

10: 226307

Rapport betreffende de
resultaten van de meetaf-
deling van de Studiedienst

Informatierapport nr. 6

door Ir. L. van Bendegom

(april 1940)



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat Generaal Rijkswaterstaat
Directie Oost-Nederland

Bibliotheek

Nr. SV BOR10 ON



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Directie Oost-Nederland

Postbus 9070
6800 ED Arnhem
Tel. 026 - 3688355

Bibliotheek

naam	afd.	retour	paraaf

S.V.P. TIJDIG VERLENGEN

Rijkswaterstaat
Directie Bovenrivieren
Afdeling Studiedienst

Nota 1940 no.2
met 20 figuren

RWS Dir. Oost-Nederland

Bibliotheeknr. SV BORIO ON

Rapport betreffende de
resultaten van de meetafdeling
van de Studiedienst.

Informatierapport no.6

opgemaakt in April 1940
gecopieerd in Augustus 1951

Bibliothek C. 1000
RWS Dr. Geldhand

INHOUD.

	pag.
Hoofdstuk I. Kort overzicht der verrichte werkzaamheden	1.
Hoofdstuk II. Onderzoek naar instrumenten en meetmethoden	3.
a. Echolood	3.
b. Ottmolens	3.
c. Stroomrichtingsmeter "Potomac"	4.
d. Verhangmeter	7.
Hoofdstuk III. Afvoermetingen	13.
A. Waterafvoer	13.
a. Drijvermetingen	13.
b. Molenmetingen	21.
B. Zandafvoer	22.
Hoofdstuk IV. Werkprogramma 1940.....	25.

LIJST VAN FIGUREN.

1. Grafiek Ottmolen No. 6016 *wiek 2*
2. " " No. 6260 *wiek 1*
3. " " No. 6682 wiek I
- 3^a " " No. 6682 wiek II
4. " Potomac, wiek I.
5. " " " II.
6. " " " I. (papiersnelheid)
7. " " " II. (")
8. Teekening verhangmeter.
9. Voorbeeld bochtmeting Galgendaal.
10. Sluitfout afvoermetingen.
11. " "
12. " "
13. Watertemperatuur Rijn.
14. Viscositeitskromme.
15. Zomer- en Winterafvoerkrommen IJssel.
16. Afvoerkrommen IJssel bij Z.W. en N.O. wind.
17. Teekening over golfvervorming.
18. Afvoerverandering per cm waterstandsverschil.
19. Zandtransportkromme Waal.
20. Zandsommatiegrafiek Waal.

I. Kort overzicht der verrichte werkzaamheden.

Door bijzondere omstandigheden - het onder de wapenen komen als buitengewoon dienstplichtige - was het wegens tijdgebrek niet mogelijk uitvoerig verslag uit te brengen betreffende de verrichte waarnemingen en berekeningen gedurende het jaar 1939.

Hieronder volgt dan ook slechts een kort resumé van die waarnemingen en berekeningen, terwijl enkele meer gedetailleerd beschreven zijn in de volgende hoofdstukken.

Het werkprogramma voor 1940 is daarentegen meer uitvoerig behandeld om een goede voortgang der metingen te verzekeren.

IJkingen werden verricht voor het Echo-lood, de Ottmolens, de verhangmeter en de zandmeetapparatuur. De ijking van de Ottmolens in de sleeptank van het gebouw voor Werktuig- en Scheepsbouwkunde van de Technische Hoogeschool kan zeer geslaagd genoemd worden. Op 1 dag werden 2 wickjes gijkt; de kosten hiervoor bedroegen f 50.--.

Een derde Ottmolen werd aangeschaft, terwijl de stroomrichtingsmeter Potomac in gebruik werd gesteld. Een verhangmeter werd geconstrueerd en in gebruik genomen; de voorlopige resultaten kunnen bevredigende genoemd worden.

De water- en zandafvoermetingen zijn in Hoofdstuk III nader beschreven.

Van de overige verrichte werkzaamheden kunnen de volgende genoemd worden:

Aan de Studiedienst werd de luchtbescherming van het gebouw opgedragen. Daartoe werden de archieven beschermd door het plaatsen van zandkisten voor de ramen en het beplakken van de ruiten. Twee vertrekken werden extra ondersteund om te kunnen dienen als bergruimte voor belangrijke ge-

gevens en voor de mogelijkheid te kunnen dienst doen als schuilkelder. Voor reserve is een zandbak gemaakt op de binnenplaats, terwijl zandzakken aangeschaft zijn. Bovendien is de zolderverdieping ontruimd en in gereedheid gebracht voor brandbestrijding. De hiervoor noodige gereedschappen, enz. werden aangeschaft.

De uitvoering van de werken te Kampen vindt voortgang, enkele aanvullende berekeningen werden gemaakt.

Voor de IJsselkanalisatie werden verschillende onderwerpen nader onderzocht; onder andere werd een rapport geschreven betreffende de stuwpeilregeling te Doesburg. Het modelonderzoek voor de stuw te Doesburg werd opgedragen aan het Waterbouwkundig Laboratorium te Delft. Met de bouw van het model is een aanvang gemaakt.

Advies werd gegeven betreffende de rivierkruising van de rivier de Lek met het Amsterdam-Rijnkanaal te Wijk bij Duurstede.

Voor het Waterbouwkundig Laboratorium te Delft werden enkele slibmonsters genomen van de mond van het Maas-Waalkanaal te Weurt.

Peilingen werden verricht op de rivier de Maas en de Bergsche Maas.

Diverse metingen, beschreven in het vorige informatierapport werden voortgezet; conclusies zijn hierover evenwel nog niet te trekken, zoodat er in dit rapport niet verder op ingegaan zal worden.

II. Onderzoek naar instrumenten en meetmethoden.

a. Echolood.

Het echolood is op 11 April in de schutsluis te Eefde geijkt; een fout van 20 cm in diepteaanwijzing werd geconstateerd als gevolg van ontregeling van het instrument.

De fout werd geelimineerd; verwacht mag worden dat een miswijzing van dergelijke afmetingen zich niet meer voor zal doen.

Een nieuw echolood werd aangeschaft. Dit laatste zal geplaatst worden op de peilboot, welke binnenkort in gebruik gesteld zal worden.

b. Ottmolens.

In het studierapport No. 5 werd reeds vermeld, dat in het voorjaar van 1939 ijkingen verricht waren op de Twenthe kanalen. Nauwkeurige ijking was niet mogelijk. Daarom werd de ijking herhaald in de sleeptank van Professor Kal aan de Technische Hoogeschool te Delft. De sleepsnelheid was hierbij zeer nauwkeurig te bepalen.

In de figuren 1 en 2 zijn de uitkomsten weergegeven. Hieruit blijkt inderdaad, dat de uitkomsten in Delft verkregen veel nauwkeuriger zijn. Grotere sleepsnelheden dan ongeveer 1,20 m/sec. konden evenwel niet bereikt worden.

De nieuwe ijkingsformules blijken nu te worden voor:

Molen No. 6016, wiek 2- $v=0,2613 n+0,01$.

" " 6260, wiek 1- $v=0,2635 n+0,01$.

Tevens werd dit jaar overgegaan tot de aanschaffing van een derde Ottmolen, daar de derde, van den Dienst der Zuiderzeewerken geleende molen teruggegeven

moest worden.

De ijkingsformule hiervan is:

Molen No. 6682, wiek 1- $v=0,2457 n + 0,013$

$$\text{wiek 2-} \begin{cases} v=0,4920 n + 0,013 \\ \text{(Voor } n < 1, -) \\ v=0,5050 n \\ \text{(Voor } n > 1, -) \end{cases}$$

In figuur 3 is hiervoor de grafiek gegeven.

c. De stroomrichtingsmeter "Potomac".

Vóór de aanschaffing van dit instrument werd voor het bepalen van stroomrichtingen steeds gebruik gemaakt van drijvers (voor de oppervlaktestroom) of van de Jacobson stroommeter (voor bepaling van de stroomrichting onder de waterspiegel). Bij dit laatste instrument zijn de resultaten zeer onnauwkeurig en kunnen geen stroomrichtingen bepaald worden dicht bij den bodem.

Daarom is overgegaan tot aanschaffing van een door de firma Ott geconstrueerde molen, welke tegelijk snelheid en richting aangeeft.

Het geheel bestaat uit 3 delen, namelijk: ten eerste de molen, ten tweede de ophanging en de bewegingsrichting en ten derde het registreerapparaat.

De snelheidsaanwijzing door de molen geschiedt op de normale wijze. Na elke 25 omwentelingen van het wiekje wordt een stroomketen gesloten. Een tweede stroomketen dient voor de richtingsaanwijzing ten opzichte van de ophanging. Deze stroomketen wordt gesloten vroeger of later dan de snelheidsketen naar gelang de richting met de loodlijn op de ophanginrichting positief of negatief hiervan afwijkt. Voor detailconstructies kan verwezen worden naar de handleiding.

Het ophangraam, waar de Ottmolen aan bevestigd is, kan neergelaten worden

aan een david; een bijzonder soort windwerk zorgt voor een horizontaal blijven van het raam. De elektrische kabels, welke eveneens over het windwerk geleid worden, zijn met sleepcontacten aan het registreerapparaat te verbinden.

Het ophangraam is zoodanig opgehangen en met gewichten verzwaard, dat een verticale stand van het raam en dus een horizontale ligging van de molen nagenoeg bij alle stromingstoestanden verkregen wordt.

Het gieren in stroomend water van het geheel werd verhinderd door het raam lang te maken (3.-- m).

Niet verhinderd kon worden, dat een kleine torsieslingering optrad. Door het gemiddelde te nemen van een aantal metingen is deze evenwel behoorlijk te elimineren.

Het registreerapparaat bestaat uit een morsepapierband, welke met constante snelheid (3 of 15 mm/sec.) onder 4 schrijfpennen doorgetrokken wordt. De bovenste schrijfpennen is verbonden met een secondcontactwerk, waardoor dus steeds de papersnelheid gecontroleerd kan worden. De tweede en derde schrijfpennen dienen resp. voor de stroomrichting- en de stroomsnelheidsaanwijzing.

Met de onderste schrijfpennen kunnen aantekeningen (bijv. in Morseschrift) gemaakt worden. Hier worden o.a. op aangegeven begin- en eindpunt van meting, plaats van het meetpunt en richting van het schip (en dus van de nulrichting van de molen) ten opzichte van het magnetisch Noorden. Van deze hoek moet dus bij het uitwerken 7° afgetrokken worden om de richting ten opzichte van het astronomisch Noorden te verkrijgen.

De nauwkeurigheid der hoekmetingen

bedraagt ongeveer 1° .

Bij het uitwerken moet er op gelet worden, dat indien de uitslag van de stroomrichtingspen (2e pen van boven) eerder plaats heeft dan die van de stroomsnelheidspen (3e pen van boven), de hoek naar rechts afwijkt. Deze hoek moet dan dus opgeteld worden bij die van de bootrichting en verminderd met 7° om de richting te verkrijgen, welke tegengesteld is aan de stroomrichting. Komt de stroomrichtingsuitslag later, dan wordt deze hoek dus afgetrokken.

De absolute grootte van bovengenoemden hoek is nu gelijk aan die fractie van 360° die het quotient vormt van uitslagverschuivingslengte en totale lengte tusschen twee opeenvolgende uitslagen.

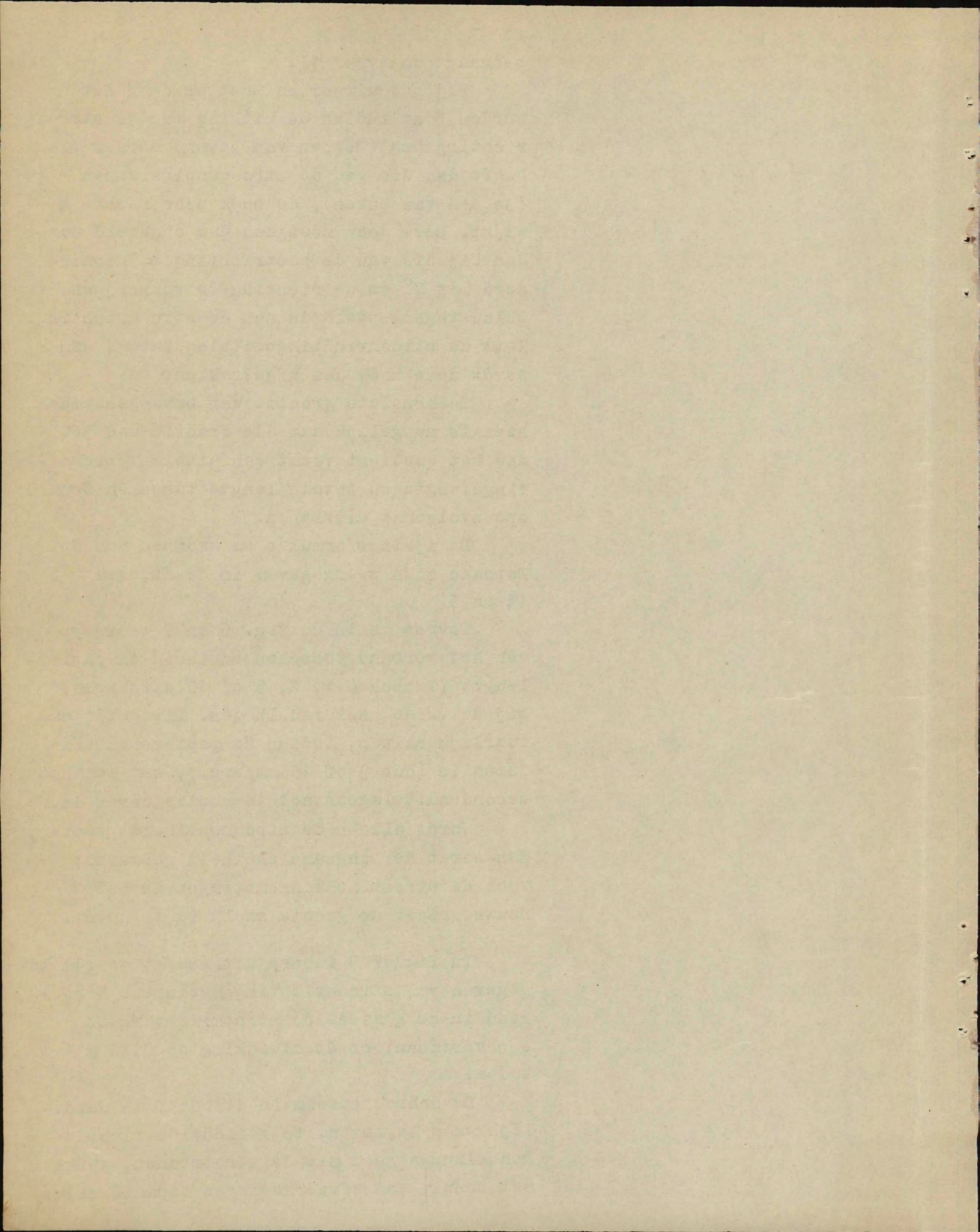
De ijkingsformules en krommen van de Potomac zijn weergegeven in de figuren 4 en 5.

Tevens is in de fig. 6 en 7 weergegeven het verband tusschen snelheid en papierlengte (tusschen 1, 2, 5 of 10 uitslagen) bij de beide papiersnelheden. Dit geldt natuurlijk alleen, indien de papiersnelheid juist is (dus 3 of 15 mm/sec.), wat met het secundenuitslagcontact te controleeren is.

Wordt alleen de stroomsnelheid gemeten, dan wordt de langzame snelheid gebruikt; voor de stroomrichtingsmetingen is het nauwkeuriger de groote snelheid te nemen.

In figuur 9 is een uitgewerkt voorbeeld gegeven van stroomrichtingsmetingen. Getekend is de gemiddelde stroomrichting in een verticaal en de afwijking op 0,20 m + bodem.

De schroefstroom in de bocht is duidelijk waar te nemen. De gemiddelde richtingen kloppen goed met de stroombanen, welke met behulp van afvoermetingen bepaald zijn.



d. De verhangmeter.

De laatste jaren zijn verschillende pogingen gedaan om een bruikbare verhangmeter te construeren.

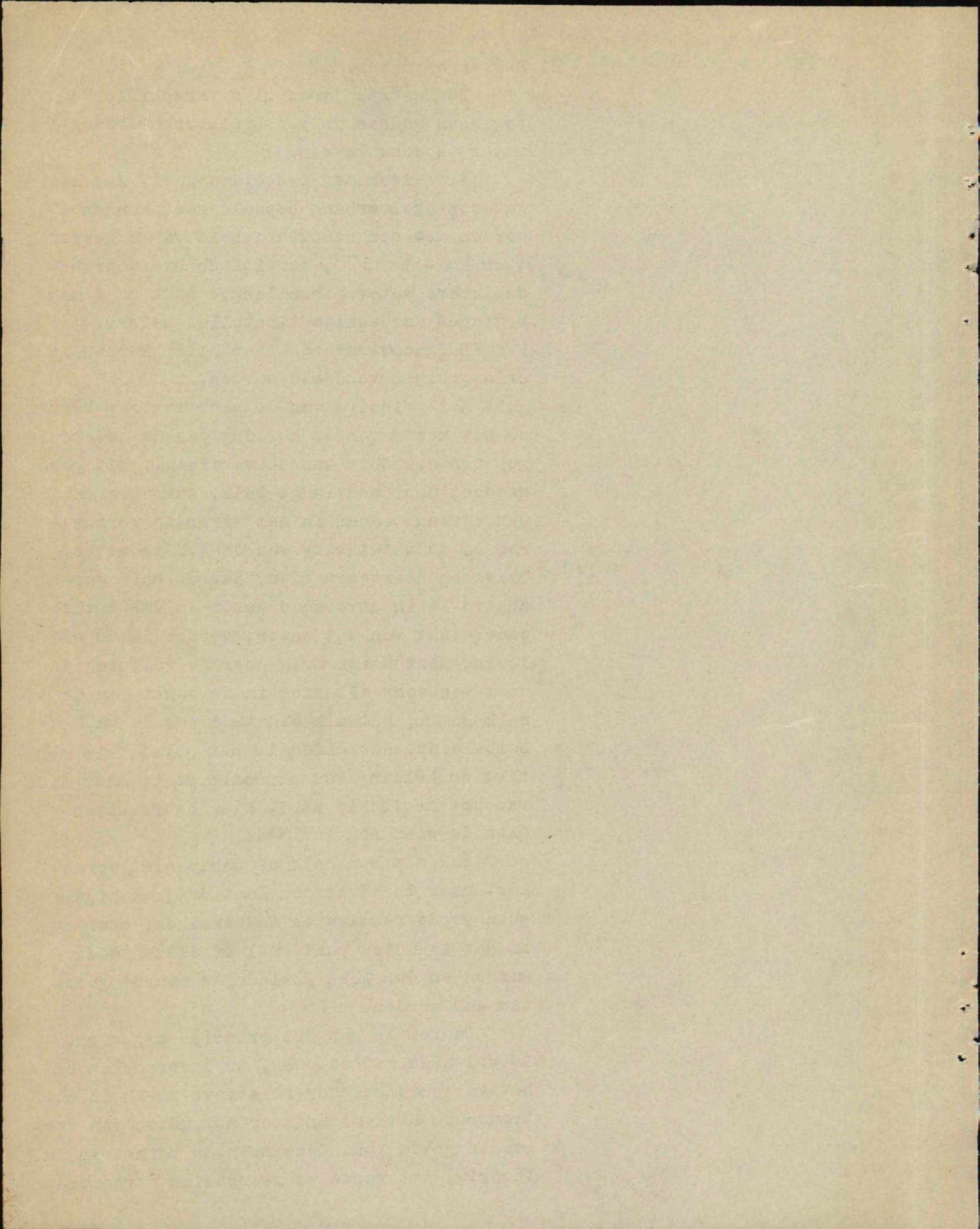
Als eisch mag gesteld worden, dat het waterspiegelverhang bepaald moet kunnen worden met een nauwkeurigheid van ongeveer $1 \text{ cm/km} - 1 \times 10^{-5}$, terwijl de hiervoor beschikbare waterspiegellengte niet meer mag bedragen dan eenige tientallen meters.

De geconstrueerde toestellen kunnen in drie groepen verdeeld worden.

Het principe van de eerste groep berust op het meten van de helling van de waterspiegel ten opzichte van de verticaal. Dit werd gedaan, door een lange balk, waarop zich een niveau bevond in het water te verankeren en de uitwijking van de bel te meten. Bezwaren hiertegen zijn, dat de balk verankerd is in stroomend water en dus invloed ondervindt van dit water; verder is de aflezing niet nauwkeurig door de golfslag en moet men voor aflezing in de buurt van de balk komen, hetwelk de stand van de balk beïnvloedt. Hetzelfde is het geval, als men niet de helling van een balk meet, maar die van het meetschip zelf. Hier heeft bovendien de wind nog invloed.

Ook als men balk of schip niet verankert maar in de stroom laat drijven zijn geen goede resultaten te bereiken, daar nu in het te meten punt snel afgelezen moet worden en dus geen gemiddelde waarde gemeten kan worden.

Daarom is van dit principe afgezien. De volgende methode was, te onderzoeken of het verschijnsel der relatieve snelheid betrouwbare uitkomsten voor het meten van verhangen geven kon. Deze methode berust op de theorie, dat vaste voorwerpen in stroomend



water een grootere snelheid hebben dan het water zelf (zie vorig studierapport). Ook deze methode faalde, daar de relatieve snelheid te klein was om de drijvende voorwerpen bestuurbaar te maken.

Tenslotte zijn resultaten bereikt met de derde methode, waarbij het verschil in waterspiegel- en energiehogte van twee willekeurige punten gemeten wordt met behulp van in die punten geplaatste Pitot-buizen. De werking van deze buizen is bekend; de zijopeningen geven, mits de buis volgens de juiste verhoudingen geconstrueerd is, de waterdruk loodrecht op de stroomrichting; dat is dus de statische druk, welke een waterdruk geeft, reikend tot de waterspiegel. De vooropening geeft de dynamische druk, dat is de statische druk, vermeerderd met de stuwdruk of snelheidsdruk = $\frac{v^2}{2g}$.

Dit is alleen waar, indien de buis steeds zuiver in de stroomrichting staat. Daar evenwel in dit geval de Pitot-buis aan een draad hangt, moet gezorgd worden, dat deze niet gaat slingeren of gieren in de stroom. Dan zou namelijk de statische druk te hoog en de dynamische waarschijnlijk te laag aanwijzen.

Het slingeren en gieren wordt verminderd door de afstand tot het vaste ophangpunt (drijver of david) zoo klein mogelijk te maken, het gewicht zoo groot mogelijk te maken en het roer groot en zoo dicht mogelijk achter het ophangpunt te construeeren. Na vele proeven is het gelukt Pitot-instrumenten te maken, die in de stroom voldoende rustig liggen. De snelheidsaanwijzing door de vergelijking met Ottmolens en door slepen met constante snelheid in stilstaand water was dan ook zeer nauwkeurig.

Daar het water in de stat. buis op-

stijgt tot de waterspiegel is directe aflezing niet mogelijk. Door opwekken van een voor alle buizen constante onderdruk is evenwel onderlinge vergelijking der standen mogelijk. Hiertoe worden de drukken met behulp van rubberslangen overgebracht naar een manometer.

De rubberslangen moeten van hard rubber zijn om volumeveranderingen door trillen en dus trillen van de waterstand in de manometer te verhinderen. De inwendige diameter van de slangen bedraagt 1 cm.

Iedere Pitot-buis is dus aangesloten met 2 slangen; het andere einde der slangen is verbonden met de manometer (fig.8). Iedere slang mondt uit in een compartiment, hetwelk voor een deel met water gevuld is. Alle compartimenten zijn boven met elkaar verbonden, zoodat de onderdruk in alle compartimenten dezelfde is en dus de opstijging door de onderdruk voor alle buizen dezelfde is. Ieder compartiment is verbonden met een peilglas, hetwelk onder een helling gezet kan worden ter vergrooting van de afleesnauwkeurigheid. Achter de peilglazen bevindt zich een doorlopende mm. verdeeling. Bovendien kan met behulp van uitbalanceergewichten de manometer in de juiste stand gebracht worden, af te lezen op buisniveaus.

Het geheel is cardanisch opgehangen, zoodat schommelingen van de boot geen invloed hebben op de stand van de manometer.

De afleesnauwkeurigheid bedraagt nu ongeveer 0,1 mm waterdruk.

De beteekenis van de compartimenten is de volgende:

De rivierwaterspiegel en de snelheidshoogte zijn in ieder punt aan schommelingen onderhevig (golfslag, enz.). Deze schommelingen worden wel voor een deel gedempt door de wrijving in de rubberslang; even-

wel niet voldoende om een nauwkeurige aflezing te verkrijgen. Daarom zijn de compartimenten achter de peilglazen zoo groot gemaakt, dat zij de schommelingen voor het grootste deel accumuleeren. Voor de stat. drukken is dit volkomen gelukt, daar de wisselingen door golfslag een korte periode hebben. De dynam. druk wordt iets minder rustig aangegeven, daar de veranderingen in snelheid van langeren duur zijn.

De werkwijze met het apparaat is als volgt:

Nadat de Pitot-buizen op de gewenschte plaats verankerd en de rubberslangen aan Pitot's en manometer aangesloten zijn, wordt met een handzuigpomp, aangesloten aan de kraan op de manometer, water opgezogen en wel buis voor buis. Ook als de manometer vol is wordt nog eenige tijd doorgepompt om eventueel aanwezige luchtbelllen uit de slangen te verwijderen. Hierna wordt eenige lucht toegelaten, tot de waterspiegel in de peilglazen ongeveer de gewenschte stand bereikt heeft. Nu wordt 10 minuten gewacht; dit is noodig om de waterstanden zich nauwkeurig te laten instellen. Daarna wordt gedurende eenigen tijd afgelezen. Uit de gemiddelde waarden zijn nu te bepalen: de snelheidshoogte in beide punten, het waterspiegelverval en het energieverval.

Deze zijn dus te bepalen voor alle mogelijke willekeurige punten, ook voor 2 punten van dezelfde stroombaan.

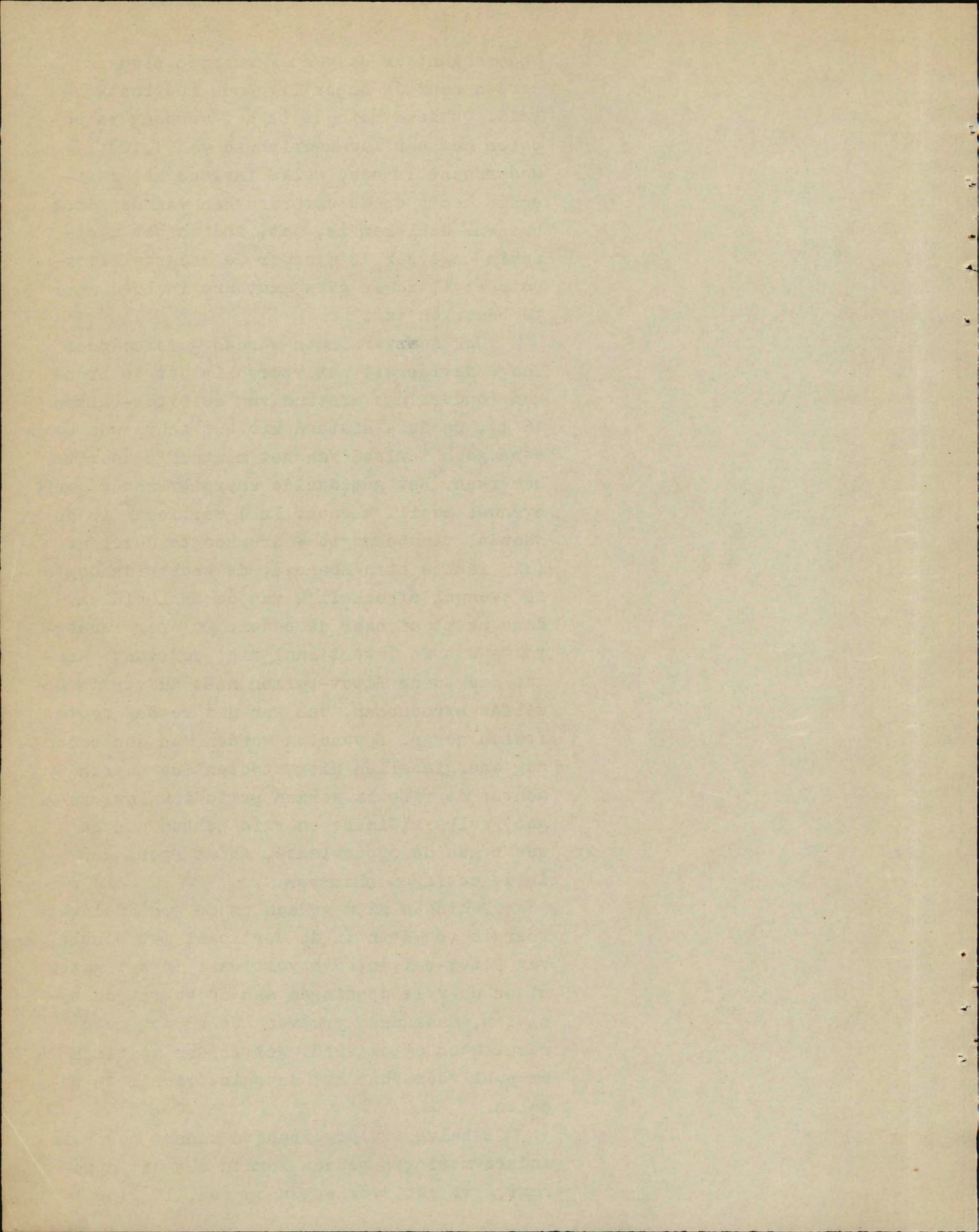
Op deze wijze wordt bv. het waterspiegelverhang bepaald van een rivier. Een verankerde ton werd uitgebracht. Daaraan werd 10 m lager een ton met de 1e Pitot-buis bevestigd en 20 m onder de tweede ton een derde ton met de tweede Pitot-buis. Beide Pitot-buizen werden 1 m onder de oppervlakte

opgehangen; de daaraan verbonden slangen werden naar de lager liggende meetboot geleid. Op deze methode is het verhang te bepalen met een nauwkeurigheid van 1.10^{-5} . Onderzocht is ook, welke invloed het meet-schip heeft op de waterdrukken van de Pitot-buizen. Gebleken is, dat, indien het meet-schip ongeveer 10 m onder de laagste Pitot-buis ligt, zeker geen meetbare invloed meer te bemerken was.

Ook dwarsverhangen werden gemeten door lange davids uit het voorschip uit te brengen (onderlinge afstand van de Pitot-buizen 16 m). Op deze afstand uit het schip was eveneens geen invloed van het meetschip meer te bemerken. Het gemiddelde energieverhang geeft evenwel moeilijkheden. In 1 verticaal is de waarde, plaatshoogte + drukhoogte dezelfde (bij rechte stroombanen); de snelheidshoogte is evenwel afhankelijk van de snelheid en deze neemt af naar de bodem. De energiehoogte is dus in 1 verticaal niet constant; hangen dus beide Pitot-buizen niet zuiver in dezelfde stroombaan, dan kan dit reeds groote fouten geven. Bovendien worden van den bodem nog energieballen uitgestooten (de neeren achter de ribbels worden periodiek losgezogen) welke kleinere energie hebben dan het water aan de oppervlakte, zodat storingen in de metingen ontstaan.

Pogingen zijn gedaan om de gemiddelde energie te meten in de verticaal met behulp van Pitot-buizen, die verticaal in het water staan en vele openingen aan de voorzijde bezitten, maar deze proeven hebben nog geen resultaten opgeleverd. Wel is dus mogelijk om punt voor punt het energiever-schil te bepalen.

Behalve rivierverhangen kunnen nog vele andere metingen gedaan worden met dit apparaat, bv. getijverhangen op zee, ligging



van de waterspiegel in neeren, achter kribben, verval over kribvakken en kaden, energiever- schillen, en ook gewone snelheidsmetingen.

Vele van deze metingen kunnen gedaan worden in combinatie met de stroomrichtings- meter "Potomac".

Als voorbeeld is in figuur 9 gegeven een ver- hangmeter in de bocht van Galgendaal bij een stand van ongeveer 2,50 m + M.R.

Eerst zijn de langsvervallen gemeten langs de binnen- en buitenbocht in ongeveer stilstaand water. Deze zijn geprojecteerd op de rivieras. Vervolgens zijn in een drietal profielen dwarsverhangen gemeten en in tee- kening gebracht. De uitkomsten blijken in goede overeenstemming te zijn met de theorie.

De dwarshelling van de waterspiegel neemt tot km 12.⁶²⁵ toe; hier is de stroom- draadkromming het sterkst. Daar beneden ver- traagt de stroom aan de binnenbocht en ver- snelt aan de buitenbocht.

Door een groot aantal van deze metingen in bochten te verrichten, zal het mogelijk zijn een verband te vinden tusschen de sterk- te van de dwarsstroom haaks op de gemiddelde stroomrichting, het dwarsverhang (of de krom- ming van de stroombaan bij bepaalde gemiddel- de snelheid) en het verschil tusschen gemid- delde stroomsnelheid in de verticaal en plaatselijke snelheid. Mogelijk speelt de hoogte boven de bodem ook een rol.

III. Afvoermetingen.

A. Waterafvoer.

a. Drijvermetingen.

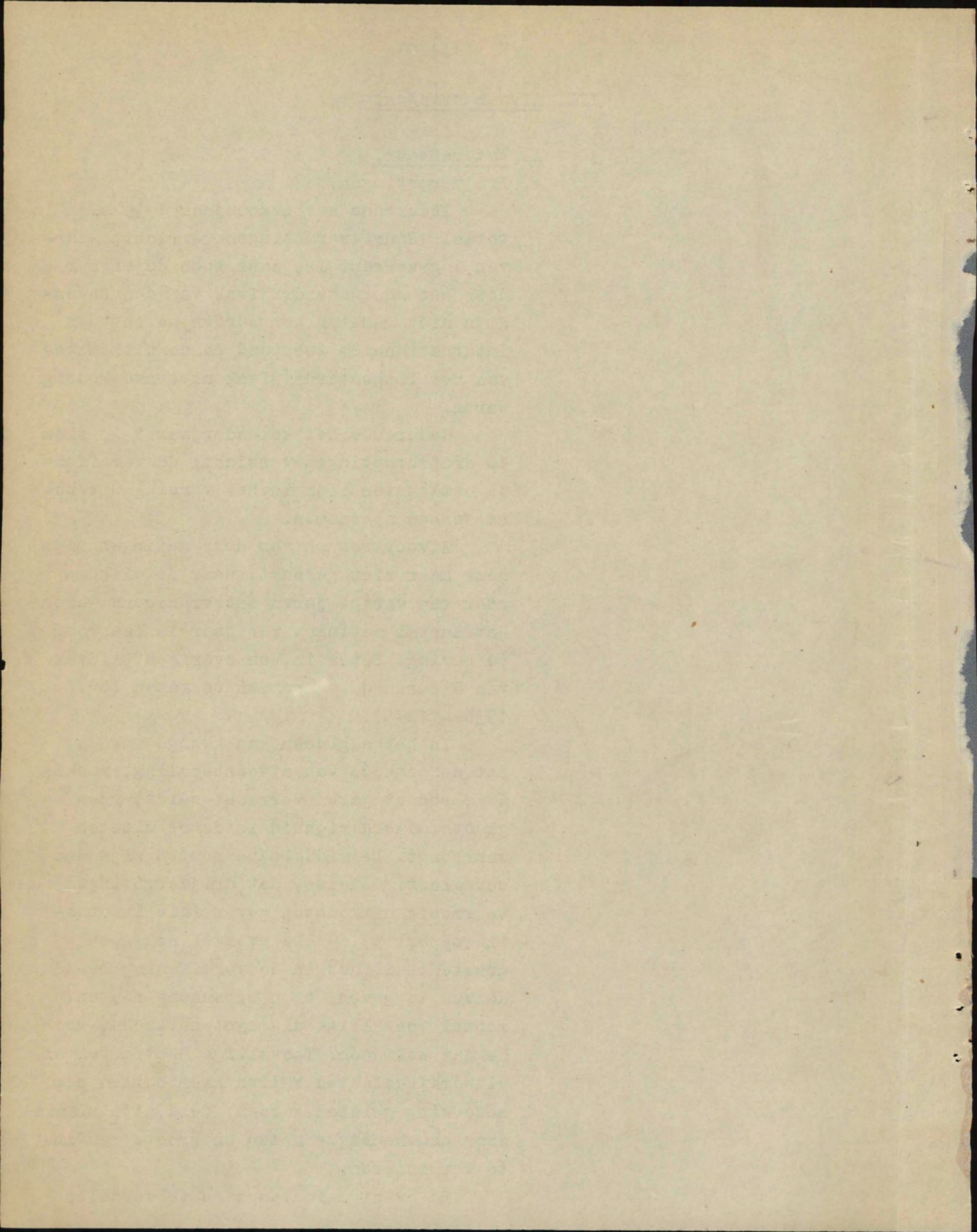
Gedurende het stroomjaar 1939 zijn in totaal 12 drijvermetingen verricht, waarvan 1 geschrapt is, daar toen de afvoer door het hoogwaterdrijfvak van den Boven-Rijn niet gemeten kon worden wegens den internationalen toestand en de uitkomsten van het laagwaterdrijfvak niet nauwkeurig waren.

Gedurende het kalenderjaar 1939 zijn 10 drijvermetingen verricht; de vereffende uitkomsten zijn in het verslag Openbare Werken opgenomen.

Afvoerkrommen van deze metingen zijn deze keer niet gemaakt, daar de uitkomsten van vorige jaren onbevredigend waren. Het aantal metingen per jaar is daarvoor te gering. Beter is, om over een tijdvak van 5 jaren deze krommen te maken (bv. 1936 - 1940).

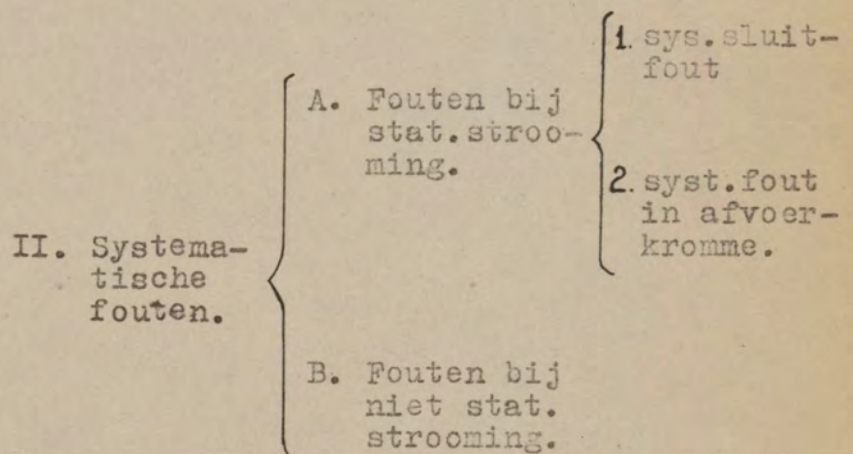
In het algemeen kan gezegd worden, dat de methode van afvoerbepaling, zooals deze sedert jaren verricht wordt, geen groote nauwkeurigheid in de resultaten waarborgt. De middelbare fouten zijn dan ook groot. Behalve, dat drijvermetingen te groote uitkomsten geven (zie infor-ma-tierapport 5), welke evenwel nog geen groote sluitfout in de vereffening be-hoeven te geven, zijn er andere fouten, zoowel toevallige als systematische, welke dat wel doen. Toevallige meetfouten en uitwerkingsfouten zullen hier buiten be-schouwing gelaten worden; deze zijn slechts door nauwkeuriger meten en groote routine te verminderen.

De overige fouten zijn te verdelen



in twee groepen; ten eerste die, welke altijd optreden, ook bij stationnair zijn (of een toestand, die dat benaderd) van den afvoer en ten tweede die fouten, welke het gevolg zijn van de variaties in afvoer en waterstand. De eerste groep is weer onder te verdeelen in fouten, die een sluitfout veroorzaken in de vereffening en fouten, die dat niet doen, maar een afwijking vertoonen van de afvoerkromme. De fouten kunnen dus als volgt verdeeld worden:

I. Toevallige fouten.



Al deze fouten zijn in de metingen vereenigd; een groot aantal metingen zou nodig zijn om de grootte der afzonderlijke fouten te bepalen. Daar bovendien stationnaire afstrooming nooit optreedt is een indruk van deze fouten slechts te verkrijgen door een gemiddelde te nemen van een aantal metingen bij niet-stationnaire afstrooming .

Allereerst zijn de sluitfouten bepaald voor alle afvoer metingen van 1930-heden.

In de figuren 10, 11 en 12 zijn deze aangegeven. De spreiding blijkt zeer groot te zijn. Was deze sluitfout een toevallige,

dan zou, doordat het aantal metingen groot is, het gemiddelde van deze sluitfouten ongeveer nul moeten zijn. Dit nu is niet zoo. De gemiddelde sluitfout is bij verschillende waterstandgroepen ongeveer dezelfde en bedraagt voor:

Boven-Rijn - (Waal + Pann.Kan.) $= -45 \text{ m}^3/\text{sec}$
Boven-Rijn - (Waal + Ned.Rijn + IJssel) $= -38 \text{ m}^3/\text{sec}$
Pann.Kan. - (Ned.Rijn + IJssel) $= +7 \text{ m}^3/\text{sec}$

De oorzaak hiervan zal waarschijnlijk gezocht moeten worden in het feit, dat bij het uitwerken de werkzame rivierbreedte niet juist gekozen is, bv. door uitwerpen van kribben.

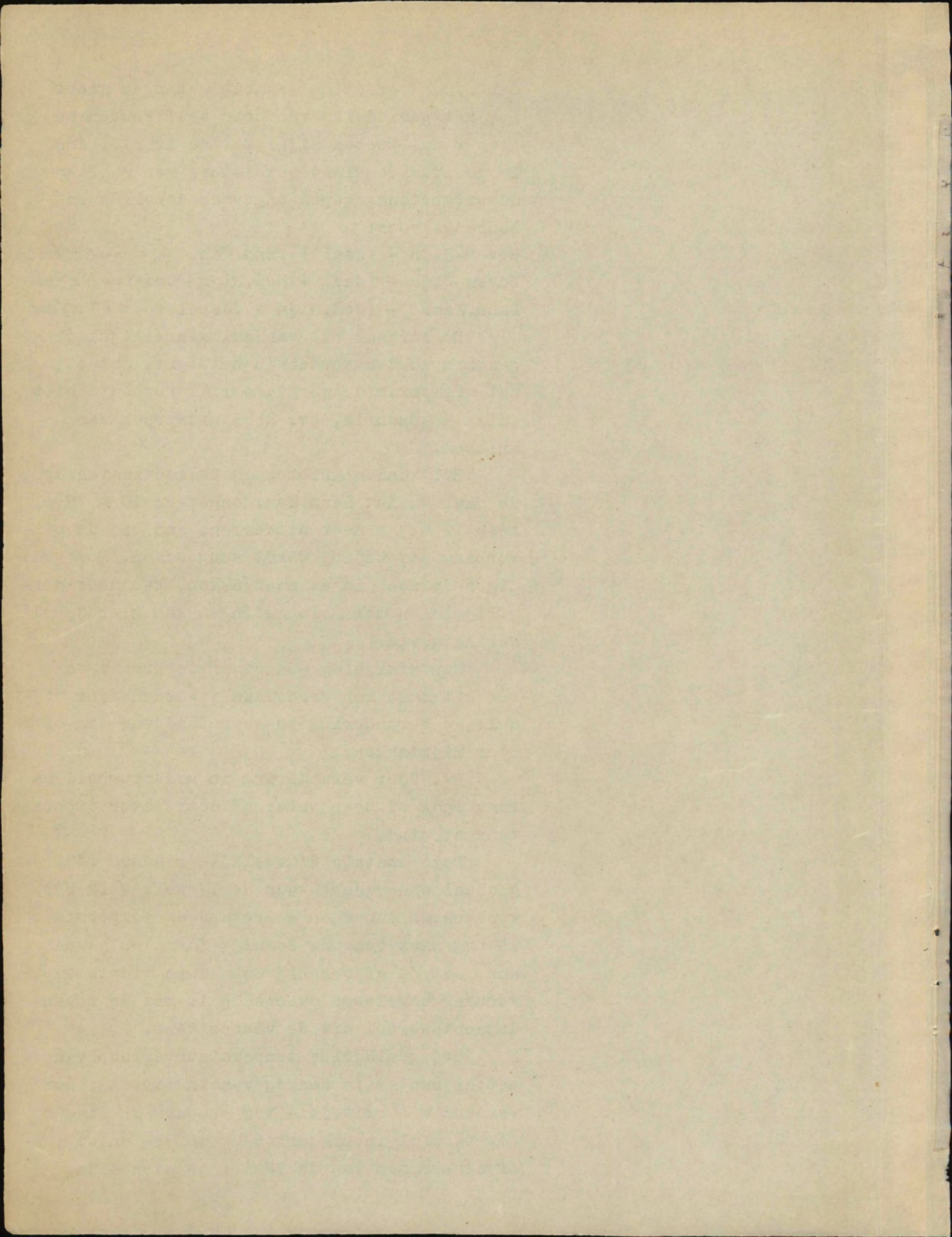
Bv. kunnen kribben in de meetraaien op de Waal en het Pann.Kan. ongeveer 10 - 15 m, resp. 2 - 3 m meer uitwerpen, dan bij de uitwerking der meting wordt aangenomen. Een grondig onderzoek in de meetvakken, bv. door vergelijkingen met molenmetingen kan hier opheldering geven.

Een afwijking van de afvoerkromme van een uitkomst kan veroorzaakt worden door tijdelijke verandering in weerstand van een of meer Rijntakken.

Bv. door verandering in bodemruwheid na lang laag of hoog water of door watertemperatuur of wind.

Deze laatste 2 mogelijke redenen zijn globaal onderzocht voor de IJssel. Welk het verband is tusschen weerstand en temperatuur is nog niet bekend. Sommige formules geven aan, dat de afvoer bij constante diepte en verhang omgekeerd evenredig is met de zevendemachtswortel uit de viscositeit.

Het gemiddelde temperatuurverloop van het Rijnwater is aangegeven in fig. 13; het verband viscositeit - temperatuur in figuur 14, terwijl in figuur 15 de zomer- en winterafvoerkrommen van de IJssel gegeven zijn.



Hoewel de gegevens niet voldoende zijn om definitief antwoord op deze kwestie te geven, lijkt het toch zeer wel mogelijk; dat een verschil van omstreeks 3% optreedt. Volgens bovengenoemde formule zou een verschil van 4 á 5% te verwachten zijn. De invloed van de wind is naar de volgende methode te onderzoeken.

De richting van het bovengedeelte van de IJssel is in hoofdzaak N.O. - Z.W. gericht, die van den Neder-Rijn in hoofdzaak N.W. - Z.O.

Bij N.O. wind wordt de weerstand van de IJssel vermeerderd, bij Z.W. wind verminderd. Bij N.O. wind zal dus de IJsselafvoer minder dan normaal moeten zijn, bij Z.W. wind meer dan normaal. In figuur 16 zijn verschillende gemeten afvoeren opgeteekend, waarbij de wind uit bovengenoemde richtingen kwam. Het verwachte verschijnsel is zeer duidelijk. Het gemiddeld verschil in afvoer bedraagt ongeveer 0,6% van de totale Rijnafvoer, dus ongeveer 6% van de IJsselafvoer.

Al de bovengenoemde fouten kunnen dus aanzienlijke onnauwkeurigheid geven; nog grootere fout wordt evenwel gemaakt indien geen rekening wordt gehouden met het niet stationnair zijn van de afstroming. De afvoer van een rivier is nl. niet dezelfde, indien bij eenzelfde waterstand de waterpiegel stijgend, staand of dalend is. Het verschil is evenwel niet zoo groot, dat het noodig lijkt om hiervoor correcties aan te brengen, daar de overige fouten veel grooter zijn. De groote fout bij het niet stationnair zijn is evenwel, dat de afvoer niet op de gewone manier te vereffenen is, daar op één en hetzelfde oogenblik de som van de afvoeren der takken niet gelijk

behoeft te zijn aan de afvoer van de hoofdrivier.

Reeds eerder is daarom bij het teekenen der afvoerkrommen de vereffening achterwege gelaten (zie informatierapport 4 en 5). Hierbij wordt evenwel nog de fout gemaakt, dat de peilschaal niet in het meetvak ligt en dat dus nog bij één stand aan de peilschaal verschillende waterstanden kunnen optreden in het meetvak, naar gelang het water stijgend of vallend is. Verder is het groot nadeel, dat vereffening niet meer mogelijk is. Daarom zal hieronder een nieuwe vereffeningsmethode behandeld worden, waarbij wel met het niet-stationnair zijn rekening gehouden wordt.

Allereerst zal een kleine aanschouwelijke voorstelling gegeven worden over deze beweging.

In figuur 17 hovenste helft zijn getekend twee peilschalen A en B; de stroomrichting is van A naar B. Een hoogwatergolf (benedengedeelte fig. 17) passeert A. Welke vervorming ondergaat deze golf nu? Stel eerst de afvoer stationnair. De afvoer in A en B is dus dezelfde. Nu neemt de afvoer (en dus de waterstand) plotseling toe. Bij de teekening wordt aangenomen, dat de toename sprongsgewijze gaat om de zaak eenvoudiger voor te stellen.

Neemt de waterstand tusschen A en B toe, dan moet dus water geborgen worden in de rivier, kribvelden, uiterwaarden, enz. Er stroomt dus water zijdelings af en dus moet de afvoer afnemen bij het voortschrijden van de golf. We mogen dus niet zeggen, dat als op een gegeven oogenblik de afvoer te A = Q is, deze na $L \cdot \sqrt{2gh}$ (L = afstand AB, $\sqrt{2gh}$ = golfsnelheid) ook Q te B zal zijn.

In de teekening zijn de verschillende

punten van de golf te A geteekend. Is het maximum te A: Q_7^A , dan wordt deze afvoer t_1 later te B: Q_7^B . Dit is evenwel niet het maximum van B.

Q_8^A neemt bij voortschrijding nl. eerst toe, daar de waterstand in de uiterwaarden nog hoger is en dus toevloeiing plaats heeft. Rechts van C neemt de afvoer weer af, omdat nu weer zijdelingsche afvloeiing plaats heeft. Dit geldt ook nog voor Q_9^A en Q_{10}^A . Nabij Q_{11}^A wordt dus de afvoer te B maximaal. Hierna vindt ook te B daling plaats. Hieruit blijkt dus wel, dat de toppen van A en B niet dezelfde zijn.

De stelling, dat de tijd t_2 zooveel grooter is dan de met de werkelijke golfsnelheid corresponderende tijd t_1 , veroorzaakt wordt door wrijvingsverschijnselen is dus onjuist. Dat de werkelijk optredende golfsnelheid kleiner zou zijn dan de theoretisch berekende is hiermee niet bewezen en zal ook zeer moeilijk te bewijzen zijn, daar een streng theoretische oplossing van het accumulatieverschijnsel niet wel mogelijk is, afgezien nog van de moeilijkheden van practischen aard.

De volgende conclusies kunnen evenwel getrokken worden:

1. Bij niet-stationnaire beweging op rivieren neemt de maximumafvoer van de golftoppen af naar beneden; de minimumafvoer van de golfdalen neemt toe naar beneden. Hoe langer de top of het dal, hoe kleiner het verschil in afvoer zal wezen.

2. De tijdsverschuiving voor het optreden van toppen en dalen op twee plaatsen is in hoofdzaak afhankelijk van het bergend vermogen tusschen die punten en van de vorm van de top of het dal. Bij het vereffenen van de afvoermetingen dient met dit ver-

schijnsel rekening gehouden te worden.

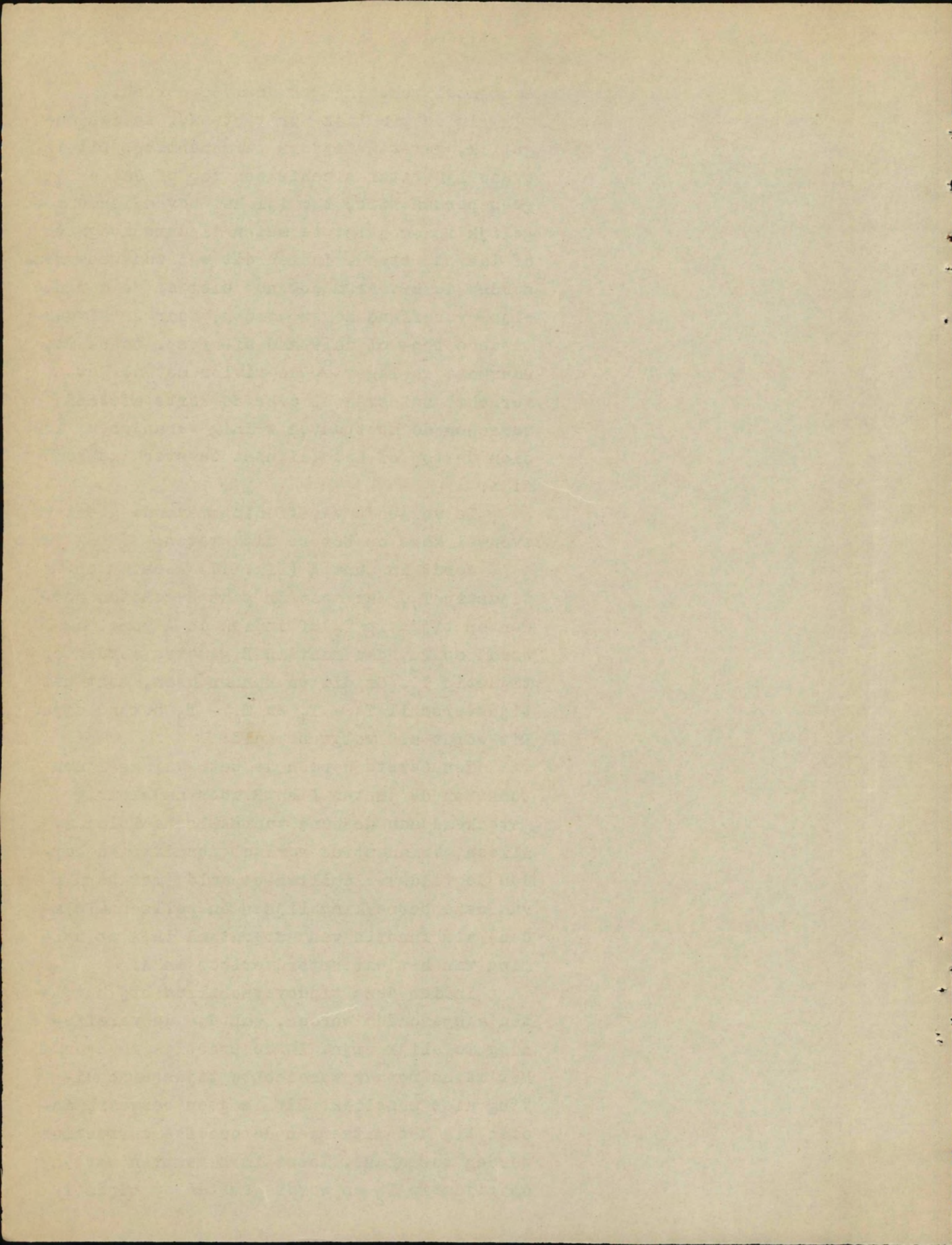
In de praktijk wordt steeds, indien mogelijk, gemeten tijdens permanenties. Dit is evenwel meestal slechts een top of dal en geen permanentie, terwijl het bovendien onmogelijk is om juist te meten tijdens hoogste of laagste stand. Indien dit wel zou gebeuren, zouden de afvoeren ook nog niet op de normale wijze vereffend mogen worden, daar de afvoer tijdens top- of dalstand af- resp. toeneemt, naarmate we lager op de rivier meten. Het verschil zal evenwel over de korte afstand tusschen de meetpunten weinig veranderen, indien de top of het dal niet te sterk gekromd zijn.

De volgende vereffeningsmethode geeft evenwel kans op betere uitkomsten:

Wordt in punt A (fig. 17) gemeten op tijdstip T_1 , dan moet in punt B gemeten worden op tijdstip T_2 of indien in A gemeten wordt op T_3 , dan moet in B gemeten worden op tijdstip T_4 . Om dit te kunnen doen, moet het tijdsverschil $T_2 - T_1$ en $T_4 - T_3$ bekend zijn. Dit wordt als volgt bepaald:

Ten eerste worden de betrekkinglijnen tusschen de punten A en B zeer nauwkeurig geteekend aan de hand van peilschaalbladen. Alleen permanenties worden gebruikt. Nu worden de tijdsverschillen bepaald (met behulp van deze betrekkinglijnen en peilschaalbladen) als functie van waterstand in A en helling van het waterstandverloop in A.

Indien deze tijdsverschillen bij het meten aangehouden worden, zal dus de vereffening mogelijk zijn. In de praktijk is evenwel het meten met de vereischte tijdsverschuiving niet mogelijk. Dit is geen bezwaar, indien bij het uitwerken de noodige correcties worden toegepast. Moest in B gemeten worden op tijdstip T_2 en wordt gemeten op tijdstip



T_2' , dan moet de afvoer herleid worden tot op T_2 .

Op tijdstip T_2 is het peil P , op tijdstip $T_2' = P'$ (af te lezen op de registreerende peilschaal). Het peilverschil $P' - P$ correspondeert met een afvoerverandering van $(P' - P)a$ m³/sec., als a de verandering van afvoer per cm voorstelt (fig. 18). Dan is dus de afvoer op T_2 bekend.

Een andere methode is, om met behulp van betrekkinglijnen te bepalen bij welk peil B gemeten moet worden, als het peil van A bekend is. Het verschil in gemeten stand en gewenschte stand is weer te verrekenen in de afvoerverandering. Dit is dus een controle op de vorige methode, hoewel niet zoo zuiver, daar de betrekkinglijnen waarschijnlijk aan veranderingen onderhevig zijn.

Er moet evenwel nog een correctie plaats vinden, daar de peilschalen niet in de meetvakken gelegen zijn. De tijdsverschuiving tusschen meetvak en peilschaal moet dus ook in rekening gebracht worden.

De volgorde van berekening is dus als volgt:

1. Bepaling van den afvoer uit metingen.
2. Herleiding van het tijdstip van dezen afvoer naar de bijbehorende peilschalen door in rekening brengen van de stroomtijd.
3. Bepaling van de juiste tijdsverschillen aan de betreffende peilschalen om vereffening mogelijk te maken.
4. Berekening van de afvoercorrectie uit de peilverschillen van 2 en 3.
5. Vereffening van de daaruit gevonden afvoeren op de normale wijze.

De vroeger gevolgde vereffeningsmethode zal evenwel naast bovengenoemde methode gebruikt moeten worden om vergelijking mogelijk

te maken. Indien blijkt, dat bovengenoemde methode beter is, zal de tot nu toe gebruikelijke berekening achterwege gelaten kunnen worden.

b. Molenmetingen.

Daar, wegens den oorlogstoestand het meten onder de bruggen niet mogelijk is, zijn geen vereffenbare molenmetingen verricht in 1939. Wel zijn enkele afvoermetingen gedaan van den Neder-Rijn met het doel, na te gaan of met de zg. integratiemethode snelle en nauwkeurige bepaling van den afvoer mogelijk is. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn. Bij de integratiemethode wordt een Ottmolen met constante snelheid afgelaten of opgehaald. Het aantal omwentelingen tusschen oppervlakte en bodemcontact geeft dan een maat voor den afvoer.

Is namelijk de molenformule $v = a \cdot n + b$, waarin n is het aantal omwentelingen per sec. en zakt de molen met een snelheid van u m/sec. (bv. 1 m/minuut), dan is, daar de afvoer over een hoogte dh gelijk is aan $v \cdot dh$, deze afvoer $dq = (a \frac{N}{T} + b) dh$. Hierin is N het totale aantal omwentelingen over dh en T de tijd noodig voor zakking over dh .

$$\text{Of: } dq = \left(a \frac{N}{T} + b \right) dh$$

$$= a \cdot N \cdot u + b \cdot dh.$$

$$\text{Of: } Q = \left\{ a \cdot N \cdot u + \int_0^H b \cdot dh \right. \\ \left. = a \cdot N \cdot u + b \cdot H \right.$$

of, indien na s omwentelingen een contact plaats heeft:

$$Q = a \cdot u \cdot s \cdot K + b \cdot H.$$

Er op gelet moet worden, dat u niet is de zakking, aangegeven door het windwerk, maar de waterdiepte gedeeld door de tijd, daar de molen achteruitslaat en dus de lengte van de

draad grooter is dan de waterdiepte.

B. Zandafvoer.

Gedurende het jaar 1939 is getracht een indruk te verkrijgen van het zandafvoerend vermogen van de Waal.

Als meetraai werd gekozen de km 871⁴⁰⁰ en wel op grond van de volgende redenen:

Het is gewenscht het punt zoo dicht mogelijk bij Arnhem te kiezen, omdat toch reeds voor iederen meetdag ongeveer 2½ uur gevaren moet worden om het splitsingspunt te Pannerden te bereiken. Verder moet het punt zoo dicht mogelijk bij een knooppunt gelegen zijn, d.i. een punt, waar de bodemligging bij verschillende waterstanden slechts geringe verandering in bodemhoogte vertoont. De dwars-helling van de bodem moet zoo gering mogelijk zijn en ten slotte moet in de buurt van de meetraai niet regelmatig gebaggerd worden.

Km 871⁴⁰⁰ voldoet in redelijke mate aan bovengenoemde eischen.

In deze raai zijn nu in 1939 11 metingen verricht. Door de hoge waterstanden liggen bijna alle metingen boven M.R. Daarom zullen dit jaar nog enkele metingen bij lagere standen verricht worden.

De methode van meten is dezelfde als die bij Neder-Rijn en IJssel.

De zandafvoer wordt in 5 punten van het dwarsprofiel gemeten; hiervoor is bij lage standen 3, bij hoge standen 4 á 5 dagen benodigd.

In figuur 19 zijn de uitkomsten opgetekend. Zwevend- en bodemtransport zijn gescheiden gehouden, daar beide krommen een verschillend karakter hebben.

Het zwevend transport vertoont een regelmatige toename bij stijgende waterstand.

Het bodemtransport tot ongeveer 11,50 m + en boven 12,50 m + heeft dit ook; tusschen

11,50 m + en 12,50 m treedt evenwel een vermindering op. De oorzaak hiervan is nog niet duidelijk; mogelijk ligt dit aan bochtwerking of aan de watersnelheid, welke geen stijging vertoont bij deze standen, indien de waterstand toeneemt (t.g.v. het instroomen van het winterbed).

De totale zandafvoerkromme geeft hierdoor geen regelmatig verloop; tusschen 11,50 m en 12,50 m is er geen toename.

De totale afvoer per jaar is evenals bij Neder-Rijn en IJssel berekend over de periode Nov. 1924 - Nov. 1934 en geteekend in figuur 20.

De zandafvoer blijkt per gemiddeld jaar nu te bedragen 365.000 m^3 .

Voor de Neder-Rijn (km 23⁶²⁵) was dit 135.000 m^3 en voor de IJssel (km 21.--) 93.000 m^3 .

De waterafvoer over een gemiddeld jaar bedraagt:

voor de Waal $625 \cdot 10^8 \text{ m}^3$
 voor de Neder-Rijn $131 \cdot 10^8 \text{ m}^3$
 voor de IJssel $84,75 \cdot 10^8 \text{ m}^3$

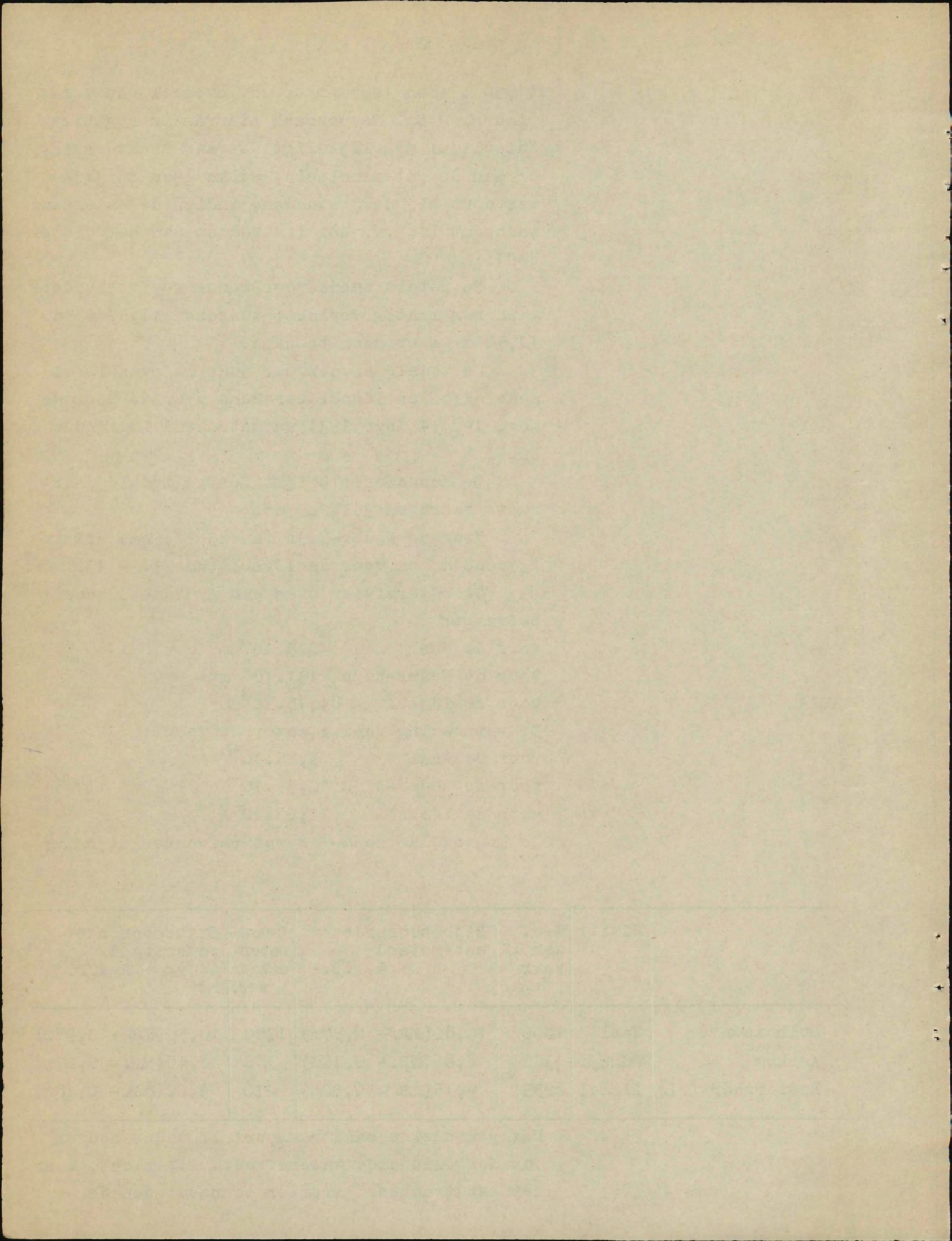
De verhouding zand : water bedraagt:

voor de Waal $5,85 \cdot 10^{-6}$
 voor de Neder-Rijn $10,3 \cdot 10^{-6}$
 voor de IJssel $11,0 \cdot 10^{-6}$

De gemiddelde zand- en waterafvoeren zijn nu:

	Rivier	Gem. zandafvoer p/etm.	Bijbehorende waterstand + N.A.P.	Gem. waterafvoer p/sec.	Bijbehorende waterstand + N.A.P.
Hulhuizen	Waal	1000	10,80 (MR. + 0,57m)	1700	10,60 (MR. + 0,37m)
Arnhem	Ned.Rijn	365	8,88 (MR. + 0,16m)	360	8,45 (MR. - 0,27m)
Westervoort(PL)	IJssel	255	9,16 (MR. - 0,02m)	230	9,00 (MR. - 0,18m)

Het gemiddelde zandtransport ligt dus hooger dan de gemiddelde waterafvoer. Dit klopt, daar het zandtransport sterker toeneemt dan de



waterafvoer bij stijgend water.

Indien de bodembreedten van Waal, Neder-Rijn en IJssel resp. op 220 m, 78 m en $55\frac{1}{2}$ m bepaald worden, bedraagt het gemiddeld zandtransport per m^1 breedte:

voor de Waal $4,50 m^3/m^1/etmaal.$

voor de Neder-Rijn $4,70 m^3/m^1/etmaal.$

voor de IJssel $4,60 m^3/m^1/etmaal.$

Hieruit blijkt dus, dat het zandtransport per m^1 zeer weinig uiteenloopt.

IV. Werkprogramma 1940.

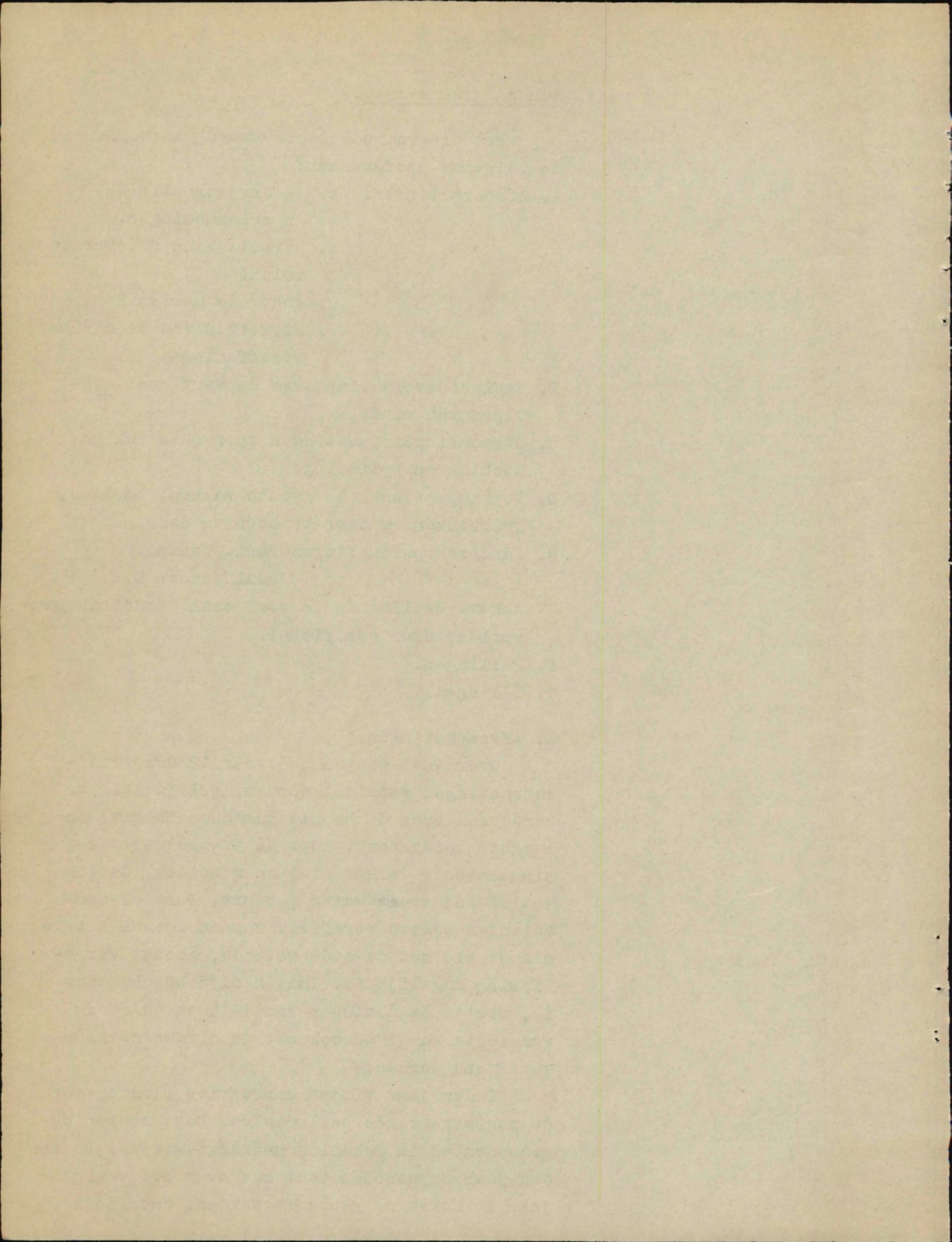
Het programma kan onderverdeeld worden in de volgende hoofdstukken:

- A. Afvoermetingen.
 - a. 12 drijfvermetingen.
 - b. n molenmetingen.
 - c. vergelijking drijver en molen.
 - d. controle meetvakken.
 - e. uitwerken van de nieuwe vereffening.
- B. Snelheidsverdeling over de verticaal. Invloed van wind.
- C. Stroomrichtingsmetingen in rechte vakken, bochten en splitsingen.
- D. Verhangmetingen in rechte vakken, bochten, kribvakken en over kribben en dammen heen.
- E. Zandtransportmetingen Pann. Kanaal.
" " Waal (onder M.R.)
Zandverdeling in de verticaal. Zandtransportverloop over een ribbel.
- F. Peilingen.
- G. IJkingen.

A. Afvoermetingen.

Over 1940 moeten ongeveer 12 drijfverafvoermetingen verricht worden, gelijkmatig te verdeelen over de hoogte tusschen hoogste en laagste waterstand. Door de nieuwe vereffeningmethode is het niet meer noodig, dat de meting bij staand water gebeurt. Deze afvoermetingen moeten vereffend worden zoowel met de nieuwe als met de oude methode, zoodat vergelijking mogelijk is. Indien tijd beschikbaar is, moeten de metingen van 1939 en de reeds verrichte van 1940 ook met de nieuwe methode vereffend worden.

Ieder jaar vinden correcties plaats voor de registreerende peilschalen. Deze moeten bijgehouden en in rekening gebracht worden. De in een jaar opgetreden fout kan over het vorig jaar in rekening gebracht worden, door deze



geleidelijk te laten afnemen tot aan de vroegere correctie, tenzij anders blijkt. De peilschaal te Arnhem is thans onregelmatig door corrigeren door de Alg. Dienst.

De systematische sluitfout (fig. 10, 11 en 12) moet onderzocht worden. Hiervoor is het noodig in de drijfvakken vergelijkende metingen te doen met drijvers en molens, deze onafhankelijk uit te werken en te vergelijken. Hierbij is er op te letten, dat de snelheidsmetingen van de molens ontbonden worden volgens de rivieras (niet bij de drijvers). Ook moeten de drijfvakken nauwkeurig opgemeten worden, daar het mogelijk is, dat de breedte niet juist is aangehouden. Indien kribben aanwezig zijn, die sterk uitwerpen, moet het drijfvak verlegd worden.

De meetmethoden met drijvers en molens zullen onderling vergeleken moeten worden. Dit is te doen door afwisselend in 1 punt van een drijfvak een serie drijvermetingen en een molenmeting volgens het integratiesysteem te verrichten. Bv. afwisselend 10 series van 4 drijvers en 10 molenmetingen. In dit geval moet de werkelijke snelheid gemeten worden; dus moeten de drijflengten van de drijvers in rekening gebracht worden. (Op het planchet is deze lengte te bepalen). Deze metingen moeten bij verschillende waterdiepten gedaan worden, waarbij met verschillende lengten van drijvers gewerkt moet worden.

Een volgende groep metingen heeft tot doel na te gaan of molenmetingen nauwkeuriger zijn dan drijvermetingen. Hiervoor wordt bv. op één dag van één rivier (bv. bocht Malburgen) 4 of 5 maal de afvoer bepaald met drijvers. De andere dag 4 of 5 maal met molenmetingen. Van beide methoden wordt de middelbare fout bepaald. De nauwkeurigste methode geeft de kleinste middelbare fout. Rekening moet hierbij

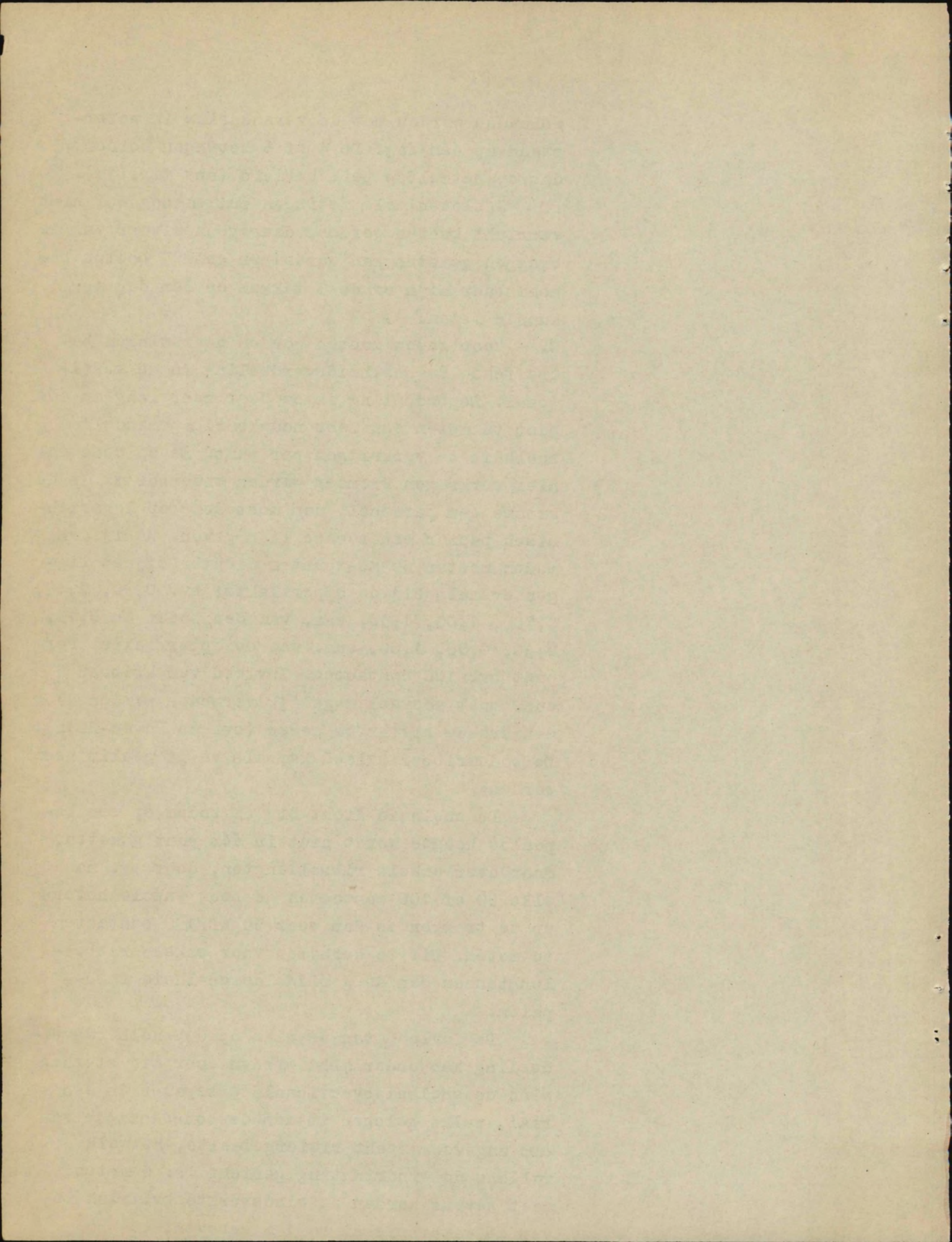
gehouden worden met de verandering in waterstand op één dag. De 4 of 5 metingen worden dus op hetzelfde peil herleid (met fig. 18).

Gesloten molenmetingen zullen nog wel niet verricht kunnen worden, daar geen afvoer van de bruggen gemeten kan worden en geen 3 booten beschikbaar zijn om de 5 takken op één dag te kunnen meten.

B. Voortgezet moeten worden de metingen betreffende de snelheidsverdeling in de verticaal. De bedoeling is om door zeer lang in één punt te meten een zeer nauwkeurig gemiddelde snelheid te verkrijgen per punt. De op deze manier verkregen krommen worden onderzocht. Is de kromme een parabool, dan moet deze op logaritmisch papier een rechte lijn geven. Nabij den bodem moeten de meetpunten dichter bijeen liggen evenals bij de oppervlakte; bv. 0,20, 0,40, 0,70, 1,00, 1,50, enz. van den bodem en 0,15, 0,30, 0,50, 1,00, enz. van de oppervlakte. Per punt bv. 100 contacten. Invloed van kribben enz. moet zooveel mogelijk vermeden worden door een breede rivier te nemen (bv. de Boven-Rijn). De bodemribbelinvloed kan als volgt geelimineerd worden:

De snelheid dicht bij de bodem op een bepaalde hoogte wordt niet in één punt gemeten, maar over enkele ribbellengten, door bv. na elke 50 of 100 contacten de boot enkele meters op te trekken en dan weer 50 of 100 contacten te meten. Dit te herhalen voor enkele ribbellengten en dan de gemiddelde snelheid te bepalen.

De invloed van de wind op de snelheidsverdeling kan onderzocht worden door bij sterken wind de snelheidsverticaal te bepalen in een raai, welke gelegen is aan de benedenzijde van een ongeveer recht riviergedeelte, hetwelk volgens de windrichting gericht is. Gemeten moet tevens worden de windsterkte bv. vlak boven de waterspiegel en 1 m erboven.



Gemeten wordt dus zoowel bij tegenwind als wind mee als geen wind. Hier moet natuurlijk vooral de punten nabij de waterspiegel dicht bijeen liggen.

C. De stroomrichtingsmetingen met de Potomac worden voortgezet. Deze kunnen het best in combinatie met de verhangmeter gedaan worden. Bv. de bochten van de Galgendaal, Malburgen en Wageningen bij hoog en laag water en ook rechte riviervlakken om te zien of de dubbele spiraal optreedt. De waterspiegel in een recht gedeelte kan dan in dwarsrichting ook niet horizontaal zijn. Voor eventueele modelproeven van de splitsing bij Westervoort in verband met de IJsselkanalisatie is het gewenst de stroomrichting in deze splitsing bij verschillende standen te bepalen.

D. Verhangmetingen kunnen ook nog plaats vinden in neeren achter kribben tezamen met stroomrichtingsmetingen. Het is nl. nog steeds niet duidelijk, hoe de hoogteligging van een neer is ten opzichte van de hoofdstroom.

Als de kribben overstroemd zijn is het ook van belang te meten hoe het verloop van de waterspiegel is over de kribvakken.

E. Dezandafvoermetingen zullen voortgezet worden. Bij de Waal moeten nog eenige metingen verricht worden onder M.R. (bijv. 5). Verder zal dit jaar de zandafvoerkromme bepaald worden van het Pann.Kanaal en wel zoo dicht mogelijk bij de IJsselkop. Hiervoor kan aangehouden worden km 19²⁰⁰, dus even boven krib 19²¹⁰. 15 á 20 metingen zullen hiervoor bij verschillende standen gedaan moeten worden.

Voortgegaan moet worden met de metingen betreffende de verdeeling van het zwevend transport per L.water over de verticaal. Van ieder punt wordt het zand gezeefd; voor iedere

korrelgrootte is dus de verdeeling over de verticaal te teekenen. Hieruit kan mogelijk een formule afgeleid worden, als bekend zijn de samenstelling van een bodemonster, de snelheidsverdeling en eventueel de temperatuur. Deze moeten dus tevens gemeten worden.

Ook hier moet op eenige punten voor elkaar gemeten worden, daar dicht bij den bodem plaatselijke ribbels invloed kunnen uitoefenen.

Tenslotte kunnen op groote ribbels, zooals die op het Pann.Kanaal voorkomen, bodemtransportmetingen gedaan worden om een indruk te verkrijgen hoe de toename van het transport verandert bij voortschrijden over de ribbel. Tevens moet het snelheidsverloop gemeten worden.

F. Pannerdensch Kanaal, Neder-Rijn en Lek worden dit jaar gepeild. Gedeeltelijk kan hiervoor het nieuwe peilbootje gebruikt worden. Dit bootje kan evenwel ook gebruikt worden voor molenmetingen door voorop een beweegbaren spriet uit te bouwen, waaraan een molen bevestigd kan worden. De metingen van A en B kunnen dus gedeeltelijk met dit bootje gedaan worden.

G. Het echolood moet dit jaar 2 maal geijkt worden, waarvan één keer vóór de peilingen. De Ottemolens en Potomacmolen kunnen naar Delft gebracht worden ter ijking. De Bodemtransportmeters zullen nog onderling vergeleken dienen te worden, waarbij tevens onderzocht zal moeten worden of het mondje bij zachten bodem in het zand gedrukt wordt.

April 1940.

w.g. L. van Bendegom.

OTTMOLEN N° 6016

WIEK 2

UKING 1939

$V = 0.2613N + 0.01$

$20\eta = 1K$

2.50

2.00

1.50

SNELHEID IN m/sec

1.00

0.50

0

0.1

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

K KROMME

T KROMME

UKINGEN TE EEFDE
" " " " DELFT

02 K cont/sec 03

10 T sec/cont 15

Get Gez Form

J.v.H. d

A1

51.303

Fig 1 van Nota 407

Grafiek Ottmolen No. 6016. figuur 1.

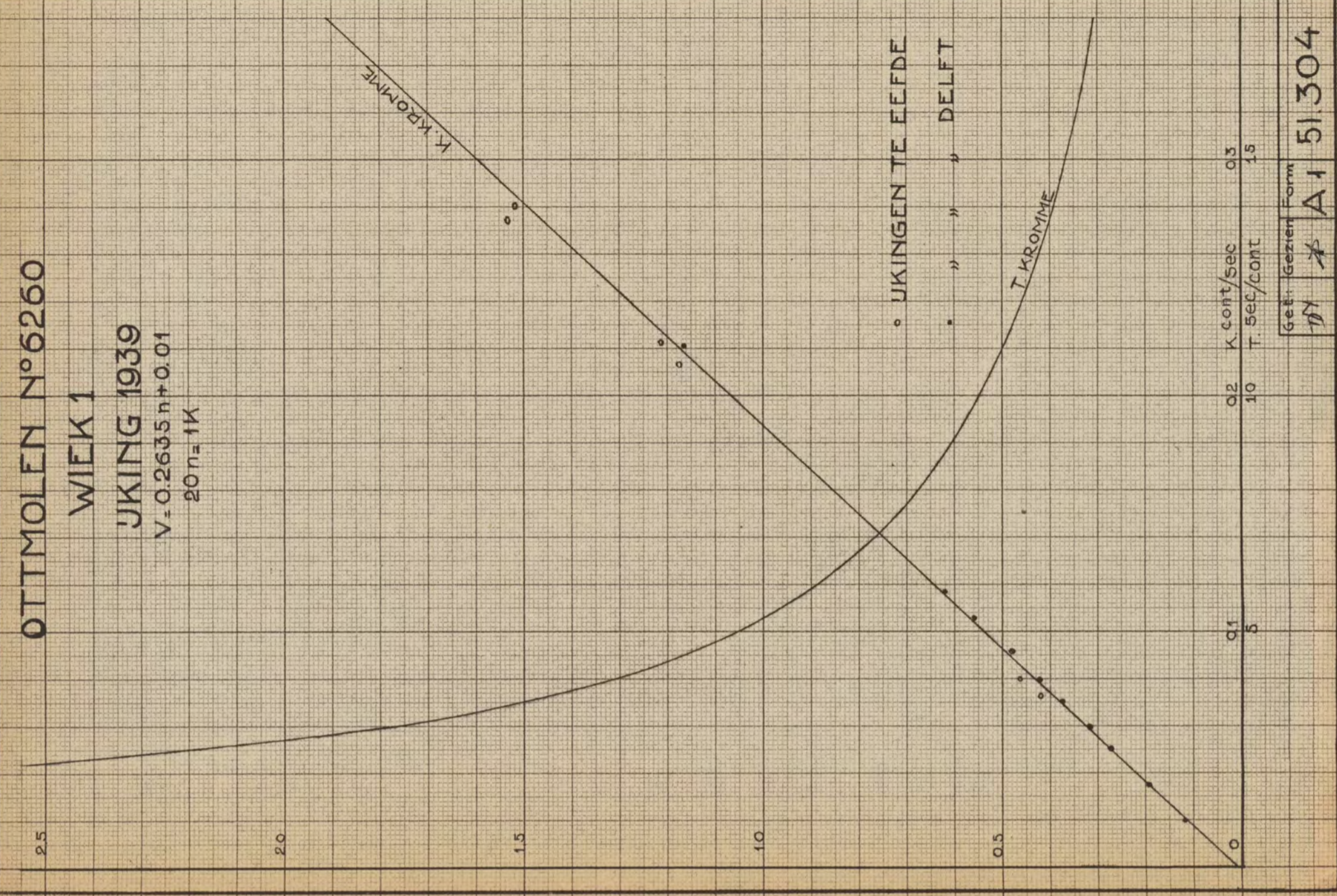
OTTMOLEN N°6260

WIEK 1

JKING 1939

$V = 0.2635n + 0.01$

$20n = 1K$



02 K. cont/Sec 03
10 T. 5ec/cont 15

° JKINGEN TE EEFDE
° » » »
° DELFT

Get. Gezien Form
A1 51304

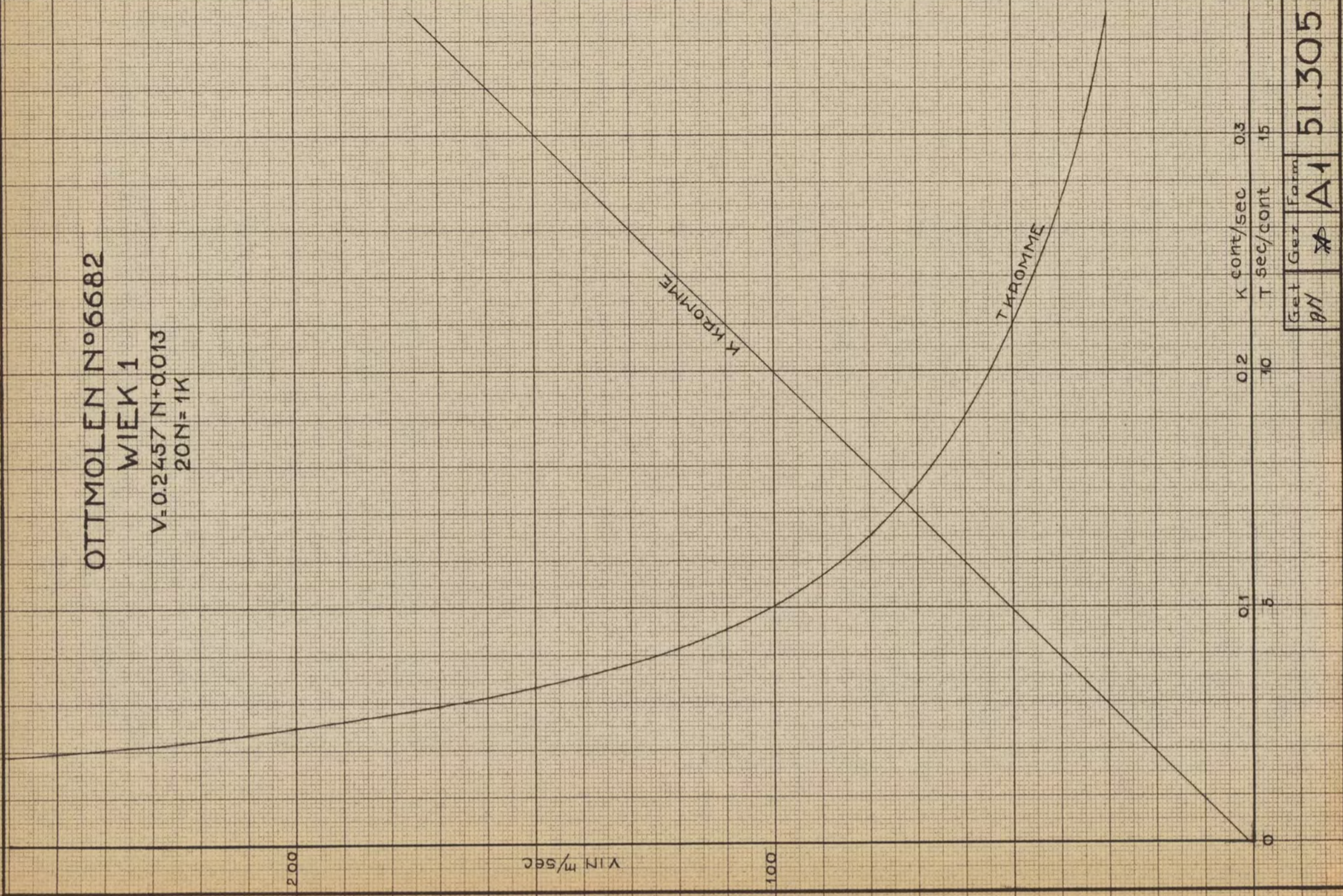
Grafiek Ottmolen No.6260. Figuur 2.

OTTMOLEN N° 6682

WIEK 1

V=0.2457 N+0.013

20N= 1K

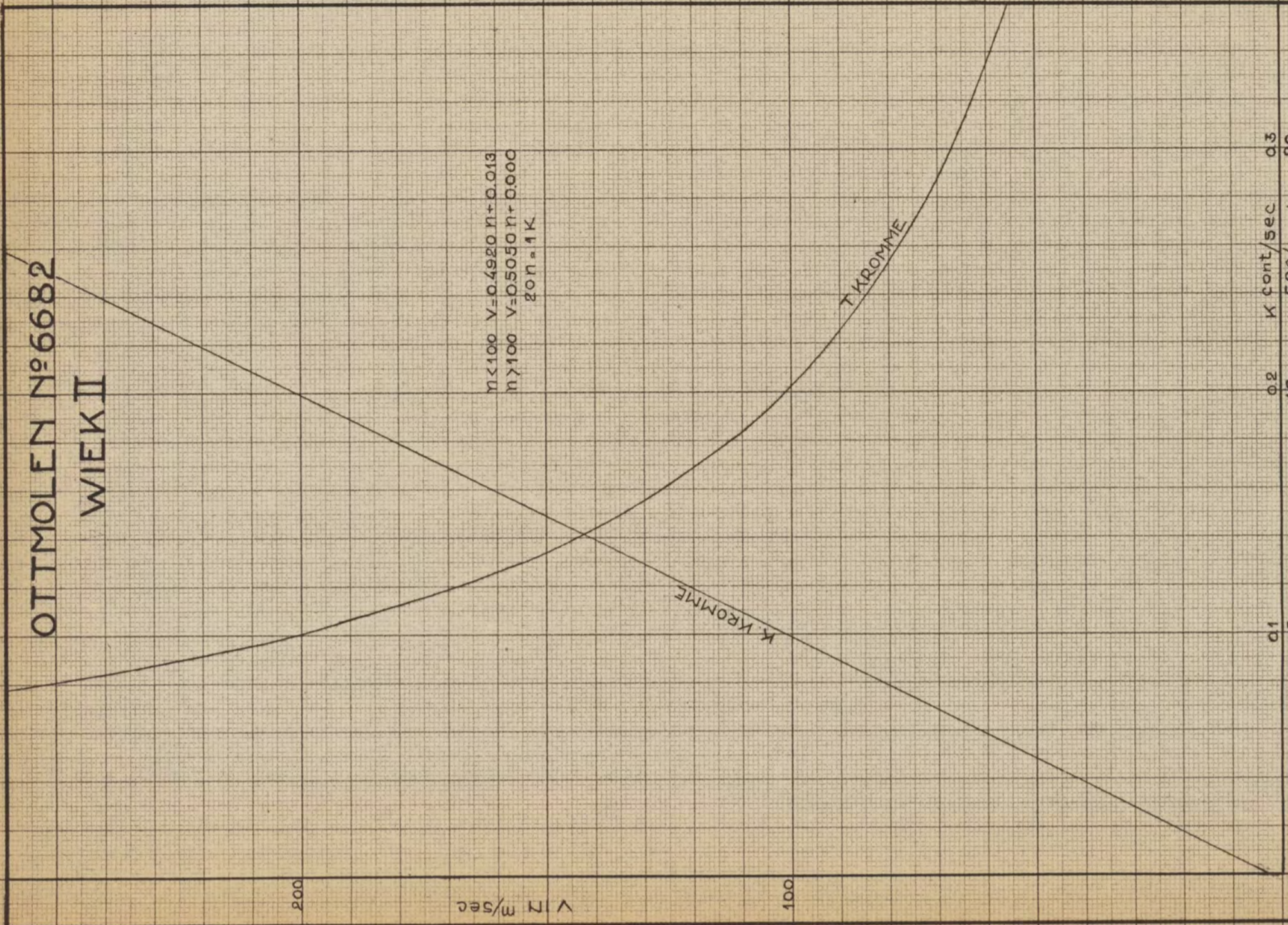


Get	Gez	Form	
BN	A1	51.305	

Grafiek Ottmolen No. 6682. figuur 3.

OTTMOLEN N°6682

WIEK II



$n < 100 \quad V = 0.4920 n + 0.013$
 $n > 100 \quad V = 0.5050 n + 0.000$
 $20 n = 1 K$

200
100
V in m/sec

0.2
10
K cont/sec
T sec/cont

d1
5

d3
20

Get: Gezien Form

DA

A1

51.306

Grafiek Otmolen No. 6682 wlek II figur 3^a.

24 ° CELCIUS

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

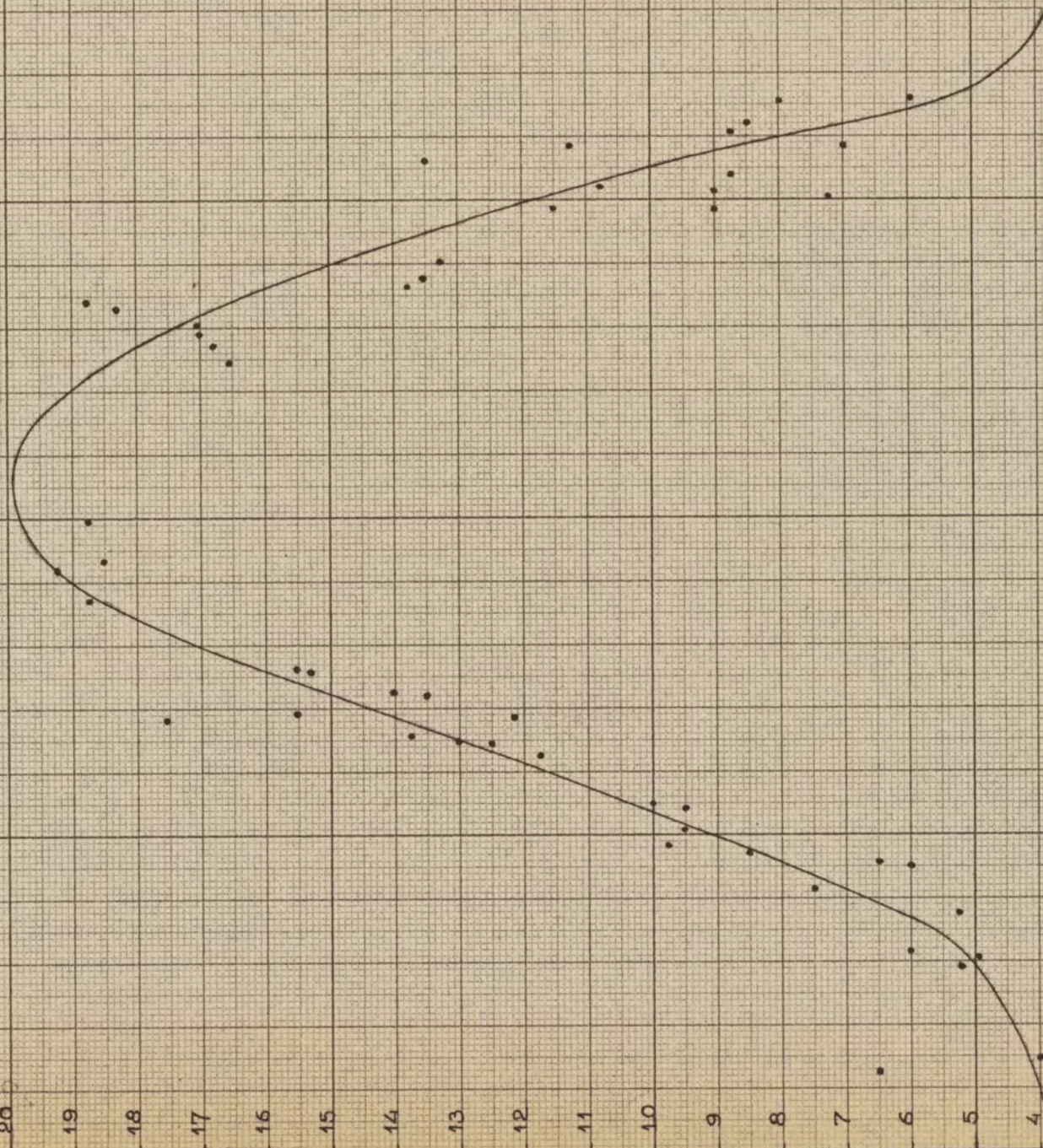
2

1

0

-1

JAN FEBR MAART APRIL MEI JUNI JULI AUG SEPT OCT NOV DEC



GEM. WATERTEMPERATUUR
VAN DE RIJN
EIN ZIJNE TAKKEN

Fig:13

Get. Gezien Form

187 A1 51316

Fig 13 van nota 40.2

Watertemperatuur Rijn. figuur 13.

VERSCHIL IN ONVEREFFENDE
 AFVOER TUSSEN
 PANN. KAN. (NED. R. JUN + JUSSEL)

17 m³ NAP (LOBITH)

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

-1

-2

-3

-4

-5

-6

-7

-8

-9

-10

-11

-12

VERKLARING

- ▲ 1930
- 31
- 32
- 33
- 34
- △ 35
- ▲ 36
- x 37
- 38
- ◊ 39

Get: Gezien Form.
 1/1 51 51.315
 Fig. 12 van Nota 4012

-70 m³ 60 50 40 30 20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 m³

Sluitfout afvoermetingen. figuur 12.

VISCOSITEIT VAN WATER

100° CELCIUS

90

80

70

60

50

40

30

20

10

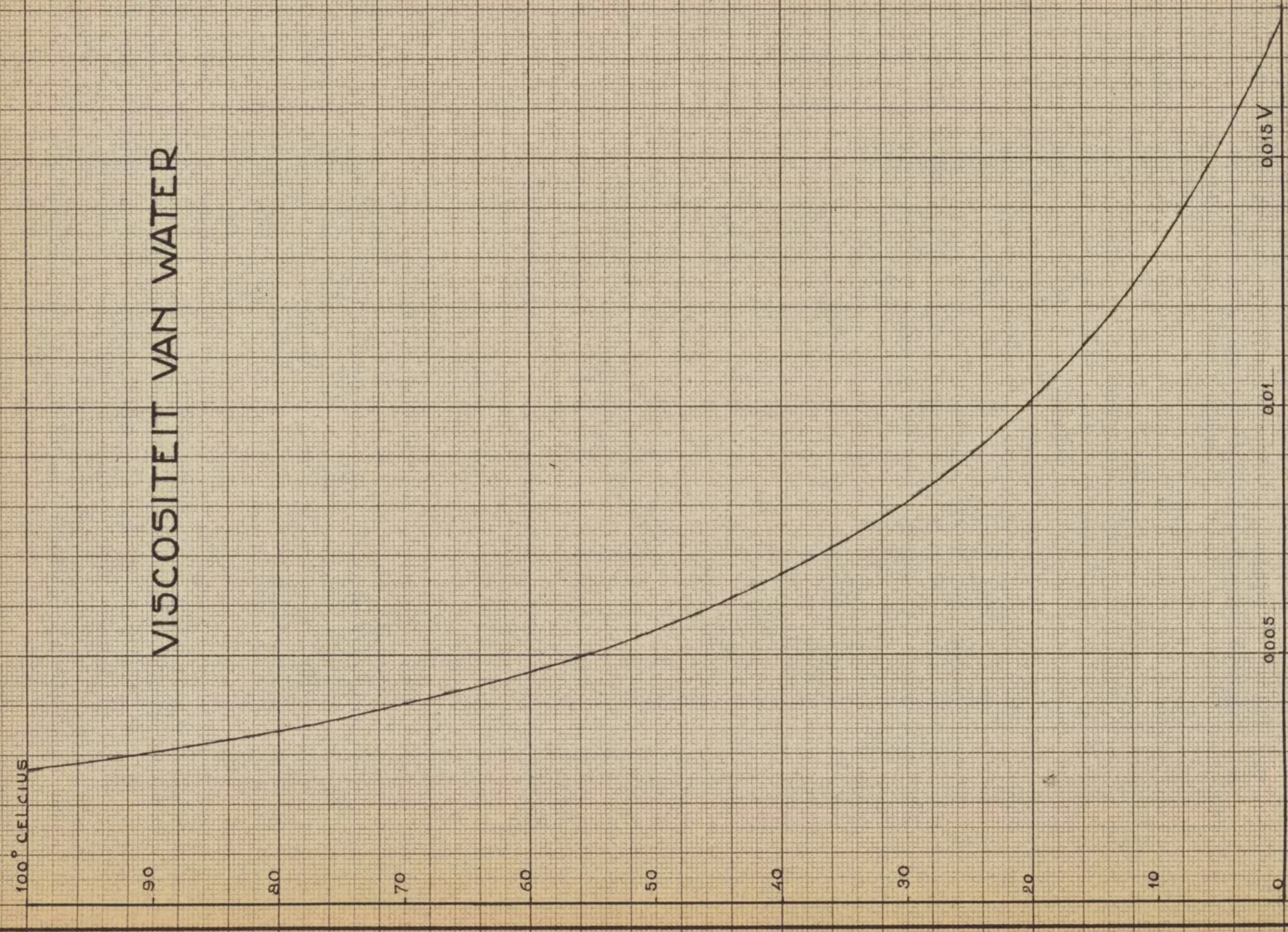
0

0.015 V

0.01

0.005

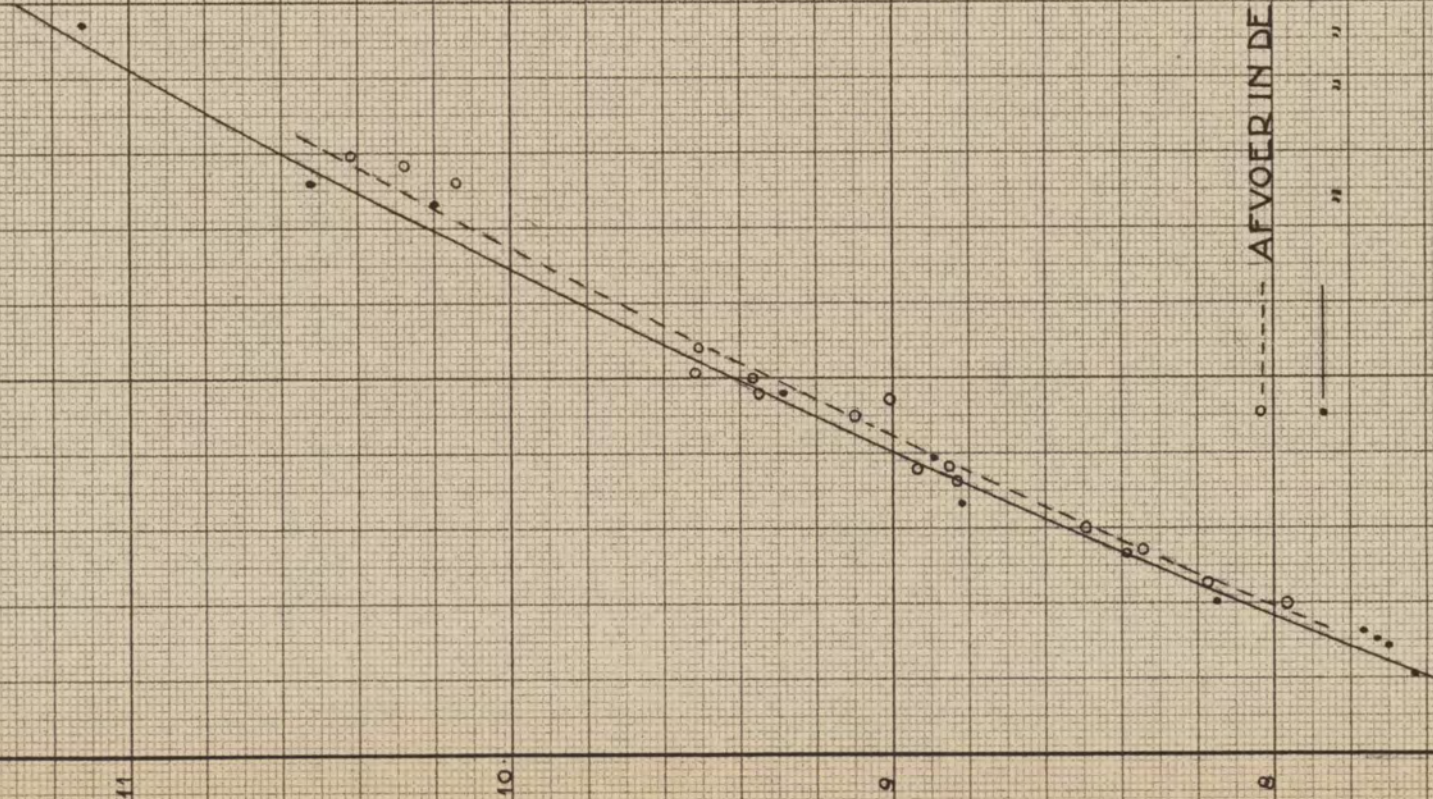
Get. Gezien Form.
Dn AI 51.317



Viscositeitskromme. figuur 14.

VERSCHIL TUSSEN
ZOMER- EN WINTERAFVOER
JUSSEL

WATERSTAND TE WESTERVOORT-PLEY IN m⁺ NAP.



o----- AFVOER IN DE ZOMERMAANDEN
— " " " WINTERMAANDEN

AFVOER IN m³/sec 100 200 300 400 500 600

Zomer- en Winterafvoerkrommen IJssel. Figuur 15.

AFVOERKROMMEN IJSSEL BIJ Z.W. EN N.O. WIND

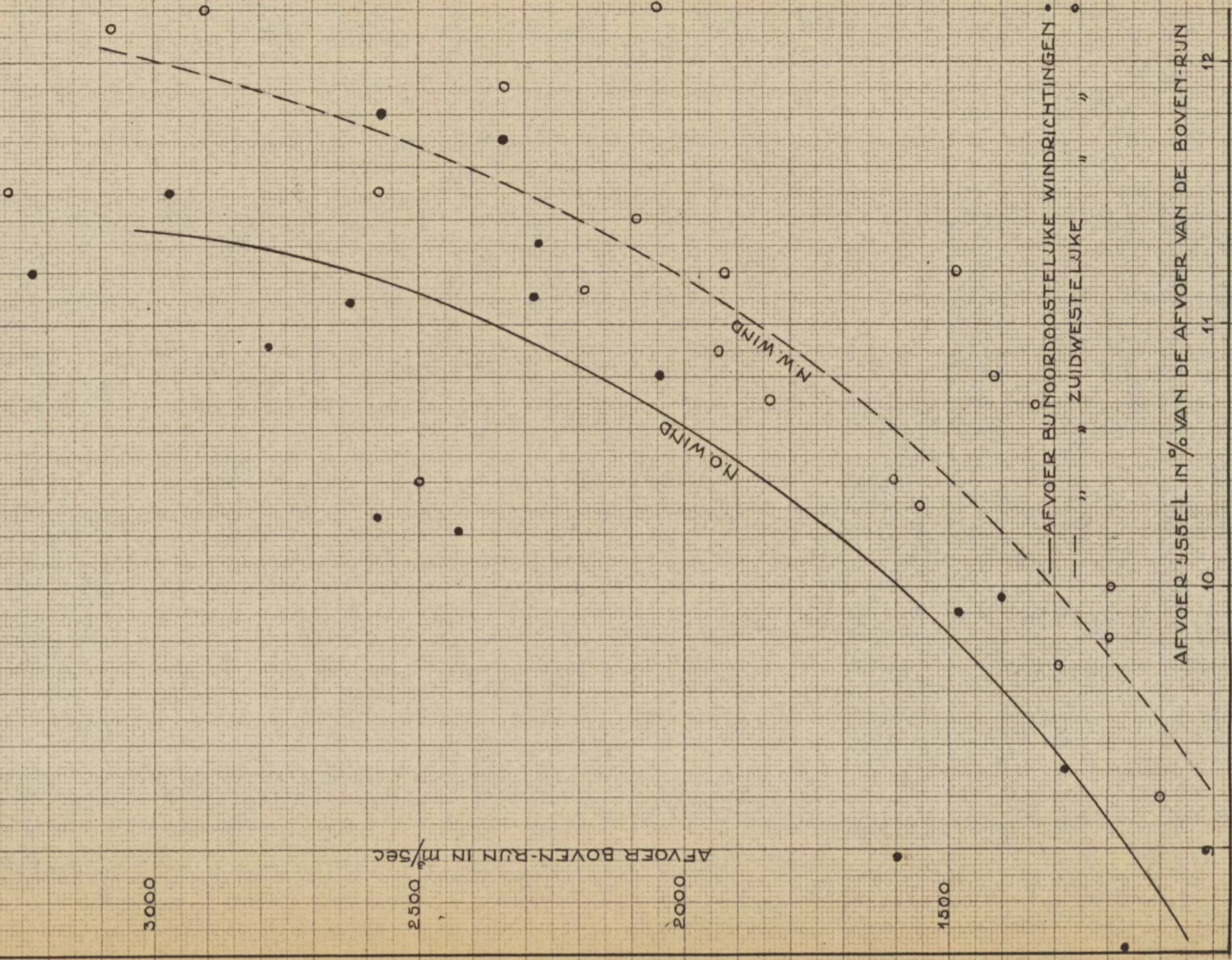
3500

3000

2500
AFVOER BOVEN-RUN IN m³/sec

2000

1500



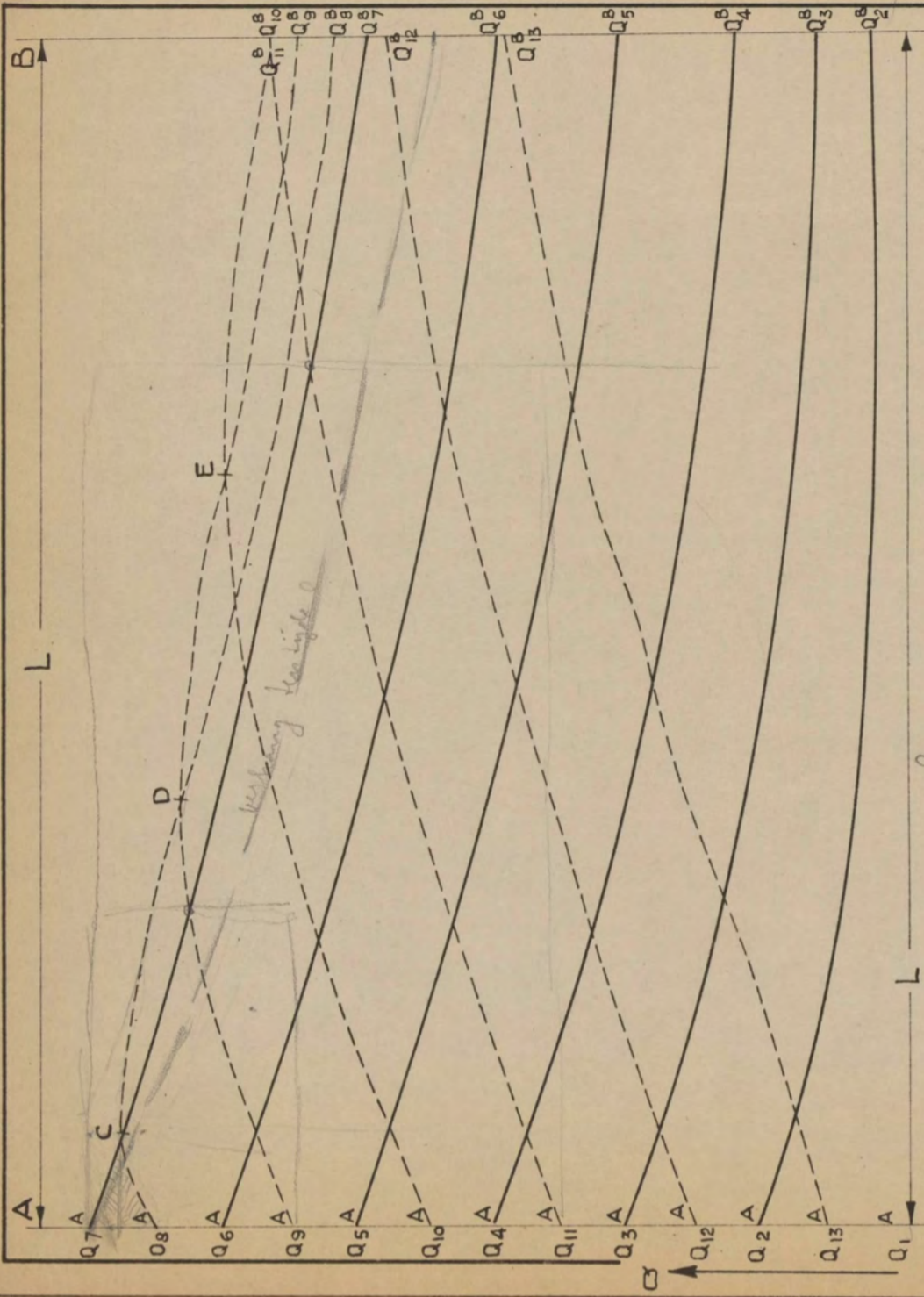
AFVOER IJSSEL IN % VAN DE AFVOER VAN DE BOVEN-RUN
 --- AFVOER BIJ NOORDOOSTELIJKE WINDRICHTINGEN
 - - - " " ZUIDWESTELIJKE " "

Get. Gezien Form

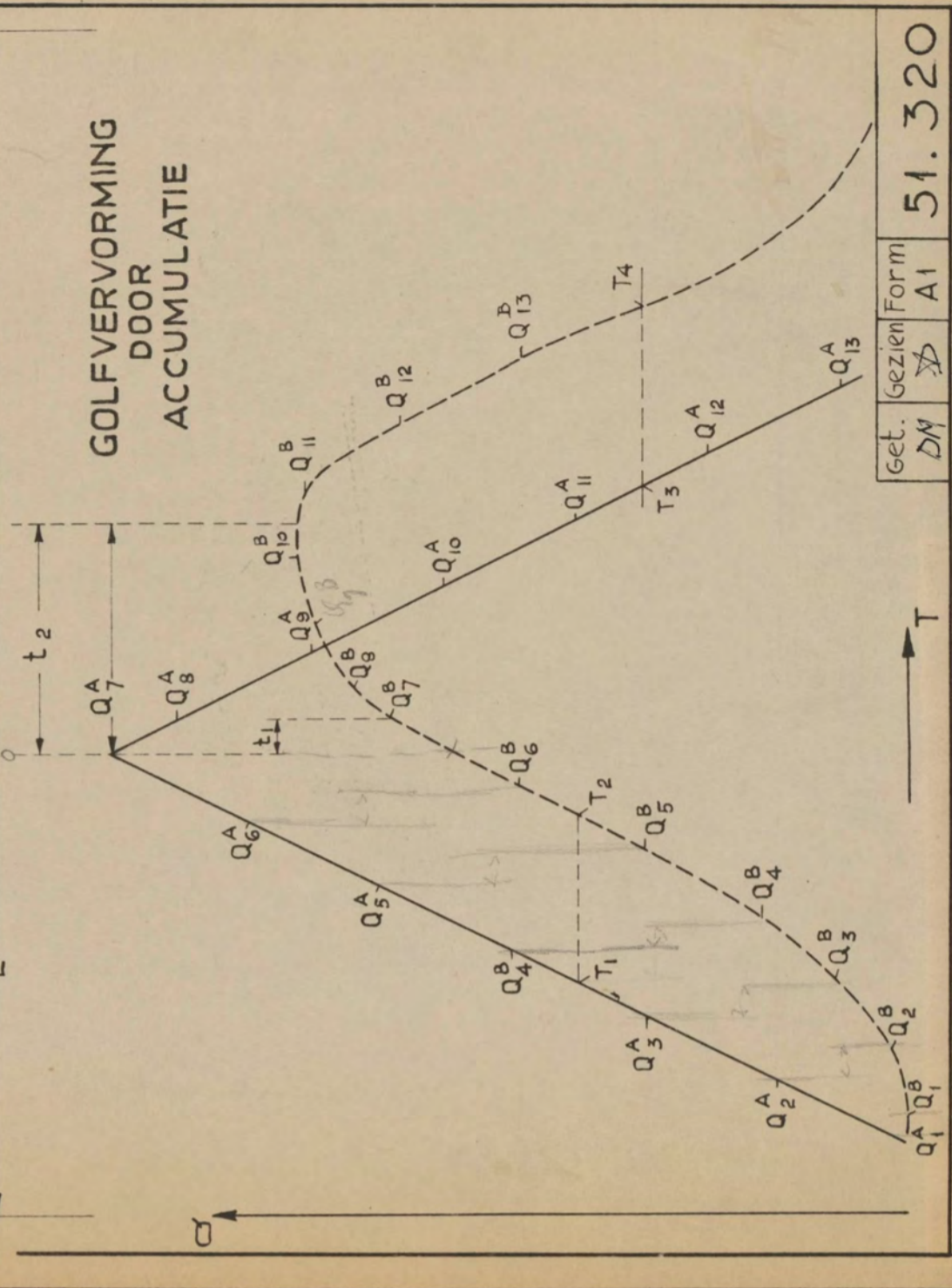
A1 51.319

Fig. 16 van Nota 402

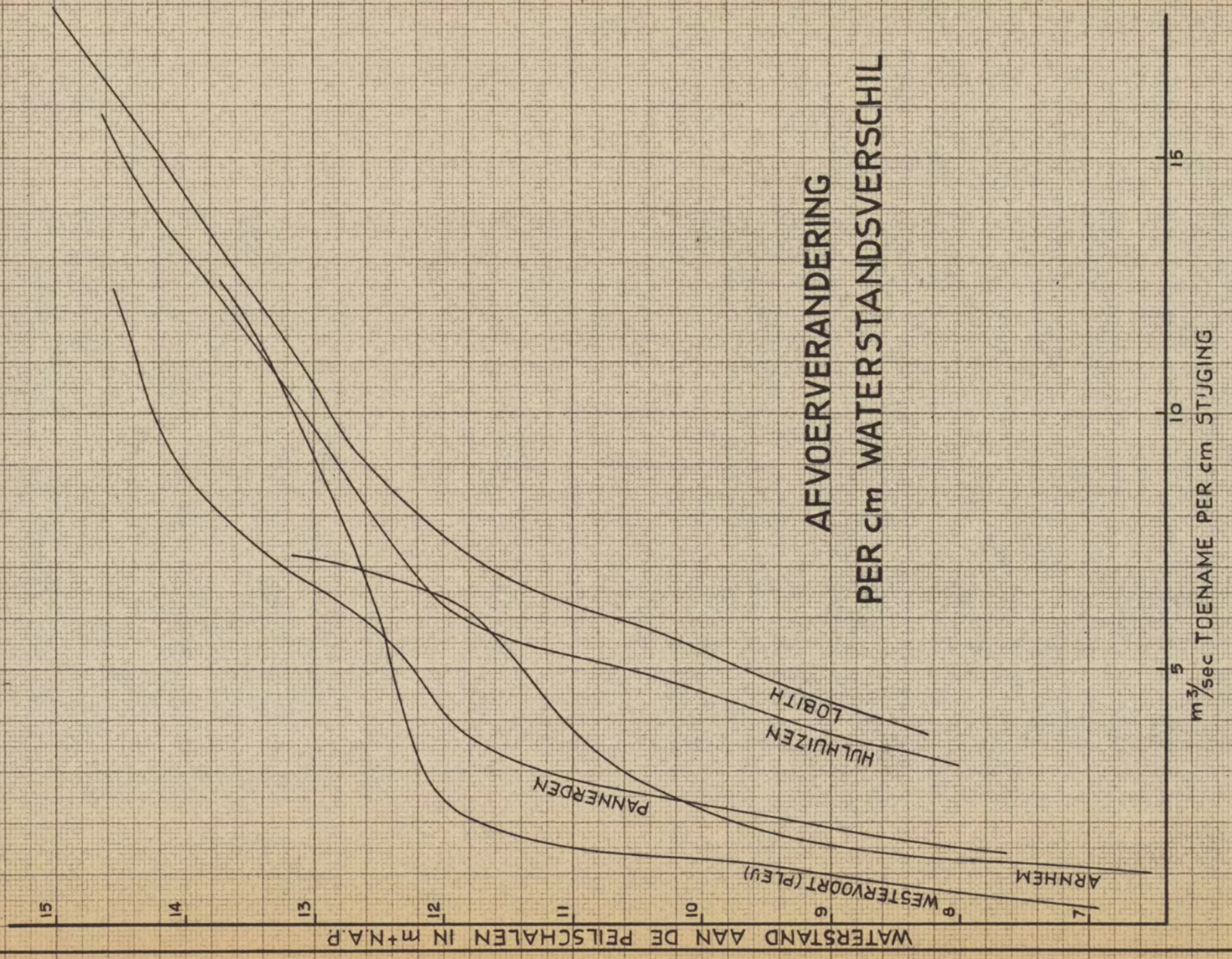
Afvoerkrommen IJssel bij Z.W. en N.O.wind. figuur 16.



GOLFVERVORMING
DOOR
ACCUMULATIE



Rekening over Golvvervorming. figuur 17.



Get.: Gezien Form

7/11

A1

51.321

FIG. 18 van Nota 402

Afvoerverandering per cm waterstandsverschil. figuur 18.