$$kD = \frac{770}{8,2 \cdot \pi} (\ln 135 - \ln 15)$$

$$\underline{kD = 3300 \text{ m}^2/\text{dag}}$$

Tussen M211 en M163

$$kD = \frac{770}{2\pi \cdot 3,3} (\ln 135 - \ln 45)$$

$$\underline{kD = 4000 \text{ m}^2/\text{dag}}$$

Conclusie

De waardering van de verschillende uitkomsten is moeilijk aangezien we hier noch met zuiver freatisch water, noch met semi-spanningswater hebben te maken. De gemiddelde uitkomsten zijn:

	freatisch water	semi-spanningswater
kD	5000 $\text{m}^2/\text{dag}$	3500 $\text{m}^2/\text{dag}$

De werkelijke kD-waarde zal ergens tussen deze twee waarden inliggen.

Literatuur

- GLEE, G.J. DE (1930) - Over grondwaterstroming bij wateronttrekking door middel van putten. Thesis Delft.
- RIDDER, N.A. DE - De geohydrologische gesteldheid van de Achterhoek (interim rapport) 1966 Nota 327 I.C.W.
- THEIS, C.V. - The relation between the lowering of the piezometric surface and the duration of discharge of a well using groundwater storage. T.A.G.U. vol. 16. 1935.
- THIEM, G. - Hydrologische Methoden  
Gebhardt, Leibzig 1906
- ( Steady flow of groundwater towards wells, Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O. Den Haag 1964.



FIG 1

Pompproef M163  
Situatieschets

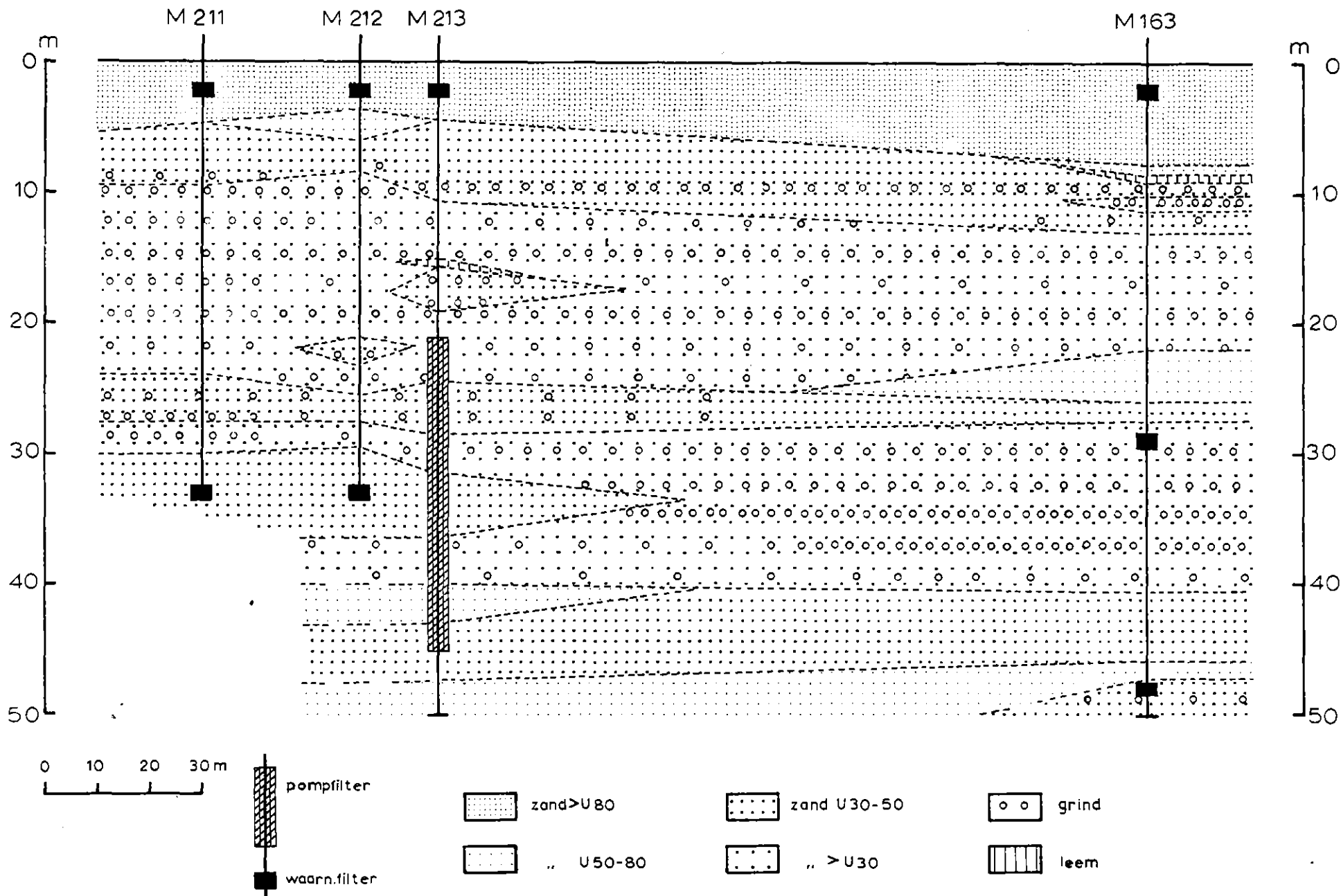


0 500 1000 m

v. Dinxperlo

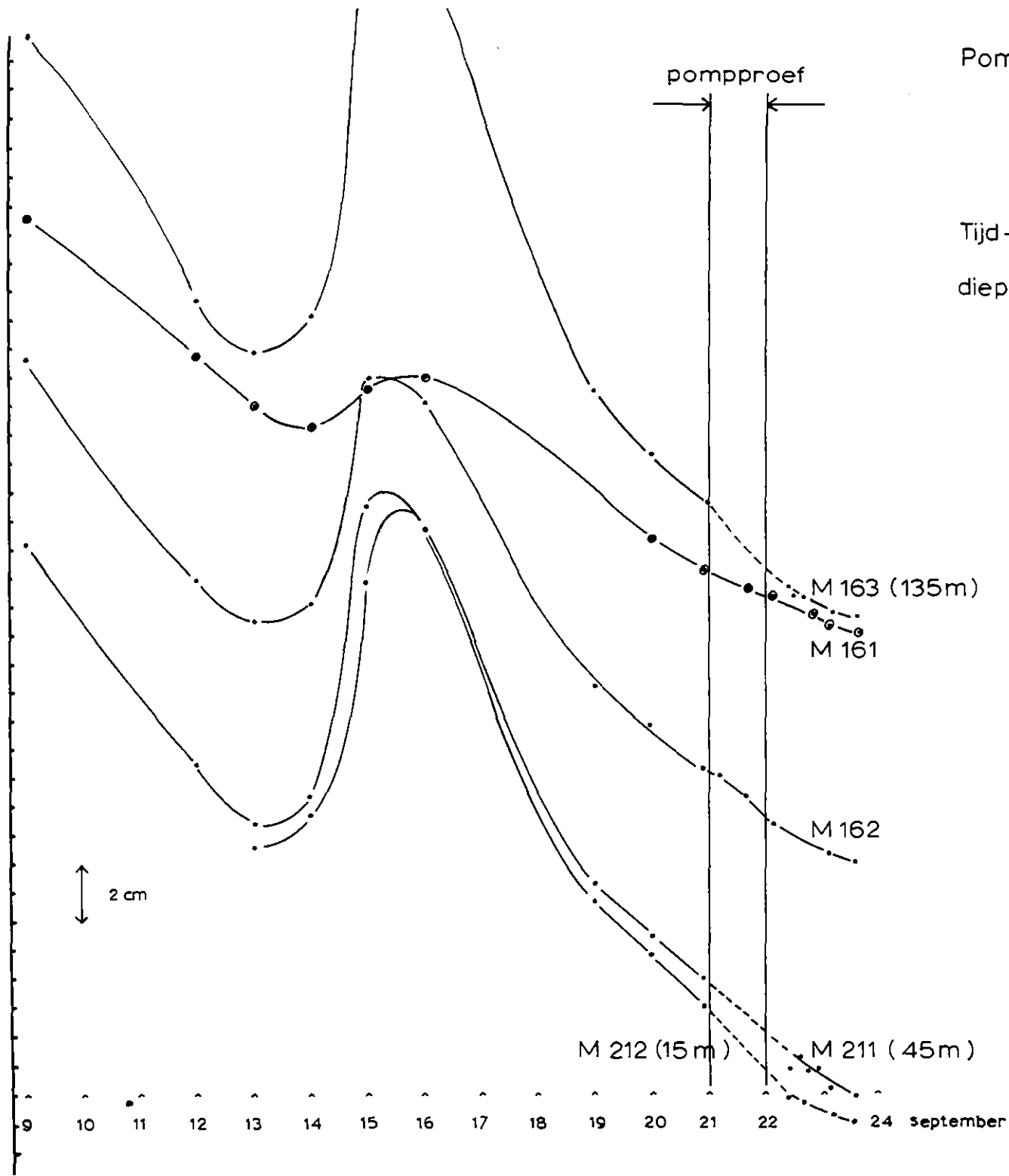
41 D Nota 360

Lithologisch profiel pompproef M 163



Pompproef M 163

Tijd-stijghoogtelijnen van de  
diepe waarnemingsfilters



Pompproef M 163

FIG 4

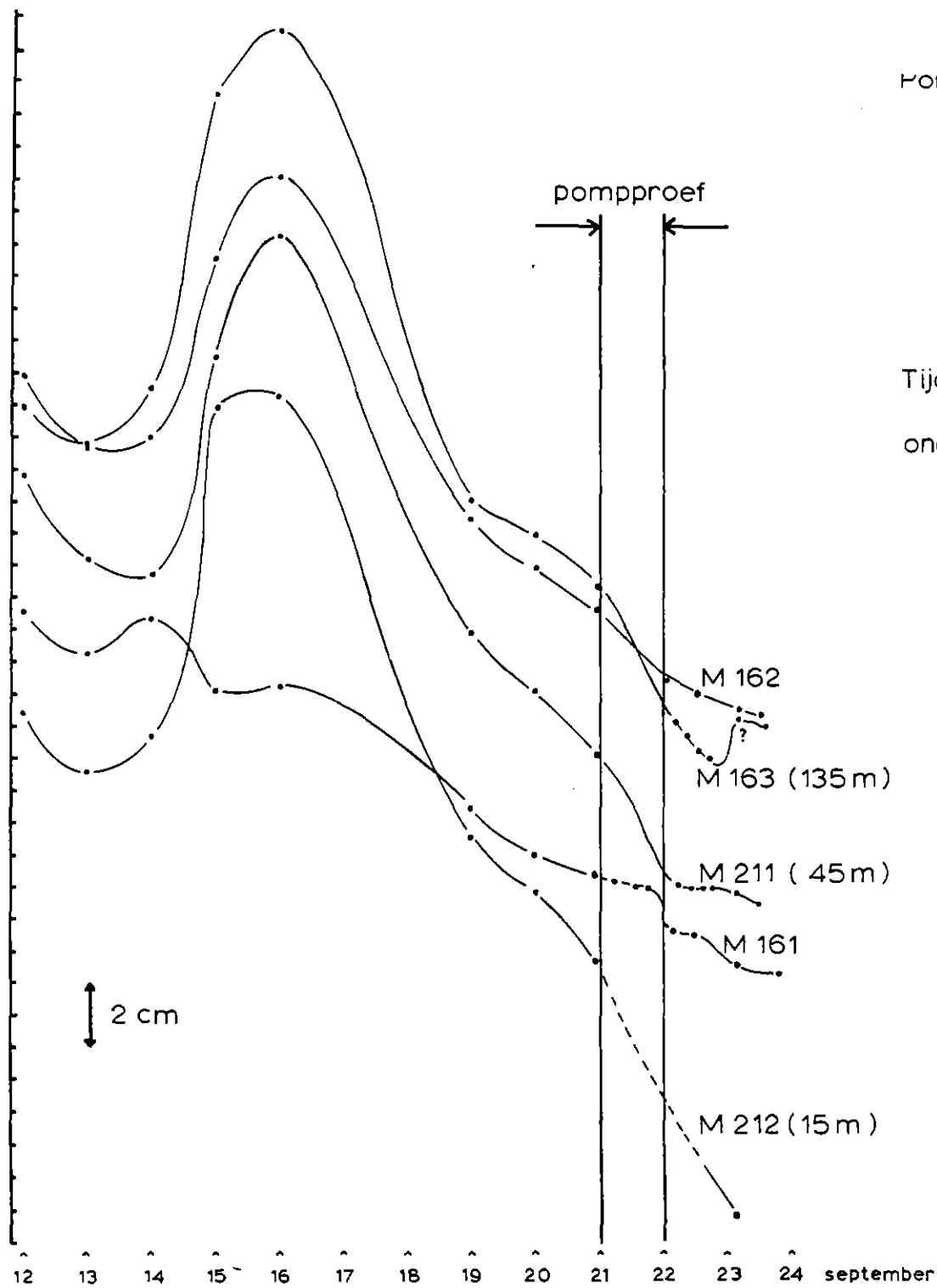


FIG 5

Pompproef M163

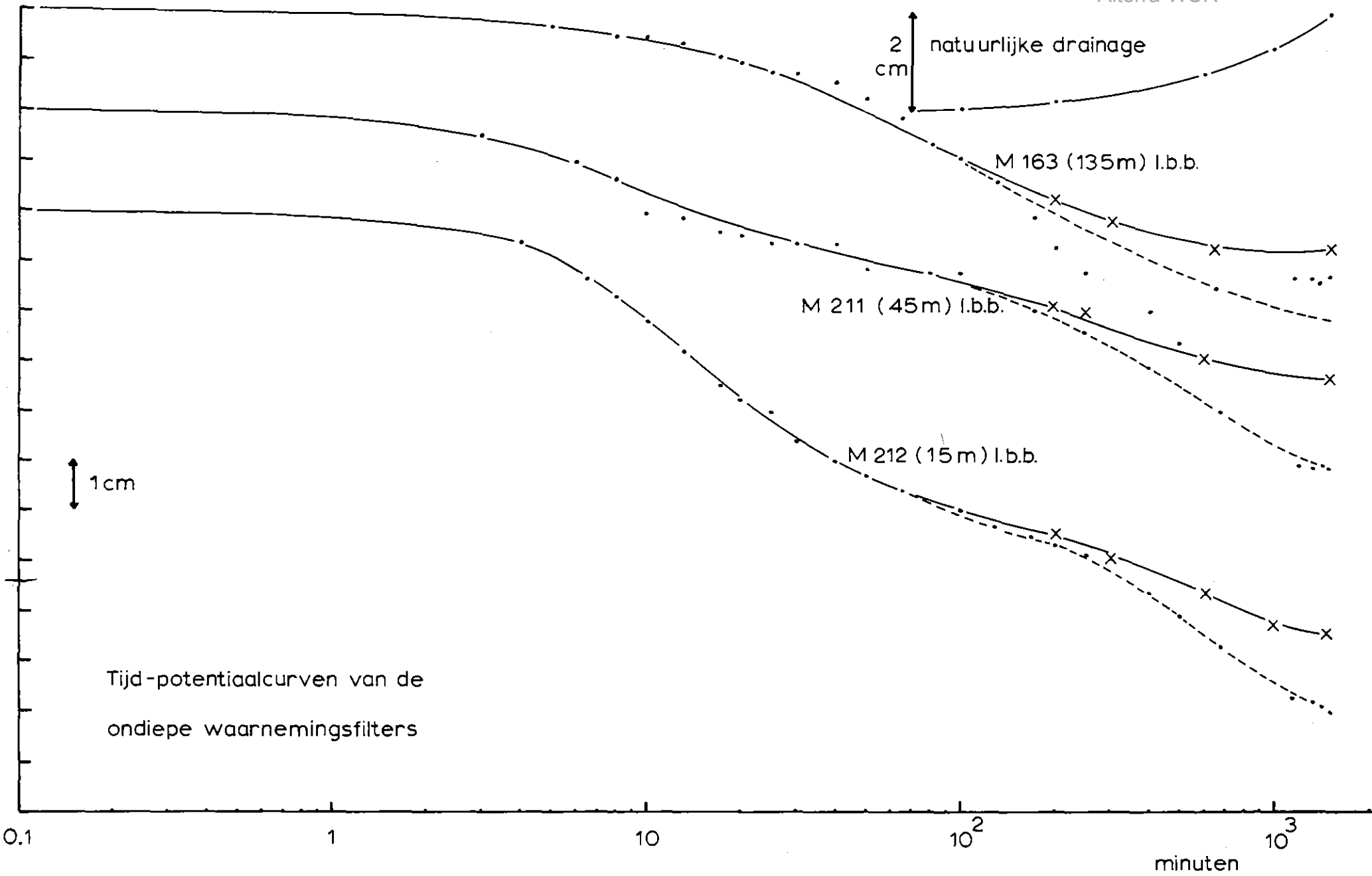


FIG 6

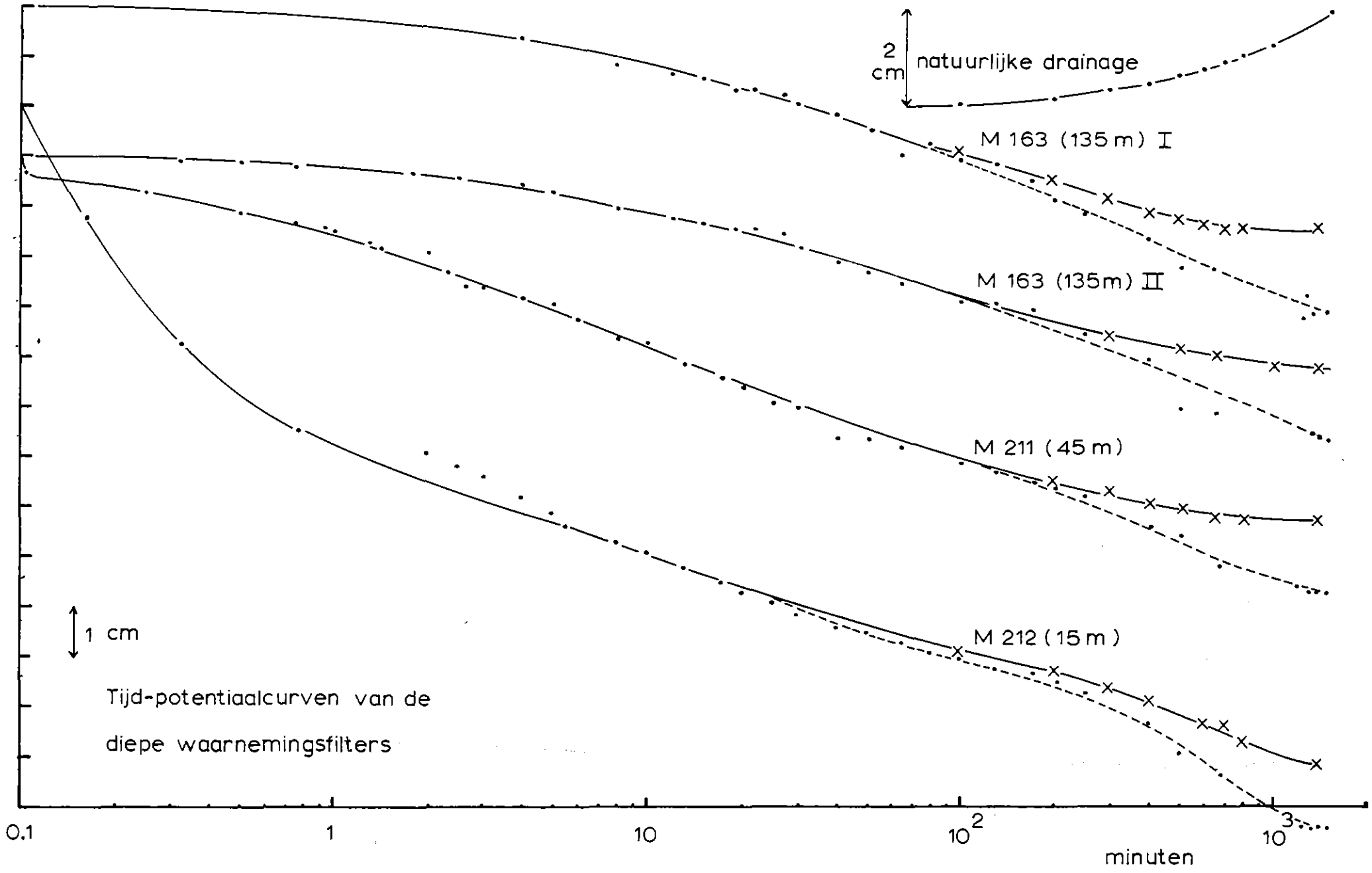
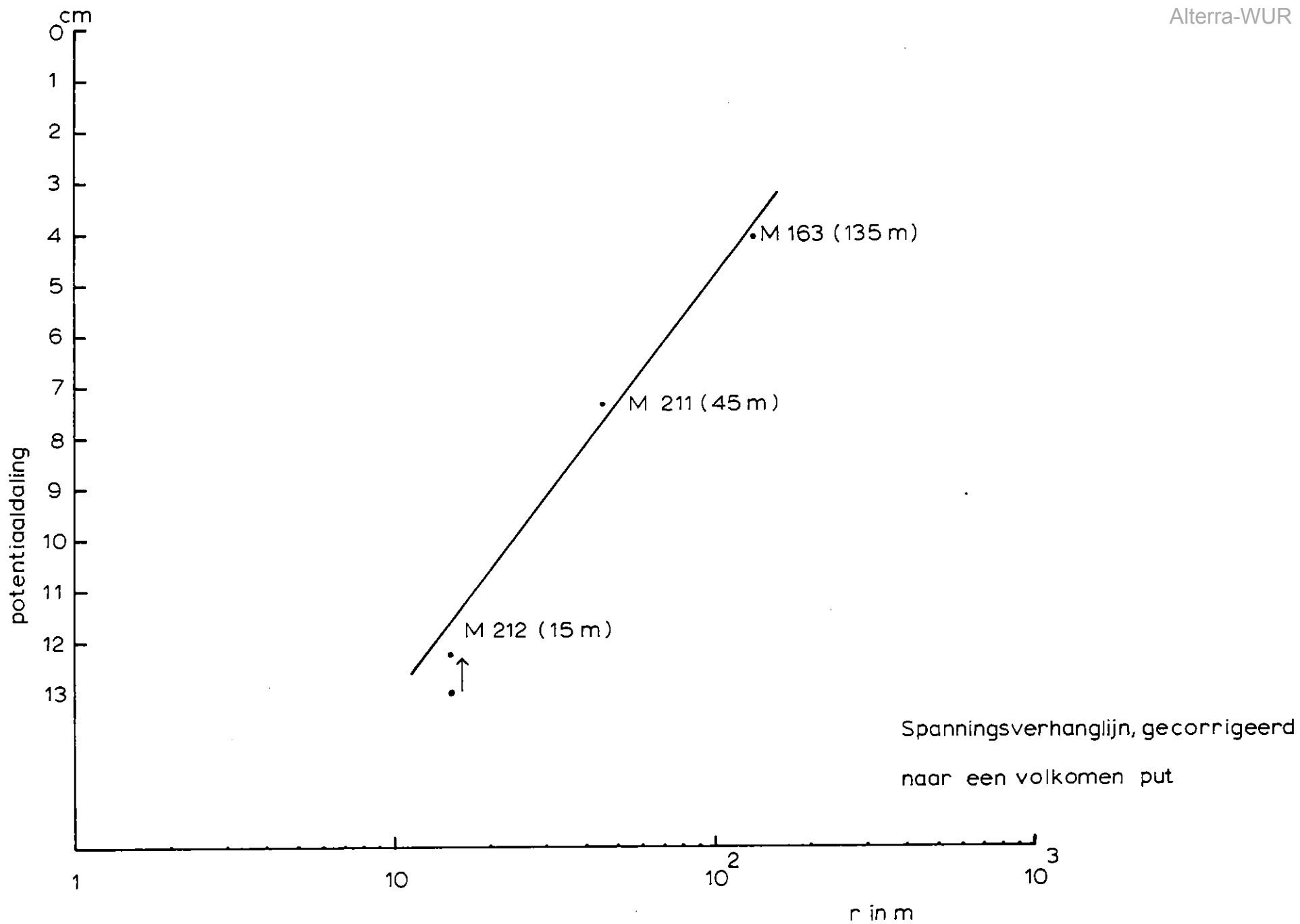




FIG 7

Pompproef M 163



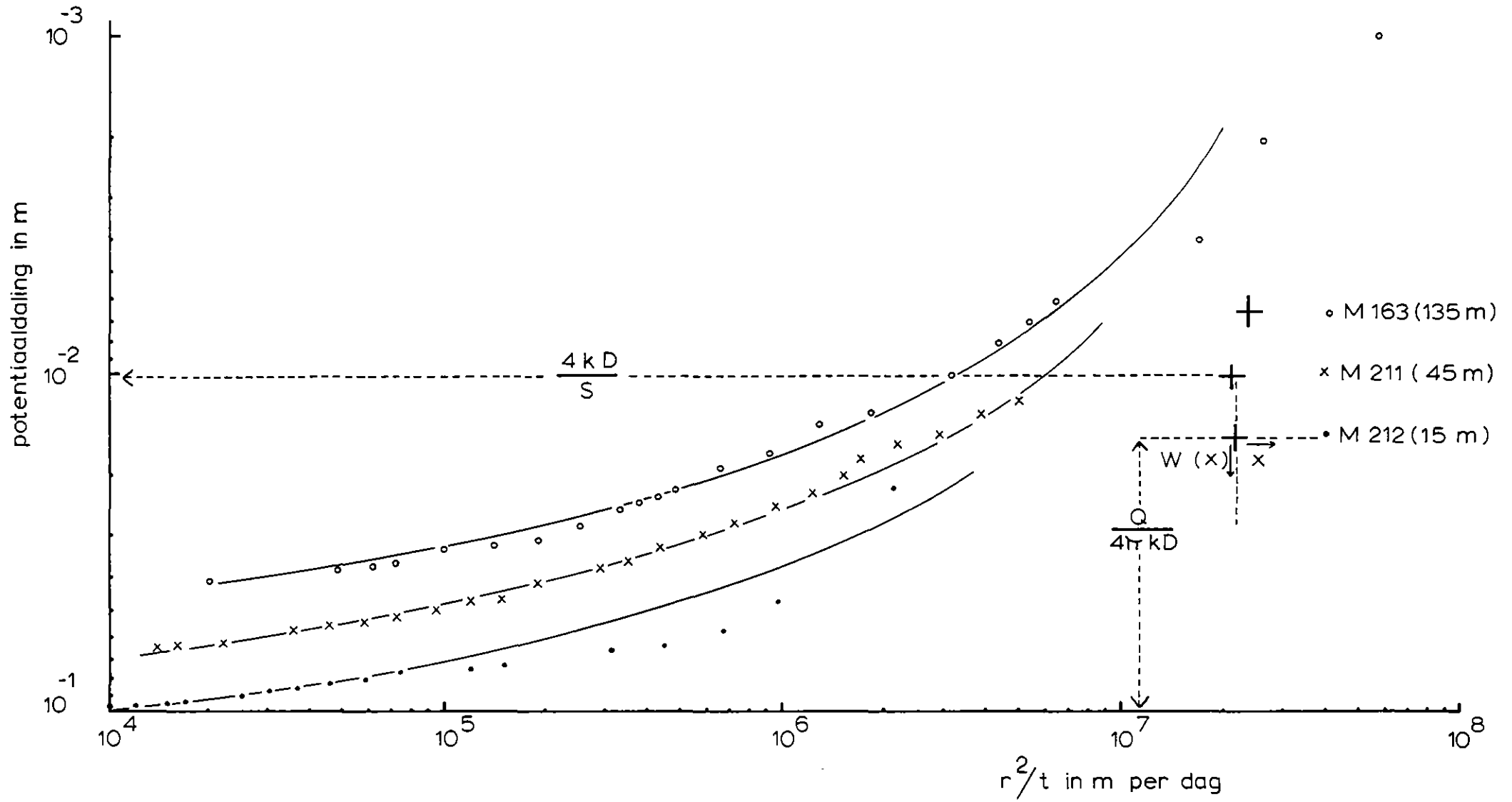


FIG 9

