

Resultaten van de bepaling van enige  
hydrologische bodemconstanten in een  
infiltratie-proefveld van de ruilver-  
kaveling Steenwijksmoer

dr. N.A. de Ridder en K.E. Wit

Resultaten van de bepaling van enige hydrologische bodem-  
constanten in een infiltratie-proefveld van de  
Ruilverkaveling Steenwijksmoer

dr.N.A.de Ridder en K.E.Wit

## 1. Inleiding

Door de Cultuurtechnische Dienst te Assen werden voor een klein terrein in het Ruilverkavelingsgebied "Steenwijksmoer" de mogelijkheden voor infiltratie onderzocht. De vraag hoeveel water nodig zal zijn om de grondwater-spiegel op het gewenste peil te handhaven, wordt in belangrijke mate bepaald door de geohydrologische gesteldheid van het gebied. De nauwkeurigheid, waarmee de noodzakelijke schematisering van deze geohydrologische toestand wordt uitgevoerd, is bepalend voor de praktische waarde van de met behulp van stromingsformules uitgevoerde berekeningen. Het was daarom noodzakelijk, behalve de geologische gesteldheid van de diepere ondergrond, ook de grootte van enige hydrologische bodemconstanten van het gebied te leren kennen. Tot deze bodemconstanten worden onder andere gerekend: het horizontaal doorlatend vermogen van het watervoerende pakket, ook wel  $kD$ -waarde genoemd en de verticale weerstand of  $c$ -waarde van slecht doorlatende lagen.

Om deze grootheden te bepalen is door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding in het proefgebied, dat een oppervlakte van ongeveer 25 ha beslaat, een pompproef uitgevoerd. In het volgende zullen de resultaten van de proef worden besproken.

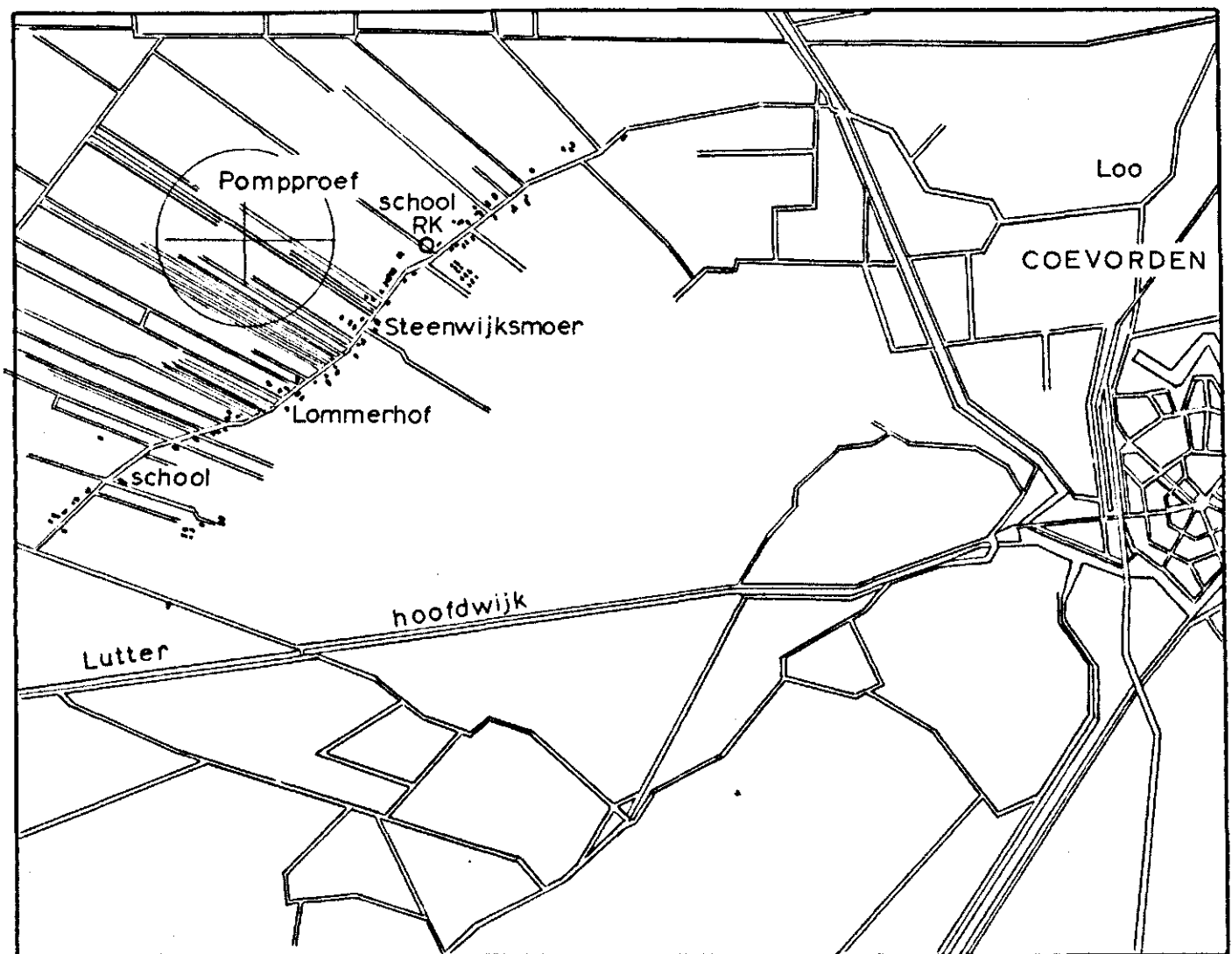
## 2. Ligging en opzet van de proef

In figuur 1 is de ligging van het gebied, waarin de pompproef is gehouden, aangegeven. Het gebied bevindt zich aan de westzijde van Steenwijksmoer, een wegdorp op ongeveer 3 km W.N.W. van Coevorden gelegen.

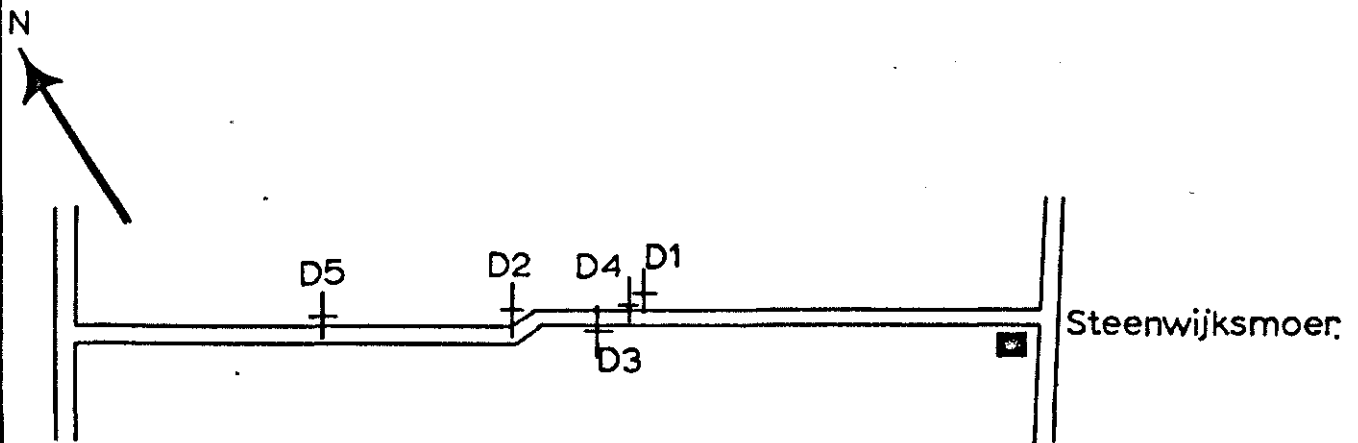
Voor de proef zijn vijf diepe boringen (D1 t/m D5) gemaakt, waarvan de ligging op een detailschets in figuur 1 is weergegeven. Van deze vijf boringen is D4 als pompput ingericht, terwijl de overige vier als peilputten zijn afgewerkt.

De afstand van de peilputten D1, D3, D2 en D5 tot de pompput (D4) bedroeg respectievelijk 20, 50, 150 en 400 m. De peilputten D1 en D2 bereikten een

FIG 1



COEVORDEN NO 22E SCHAAL 1: 25000.



Situatieschets pompproef Steenwijksmoer schaal 1:10000.

diepte van 50 m, terwijl in iedere put vijf peilfilters ter lengte van 1 m zijn gesteld, op diepten van ongeveer 50, 36, 24, 15 en 2 m - mv. De peilputten D3 en D5 hadden een diepte van respectievelijk 36 en 34 m en peilfilters op ongeveer 34, 24, 15 en 2 m - mv.

Het pompfilter was gesteld op een diepte van 30 tot 40 m - mv., had een diameter van 3" en een spleetwijdte van 0,75 mm.

Voor de afvoer van het opgepompte water is gebruikgemaakt van een lange, plasticen afvoerleiding, waarvan de buizen door de N.V. Wavin te Hardenberg welwillend ter beschikking zijn gesteld.

### 3. Geologische gesteldheid

Over de geologische gesteldheid van de diepere ondergrond waren, voordat met de pomproef werd begonnen, vrijwel geen gegevens bekend. Wel stonden de profielbeschrijvingen van enkele oudere boringen, gelegen in het Zwinderse Veld en langs de Lutter hoofdwijk, ter beschikking. Hieruit bleek, dat in het algemeen van maaiveld af tot enige meters diepte fijne, soms lemige zanden worden gevonden. In sommige boringen is op ca 7 m diepte een laag keileem aangetroffen. Onder de keileem ligt gewoonlijk een pakket preglaciaal zand ter dikte van 20 à 25 m, waarna een grofzandige, grindrijke laag volgt, die aan de basis, op 45 à 46 m - mv., overgaat in fijne, klei-rijke afzettingen.

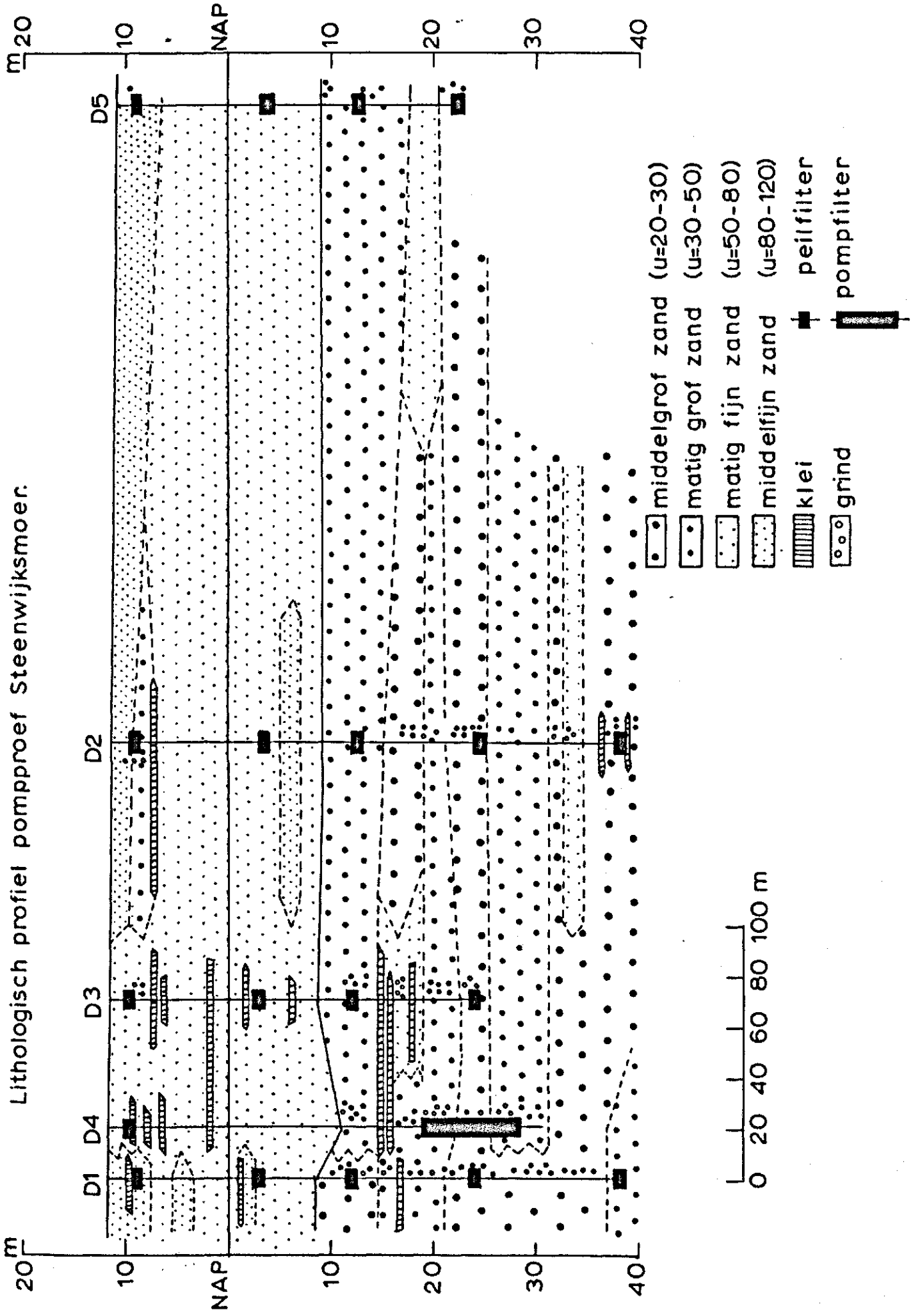
Vermeldenswaard is nog, dat de Rijksopsporingsdienst van Delfstoffen in 1909 een 375 m diepe boring liet uitvoeren bij "De Scheere" aan de Lutter hoofdwijk. Deze, overigens summier beschreven boring vermeldt fijn zand met klei tot 7 m diepte. Daaronder volgen middelkorrelige tot grove zanden met meer of minder grind tot 87,50 m diepte. Van 87,50 tot 90,00 m komt een zandige klei voor overgaande in lemige, middelkorrelige zanden, die op 100 m - mv. rusten op zandige, groengrijze klei van tertiaire ouderdom. Deze zandige klei reikt van 100 tot 318 m - mv., waarna het Emscher Krijt, bestaande uit groengrijze, fijnzandige mergel, werd bereikt.

In figuur 2 is een lithologisch profiel afgebeeld, dat is samengesteld op grond van gegevens verkregen uit de vijf boringen van de pomproef.

Uit deze figuur blijkt, dat onder een dunne laag matig fijn tot middelfijn dekzand in boring D1 van 1,80 tot 2,00 m - mv keileem is aangetroffen. Onder de keileem komt tot ca. 20 m - mv. een pakket proglaciale zanden voor, die afwisselend matig fijn tot middelfijn van korrelsamenstelling zijn. In

FIG. 2

Lithologisch profiel pompproef Steenwijksmoer



deze lichtgele en geelgrijze zanden zijn, vooral in de boringen D1, D4 en D3, verscheidene dunne leemlaagjes gevonden.

Van 20 m - mv. af tot de einddiepte van de boringen (50 m - mv.) komt een pakket bruine, matig grove, middelgrove tot zeer grove zanden voor, die soms veel grind bevatten. Hoewel niet uitvoerig onderzocht, is het waarschijnlijk dat dit grofzandige pakket uit verschillende formaties bestaat, namelijk in het bovenste deel de formatie van Vianen, bestaande uit Rijnaftzettingen van Riss-ouderdom, in het onderste deel de formatie van Enschede, die gekenmerkt wordt door grind, dat door Midden-Duitse rivieren is aangevoerd (Noord-Nederland-associatie). Door de aanwezigheid van toermalijn, metamorfe mineralen en vooral topaas onderscheidt de zware mineralen samenstelling van deze formatie zich duidelijk van die van de formatie van Vianen, waarin gewoonlijk de groep der vulkanische mineralen meer op de voorgrond treedt. De ouderdom van de formatie van Enschede is nog niet nauwkeurig vastgesteld, al is het wel vrij zeker dat althans een deel uit de Mindel ijs-tijd stamt.

In hoeverre de diepste boringen (D1 en D2) over de onderste meters de formatie van Harderwijk hebben getroffen, is niet bekend. In tegenstelling tot hetgeen op grond van de bovengenoemde oudere boringen uit de omgeving verwacht mocht worden, is namelijk op 45 à 46 m diepte geen overgang naar fijne, kleirijke afzettingen aangetroffen. Tot 50 m - mv. blijft het zand grof. In dit grofzandige pakket zijn kleilagen schaars, zij het ook dat in de boringen D1, D4 en D3 enkele dunne kleibandjes zijn gevonden.

Samenvattend kan gezegd worden, dat het geologisch profiel is opgebouwd uit een grofzandig pakket, dat reikt van ca. 20 m - mv. (= ca. 10 m - N.A.P.) tot meer dan 50 m - mv. (= ca. 40 m - N.A.P.). Aan de bovenzijde worden deze grove, grindrijke zanden bedekt door een ca. 20 m dikke laag van overwegend fijne zanden, waarin verspreid leemlaagjes voorkomen. De "ondoorlatende" basislaag ligt dieper dan 50 m - mv., maar vermoedelijk niet veel dieper.

#### 4. Resultaten van de berekeningen

Gedurende 16 uren is met een constant debiet van  $28,2 \text{ m}^3/\text{uur}$  water aan de pomput onttrokken. De tijdens de afpompings teweeggebrachte dalingen van de grondwaterstijghoogten, zijn in de verschillende peilputten waargenomen. Enkele peilfilters zijn vooral gedurende het eerste uur zeer frequent waargenomen. Het bleek daarbij, dat het grondwaterpeil regelmatig daalde, een

daling, die zich ook nog na 16 uren pompen, voortzette.

Dat schijnbaar na deze langdurige afpompingsperiode nog geen evenwichtstoestand was ingetreden, moet worden toegeschreven aan de invloed van normale drainage van het grondwater en van de weersgesteldheid gedurende de proef.

Deze natuurlijke grondwaterbewegingen zijn vastgesteld, daar ook in de aan de eigenlijke proef voorafgaande periode, de grondwaterstanden in alle peilbuizen zijn waargenomen. Deze peilingen zijn na de pompproef nog enige tijd voortgezet.

In figuur 3 is het ongestoorde verloop van de stijghoogten van het freatisch- en van het semi-spanningswater weergegeven van de filters op een diepte van 2 en 15 m van D2. Uit de figuur blijkt, dat de natuurlijke daling aanvankelijk vrij snel verloopt om na verloop van tijd geleidelijk kleiner te worden.

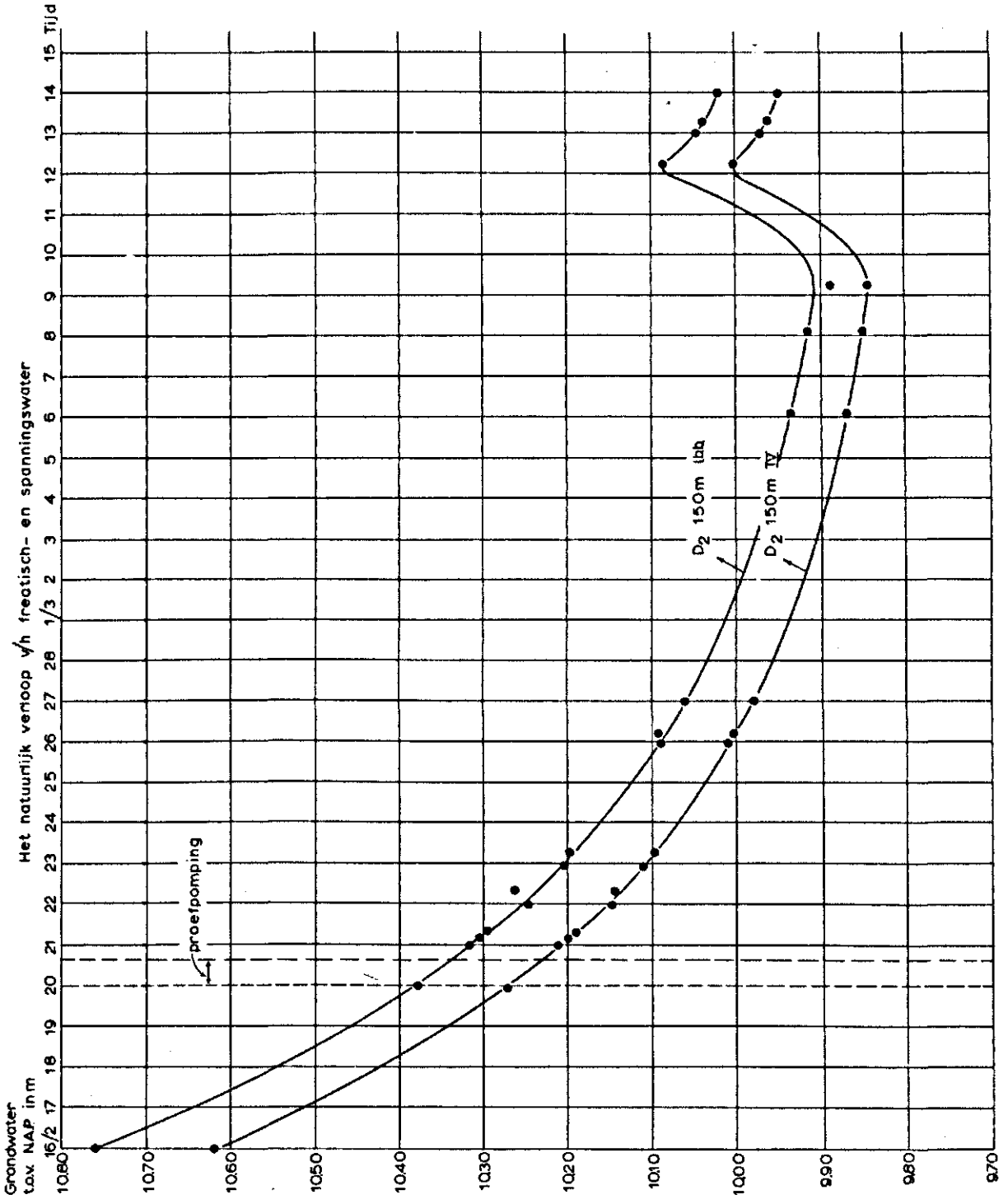
Op 9 maart is de dooi ingetreden, gepaard gaande met een korte regenperiode, hetgeen resulteerde in een grondwaterstandsstijging.

Alle diepe en ondiepe filters laten globaal hetzelfde beeld zien, zoals ook valt af te leiden uit de hieronder volgende tabel, waarin de grondwaterstands-daling in cm in de periode 16 februari tot 8 maart is aangegeven.

filterdiepte	D1	D4	D3	D2	D5
2 m	100,5	105,0	88,1	84,6	90,1
15 m	79,9		78,9	78,3	73,4
25 m	78,9		78,2	75,6	73,2
35 m	75,5		76,9	75,9	72,0
50 m	76,1			75,8	

Met behulp van de grafiek uit figuur 3 was het mogelijk de tijdpotentiaalcurven, die voor de verschillende peilputten zijn gemaakt, te corrigeren. Een voorbeeld van een dergelijke gecorrigeerde curve is in figuur 4 afgebeeld. Uit deze curve blijkt, dat na 1000 minuten afpompen nog slechts kleine dalingen optraden en de evenwichtstoestand dus nagenoeg was bereikt. Uit de aldus geconstrueerde tijdpotentiaalcurven is voor alle filters de peilverlaging vastgesteld ten tijde  $t = 16$  uur. Met behulp van deze gegevens is vervolgens de zogenaamde afpompingskromme getekend (fig. 5). Op dubbel logaritmisch papier zijn daartoe de afstanden van de peilputten tot de pomp-put uitgezet tegen de peilverlagingen, die in de verschillende peilputten

FIG. 3





Tijdkromme van het diepste filter van D3

FIG. 4.

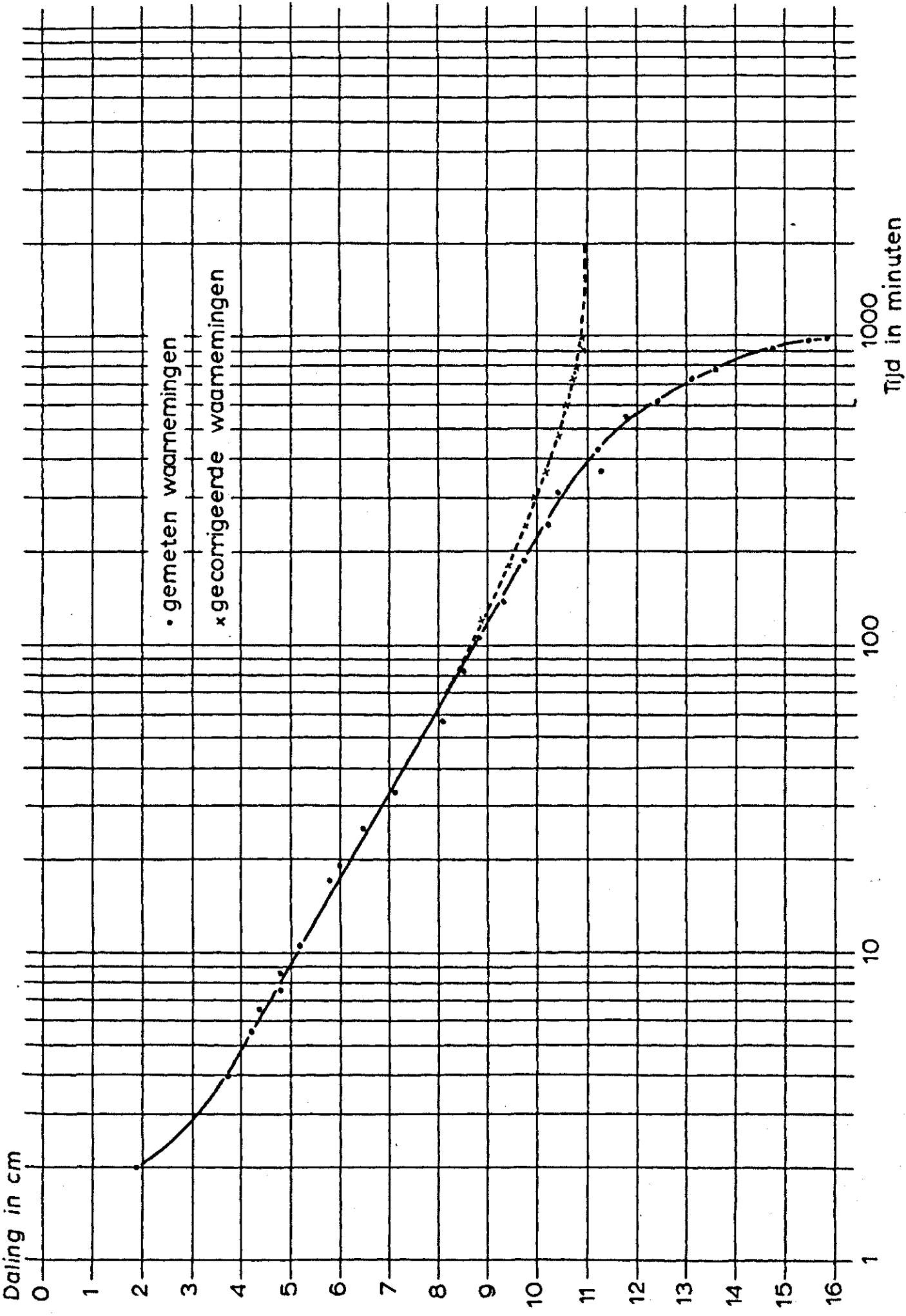
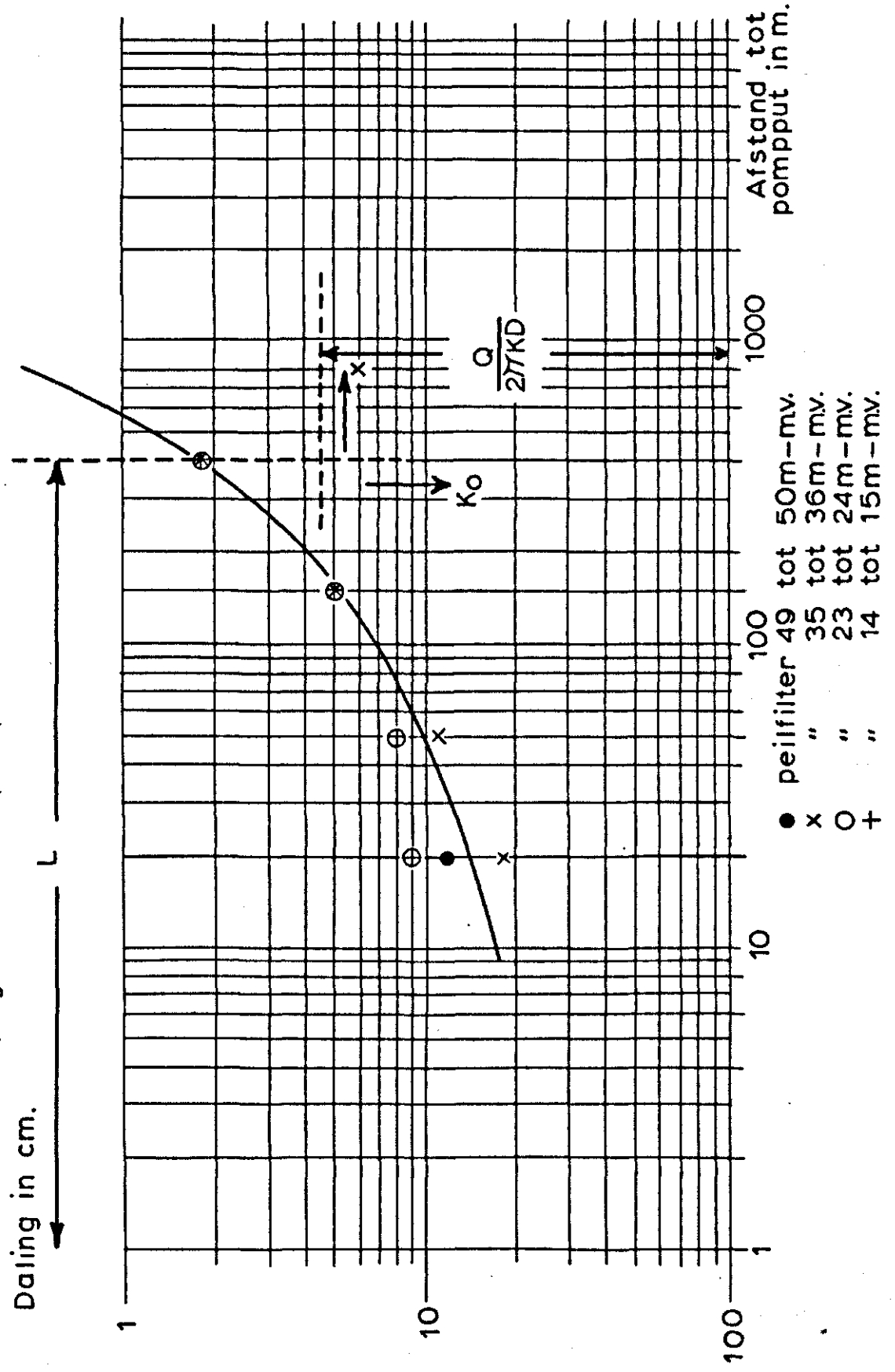


FIG. 5.

Afpompingskromme (pompfilter 30 tot 40 m. - m.v.).



zijn bereikt. Voor de berekening van de formatieconstanten kan nu de formule van DE GLEE (1930) worden toegepast:

$$h_m \frac{2\pi kD}{Q} = K_0 \left( \frac{r}{\sqrt{kDc}} \right)$$

waarin  $h_m$  de peilverlaging (in m) voorstelt in een peilput op afstand  $r$  (in m) van de pompput;  $Q$  het debiet van de pompput (in  $m^3$ /dag),  $kD$  het doorlatend vermogen van de watervoerende laag (in  $m^2$ /dag);  $\sqrt{kDc}$  de spreidingslengte (in m) en  $K_0(x)$  een Besselfunctie van de tweede soort en van de orde nul.

De formatie constanten  $kD$  en  $c$  kunnen nu worden bepaald door de afpompings-curve (fig. 5) passend op de curve voor de functie  $K_0$  te leggen, er voor zorgdragend dat de beide assen-kruisen evenwijdig blijven.

Na het tot dekking brengen van beide curven geeft de afstand van de beide horizontale assen:  $\frac{Q}{2\pi kD}$ , terwijl  $\sqrt{kDc}$  gevonden wordt uit de afstand van de verticale assen (fig. 5).

De afstand tussen de horizontale assen bedraagt 0,046 m, zodat bij een debiet  $Q = 28,2 m^3$ /uur hieruit volgt voor het doorlatend vermogen:

$$kD \approx 2300 m^2/dag$$

De afstand tussen de verticale assen levert:

$$\sqrt{kDc} = 400 m$$

$$c = 70 \text{ dagen}$$

Tijdens de pompproef werd een verlaging van het freatisch vlak geconstateerd, welke enerzijds door de afpomping, anderzijds door de ongestoorde daling van het grondwater werd veroorzaakt (zie boven).

Na 16 uur afpomping worden de volgende maximale peilverlagingen van het freatisch vlak gemeten:

bij peilput D1 (20 m) : 5,0 cm

bij de pompput D4 : 5,4 cm

bij peilput D3 (50 m) : 9,8 cm

bij peilput D2(150 m) : 5,8 cm

bij peilput D5(410 m) : 3,6 cm

De ongestoorde daling van het freatisch- en van het semi-spanningswater in cm is in de periode 20 februari 8 uur tot 21 februari 8 uur

hieronder weergegeven.

filterdiepte	D1	D4	D3	D2	D5	l.b.b.(1200 m)	l.b.b.(1500 m)
2 m	7,6	6,9	7,8	6,3	5,8	3,5(2,3) <sup>x)</sup>	1,6(0,9) <sup>x)</sup>
15 m	6,6		6,5	6,3	5,8		
25 m	6,6		6,6	6,0	5,2	<del>3,5(2,3)<sup>x)</sup></del>	
35 m	5,9	6,2	6,3	6,2	5,1		
50 m	6,5			5,9			

<sup>x)</sup> daling tijdens de pompproef

Bij de landbouwbuizen op een afstand van 1200 en 1500 m is het freatisch vlak gedurende de pompproef 2,3 en 0,9 cm gedaald. Uit de laatste tabel blijkt dat de daling van het freatisch vlak groter wordt, naarmate de afstand tot de pompput kleiner wordt.

De ongestoorde daling van de ondiepe filters van D1, D2, D3, D4 en D5 tijdens de pompproef kan worden benaderd door uit te gaan van een gelijkmatige daling en door te veronderstellen dat de verhouding tussen de ongestoorde daling, welke plaatsvindt tijdens de pompproef en in de periode 20 februari 8 uur tot 21 februari 8 uur ongeveer dezelfde is.

Het resultaat van deze twee berekeningsmethoden, alsmede de daling van het freatisch vlak tengevolge van de pompproef is hieronder vermeld.

peilput	ongestoorde daling	daling t.g.v. de pompproef
D1	4,8 cm	0,2 cm
D4	4,3 cm	1,1 cm
D3	5,0 cm	4,8 cm
D2	4,0 cm	1,8 cm
D5	3,7 cm	-

Uit de tijdskromme van het ondiepe filter van D3 blijkt, dat in de eerste uren van de pompproef het grondwater enkele cm zakt, terwijl deze daling bij de andere ondiepe filters slechts enkele mm bedraagt.

Verloopt de daling bij de andere buizen gelijkmatig, dan kan deze ten tijde  $t = 16$  uur voor D1, D4, D2 en D5 respectievelijk op 0,1; 0,7; 1,0 en 0 mm/uur worden gesteld, de gemiddelde daling kan  $\approx 0,5$  mm/uur zijn geweest.

In de periode 16 februari tot 9 maart is praktisch geen neerslag geval-

len; het freatisch vlak daalde in dit tijdvak globaal 1 m. Nemen we aan dat de gemiddelde drainage  $\approx 2$  mm/dag was, dan volgt hieruit voor de bergingscoëfficiënt  $\mu \approx 0,04$ .

Van 9 tot 12 maart bedroeg de neerslag 15 mm, waarbij nog ongeveer 6 mm smeltwater moeten worden geteld. Veronderstellen we een ondergrondse afvoer van  $\approx 1$  mm/dag, dan was de bergingstoename 18 mm. Het freatisch vlak steeg in deze drie dagen ongeveer 25 cm, waaruit voor de bergingscoëfficiënt een waarde van 0,08 volgt.

Nemen we voor de bergingscoëfficiënt  $\mu = 0,10$ , dan zal op  $t = 16$  uur binnen een straal 80 m van de pompput aan freatisch water worden geleverd:

$$0,0005 \times 0,10 \times 3,14 \times 80^2 \times 24 \approx 24 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Het verschil tussen de peilverlagingen in de filters D3 en D2 op 35 m diepte bedraagt 6 cm (fig. 6). In boring D3 wordt het watervoerend pakket door een dunne kleilaag gescheiden. Het verschil tussen de peilverlagingen in de filters op 24 m diepte in de peilputten D3 en D2 bedraagt 3 cm.

Nemen we nu voor het gehele watervoerende pakket een peilverlaging aan van 5 cm en passen we vervolgens de formule van Thiem toe voor de peilputten D3 en D2 ( $r_1 = 50$  m en  $r_2 = 150$  m) dan wordt, rekening houdend met het geleverde freatisch water, voor het doorlatend vermogen gevonden:

$$k_D = \frac{(677 - 24)}{2 \times 3,14 \times 0,05} \ln \frac{150}{50} \approx 2300 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Voeren we nu de berekening uit door gebruik te maken van de peilputten D2 en D5 ( $r_1 = 150$  m en  $r_2 = 400$  m), dan kan worden vastgesteld, dat binnen een straal van 230 m rondom de pompput aan freatisch water is geleverd:

$$0,0005 \times 0,10 \times 3,14 \times 230^2 \times 24 = 207 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Voor het doorlatend vermogen wordt nu gevonden:

$$k_D = \frac{(677 - 207)}{2 \times 3,14 \times 0,03} \ln \frac{400}{150} \approx 2400 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Opgemerkt moet worden, dat de door de pompproof opgewekte daling van het freatisch vlak en de daarbij behorende bergingscoëfficiënt slechts bij benadering zijn vastgesteld. Dientengevolge zullen de uitkomsten van bovengenoemde berekeningsmethoden betrouwbaarder zijn naarmate de hoeveelheden freatisch water ten opzichte van het debiet van de pompput kleiner zijn.

Bepaling van de c-waarde uit het stromingsbeeld

Behalve de fijnzandige, lemige deklaag, die als minder goed doorlatend is te beschouwen, komen plaatselijk in het watervoerende pakket dunne klei-ige afzettingen voor, namelijk op ca. 27 m diepte in de putten D1, D4 en D3. Uit het stromingsbeeld, zoals dit aan het einde van de proef bestond, kunnen nadere gegevens worden afgeleid met betrekking tot de verticale weerstanden van deze slecht doorlatende afzettingen.

Uit figuur 6 blijkt, dat aan het einde van de proef in de laag boven de klei op 27 m diepte grotendeels een verticale stroming plaatshad.

De daling van het freatisch vlak bedroeg ten tijde  $t = 16$  uur tengevolge van de pompproef bij:

peilput D1: 0,1 mm/uur

pompput D4: 0,7 mm/uur

peilput D3: 1,0 mm/uur

Wanneer we voor de bergingscoëfficiënt  $\mu = 0,10$  aannemen, dan is de verticale stroomsterkte  $q_v$  bij:

peilput D1:  $q_v = 0,0001 \times 0,10 \times 24 = 0,00024$  m/dag

pompput D4:  $q_v = 0,0007 \times 0,10 \times 24 = 0,0017$  m/dag

peilput D3:  $q_v = 0,001 \times 0,10 \times 24 = 0,0024$  m/dag

Voor de berekening van de verticale weerstand  $c_1$  van de deklaag kan de volgende formule worden gebruikt:

$$c_1 = \frac{\partial h(15) - \partial h(2)}{q_v}$$

$\partial h(15)$  en  $\partial h(2)$  stellen de peilverlagingen voor tengevolge van de pompproef op een diepte van respectievelijk 15 en 2 m. Deze waarden zijn in figuur 6 rechts van het peilfilter vermeld.

Substitutie geeft voor:

$$\text{peilput D1: } c_1 = \frac{0,09 - 0,01}{0,00024} \approx 330 \text{ dagen}$$

$$\text{peilput D3: } c_1 = \frac{0,08 - 0,05}{0,0024} \approx 12 \text{ dagen}$$

De verticale weerstand  $c_2$  van de kleilagen op 27 m diepte kan als volgt worden berekend:

$$c_2 = \frac{F[\partial h(35) - \partial h(24)]}{F \times q_v + 2 \times 3,14 \times r \times kD \frac{dh}{dx}}$$

waarbij  $F$  = oppervlakte van een cirkel met  $D_4$  als middelpunt en de afstand  $D_4$  tot  $D_3$  als straal

$\partial h(35)$  = peilverlaging tengevolge van de pompproef ten tijde  $t = 16$  uur op een diepte van 35 m

$q_v$  = levering van freatisch water tengevolge van de pompproef ten tijde  $t = 16$  uur

$r$  = afstand  $D_4$  tot  $D_3$

$kD$  = doorlatend vermogen van de grofzandige laag boven de klei

$\frac{dh}{dx}$  = helling van het grondwater in bovengenoemde grofzandige laag op een afstand van 50 m rondom  $D_4$

$F$ ,  $r$ ,  $\partial h(35)$  en  $\partial h(24)$  volgen uit figuur 6. Voor  $q_v$  is als gemiddelde waarde 0,0013 m/dag genomen, zie boven. De  $kD$ -waarde van de grofzandige laag boven de klei kan op  $\approx 300 \text{ m}^2/\text{dag}$  worden gesteld. De helling van het grondwater  $\frac{dh}{dx}$  volgt uit figuur 6:

$$\frac{\partial h [D_3(24)] - [\partial h D_2(24)]}{\text{afstand } D_3 \text{ tot } D_2} = \frac{0,03}{100} = 0,0003$$

Substitutie geeft voor:

$$\text{peilput D1: } c_2 = \frac{7850 \times 0,09}{7850 \times 0,0013 + 2 \times 3,14 \times 50 \times 300 \times 0,0003} = 24 \text{ dagen}$$

$$\text{peilput D3: } c_2 = \frac{7850 \times 0,03}{7850 \times 0,0013 + 2 \times 3,14 \times 50 \times 300 \times 0,0003} = 8 \text{ dagen}$$

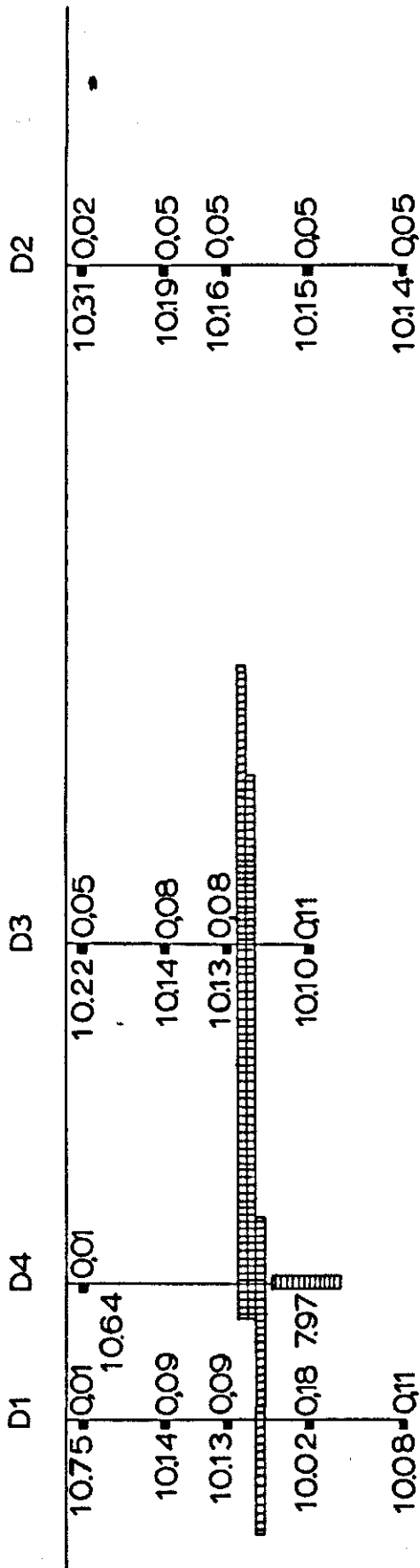
Uit bovenstaande berekeningen blijkt dat de verticale weerstand van de kleilagen betrekkelijk gering is en van plaats tot plaats varieert. Als orde van grootte zou voor deze formatieconstante  $c \approx 15$  dagen kunnen worden aangenomen.

De verticale weerstand van het afdekkende fijnzandige lemige pakket kan nog worden benaderd door gebruik te maken van de gemiddeld overvloedige neerslag en het verticaal potentiaalverschil ( $\partial h$ ) tussen de filters op 2 en 15 m - mv.

Voor het bepalen van de overvloedige neerslag over de maanden december 1961 en januari, februari en maart 1962 is gebruikgemaakt van de K.N.M.I.-opgaven van de stations Dedemsvaart en Emmen.

FIG. 6

Stijghoogten t.o.v. N.A.P. aan het eind van de pompproef.



Horizontale schaal 1:1000      Vertikale schaal 1:1000



In onderstaande tabel zijn deze gegevens samengevat.

Maand	neerslag in mm		verdamping in mm	overtollige neerslag in mm		
	Dedemsvaart	Emmen		Dedomsvaart	Emmen	
december '61	134	129	4	130	125	
januari '62	92	82	4	88	78	
februari '62	57	54	16	41	38	
maart '62	29	32	24	5	8	
				Totaal	264	249
				Gemiddeld		257

De gemiddelde afvoer is  $\approx 2$  mm/dag.

Voor het bepalen van het verticaal potentiaal verschil is de periode 20 februari tot 23 februari genomen. Deze waarden alsmede de c-waarden, verondersteld dat de afvoer  $\approx 2$  mm/dag is, zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Peilput	datum	filter (2 m) (t.o.v.N.A.P.)	filter(15 m) (t.o.v.N.A.P.)	$\bar{\Delta}h$ (m)	afvoer (m/dag)	c (dagen)
D1( 20m)	20/2	10,80	10,26	0,54	0,002	260
	23/2	10,57	10,08	0,49	0,002	260
D3( 50m)	20/2	10,31	10,26	0,05	0,002	25
	23/2	10,14	10,09	0,05	0,002	25
D2(150m)	20/2	10,37	10,28	0,09	0,002	45
	23/2	10,19	10,10	0,09	0,002	45
D5(400m)	20/2	10,32	10,26	0,06	0,002	25
	23/2	10,14	10,10	0,04	0,002	25

Uit deze tabel blijkt dat de verticale weerstand van de fijnzandige deklaag betrekkelijk klein is. De hoogste waarde ( $c = 260$  dagen) komt voor bij peilput D1, hetgeen mogelijk is te verklaren door de aanwezigheid van keileem, die hier op enkele meters diepte is aangetoond.

#### Samenvatting en conclusies

Voor het bepalen van de formatieconstanten ( $kD$ - en  $c$ -waarden) in een infiltratieproefveld van de Ruilverkaveling Steenwijksmoer is een pompproef

uitgevoerd.

Onder een ongeveer 20 m dikke deklaag, bestaande uit matig fijne tot middelfijne zanden met ingesloten leem- en kleilensjes, is een grindrijke, grofzandige watervoerende laag aangetroffen, waarin plaatselijk op ca. 27 m diepte enkele dunne kleilaagjes voorkomen.

De basis van deze grindrijke, grove zandlaag was op 50 m beneden maaiveld (ca. 40 m - N.A.P.) nog niet bereikt. Op geologische gronden moet echter worden aangenomen, dat slibhoudende, fijnzandige, kleirijke afzettingen, de zogenaamde ondoorlatende basislaag, ergens tussen 50 en 60 m beneden maaiveld aanwezig zullen zijn. In de omgeving zijn deze afzettingen namelijk reeds op ca. 45 m beneden maaiveld aangetoond.

De groote van de formatieconstanten is op verschillende manieren benaderd. Voor het doorlatend vermogen van het gehele watervoerende pakket is gevonden:  $kD \approx 2300 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

De dunne kleilaagjes op 27 m diepte vormen geen doorlopend afsluitend niveau; zij zijn door hun geringe horizontale verbreiding slechts van plaatselijke betekenis. Waar zij gevonden zijn (bij D1, D4 en D3) verdelen zij het watervoerende pakket in twee delen.

Voor de verticale weerstand van de kleilaagjes op 27 m diepte is een orde van grootte gevonden van  $c \approx 15$  dagen; deze lage waarde zou eveneens op een geringe verbreiding en een lensvormig karakter van de kleilaagjes kunnen wijzen. De verticale weerstand van de fijnzandige en leemhoudende deklaag varieert van plaats tot plaats. Zo zijn voor de boringen D3, D2 en D5 c-waarden gevonden van 10 tot 50 dagen. Voor boring D1, waarop enkele meters diepte een, overigens dunne laag keileem is aangetroffen, zijn hogere c-waarden berekend, variërend van 260 tot 330 dagen.

#### Literatuur

- GLEE, G.J.DE (1930) - Over grondwaterstromingen bij wateronttrekking door middel van putten. Diss. Delft.
- (1951) - Berekeningsmethoden voor de winning van grondwater. In: Drinkwatervoorziening, derde vakantiecursus, 4 - 5 januari 1951, 38-80, 's-Gravenhage.