

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Verslag V 197-VI

door Ir. H.R.A. Wessels

Druppelgroottemeter voor regen

De Bilt, januari 1967

## Druppelgroottemeter voor regen

door Ir. H. R. A. Wessels

### 1. Inleiding

#### 1.1. Beschrijving van het instrument

Dit verslag handelt over een druppelgroottemeter, die ontworpen werd om de aantallen en de afmetingen van op de grond vallende regendruppels te bepalen. De werking van het apparaat berust op de eigenschappen van speciaal geprepareerd papier: als daarop een waterdruppel valt, blijft na droging een rood gekleurde vlek achter. De diameter van die vlek is een maat voor de druppeldiameter.

De praktische uitvoering van het apparaat is schetsmatig weergegeven in figuur 1. Het papier wordt langs een spleet en vervolgens langs een verwarmingselement geleid. De papiersnelheid kan op verschillende waarden worden ingesteld: 2, 5, 10 en 50 cm per minuut.

De spleet heeft een lengte van 2 cm en een breedte van 10 cm. Rond de spleet is een **rooster van draad** aangebracht om te verhinderen, dat het uiteenspatten van naast de spleet vallende druppels de metingen verstoort.

Het verwarmingselement dient om het papier, dat de spleet gepasseerd is, te drogen zodat de afdrukken van de druppels vastgelegd worden. De sterkte van de verwarming kan op vijf waarden worden ingesteld.

Op de strook kunnen tijdmerken worden aangebracht met behulp van een schrijfpennetje, dat gekoppeld is aan een door de aandrijfmotor gestuurd relais.

In de afneembare metalen beschermkap bevindt zich aan de bovenkant naast de spleet en het rooster een perspex venster, waardoor het papier zichtbaar is. Men kan zo de werking van het apparaat tijdens de metingen controleren. Een deel van de zijkant van de beschermkap is eveneens van perspex en kan afzonderlijk verwijderd worden. Hierdoor worden de bedieningsknoppen bereikbaar.

Het gehele instrument wordt gevoed uit het 220 Volt lichtnet.

#### 1.2. Indeling van het verslag

Door ir. J. H. Rietman werd onderzocht hoe de vlekdiаметer afhangt van de druppeldiameter. Hij heeft zijn bevindingen weergegeven in paragraaf 2 van dit verslag.

Om de bruikbaarheid van het apparaat te testen werd een aantal regenbuien onderzocht door de volgende studenten van de Utrechtse Universiteit: R. Geerlings, L. C. Heijboer, P. P. Idzerda, J. J. A. Moors, W. P. A. G. Ottevanger, R. L. C. de Vaan, H. Wallinga en Th. v. d. Wel. Dit werk wordt in paragraaf 3 beschreven.

Paragraaf 4 bevat tenslotte nog een opgave van literatuur over het meten van regendruppels, opgesteld door dr. C. Levert.

De samenstelling van dit verslag werd verzorgd door Ir. H. R. A. Wessels.

Het bij deze proeven gebruikte apparaat werd op initiatief van dr. C. Levert gebouwd. Daarbij werd uitgegaan van een ontwerp van J. Grunow (Geophysical Monograph No. 5 of the American Geophysical Union (1960) p. 104).

## 2. IJking van de druppelgroottemeter.

Om de druppelgroottemeter te ijken werden in het laboratorium druppels van verschillende grootte gemaakt en werd het verband bepaald tussen druppel- en vlekdiаметer.

### 2.1. Het maken van druppels.

Grote druppels werden gemaakt met behulp van een drietal capillairen met verschillende diameters. De druppels, die met eenzelfde capillair werden verkregen bleken nauwkeurig van gelijke grootte te zijn.

Kleine druppels werden gemaakt door langs een verticaal opgesteld capillair (een injectienaald) een benedenwaarts gerichte luchtstroom te blazen, die de druppels voortijdig van het capillair losblies. Bij de sterkste luchtstroom worden aldus de kleinste druppeltjes verkregen.

De druppelgrootte kan worden bepaald door een aantal druppels niet op het papier te laten vallen, maar in olie. De kleine druppels werden ongeveer op de plaats van de druppelgroottemeter opgevangen en de grote druppels direct onder het capillair. De kleine druppels werden vervolgens onder een microscoop gemeten (nauwkeurigheid 0.03 mm) en de grotere druppels werden gemeten met behulp van millimeterpapier (nauwkeurigheid 0.1 mm). De resultaten van deze metingen zijn vermeld in de linkerhelft van Tabel 1. De spreiding in de druppeldiameter voor druppels kleiner dan 1.5 mm (categoriën druppels A, B en C, verkregen met één capillair bij verschillende afblaassnelheden) blijkt iets groter dan de meetnauwkeurigheid (0.03 mm). Voor grotere druppels (categoriën D, E en F, verkregen met verschillende capillairen) was de spreiding kleiner dan de meetnauwkeurigheid van 0.1 mm, zodat daarvan slechts één meting in de tabel vermeld is.

Daar de vlekdiаметer van de valsnelheid afhangt, werd de valhoogte zodanig gekozen, dat de druppels tenminste 95% van hun eindsnelheid konden bereiken. Voor druppels kleiner dan 1.5 mm diameter werd een valhoogte van 3.50 m genomen en voor grotere druppels 7.00 m. Deze hoogten zijn gebaseerd op de gegevens vermeld in een artikel van Laws (Transactions of the American Geophysical Union (1941) p. 22).

## 2.2. Afbeelding van de druppels

Kleine druppels geven een cirkelvormige afbeelding, waarvan de diameter met een maatlatje bepaald kan worden. Grotere druppels spatten uiteen en geven een grillige afbeelding. De diameter van de vlek kan in dat geval het beste bepaald worden met behulp van in perspex gekraste cirkels: men bepaalt de cirkel, die wat betreft oppervlak het beste met de vlek overeenstemt. De spreiding in de gemeten vlek diameter blijkt uit Tabel 1.

Tabel 1. Resultaten van de afzonderlijke metingen aan druppels en vlekken (zie 2.1.)

	<u>x, druppeldiameter in mm</u>					<u>X, vlek diameter in mm</u>								
A	0.66	0.68	0.66			1.7	1.7	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	0.70	0.65	0.65			1.8	1.8	1.7	1.8	1.7				
B	1.06	1.03	1.03	1.06	1.06	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2	3.0	3.0
	1.05	1.05	1.06	1.06		3.0	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
						2.8	2.8	2.8	2.8	2.5	3.0			
C	1.38	1.38	1.40	1.44	1.44	4.5	4.5	4.8	4.8	4.8	4.5	4.2	4.5	4.5
	1.47	1.46	1.47	1.48		4.5	4.5	4.8	4.5	5.5	4.5	4.8	4.8	5.0
						5.5	5.5	5.5						
D	2.8 ± 0.1					13.5	13.0	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.5	
E	4.1 ± 0.1					22	22	21	22	21	21	21	22	22
F	5.8 ± 0.1					33	35	35	35	32	35	36		

## 2.3. Invloed van de valhoogte

De vlek diameter hangt, behalve van de druppelgrootte, ook af van de snelheid waarmee de druppel op het papier valt. Bij grote snelheid - zoals de eindsnelheid van grote druppels - spat de druppel namelijk uiteen.

Voor een druppel van 2.8 mm diameter is het verband bepaald tussen vlek diameter en valhoogte. De valhoogte, waarbij de druppel 95% van de eindsnelheid bereikt bedraagt circa 5.50 m. De vlek diameter, die bij deze snelheid behoort, wordt reeds bereikt bij een snelheid die optreedt na een val over 3.00 m. (zie fig. 3 en tabel 2). Dit effect kan niet verklaard worden door rekening te houden met verdamping van de druppel tijdens de val, omdat volgens alle bekende gegevens verdamping van deze "grote" druppels over zulke geringe afstanden verwaarloosbaar klein is.

Voor de praktijk hebben de gegevens van Tabel 2 weinig betekenis, daar opgevangen regendruppels steeds praktisch met hun eindsnelheid op het papier vallen.

Tabel 2. Vlekdiаметer in afhankelijkheid van de valhoogte voor druppels van 2.8 mm diameter

<u>Valhoogte in m.</u>	<u>Afbeeldingsdiameter in mm.</u>
0.1	7
0.25	8.5
0.5	9.5
1	10.5
1.5	11.5
2	12
3	13
7	13.2

#### 2.4. Verwarming van het papier

Het papier wordt over een verwarmingselement gevoerd om de afbeelding te drogen alvorens het desbetreffende deel van het papier opgespoeld wordt.

Bij lage papiersnelheid (2 of 5 cm per minuut) en sterke verwarming treedt verdamping op zodra de druppel het papier raakt. De afbeelding wordt dan zeer onregelmatig en kleiner dan volgens de ijkcurve (zie 2.5.).

Bij hoge papiersnelheid en geringe verwarming droogt de druppel onvoldoende en dit geeft aanleiding tot uitvloeien van de druppel.

Het is dus noodzakelijk de verwarming aan te passen aan de papiersnelheid. De beste resultaten worden verkregen bij:

verwarmingsschakelaar op stand 2 of 3 voor de papiersnelheden 2, 5 of 10 cm/min  
verwarmingsschakelaar op stand 5 voor de papiersnelheid 50 cm/min.

De ijking is uitgevoerd met de verwarmingsschakelaar op stand 2 en bij een papiersnelheid van 5 cm per minuut.

#### 2.5. Ijkkurve

De gemiddelde waarden van elk der zes getallenreeksen in de linker- en rechterkolom van tabel 1 zijn uitgezet in een grafiek (fig. 2, kromme I). Hierin is tevens de spreiding der diameterwaarden aangegeven.

Kromme II in figuur 2 is een ijkgrafiek volgens Kelkar (Indian Journal of Met. and Geoph. 10 (1959) p. 125).

Kromme III is een berekende benaderingskromme voor kleine druppels. Veronderstelt men, dat een kleine druppel met diameter  $x$  gelijkmatig uitvloeit over het papier (diameter van de vlek is  $X$ ), dan is  $\frac{\pi}{6} x^3 = \frac{\pi}{4} X^2 d$ , waarin  $d$  de dikte van de uitgevloeide laag is. Dus geldt  $x^3 = \frac{3}{2} d X^2$ . Past men deze formule aan bij het punt  $x=1,0$  mm,  $X=3$  mm van kromme I uit figuur 2, dan volgt  $d = 0.07$  mm. Voor deze waarde van  $d$  die juist iets kleiner is dan de papierdikte (0.1 mm) is kromme III getekend.

De beschreven ijking geldt uitsluitend voor het gebruikte papier 9R60S van de firma Blumberg & Co, 4032 Lintdorf, Bez. Düsseldorf.

3. Enige metingen met de druppelgroottemeter.

3.1. De formule van A. C. Best

Door analyse van een groot aantal regendruppelmetingen kwam A. C. Best met de volgende experimentele uitdrukking voor de druppelgrootteverdeling (A. C. Best, Quart. J. of the R. M. S. 76 (1950) p. 14):

$$1 - F(x) = \left(\frac{x}{a}\right)^n \tag{1}$$

Dit is ook te schrijven als  $\ln \frac{1}{1 - F(x)} = \left(\frac{x}{a}\right)^n$  (2)

Hierin is  $x$  de druppeldiameter in mm  
 $n$  een dimensieloze constante  
 $a$  een grootheid met de dimensie van een lengte  
 $F(x)$  de fractie vloeibaar water, die aanwezig is in de vorm van druppels met een diameter kleiner dan

Zij verder  $n(x) dx$  het aantal druppels per  $cm^3$  met diameter tussen  $x$  en  $x + dx$   
 $v(x)$  de valsnelheid van een druppel met diameter  $x$ .

$W$  het volume vloeibaar water per volume-eenheid lucht.

Dan is het volume vloeibaar water, dat per  $cm^3$  lucht aanwezig is in de vorm van druppels met diameter tussen  $x$  en  $x + dx$  gelijk aan  $n(x) \frac{\pi}{6} x^3 dx$ . Rekening houdend met de definitie van  $F(x)$  is dit gelijk aan  $W \frac{dF(x)}{dx} dx$

Bij klein worden van  $dx$  wordt  $W \frac{dF(x)}{dx}$  een continue functie van  $x$ , die aangeeft hoe de totale waterinhoud verdeeld is over druppels van verschillende diameter. We noemen de functie  $W \frac{dF(x)}{dx}$  voor wat betreft dit verslag verder het druppelspectrum in de lucht.

Op vergelijkbare wijze kan het druppelspectrum van de op een horizontaal vlak vallende druppels worden weergegeven door de functie  $W \frac{dF(x)}{dx} v(x)$ .

Zij  $x_p$  de druppeldiameter, die de grootste bijdrage tot de totale waterinhoud geeft bij het in de lucht gemeten spectrum. Voor  $x = x_p$  is dus de functie  $W \frac{dF(x)}{dx}$  maximaal. Door de tweede afgeleide van  $F(x)$  uit (1) gelijk aan 0 te stellen volgt

$$x_p = a \cdot \left(\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{1}{n}} \tag{3}$$

Zij  $x_v$  de diameter van de druppel met gemiddeld volume, dan volgt met (1):

$$x_v = \frac{\int xW \frac{dF(x)}{dx} dx}{\int W \frac{dF(x)}{dx} dx} = a \cdot \sqrt[3]{1 + \frac{1}{n}} \tag{4}$$

Om ook een indruk te krijgen van de "breedte" van het spectrum definiëren we nog

- $x = x_{95}$  als  $F = 95 \%$
- $x = x_{05}$  als  $F = 5 \%$

90% van de hoeveelheid vloeibaar water is dus aanwezig in de vorm van druppels met diameters tussen  $x_{05}$  en  $x_{95}$ . In tabel 3 wordt gedemonstreerd, hoe de ingevoerde grootheden afhangen van de constanten  $n$  en  $a$ .

Tabel 3	$\frac{x_{05}}{a}$	$\frac{x_v}{a}$	$\frac{x_p}{a}$	$\frac{x_{95}}{a}$	$\frac{x_{95} - x_{05}}{a}$
$n = 1$	0.05	1	0	2.99	2.94
$n = 2$	0.23	0.89	0.71	1.73	1.50
$n = 3$	0.37	0.89	0.87	1.44	1.07
$n = 4$	0.48	0.91	0.93	1.32	0.84
$n = 5$	0.55	0.92	0.96	1.24	0.69

Uit tabel 3 wordt duidelijk, dat de  $a$  uit de formule van Best bij goede benadering een maat is voor de diameter  $x_v$  van een druppel met gemiddeld volume. Verder wordt de constante  $n$  sterk beïnvloed door de relatieve breedte van het druppelspectrum (zie laatste kolom van tabel 3).

Best geeft nog de volgende formule voor de  $a$ :

$$a = A \cdot I^P \quad (5)$$

waarin  $I$  de regenintensiteit (mm per uur) is;  $p$  is een dimensieloze constante en  $A$  een empirische grootheid. Als gemiddelde van vele metingen, onder zeer uiteenlopende omstandigheden verricht, geeft Best voor de constanten:

$$n = 2.25 \text{ met als standaarddeviatie } 0.41$$

$$A = 1.30$$

$$P = 0.232$$

### 3.2. Verrichte metingen

De strook, die met het apparaat werd verkregen, is in zodanige delen gesplitst, dat gedurende de betreffende tijdsintervallen de regenintensiteit min of meer constant bleef, terwijl totaal gedurende zo'n tijdsinterval toch voldoende druppels op de strook vielen om een betrouwbare analyse mogelijk te maken.

Voor elk gekozen tijdsinterval is vervolgens het spectrum bepaald: het aantal druppels van elke grootteklasse, dat per tijdseenheid door een bekend horizontaal oppervlak valt. Daarbij is gebruik gemaakt van de in paragraaf 2.5 beschreven ijking van  $x$  tegen  $X$ .

De druppeldiameter  $x$  is ingedeeld in een aantal grootteklassen. Met behulp van de voor elke grootteklasse bekende valsnelheid  $v(x)$  is het spectrum van de druppels in de lucht uitgerekend: het aantal druppels van elke grootteklasse, zoals die op een bepaald moment aanwezig zijn in een volume-eenheid lucht. Hieruit zijn tenslotte de fracties  $F(x)$  bepaald.

Voor elk gekozen tijdsinterval is  $\ln\left(\frac{1}{1-F(x)}\right)$  uitgezet tegen  $x$  op dubbel-logarithmisch papier. Volgens (5) moeten de zo verkregen punten op een rechte lijn liggen. Als voorbeeld wordt dit voor een bepaald tijdsinterval geïllustreerd in fig. 4.

De constante  $n$  volgt uit de helling van de genoemde lijn, terwijl de waarde van  $a$  gemakkelijk te vinden is door in (2) het linkerlid gelijk aan 1 te stellen. Dan is immers  $x = a$ .

### 3.3. Resultaten

Bij een tweetal regens werden op de beschreven manier voor elk tijdsinterval de constanten  $n$  en  $a$  bepaald. Deze zijn in tabel 4 opgenomen. De waarde van de regenintensiteit  $I$  kan op twee manieren worden bepaald : uit de druppelmeterstrook en uit de registratie van een speciale pluviograaf, die nabij de druppelgroottemeter stond opgesteld. Beide instrumenten waren tijdens deze metingen geplaatst op het grasveld van het waarnemingsterrein van het K. N. M. I. te Be Bilt.

Tabel 4

20 juli 1966

tijd (M. E. T.)	uit strook	pluviograaf	$n$	$a$ (mm)
	$I$ (mm/hr)	$I$ (mm/hr)		
1457 - 1458	4.57	5.4	2.91	1.01
1458 - 1459	4.26	6.6	2.48	1.16
1459 - 1500	5.80	6.0	3.30	1.07
1500 - 1501	1.12	2.1	2.93	0.71
1501 - 1502	2.35	2.7	3.07	0.99
1502 - 1503	2.95	3.0	3.46	0.91
1503 - 1504	2.02	2.4	4.14	0.95
1504 - 1505	2.51	3.0	2.42	1.00
1505 - 1506	3.95	3.9	3.08	0.97
1506 - 1507	1.77	2.4	2.86	0.84
1507 - 1508	1.60	2.4	3.23	0.77
1508 - 1518			3.58	1.10
1518 - 1528			2.57	1.19



22 aug. 1966

tijd (M. E. T.)	uit strook	pluviograaf	n	a (mm)
	I(mm/hr)	I (mm/hr)		
1054 - 1104	0.037	-	2.87	0.66
1054 - 1109	0.122	-	2.46	0.87
1054 - 1114	0.141	-	2.40	0.85
1114 - 1126	0.22	0.22	3.51	0.83
1126 - 1133	0.41	0.40	3.03	0.89
1136 - 1142	1.0	1.0	2.44	1.25
1142 - 1200	1.2	1.5	2.59	1.35
1200 - 1221	1.6	1.6	2.15	1.22
1221 - 1249	0.9	1.0	2.78	1.16
1249 - 1259	1.2	1.4	2.78	1.16
1300 - 1340	0.9	0.75	2.54	1.06
1340 - 1356	1.8	2.0	3.00	1.37
1356 - 1400	4.0	4.0	2.15	1.48
1403 - 1406	9.0	8.5	2.12	1.98
1406 - 1410	6.6	6.8	2.44	2.06
1410 - 1414	5.5	5.5	2.86	1.72
1414 - 1417	3.9	4.1	3.09	1.04

De waarden voor a en I uit tabel 4 zijn in een dubbellogaritmische grafiek uitgezet (fig. 5). Dit werd gedaan voor de uit de strook berekende, zowel als voor de met een pluviograaf gemeten intensiteit. Volgens (5) liggen de gevonden punten dan ongeveer langs een rechte lijn gerangschikt. De waarde van A vindt men bij het snijpunt van deze rechte met de lijn  $I = 1$ , terwijl de waarde van p uit de helling van de genoemde rechte volgt.

De resultaten zijn:

Tabel 5	berekende I		gemeten I (pluviograaf)	
	A	p	A	p
meting van 20 juli 1966	0.74	0.250	0.69	0.250
meting van 22 aug. 1966	1.21	0.225	1.15	0.225

#### 3.4. Controle-metingen

De registratie van een deel van een bui, die viel op 14 juli 1966 tussen 10.22 en 10.23 uur werd door drie verschillende personen bewerkt teneinde na te gaan in hoeverre er individuele verschillen zijn bij het aflezen van de strook.

Het betrof hier overigens een regen met zeer grote druppels en de intensiteit was nog maar juist meetbaar, hoewel de snelheid van de strook maximaal was.

De constanten van het spectrum, zoals dat door elk van de personen (1.2 en 3) werd berekend, zijn opgegeven in tabel 6.

<u>Tabel 6</u>	Uitgewerkt door	I (berekend) (mm/hr)	n	a (mm)
	1	27.2	3.15	2.78
	2	20.2	3.12	2.72
	3	21.6	2.80	2.51

Hieruit blijken belangrijke onderlinge verschillen. Vooral de door "1" berekende intensiteit wijkt sterk af van die welke door de anderen werden bepaald. Vermoedelijk zouden de resultaten bij een regen met geringere intensiteit minder uiteengelopen hebben.

Na de beschreven meting op 20 juli 1966 werd nog gepoogd om druppelspectra te meten door met de hand stroken registreerpapier gedurende enige seconden horizontaal in de regen te houden. Een voordeel van deze methode is, dat men geen kans heeft, dat de metingen benadeeld worden door eventueel op de rand van de spleet uiteenspattende druppels. Bovendien kan men het opvangen van regen beëindigen zodra een redelijke druppeldichtheid op de strook bereikt is. Men kan dus deze methode ook bij grote regenintensiteiten toepassen.

Daar het echter bij deze proef zelfs met een stopwatch niet mogelijk bleek om de tijd, gedurende welke gemeten werd, voldoende nauwkeurig vast te stellen, kunnen van deze vergelijking geen resultaten gegeven worden.

### 3.5. Discussie van de resultaten

Opvallend bij de meting van 20 juli is vooral, dat de uit de strook berekende intensiteit vaak kleiner is dan de met de pluviograaf gemeten intensiteit. Dit is meestal het geval wanneer a klein is en vooral als n klein is. Uit tabel 3 kan men zien, dat bij kleine a en kleine n veel water in de vorm van kleine druppeltjes voorkomt. De te geringe waarde van de berekende intensiteit is dus mogelijk veroorzaakt door een onvoldoend honoreren van de bijdrage van de kleinste druppels.

Op 22 augustus blijkt een goede overeenstemming tussen de berekende en de gemeten I. Misschien houdt dit verband met de omstandigheid dat de a toen meestal groter was dan op 20 juli.

De gevonden waarden van A en p stemmen redelijk overeen met de door Best gegeven gemiddelden (3.1.). Vooral de meting van 22 augustus blijkt in dit opzicht goede resultaten te geven. Deze meting strekte zich uit over een lange tijdsduur en over een groot bereik van I-waarden, zodat betrouwbare uitkomsten werden verkregen.

### 3.6. Opmerkingen over de apparatuur

#### 3.6.1. Metten bij hoge intensiteit

Het is gebleken, dat de druppelgroottemeter niet geschikt is voor het meten van druppelspectra in buien met hoge intensiteit (groter dan 30 mm/uur of 0.5 mm/min). Bij een bui als op 14 juli 1966 (zie 3.4.) vielen de druppels al over elkaar en ze vloeiden in elkaar uit. Bovendien is de verwarming bij een dergelijke intensiteit niet meer in staat de grote druppels snel genoeg te drogen, zodat ze uitvloeien bij het oprollen van de registratiestrook. Bij nog grotere intensiteiten dan op 14 juli worden metingen met dit apparaat onmogelijk.

#### 3.6.2. Tijdregistratie en snelheidsregeling

Het pennetje voor de tijdregistratie weigert vaak, waarschijnlijk ten gevolge van de absorberende werking van het papier. Vermoedelijk zal een ballpointstift beter voldoen.

Het mechanisme van de snelheidsmeting laat helaas niet toe, dat tijdens continue metingen de snelheid wordt gewijzigd.

#### 3.6.3. Storende druppels

Bij een bepaalde meting vielen na enige tijd veelvuldig grote druppels van de binnenkant van de afschermkap op de registratiestrook. Daar deze druppels een geringe valhoogte hebben, zijn ze op de strook van "echte" regendruppels te onderscheiden door het ontbreken van spatten en structuur in de vlek (zie 2.3.). Deze druppels worden echter niet snel genoeg geabsorbeerd en gedroogd, zodat ze gaan uitvloeien. Mogelijke verklaringen voor het optreden van deze druppelvorming zijn:

- a. Onder de afschermkap komt vrij veel waterdamp vrij ten gevolge van de verwarming. Deze damp zou o. a. kunnen condenseren tegen de onderkant van de door regen gekoelde afschermkap. Omdat het deel van de afschermkap boven de verwarming veel warmer is, zal deze druppelvorming wel optreden op dat deel van de bovenzijde der afschermkap, dat zich vóór de spleet bevindt, maar niet achter de spleet.
- b. De binnenzijde van de afschermkap zou nat kunnen worden door spatten van regendruppels, die op de strook vallen. Deze spatjes zouden zich daar dan tot grote druppels verenigen.
- c. Door het natregenen van de opstaande rand van de spleet ontstaat daar druppelvorming. Ook deze druppels kunnen op de strook vallen.

Een ander hinderlijk verschijnsel is, dat een enkele druppel kapot valt op de rand van de spleet. Dit geeft een foutieve registratie op de strook, al zijn ook deze druppels vaak wel te herkennen. Aan dit verschijnsel valt moeilijk te ontkomen. Vergroting van de spleet zou hiervoor wel een verbetering

betekenen, maar tevens zou dan het apparaat nog minder geschikt zijn voor regens van grote intensiteit, omdat dan de registratiestrook te vol wordt.

3.6.4. Motregen

Bij bepaalde weersomstandigheden kan bij de spleet ten gevolge van de wind een storende stroming optreden, die de registratie van lichte druppeltjes nadelig beïnvloedt.

3.6.5. Conclusies

De indruk bestaat dat het apparaat voor intensiteiten van minder dan 10 mm/uur of 0.17 mm/min goede resultaten geeft en ook bij intensiteiten van minder dan 30 mm/uur of 0.5 mm/min nog wel bruikbaar is.

De storende druppels afkomstig van de beschermkap zouden vermeden kunnen worden door deze kap hellend uit te voeren, zodat de gevormde druppels langs de kap van de spleet weg kunnen glijden.

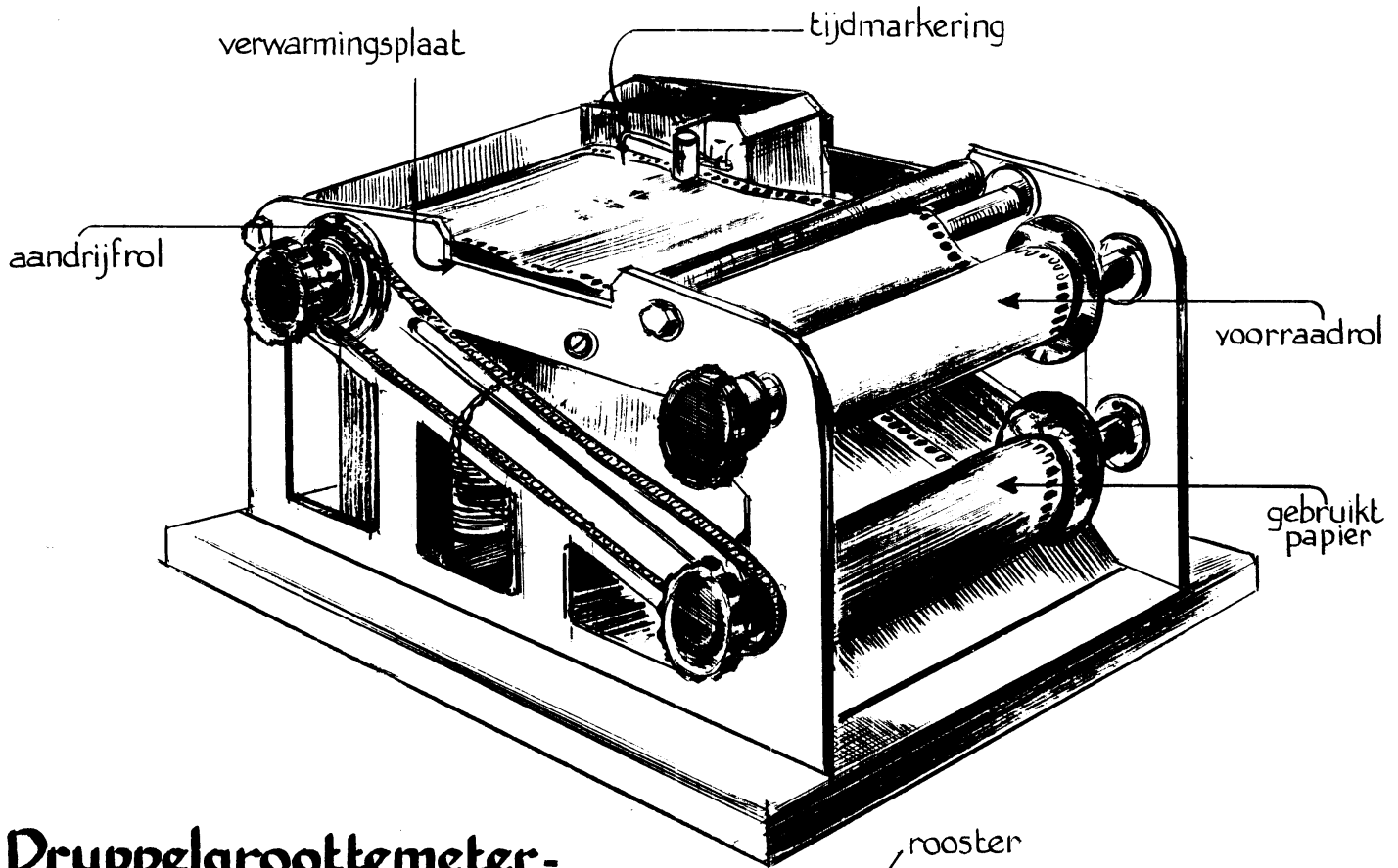
Om het apparaat voor grotere intensiteiten geschikt te maken, zal de snelheid opgevoerd en de verwarming aangepast moeten worden.

## Literatuur

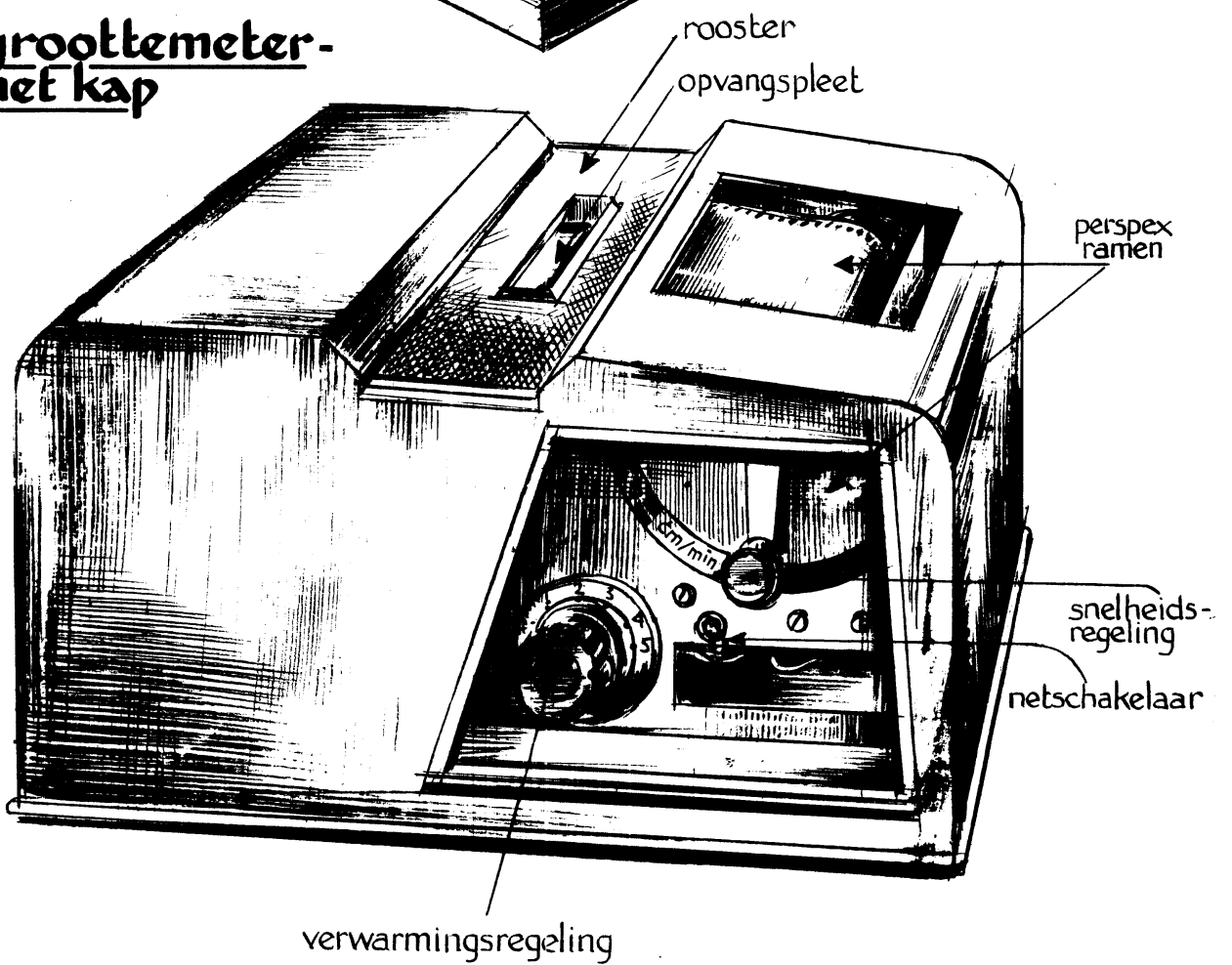
1. A. F. Spilhaus Drop size, intensity and radar echo of rain. J. of Met. 5 (1948) p. 161
2. J. S. Marshall  
W. Palmer Distribution of raindrops with size J. of Met. 5 (1948) p. 166
3. W. Kopp Niederschlagsanalysen mit dem Tropfenschreiber Ber. des Deutschen Wetterd. in der U. S. Zone no. 12 (1949)
4. A. C. Best The size distribution of raindrops Quart J. of the R. M. S. 76 (1950) p. 14
5. B. J. Mason  
R. Ramanadhan A photoelectric raindrop spectrometer Quart J. of the R. M. S. 79 (1953) p. 490
6. D. C. Blanchard Raindrop size distributions in Hawaiian Rains J. of Met. 10 (1953) p. 457
7. M. Diem Messungen der Grösse der Regentropfen..... Beitr. zur naturk. Forschung in S. W. Deutschland 15;2 (1956) p. 75
8. R. Ramanadhan  
K. Vidyavathi Size distribution of droplets from layer type clouds in tropics Journ. of the Met. Soc. of Japan 35 (1957) p. 221
9. Th. Oehler Verfahren und Gerät zur Messung von Regentropfen und Schneeflocken Beitr. zur naturk. Forschung in S. W. Deutschland 17;1 (1958) p. 3
10. J. R. Gerhardt Observations of small rainfall rate..... Bull. of the A. M. S. 39 (1958) p. 189
11. R. Lamp Das Tropfenspektrum in Niederschlägen..... Beitr. zur Phys. der Atmosph. 30 (1958) p. 223
12. A. T. Spencer  
D. C. Blanchard A portable raindrop recorder Transactions of the A. G. U. 33 (1958) p. 853
13. W. N. Kelkar Size distribution of raindrops, part I and II Indian J. of Met. and Geoph. 10 (1959) p. 125 en 11 (1960) p. 323
14. M. V. Sivaramakrishnan Studies of raindrop size distributions..... Indian J. of Met. and Geoph. 12 (1961) p. 189, p. 447

# Druppelgroottemeter- zonder kap

Fig.1

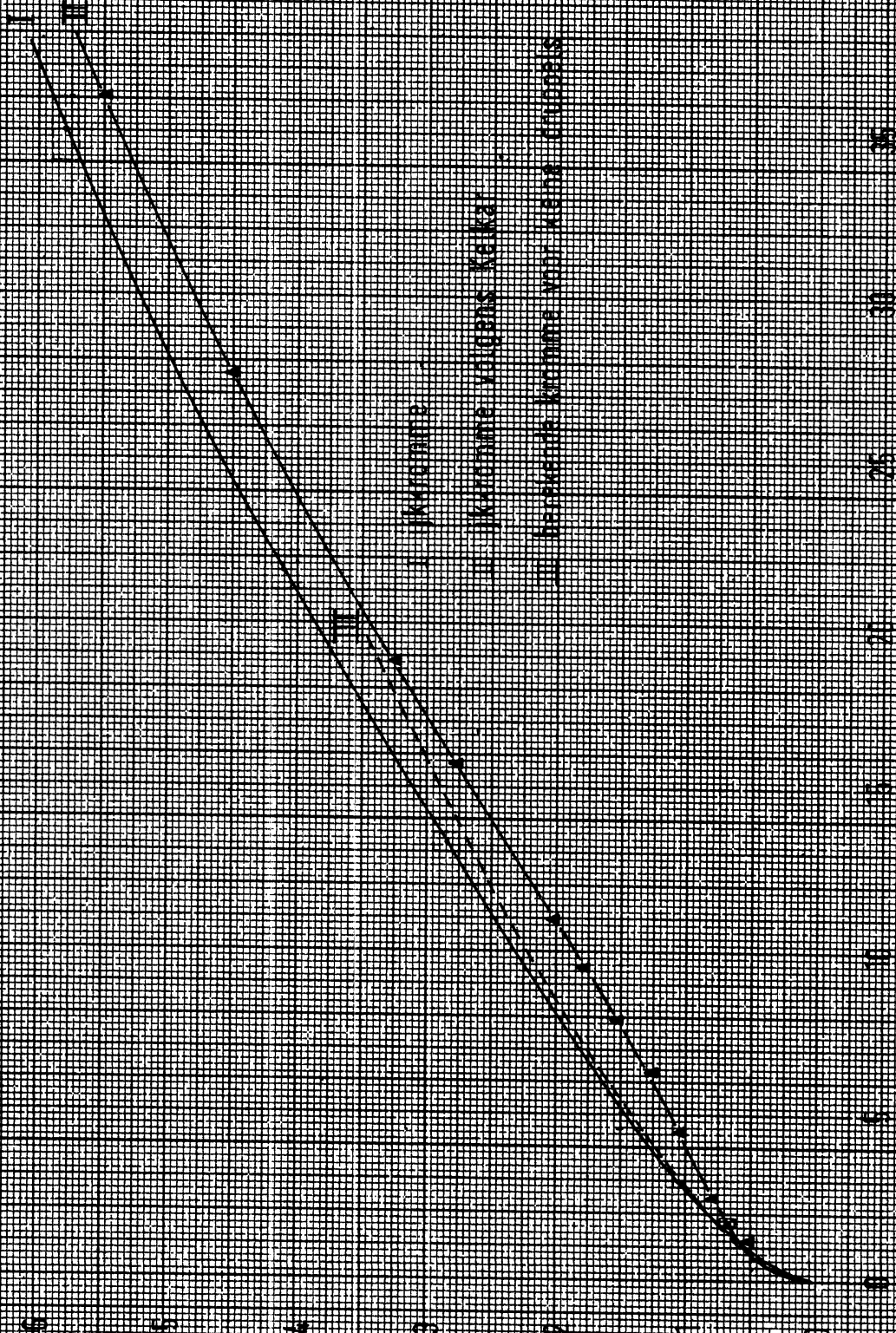


# Druppelgroottemeter- met kap



Temperature

(°C)



KINETICS

KINETICS WITH VARYING CONCENTRATIONS

Temperature (°C)

Temperature (°C)

10

20

30

Temperature (°C)

10

20

30

Fig.3  
(zie tekst)

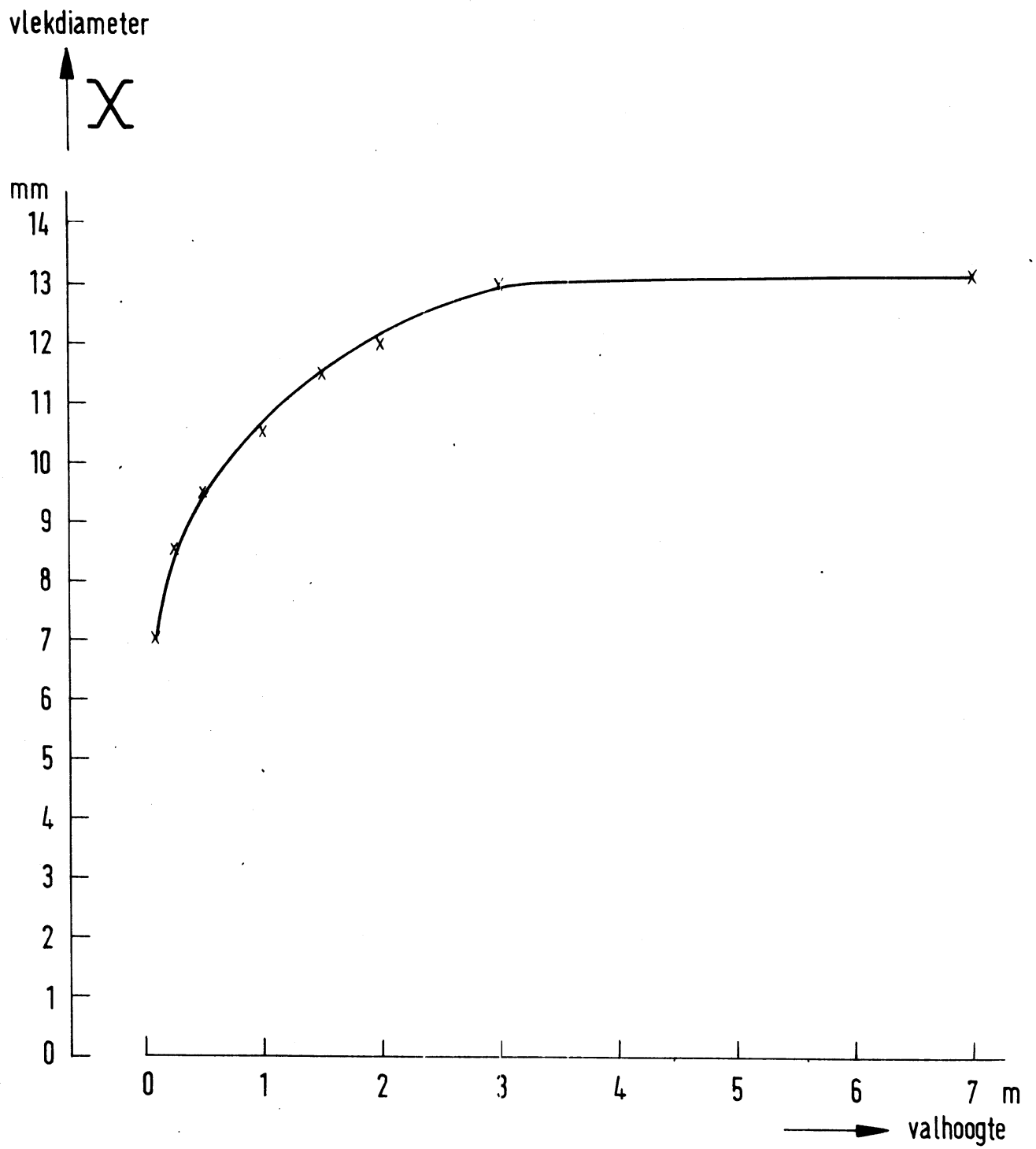
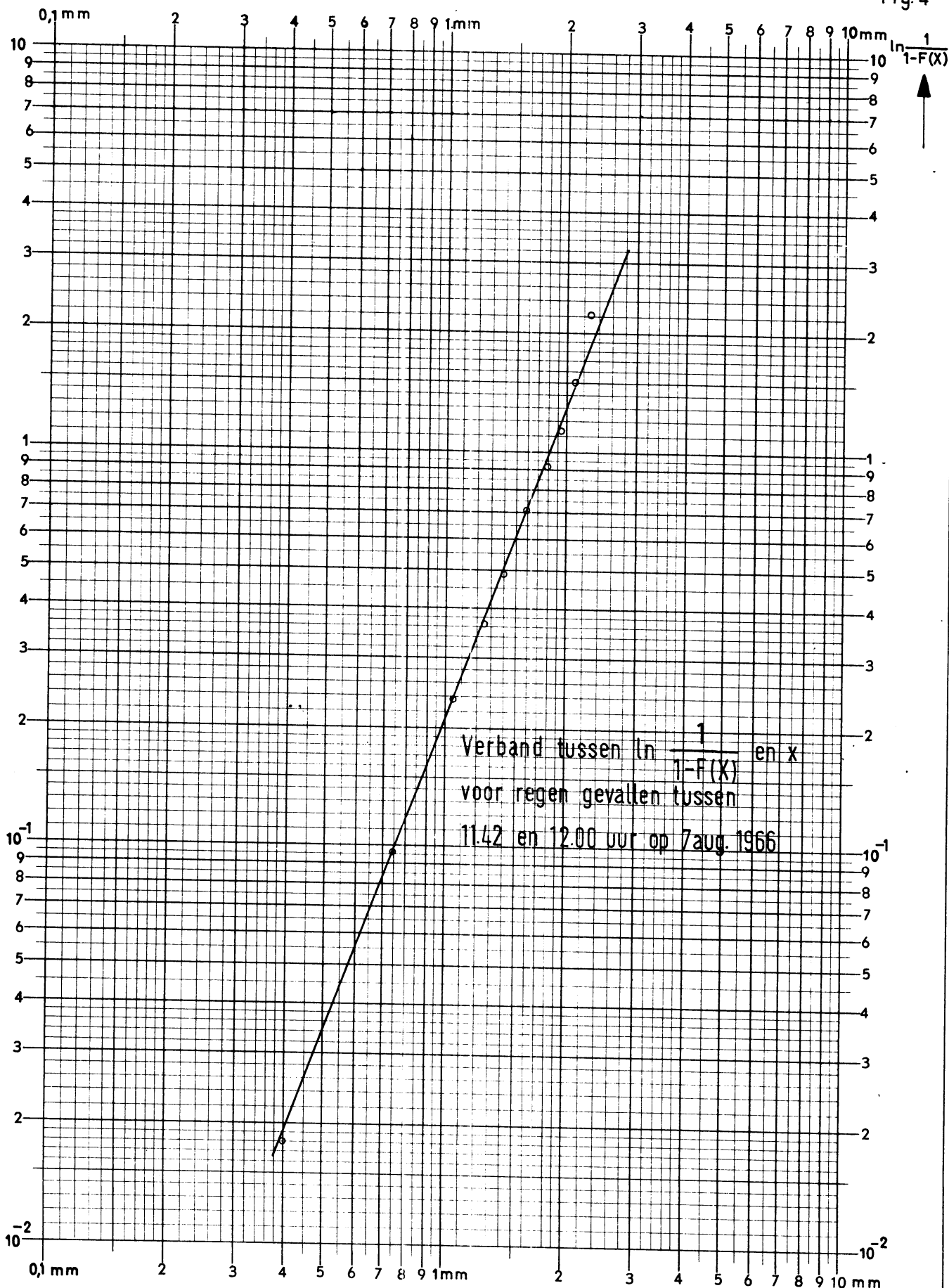




Fig. 4



o / Geldt voor J berekend uit registratie druppelmeter

x / Geldt voor J berekend uit pluviogram

Fig. 5  
(zie tekst)

