

VOORTGEZET ONDERZOEK VAN REGISTRERENDE WATERSTANDSMETERS

HYDRAULICA LABORATORIUM VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL

INHOUD

	<u>pag.</u>
<u>1</u> Inleiding	1.
<u>2</u> Beschrijving van de proeven	1.
<u>3</u> Resultaten	3.
Groep 1 Vlotterapparatuur	3.
Groep 2 Drukdoosapparatuur	4.
<u>4</u> Conclusies	6.
<u>5</u> Bijlagen (2)	





## 1. INLEIDING

Nadat in mei 1963 in een nota getiteld "Nota Betreffende Inleidend Onderzoek Peilapparatuur" verslag was uitgebracht over een oriënterend onderzoek naar de nauwkeurigheid van registrerende waterstandsmeters, werd op verzoek van de Cultuurtechnische Dienst te Utrecht een tweede serie proeven genomen met een vijftal van deze instrumenten, alle afkomstig van genoemde dienst. De meetopstelling is sinds het oriënterend onderzoek niet veranderd.

Het onderzoek werd verricht door Ir. R.H. Pitlo.

## 2. BESCHRIJVING VAN DE PROEVEN

Gelet op de werking van de meters kunnen deze in 2 groepen worden ondergebracht:

### Groep 1

De niveauverschillen worden gemeten met behulp van een vlotter. De meters XX-12002 en XX-12003 zijn van hetzelfde type. De schrijver kan worden uitgerust met een omkeermechanisme dat de schrijfpennen in tegengestelde richting doet bewegen zodra de grenzen van een bepaald meettraject respectievelijk worden over- of onderschreden. Beide meters zijn zowel met- als zonder dit omkeermechanisme beproefd. In dit verslag zullen deze toestanden worden aangeduid met de bijvoeging "met omkering" en "midden schaal".

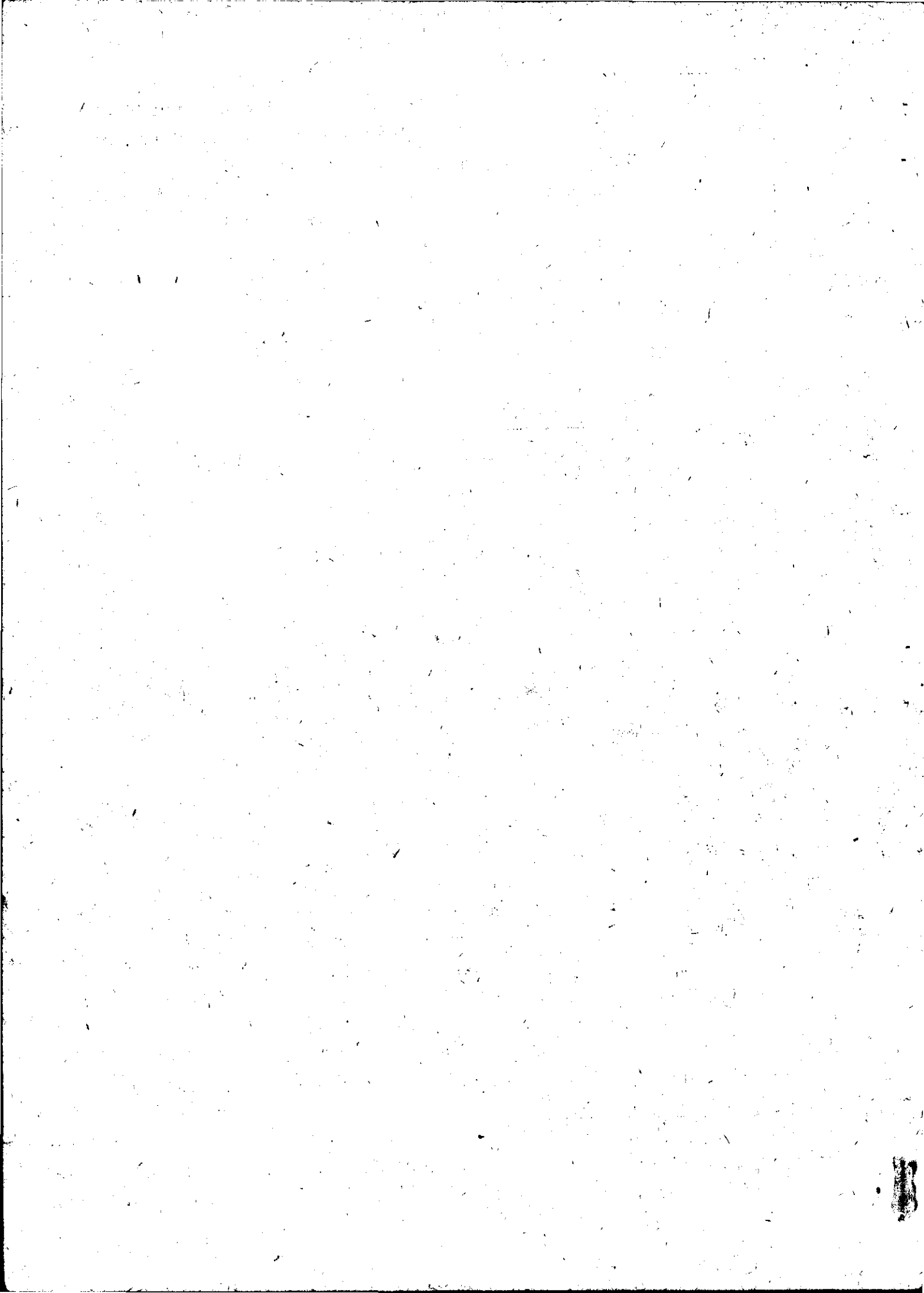
De overbrengverhouding van de meters XX-12002 en -12003 was steeds 1:2,5. *HWK*

De meters P10-484 en P10-487 zijn ook van één type dat echter van het type XX verschilt. Deze meters kunnen met een normale vlotter of met een grondwatervlotter worden uitgerust. Bovendien kan de overbrengverhouding worden ingesteld op de waarden 1:5, 1:10 en 1:20. Beide meters werden met elk van deze overbrengverhoudingen beproefd.

Op grond van de resultaten van het oriënterend onderzoek werd verondersteld dat slechts de volgende factoren een afwijking in de registratie van de waterniveaus zouden kunnen veroorzaken:

#### a Het richtingeffect

Indien de waterspiegel tijdens een stijgende beweging een bepaald niveau bereikt kunnen speling en wrijving in het mechanisme ten gevolge hebben dat de schrijver niet de juiste stand



bereikt. Omgekeerd zal tijdens een dalende beweging de schrijver een te hoge stand kunnen aangeven. Dit "richting-effect" is onderzocht in de opstelling boven de proefgoot welke reeds in de voorafgaande nota is beschreven.

b Onregelmatige liniëring van het grafiekenpapier

De controle geschiedde door zorgvuldige meting.

Groep 2

De niveauverschillen worden gemeten met behulp van een drukdoos met een rubber membraan. Van dit type is alleen de meter G529 beschikbaar.

Het oriënterend onderzoek betrof slechts de vlottermeters zodat voor deze meter apart moest worden nagegaan welke factoren aanleiding tot registratiefouten kunnen geven.

a Het richtingeffect

b Onregelmatige liniëring

c Verschillen in lucht- en watertemperatuur. Aangenomen werd dat verschillen in uitzetting de overbrenging zouden kunnen beïnvloeden.

d Verandering van de luchtvochtigheid. Evenals dit reeds voor Groep 1 is verondersteld is ook hier op grond van het oriënterend onderzoek aangenomen dat de voor vochtveranderingen ongevoelige papiersoort, welke voor dit soort van metingen gebruikelijk is, ook hier steeds wordt toegepast.

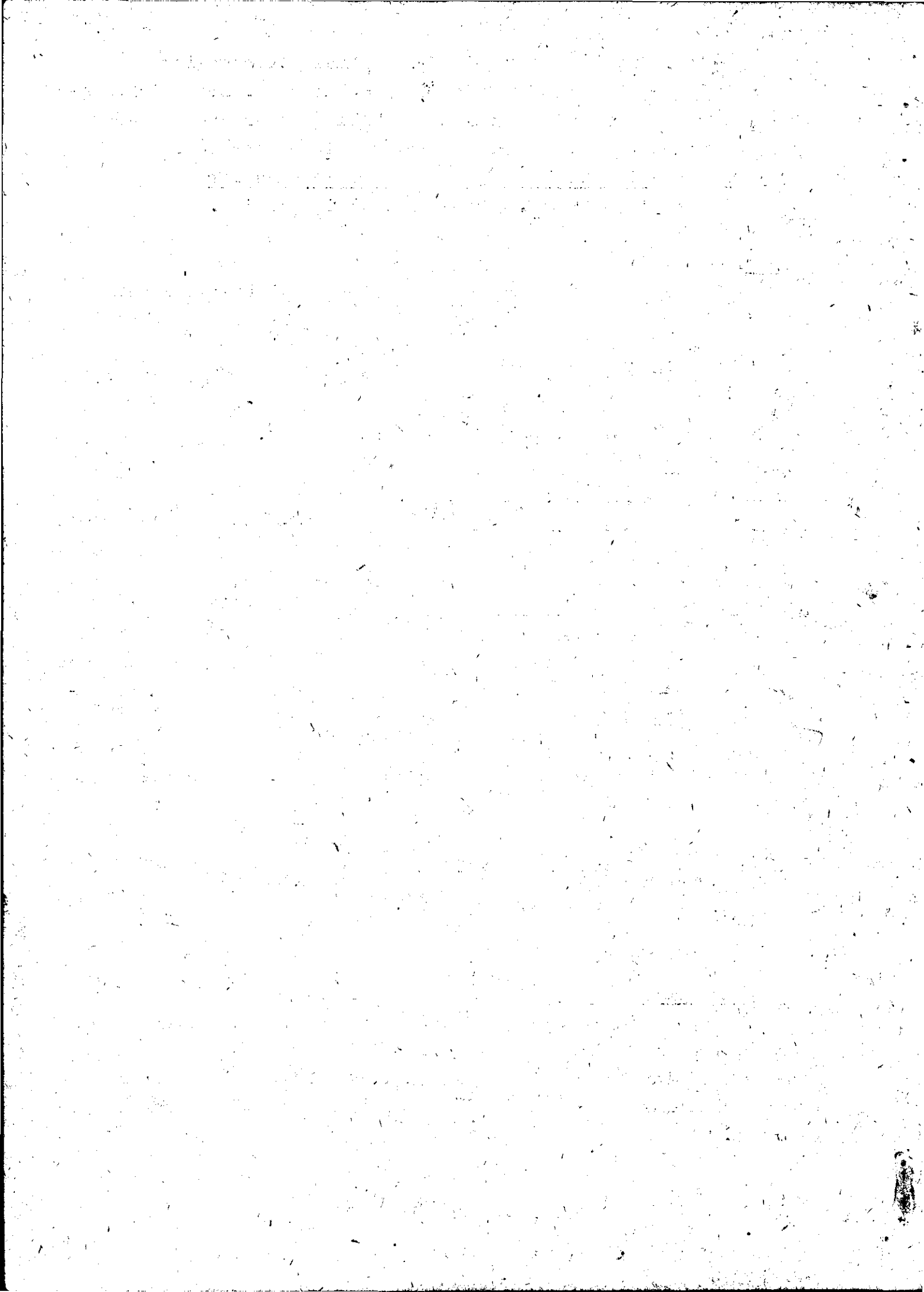
e Barometerstand. Variaties in de luchtdruk doen zich in de uitwendige belasting van de drukdoos gevoelen. Het is niet zeker dat deze door gelijke drukvariaties in de doos zullen worden gecompenseerd.

f Lineariteit van het mechanisme. Theoretisch is de vervorming van het membraan niet evenredig met het verschil tussen inwendige- en uitwendige druk.

Meetnauwkeurigheid

Het peil in de proefgoot werd met behulp van peilnaalden op 0,1 mm nauwkeurig afgelezen.

De afstanden in de diagrammen werden gemeten met behulp van een schuifmaat welke tot op 0,05 mm nauwkeurig kon worden afgelezen.



RESULTATEN

Groep 1 Vlotterapparatuur.

a Richtingeffect

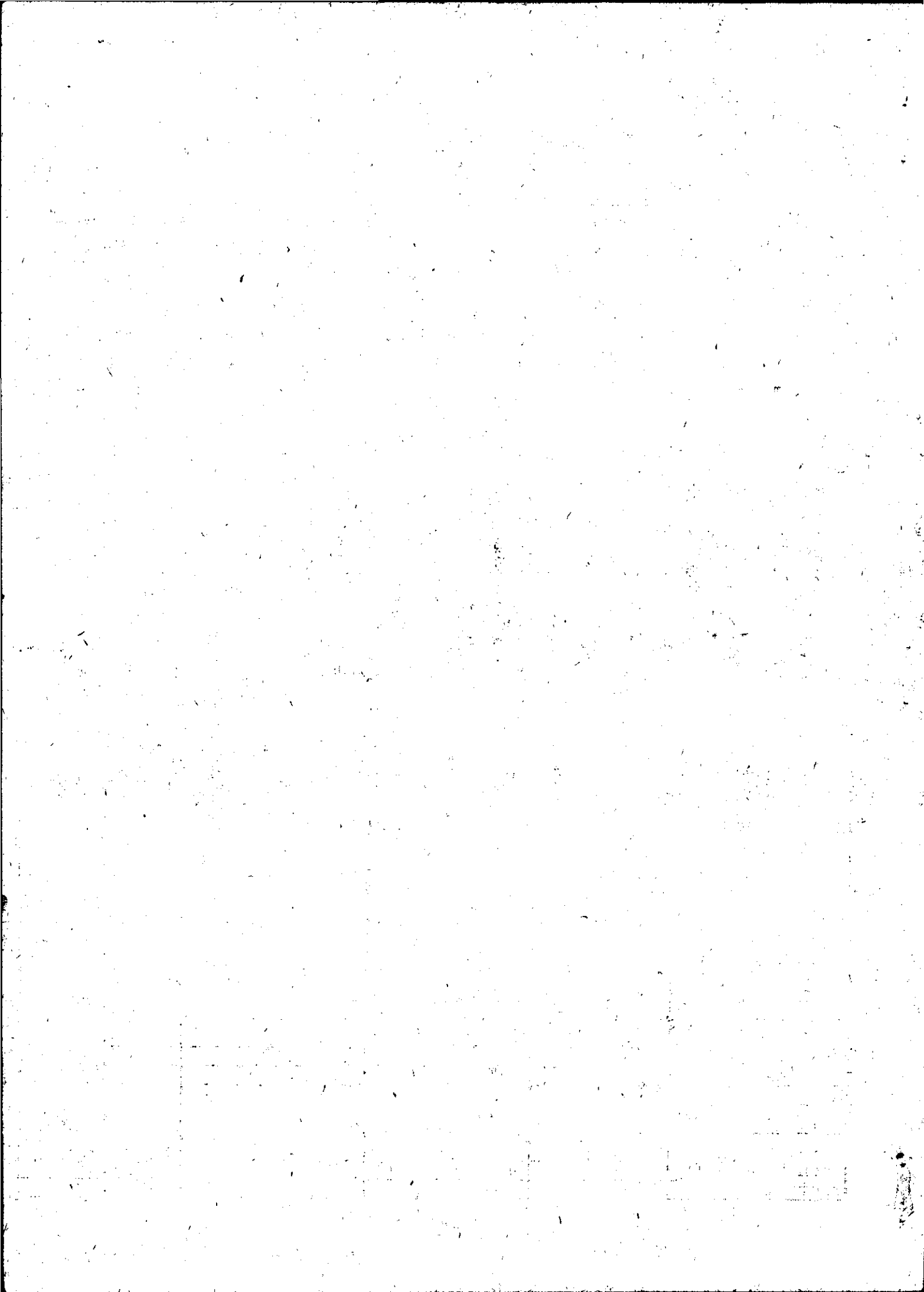
In de proefgoot werd een gekozen peil afwisselend benaderd vanuit een lagere- en een hogere waterstand. Na het bereiken van dit niveau werd in de grafiek de afstand gemeten tussen de alsdan bereikte stand van de pen en een gekozen horizontale nullijn op het grafiekenpapier. Deze afstanden, respectievelijk w na stijging en v na daling zijn in tabellen verzameld en in bijlage 1 weergegeven.

Uit deze reeksen van waarnemingen is in bijlage 2 berekend welke correctie  $\Delta$  mm bij de waarneming moet worden opgeteld tijdens stijging van het waterniveau. Deze correctie moet dan bij dalend niveau van de geschreven hoogten worden afgetrokken. Voorts is de nauwkeurigheid van de aldus gecorrigeerde schrijfhogte berekend. Deze is opgegeven als een grootste afwijking a welke gemiddeld in slechts 5% van alle gevallen zal worden overschreden.

De gevonden waarden van  $\Delta$  en a zijn in de onderstaande tabel I-a verzameld:

Meter nummer	Verhouding overbrenging	Aantal waarnemingen	Correctie richtingeffect $\Delta$ mm	Nauwkeurigheidsgrenzen $\pm a$ mm
XX-12002 middenschaal	1:2 $\frac{1}{2}$	10	1,14	0,23
XX-12002 met omkering	1:2 $\frac{1}{2}$	10	1,23	0,28
XX-12003 middenschaal	1:2 $\frac{1}{2}$	10	1,16	0,15
XX-12003 met omkering	1:2 $\frac{1}{2}$	10	1,27	1,14
P10-484 normale vlotter	1:10	7	0,15	0,11
P10-484 grondwater-vlotter	1:5	8	1,23	0,48
	1:10	5	0,40	0,18
	1:20	5	0,17	0,53
P10-487 normale vlotter	1:10	7	0,13	0,08
P10-487 grondwater-vlotter	1:5	8	0,94	0,66
	1:10	5	0,42	0,13
	1:20	5	0,15	0,09

Tabel I-a





Er moge nog eens de aandacht op worden gevestigd dat deze waarden gelden voor de nauwkeurigheidsgrenzen van de geschreven lijnen op de registratiestroken. Teneinde de overeenkomstige waarden voor de waterstanden te verkrijgen moet men de waarden uit de tabel nog delen door de bijbehorende vertraging-verhoudingen. Zo betekent een "correctie richtingeffect" van 0,15 mm voor meter P10-484 een correctie van  $10 \times 0,15 = 1,5$  mm van het waterniveau.

#### b Grafiekenpapier

Bij de instrumenten van het type XX vertoonde de liniëring een geringe afwijking. Bij meting van 50 vakjes van 2 mm worden lengten gevonden tussen 100,0 en 100,3 mm.

Bij de instrumenten van het type P10 werd geen afwijking in de regelmaat van de liniëring gevonden.

Tijdens het onderzoek van de instrumenten van het type P10 werd nog een bron van onnauwkeurigheden ontdekt welke niet was voorzien. Het gewicht van de grondwatervlotter was namelijk te gering om de ophangkabel volkomen te strekken. Dit leidde ertoe dat de kabel nu en dan even klem liep in het nauwe gat waardoor de kabel het huis van de schrijver binnengaat. Dit had weer tengevolge dat speciaal bij het gebruik van de grondwatervlotter de geschreven lijn soms een hakkelig verloop vertoonde.

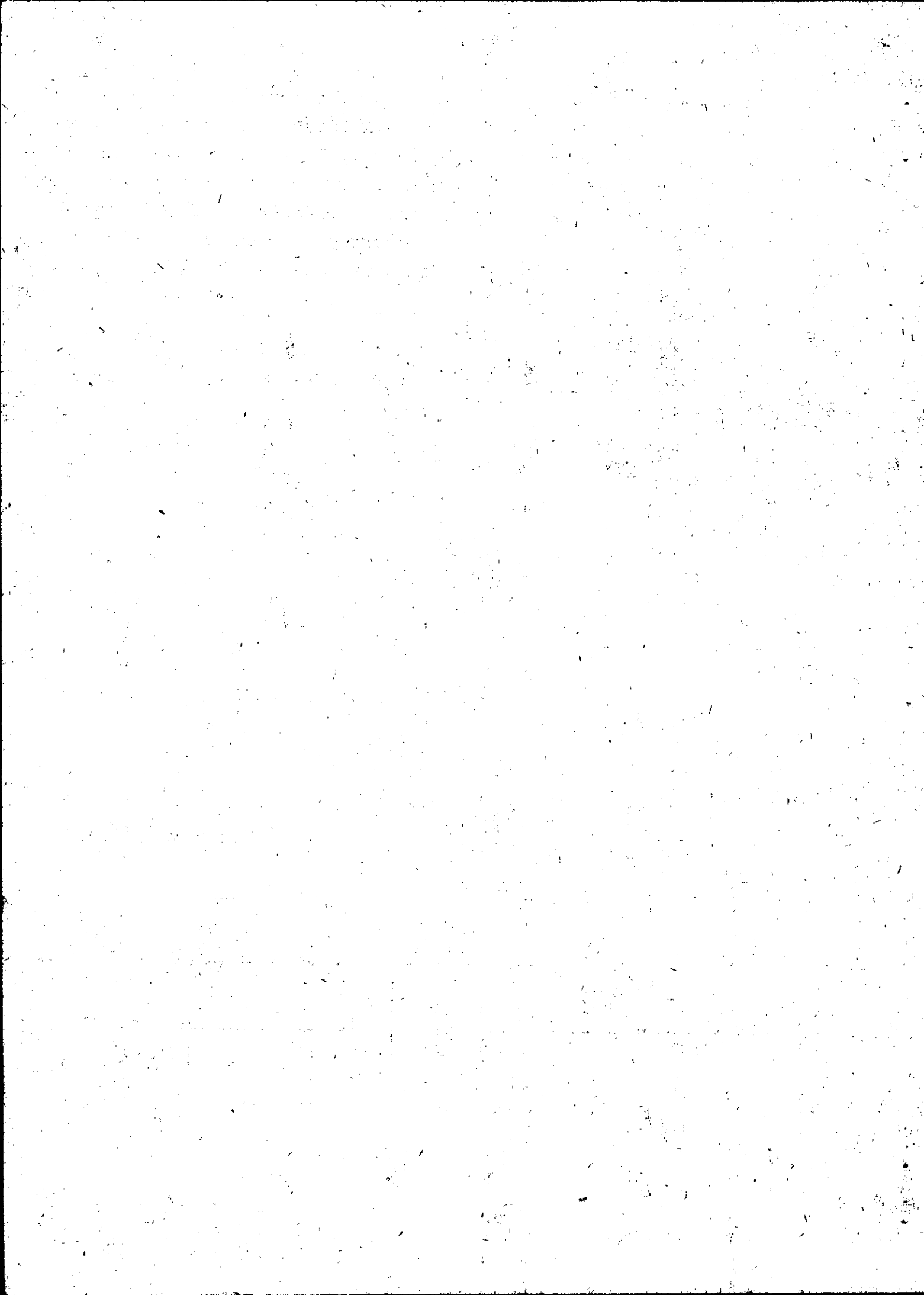
### Groep 2 Drukdoosapparatuur

#### a Richtingeffect

Op de wijze zoals reeds onder groep 1 werd beschreven werden de volgende resultaten verkregen:-

Meter nummer	Verhouding overbrenging	Aantal waarnemingen	Correctie richtingeffect $\Delta$ mm	Nauwkeurigheidsgrenzen $\pm a$ mm
G 529	1:10	5	0,27	0,11

Tabel I-b



b Grafiekenpapier

Dit papier is gesneden in de vorm van ronde schijven welke met behulp van een geponst gat moeten worden gecentreerd. Bij de onderzochte schijven bevond dit gat zich niet zuiver in het midden, hetgeen bleek toen iedere schijf bij constante waterhoogte een slag werd rondgedraaid. Hierbij bleek een eenzijdige afwijking tussen geschreven lijn en gedrukte cirkelliniëring van 0,4 mm op te treden, hetgeen overeenkomt met een excentriciteit van 0,2 mm.

c Lucht- en watertemperatuur

Bij een constant waterniveau in de proefgoot werden de luchttemperatuur en de watertemperatuur afzonderlijk verhoogd. De reactie van de schrijver was juist zichtbaar doch zeer gering.

e Barometerstand

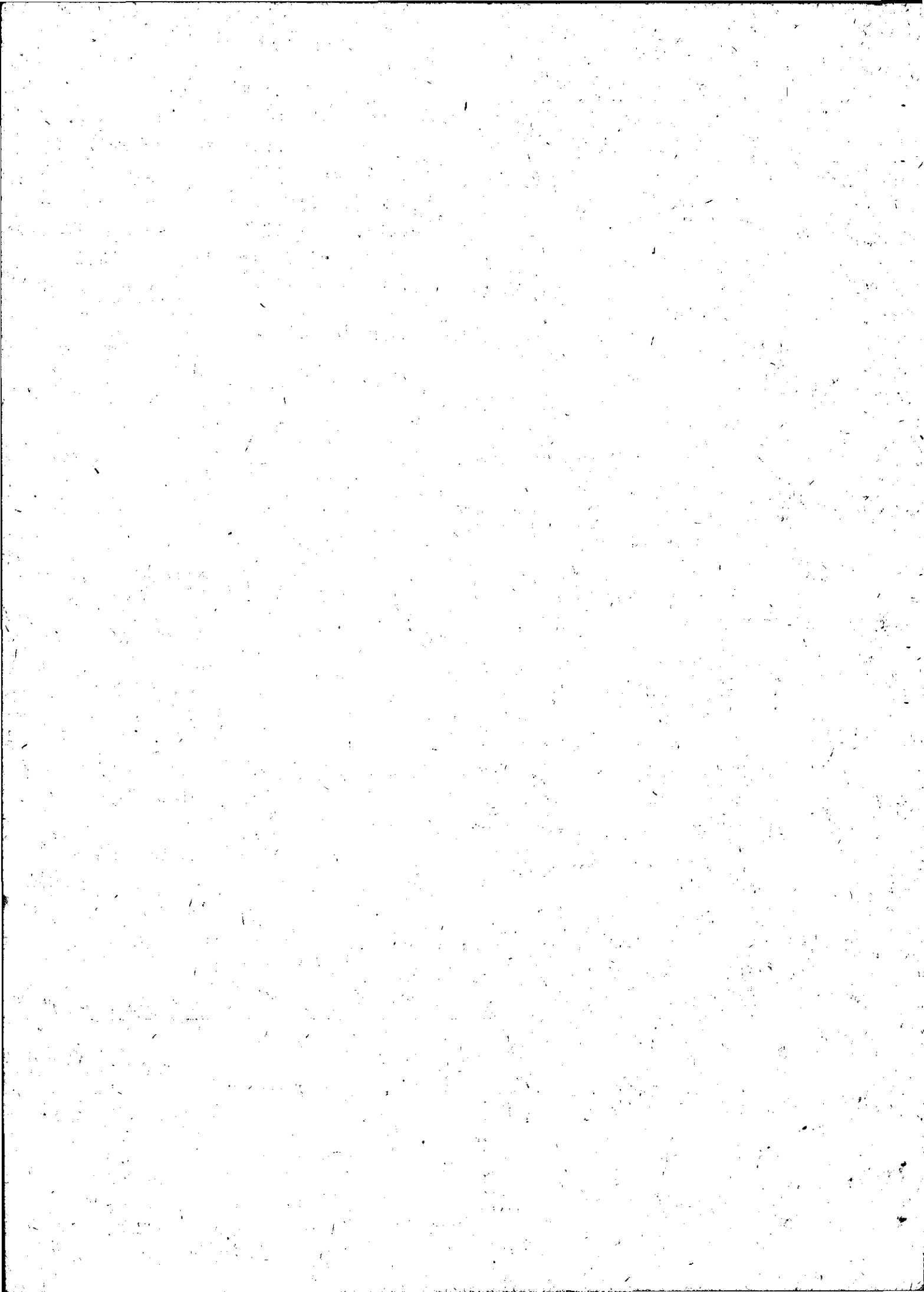
Het waterniveau in de proefgoot werd gedurende een periode van 14 dagen constant gehouden. De barometerstand varieerde tussen 756,7 mm en 772,4 mm kwikdruk. Duidelijke veranderingen in het geregistreerde niveau werden echter niet waargenomen.

f Lineariteit

Het niveau in de proefgoot werd achtereenvolgens met 4 trappen van precies 10 cm verhoogd en de daarbij geschreven hoogteverschillen werden op het papier gemeten. Op grond van de overbrengverhouding 1:10 moest men hoogteverschillen van 10 mm verwachten. Er bleek echter dat de geschreven hoogteverschillen iets toenamen. Deze zijn in onderstaande tabel in honderdsten van millimeters opgegeven, daar zij werden bepaald als gemiddelden van groepen van 5 waarnemingen elk verricht met een afleesnauwkeurigheid van 0,05 mm.

Stijging waterniveau	x 1/10	Gemeten schrijverstijging	Som
120 - 220 mm (10 cm)	10 mm	9,91 mm	9,91 mm
220 - 320 " ( " )	10 "	10,07 "	19,98 "
320 - 420 " ( " )	10 "	10,29 "	30,27 "
420 - 520 " ( " )	10 "	10,58	40,85 "

Tabel II-a



Bij dalende waterspiegel deed zich hetzelfde verschijnsel voor in omgekeerde zin, zij het in iets mindere mate.

Daling waterniveau	x 1/10	Gemeten schrijverdaling	Som
520 - 420 mm	10 mm	10,24 mm	10,24 mm
420 - 320 "	10 "	10,16 "	20,40 "
320 - 220 "	10 "	10,05 "	30,45 "
220 - 120 "	10 "	10,00 "	40,45 "

Tabel II-b

De proefopstelling liet geen grotere niveauvariatiaties toe.

## CONCLUSIES

### a Richtingeffect

Het onderzoek heeft voor elke meter een zeker richtingeffect aan het licht gebracht.

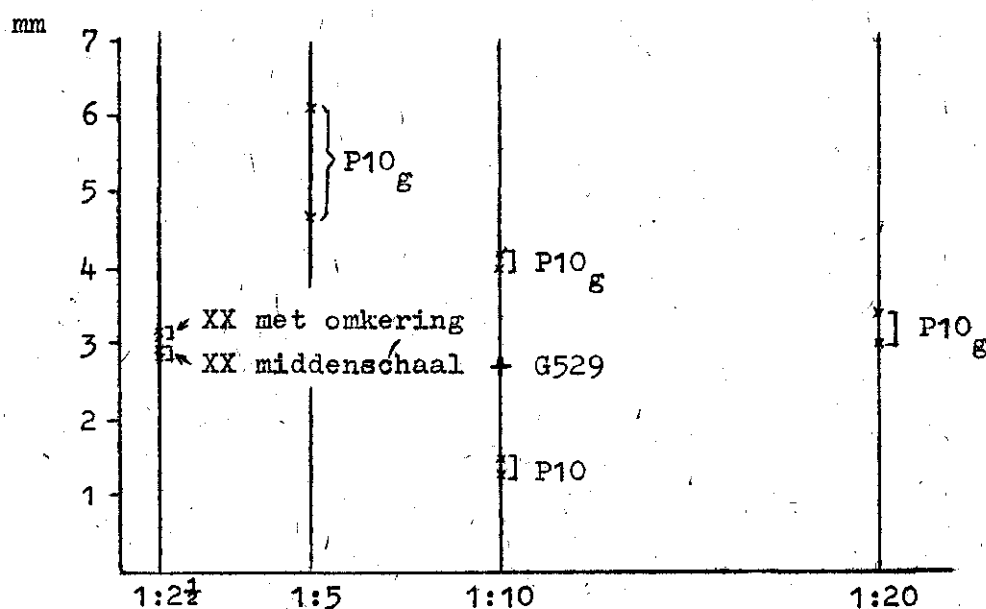
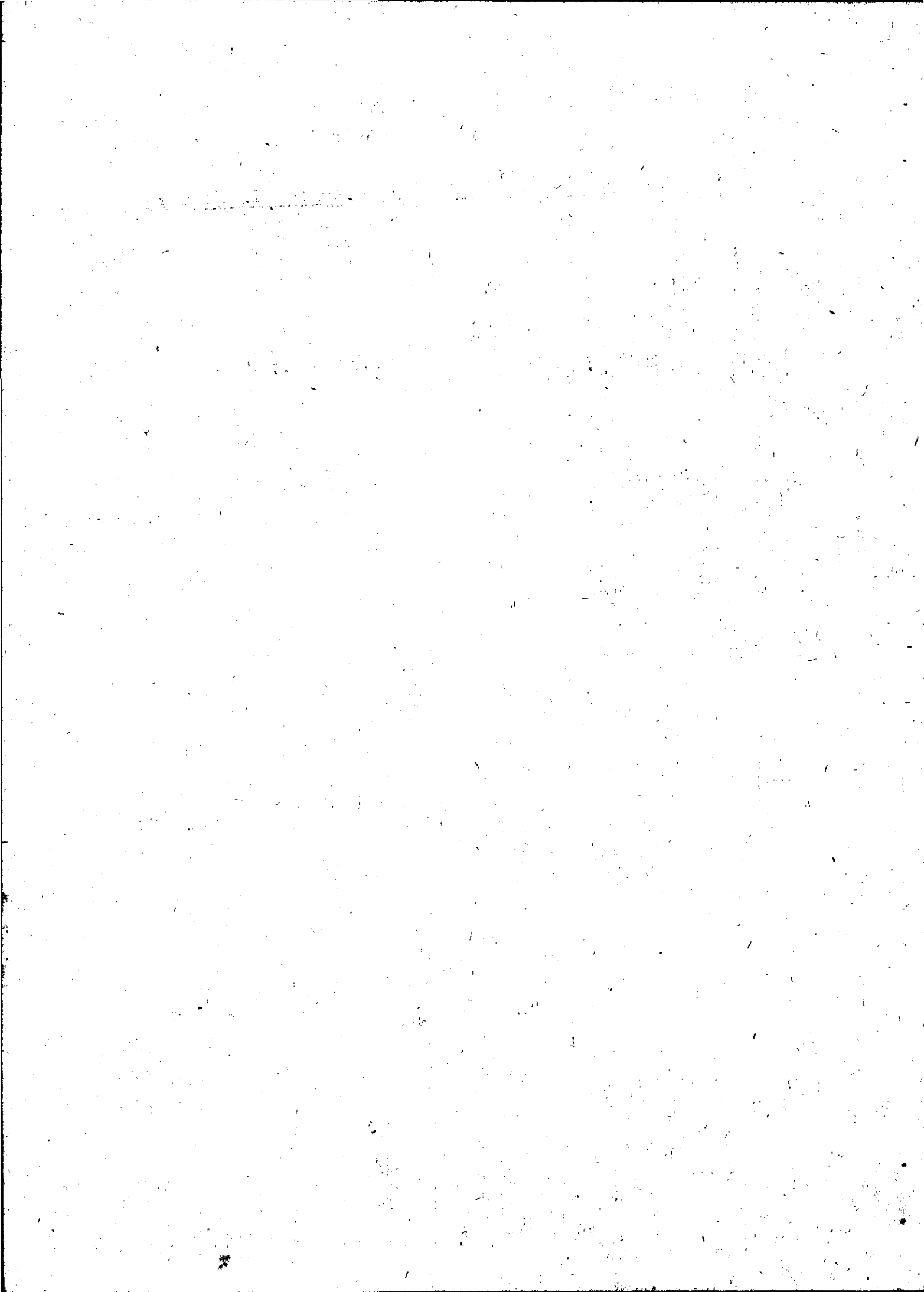


Fig. 1 g = met grondwatervlotter

In Fig. 1 zijn de gevonden correcties voor het richtingeffect opgetekend nadat zij door de vertragsingsverhouding zijn gedeeld. In verticale richting zijn dus de correcties op het geregistreerde waterpeil afgezet tegen de bijbehorende overbrengverhoudingen in horizontale zin.

Uit deze figuur kan men het volgende afleiden:

- 1 Het richtingeffect is met een bevredigende nauwkeurigheid bepaald, hetgeen blijkt uit het feit dat de punten voor instrumenten van dezelfde constructie bij dezelfde overbrengverhouding



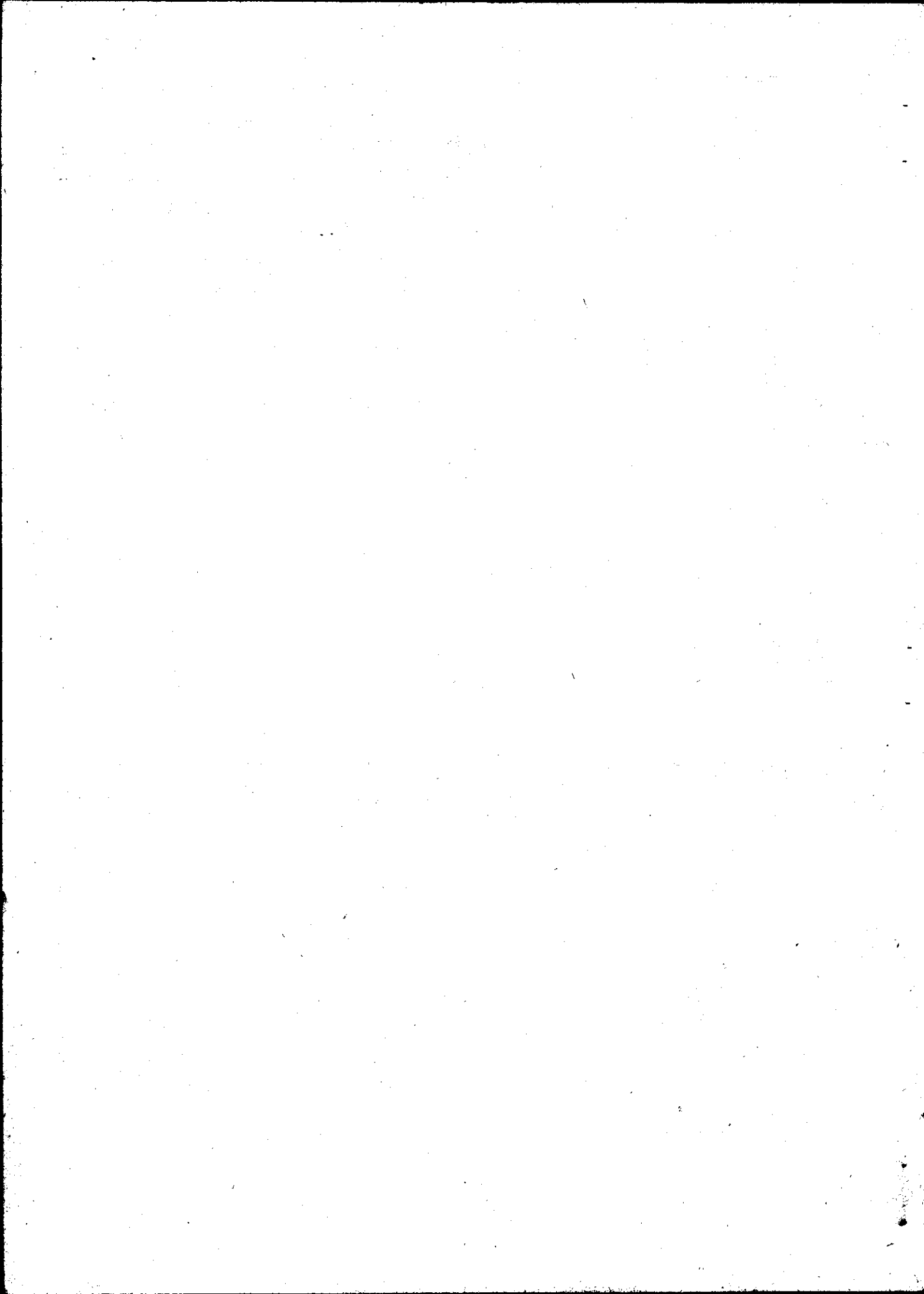
dicht opeen liggen. Hierbij moet echter een uitzondering worden gemaakt voor de meters P10 met overbrengverhouding 1:5, toegerust met een grondwatervlotter. Het hier optredende betekenende verschil is vermoedelijk het gevolg van het later opgemerkte verschijnsel dat de niet geheel strak gespannen ophangkabel nu en dan in de doorvoeropening blijft steken.

2 Bij een bepaalde indompeling van de vlotter wordt de kracht welke beschikbaar is om de wrijving in het mechanisme te overwinnen door de vlotterdoorsnede bepaald. Dit betekent dat een kleine vlotter verder in het water wordt gedrukt of er verder uit wordt getrokken dan een grote-. Inderdaad blijkt het richtingeffect van de kleinere grondwatervlotters groter te zijn dan dat van de normale vlotters.

3 Een merkwaardig verschijnsel, waarvoor nog geen verklaring is gevonden, is dat de waterpeilcorrectie kleiner schijnt te worden naarmate de vertraging sterker wordt. Beide meters P10, met grondwatervlotters vertonen dit verschijnsel. Men zou echter meerdere instrumenten, elk met verschillende overbrengverhoudingen, moeten onderzoeken voordat men vast zou kunnen stellen of men hier inderdaad met een algemeen voorkomend verschijnsel te maken heeft. Dit zou ook van belang zijn teneinde een oordeel te kunnen uitspreken over het verschil in richtingeffect tussen de meters XX en P10.

#### b Nauwkeurigheid van een aflezing

Uit de formule voor het betrouwbaarheidsinterval blijkt dat de nauwkeurigheid van een aflezing na correctie voor het richtingeffect in feite wordt bepaald door de uit de waarnemingen geschatte spreiding  $\sigma$  van de kansverdeling. De schatting van deze  $\sigma$  berust echter op korte series van waarnemingen en is dientengevolge onnauwkeurig. Dit geldt dus ook voor het betrouwbaarheidsinterval. In fig. 2 zijn de waarden van het halve betrouwbaarheidsinterval  $a$ , gedeeld door de bijbehorende overbrengverhouding tegen deze verhoudingen uitgezet. Veel zinvols valt uit deze figuur niet af te leiden behalve dan dat langere proefseries nodig zijn om een betrouwbaarder indruk van de nauwkeurigheid van de waarneming te verkrijgen.





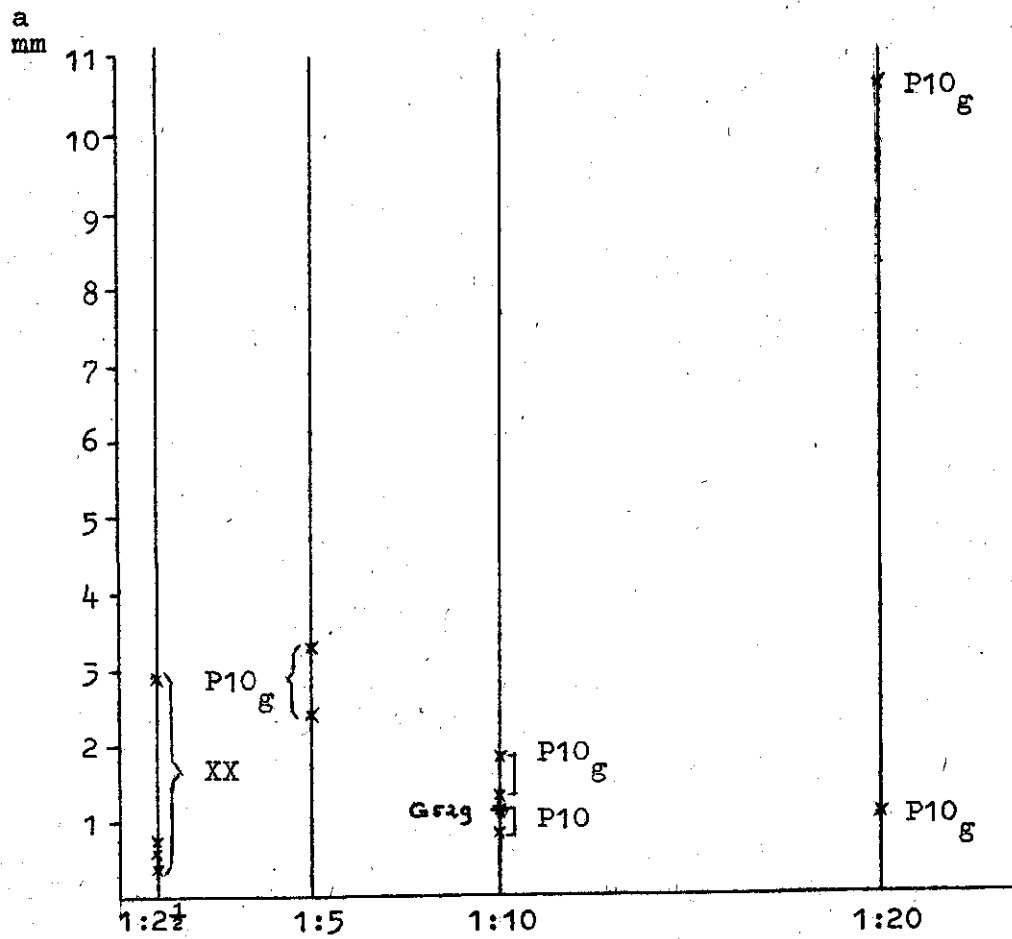


Fig. 2

Teneinde misvattingen te voorkomen wordt er nadrukkelijk op gewezen dat het altijd zin heeft om te corrigeren voor het richting-effect omdat het daarbij om een systematische fout gaat die kan worden gecorrigeerd. De alsdan overblijvende toevallige fout wordt aangeduid door het betrouwbaarheidsinterval, hetgeen slechts dient om een indruk te geven van de nauwkeurigheid van een geschreven peil. Dit is weer van groot belang met het oog op de beoordeling van uit dit peil afgeleide grootheden, zoals bijv. de debieten door meetinrichtingen.

### c Grafiekenpapier

Hierin schuilt geen betekende foutenbron. Alleen dient er op te worden toegezien dat de schijf op de drukdoosmeter goed gecentreerd is.

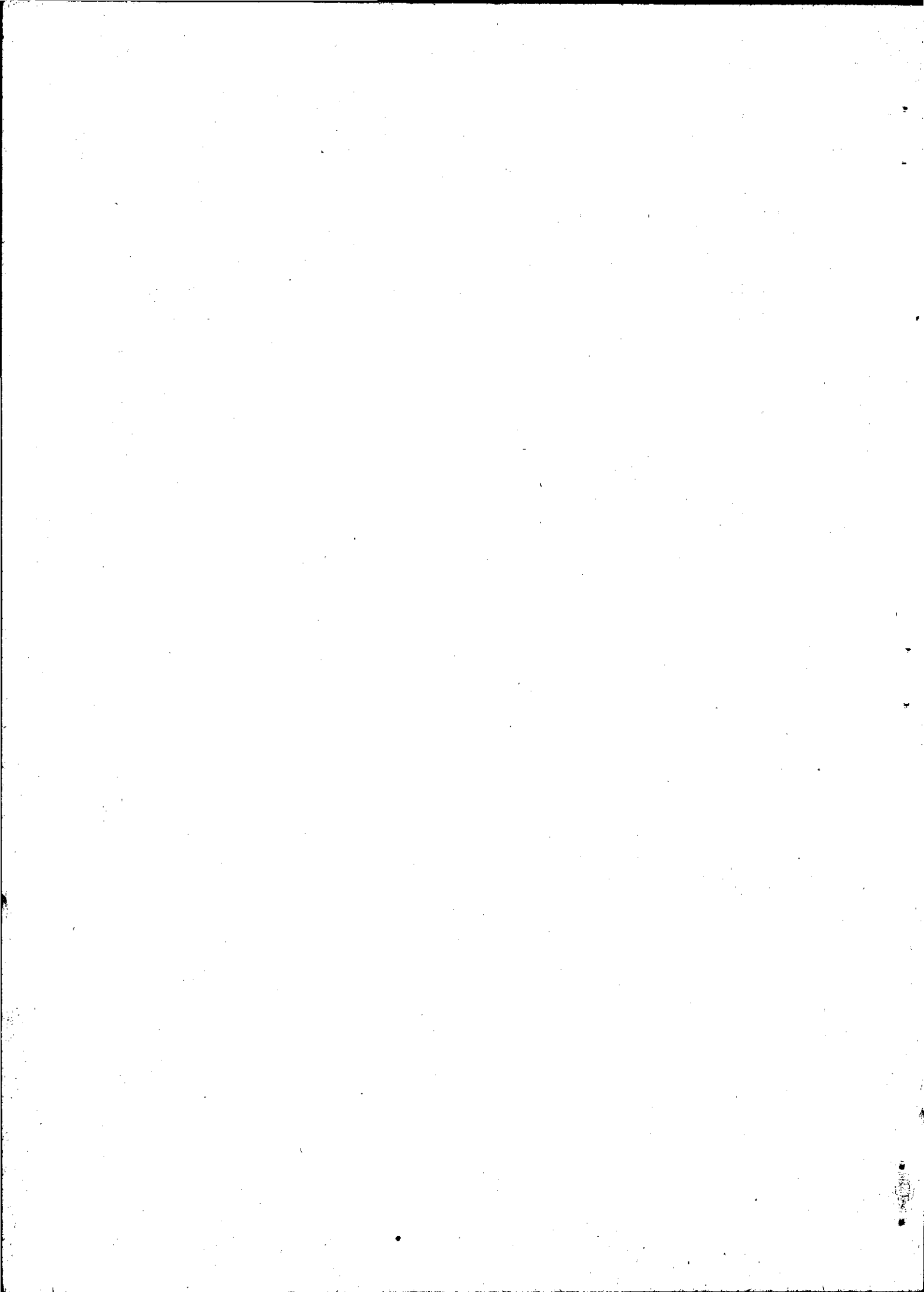
### f Lineariteit

Bij de meter van het drukdoostype bleek enige miswijzing te ontstaan uit gebrek aan lineariteit. De mogelijke peilvariatie



van ca 40 cm bracht reeds een miswijzing van 1 à 2% aan het licht. Voor een volledige beoordeling van dit instrument zou het over een groter meetbereik moeten worden beproefd.

18 december 1963



Bijlage 1: Meetresultaten in millimeters

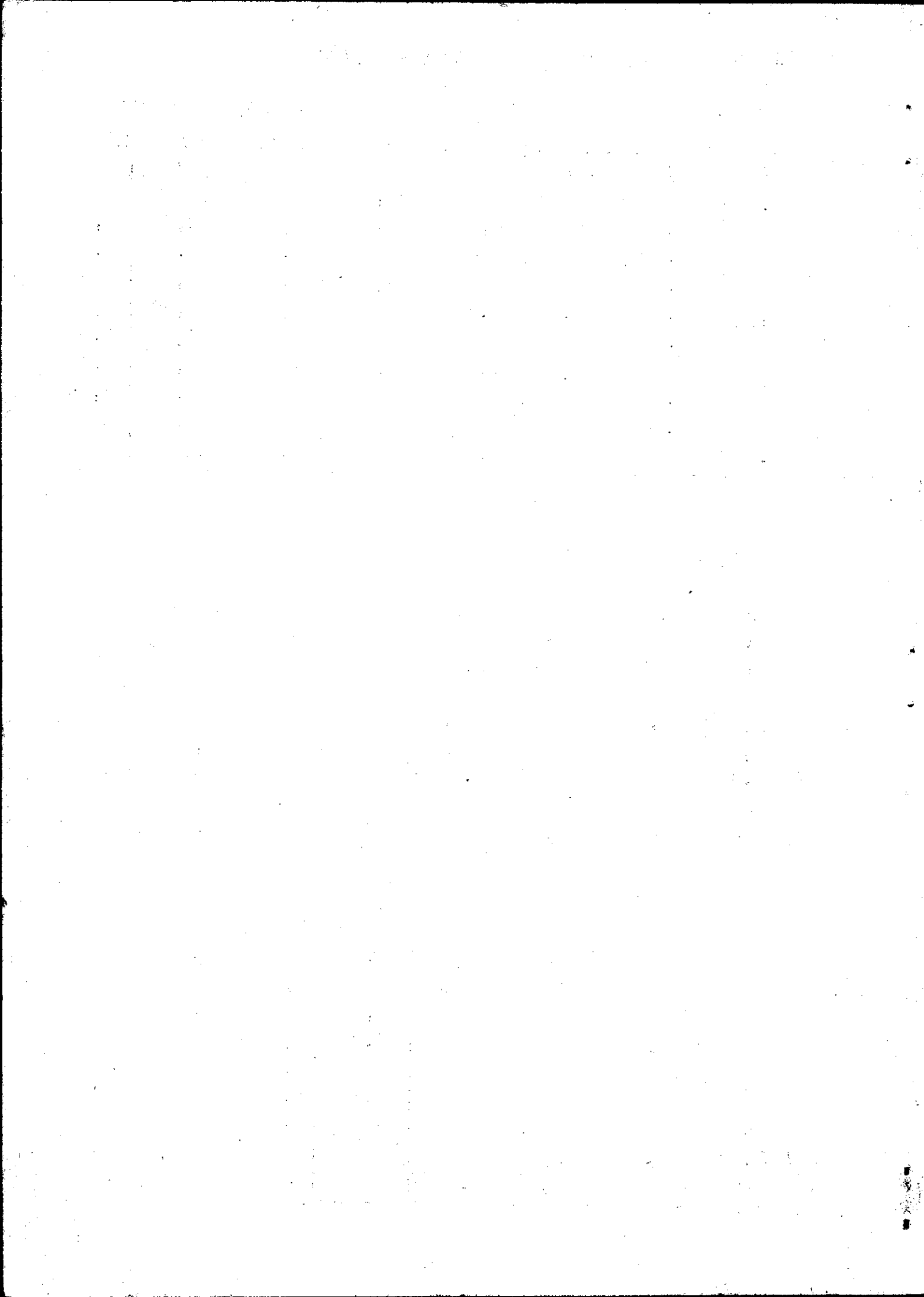
Type XX-12002 (1:2½)				Type XX-12003 (1:2½)			
midden schaal		met omkering		midden schaal		met omkering	
v	w	v	w	v	w	v	w
24,30	22,00	23,85	26,25	24,70	22,35	22,70	25,05
24,30	22,00	24,00	26,40	24,70	22,35	22,70	24,70
24,25	21,95	24,55	27,05	24,70	22,35	23,15	25,95
24,20	21,95	24,60	27,00	24,65	22,35	23,50	25,95
24,30	21,95	24,90	27,20	24,60	22,35	23,70	26,10
24,30	22,00	24,80	27,20	24,60	22,35	23,60	26,05
24,30	22,05	24,70	27,35	24,60	22,35	23,65	26,15
24,30	22,05	24,95	27,10	24,60	22,35	23,70	25,95
24,30	22,30	24,80	27,10	24,70	22,45	23,40	25,90
24,60	22,15	24,70	27,80	24,90	22,35	23,45	27,10

Type P10 - 484

normale vlotter				grondwatervlotter			
1:5		1:5		1:10		1:20	
v	w	v	w	v	w	v	w
8,35	8,15	9,25	6,75	8,35	7,60	9,60	9,20
8,35	8,15	8,80	6,30	8,40	7,60	9,50	9,20
8,35	8,15	8,80	6,20	8,40	7,60	9,15	8,85
8,40	8,20	8,80	6,50	8,35	7,60	9,15	8,85
8,45	8,20	8,55	6,20	8,30	7,40	9,15	8,75
8,45	8,20	8,65	6,20	--	--	--	--
8,45	8,30	8,60	6,20	--	--	--	--
--	--	8,80	6,20	--	--	--	--

Type P10 - 487

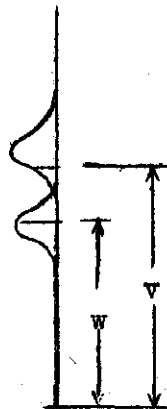
normale vlotter				grondwatervlotter			
1:5		1:5		1:10		1:20	
v	w	v	w	v	w	v	w
7,90	7,60	8,50	7,20	9,80	8,85	10,05	9,70
7,90	7,60	8,50	7,40	9,75	8,85	10,05	9,75
7,90	7,60	8,50	6,25	9,75	8,95	10,05	9,80
7,90	7,65	8,70	6,60	9,75	8,95	10,00	9,70
7,90	7,60	8,50	6,35	9,65	8,90	10,00	9,70
7,90	7,70	8,50	6,45	--	--	--	--
7,90	7,70	8,50	6,40	--	--	--	--
--	--	8,45	6,55	--	--	--	--



Type G. 529 (drukdoos type)

1:10

V	W
0,60	0,00
0,55	0,00
0,60	0,10
0,60	0,00
0,50	0,05







BEREKENING CORRECTIE RICHTINGEFFECT EN

MEETNAUWKEURIGHEID

De metingen vormen een steekproef ter grootte  $n$  van een stochastiek  $w$  waarvan de verwachtingswaarde  $W$  is en een steekproef ter grootte  $n$  van een stochastiek  $v$  met een verwachtingswaarde  $V$ .

1e veronderstelling: De variaties van  $w$  en  $v$  zijn gelijk, b.v.  $\sigma^2$ . Een zuivere schatter van  $\sigma^2$  uit de  $2n$  waarnemingen is dan

$$\underline{s}^2 = \frac{\sum (w_i - \bar{w})^2 + \sum (v_i - \bar{v})^2}{2n - 2}$$

Een zuivere schatter  $\underline{d}$  van  $\delta = V - W$  is:

$$\underline{d} = \frac{\sum v - \sum w}{n} \quad \text{en de geschatte variantie hiervan is:}$$

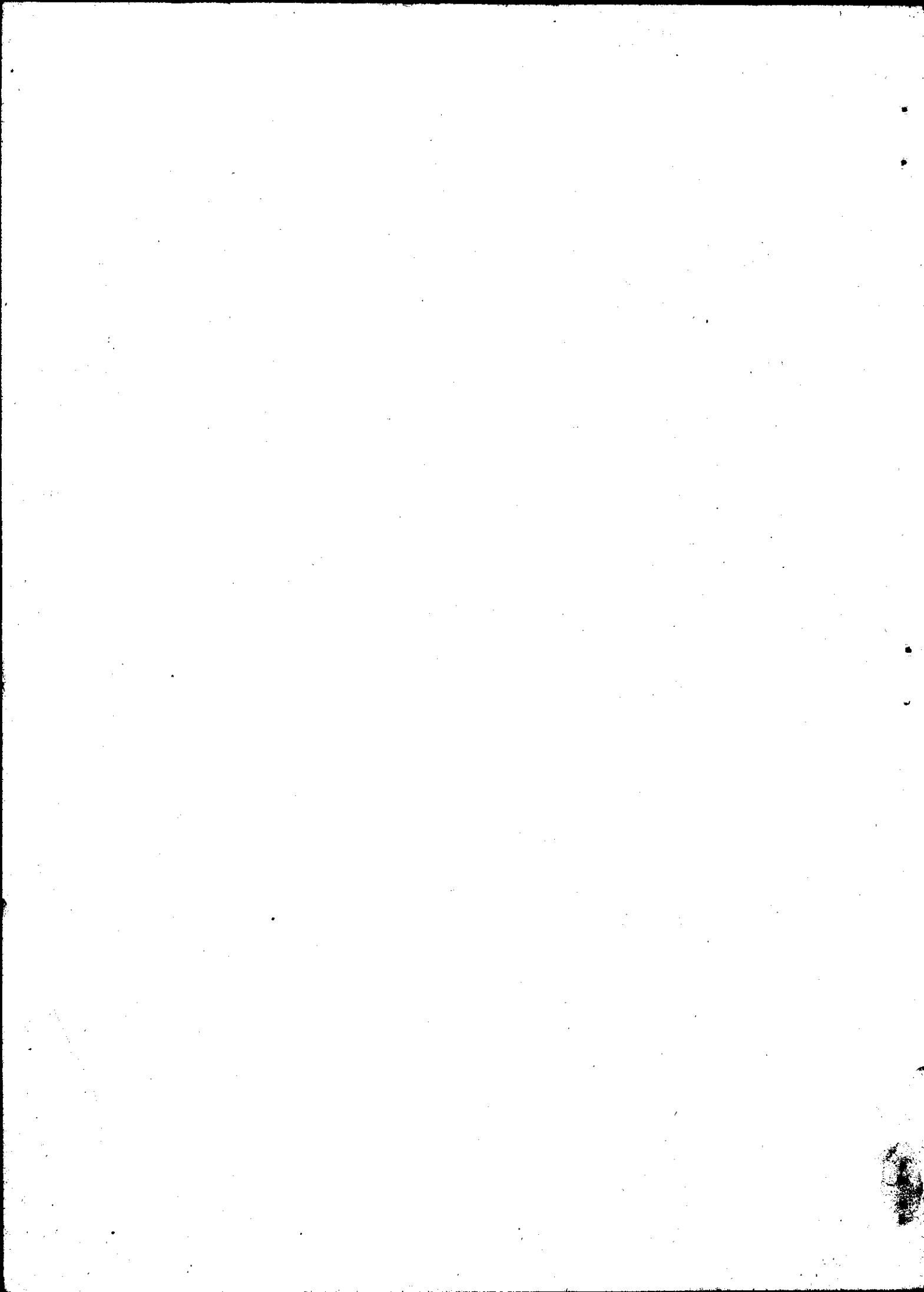
$$\underline{s}^2(\underline{d}) = \frac{2\underline{s}^2}{n}$$

Vraag: Als een gebruiker van het instrument een waarneming doet van  $w$  of  $v$ , welke correctie moet hij dan op deze waarneming toepassen om een zuivere schatting van het water-niveau te krijgen en hoe onzeker is deze schatting?

2e veronderstelling: Het werkelijke waterniveau ligt halverwege tussen  $V$  en  $W$ . Deze veronderstelling volgt uit de aanname dat de wrijvingsweerstand en de speling in het mechanisme in beide richtingen hetzelfde richtingeffect tengevolge zullen hebben. Dit houdt dus in dat aan de waarneming  $w$  respectievelijk  $v$  een correctie  $d/2$  moet worden bijgevoegd, resp. afgetrokken.

De onzekerheid van een nieuwe schatting  $w + \frac{1}{2}d$  is samengesteld uit de onzekerheid in de bepaling van  $\Delta = \frac{1}{2}d$  en uit de onzekerheid waarmee  $W$  (of  $V$ ) geschat wordt door  $w$  (of  $v$ ) zodat:

$$\begin{aligned} \sigma^2(w + \frac{1}{2}d) &= \sigma^2(w) + \sigma^2(\frac{1}{2}d) \\ &= \sigma^2 + \frac{\sigma^2}{2n} = \sigma^2(1 + \frac{1}{2n}) \end{aligned}$$



Een schatting van de spreiding is dan

$$\underline{s} (\underline{w} + \frac{1}{2}\underline{d}) = \underline{s} \sqrt{1 + \frac{1}{2n}}$$

Hierbij is ook nog verondersteld dat de nieuwe waarneming in dezelfde verdeling kan worden ondergebracht als die waaruit  $\sigma$  is geschat. Deze veronderstelling is alleen dan juist wanneer de omstandigheden waaronder het instrument wordt gebruikt niet wezenlijk anders zijn dan die waaronder het instrument werd onderzocht. Men mag verwachten dat bij een zorgvuldige opstelling van het instrument aan deze voorwaarde zal zijn voldaan.

Een betrouwbaarheidsinterval, dat met 95% kans het juiste waterniveau zal bevatten, ligt tussen de grenzen:

$$(\underline{w} + \frac{1}{2}\underline{d}) - t_{2n-2} \cdot \underline{s} \sqrt{1 + \frac{1}{2n}} \quad \text{en} \quad (\underline{w} + \frac{1}{2}\underline{d}) + t_{2n-2} \cdot \underline{s} \sqrt{1 + \frac{1}{2n}}$$

$$\text{of} \quad (\underline{v} - \frac{1}{2}\underline{d}) - t_{2n-2} \cdot \underline{s} \sqrt{1 + \frac{1}{2n}} \quad \text{en} \quad (\underline{v} - \frac{1}{2}\underline{d}) + t_{2n-2} \cdot \underline{s} \sqrt{1 + \frac{1}{2n}}$$

De aldus gedefinieerde nauwkeurigheidsgrenzen zijn

$$\pm a = \pm t_{2n-2} \cdot \underline{s} \sqrt{1 + \frac{1}{2n}}$$

