

DI 66764  
BIBLIOTHEEK RIVIERKUNDE

MORFOLOGIE

56.1

RIJKSWATERST  
Dir. Bovenrivieren afd.

Rivierkruising te Wijk bij Duurstede  
Onderzoek naar water- en slibbewe-  
ging

nota 55.20 met 17 bijlagen

ANSR-56.1 ON



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

Bibliotheek

Nr. ANSR-56.1 ON



RWS Dir. Oost-Nederland  
Bibliotheeknr. ANSR-56.1 ON

RIJKSWATERSTAAT  
Dir. Bovenrivieren  
afdeling Studiedienst

nota: 55.20  
17 bijlagen

RIVIERKRUISING te WIJK bij DUURSTEDE

Onderzoek naar water - en slibbeweging.

Arnhem, oktober 1956

Inhoud:

		blz.
par.1	Inleiding	1
par.2	Metingen	3
par.3	Meetresultaten	6
par.4	Enige beschou- wingen n.a.v. de meetresultaten	13
par.5	Samenvatting	21
par.6	Conclusies	23

*Warom zo  
preent?*



Bijlagen :

1. Overzicht rivierkruising en situatie meetraaien.
2. Drijvermeting 21 december 1954.
3. Drijvermeting 29 maart 1955.
4. Drijvermeting 1 april 1955.
5. Drijvermeting 5 april 1955.
6. Fotografisch vastgelegde drijvermeting 12-4-'56.
7. Stroomrichting en -snelheid linkerrivierzijde en de extreme stroomrichtingen op 20 dec. '54.
8. Stroomrichting en -snelheid rechtterrivierzijde en de extreme stroomrichtingen op 31 maart '55.
9. Planeta- en slibmeting in noordelijke voorhaven op 30 maart '55, 6 april '55 en 11 april '56.
10. Water- en slibafvoer Nederrijn km 928.625.
11. Slibgehalte Nederrijn te Arnhem en Wijk bij Duurstede van 9 t/m 13 april 1956.
12. Fotografisch vastgelegde slingermetingen op 12 april 1956.
13. Verband tussen afvoer Nederrijn, cirkelstroom in noordelijke voorhaven en slibneerslag.
14. Stroombanen cirkelstroom 11 april 1956.
15. Slibgehalte en afvoer Nederrijn en de fluctuaties in slibgehalte.
16. Fotoblad 1 :

16-1	Drijvers	12		
16-2	"	12	"	"
16-3	Zaagsel	12	"	"
16-4	"	12	"	"
16-5	"	12	"	"
16-6	"	12	"	"
17. Fotoblad 2 :

17-7	Slinger drijvers	12	april	'56
17-8	"	"	12	" "
17-9	"	"	12	" "
17-10	"	"	12	" "
17-11	" verlichte drijvers		12	" "
			12	april '56
17-12	Snoer brandende lampjes			
			12	april '56



par.1. INLEIDING.

Door de afdeling Beheer en Onderhoud Amsterdam-Rijn en Lekkanaal van de directie Utrecht zijn in de beide voorhavens van de rivierkruising te Wijk bij Duurstede peilingen verricht in juni en september 1954. Tevens zijn door dezelfde dienst slibgehalte's bepaald van bodemonsters uit de voorhavens. Uit deze gegevens werd door het Waterloopkundig Laboratorium te Delft becijferd, dat 15% van de hoeveelheid slib, die volgens metingen van de afdeling Studiedienst der directie Bovenrivieren gedurende het door de peilingen "begrensde tijdvak langs Arnhem passeerde, in de voorhavens zou zijn neergeslagen. Omdat dit percentage de verwachtingen overtreft, kwam het gewenst voor, een aantal metingen te verrichten, waarbij nadere gegevens over de uitwisseling tussen het water in de voorhavens en in de rivier naar voren zouden komen.

Het betreft hier een vrij gecompliceerd vraagstuk, daar niet op een permanente stromingstoestand kan worden gerekend. Verschillende factoren, zoals schuttingen, scheepvaart en windinvloed beïnvloeden deze stromingstoestand. Aangezien het niet doenlijk is om de uitwisseling ineens in een zeer kort moment vast te leggen, zullen al maar mate de toegepaste meetmethode kortere of langere tijd in beslag neemt, min



of meer beduidende afwijkingen kunnen optreden in de meetuitkomsten als gevolg van de genoemde storingen.

Voor de oplossing van het probleem zijn verschillende meetmethode's geprobeerd. Daar het niet mogelijk was om grote serie's metingen van één bepaalde soort uit te voeren, kunnen uit de verkregen meetuitkomsten niet anders dan enkele tendenties worden afgeleid. De in het navolgende te bespreken metingen zijn uitgevoerd in de jaren 1954 tot en met 1956. Behalve de uitwisseling zelf zijn ook de slibgehalten van de uitwisselende watermassa's onder de loupe genomen.

Ter vergelijking met de in het prototype gevonden meetresultaten worden in dit rapport nog de verwachtingen weergegeven, zoals deze volgden uit de modelonderzoekingen in Delft in de jaren 1937 t/m 1939 in model M 104. Omtrent de uitwisseling wordt vermeld, dat vermoedelijk 3 tot 5 procent van het door de rivier afgevoerde water gedurende kortere of langere tijd in elke haven terecht komt. Omtrent de slibneerslag wordt vermeld, dat om de orde van grootte aan te geven kan worden gerekend op vijf procent van de totale slibafvoer in de rivier voor de beide havens tezamen.



par.2. METINGEN.

Verschillende wegen kunnen worden bewandeld om tot een inzicht te komen aangaande de mate van uitwisseling tussen rivier- en havenwater. Men kan pogen de stromingen van rivierwaterdeeltjes vast te leggen met behulp van drijvers en uit het feit, dat een zeker percentage van de op een bepaalde plaats in de rivier losgelaten drijvers in de havens terecht komt zijn conclusies trekken. Ook de vorm van de drijverbanen op het totale stroombeeld op een zekere plaats kan men hiertoe in beschouwing nemen.

Een andere mogelijkheid is om te pogen de in- of uit de havens tredende stromen te meten. Hiertoe moeten zowel stroomrichtingen als stroomsnelheden worden vastgelegd. Tenslotte kan men pogen de gedragingen van de wervelstraat, die ontstaat op het wrijvings- of turbulentievlak van rivier- en havenwater, vast te leggen.

Al de genoemde meetwijzen kunnen nog worden gecombineerd met slibghaltemetingen.

In verband met het bovenstaande worden de volgende groepen van metingen onderscheiden:

A. Metingen, waarbij het stroombeeld wordt vastgelegd met behulp van drijvers of dergelijke, kortweg drijvermetingen.



- B. Stroomrichting- en snelheidsmetingen.
- C. Slibgehaltemetingen.
- D. Fotografische metingen, waarmede het gedrag van een slinger-drijver wordt vastgelegd, kortweg slingermetingen.

Bijlage 1 geeft een overzicht van de raaien, waarin de metingen onder B, C en D vermeld, zijn verricht.

In het kort worden hieronder de bij de metingen gebruikte hulpmiddelen en instrumenten aangegeven:

A. Drijvermetingen.

Als drijvers worden gebezigd normale oppervlakedrijvers en zgn. draaddrijvers van diverse lengten. De oppervlakedrijvers waren holle metalen lichamen, of met lood verzwaarde houten lichamen, waarin een electrisch lampje met stroombron en kwikschakelaar waren geplaatst. Onder een draaddrijver wordt hier verstaan een aan een staaldraad van zekere lengte bevestigde massa, die drijvende wordt gehouden door een metalen oppervlakedrijver. In enkele gevallen werd zaagsel als indicator voor het stroombeeld aan de oppervlakte gebruikt. Met behulp van foto's werd dit stroombeeld vastgelegd.

B. Stroomrichting- en of snelheidsmetingen.

Deze zijn in de voorhavens zelf verricht met een Planeta; op de grens van rivier en







voorhavens werd gebruik gemaakt van de elektrische stroomrichtingsmeter SRM 1, een bij deze dienst ontwikkeld apparaat, in combinatie met een normale Ott-snelheidsmeter. Deze laatste werd tevens gebruikt bij snelheidsmetingen op de rivier.

#### C. Slibgehaltemetingen.

Er werden met behulp van een eenvoudige watermonsternemer op de gewenste diepte watermonsters van 1 of 2 l<sup>tr</sup> genomen. Na filtratie, drogen en wegen zijn de slibgehalten berekend. Zij werden uitgedrukt in aantal mg. per l. water.

*van 1 of 2 liter genomen.*

#### D. Slingermetingen.

Aan een lang touw waren op onderlinge afstanden van 20 m drijvers bevestigd, hetzij oppervlaktedrijvers, hetzij draaddrijvers, van diverse lengte; dit touw werd bevestigd aan de bovenstroomse pijler (a op bijlage 1). Op deze pijler waren twee fotoestellen opgesteld. In het donker is nog gewerkt met een snoer, waaraan op onderlinge afstanden van 10 m gloeilampjes waren vastgemaakt. Met stukken kurk werd dit geheel drijvend gehouden.







par.3. MEETRESULTATEN.

De resultaten van de metingen zijn vastgelegd op de bijlagen 2 t/m 17.

Voor zoveel nodig wordt hieronder enige toelichting gegeven.

a. Metingen, waarbij het stroombeeld is bepaald.

1. Drijvermetingen (bijlagen 2 t/m 6)

X  
Op alle bijlagen zijn de windrichting en -sterkte aangegeven. De windinvloed is op de oppervlakedrijvers vanzelfsprekend het grootst. Bij de draaddrijvers, waarmede een inzicht wordt verkregen over de stromingen op verschillende diepten onder de waterspiegel, moet worden gerekend op windinvloed op de drijverkop. Ook is hier stroominvloed op drijverkop en ophangdraad.

21 december 1954 (bijlage 2): Er was op deze dag een harde westen-wind. Om na te gaan of de windinvloed zich op draaddrijvers van 2 m lengte nog sterk deed gevoelen, zijn vanaf de linker pijler twee dergelijke drijvers uitgezet (drijverbanen XI en XII op bijlage 2). Ondanks hun aanvankelijke neiging weigerden beide tenslotte de zuidelijke voorhaven in te draaien. Zij werden dui-



delijk tegen wind en golfslag in door de stroom naar buiten gedreven.

29 maart 1955 (bijlage 3): Tijdens deze metingen stroomde het water over de lage gedeelten van de pijlers. Deze liggen op een hoogte van N.A.P. + 4.65 m.

1 april 1955 (bijlage 4): De waterstand is gezakt tot net onder de pijlerplateau's. Drijver III heeft juist in kmraai 929 gedurende enige tijd nagenoeg stil gelegen. Daar er ruim voldoende waterdiepte was voor drijvers van 5 m lengte, kan dit niet een gevolg zijn geweest van aan de grond lopen.

5 april 1955 (bijlage 5): De ideale weersomstandigheden voor een drijvermeting, praktisch geen wind, zijn haast bereikt. De drijvers I en III hebben gedurende enige tijd midden voor de havenmond liggen weifelen. Ook hier kan geen sprake zijn geweest van aan de grond lopen.

De drijverbanen op vorengenoemde bijlagen zijn alle bepaald met behulp van planchets. Voor drijvingen langs de rechter oever stonden deze opgesteld op de verhoogde plateau's van de pijlers b en d en voor drijvingen langs de linker oever op a en c, volgens de situatie op bijlage 1.







X

12 april 1956 (bijlage 6, 16: foto's 1 en 2):  
 Met gebruikmaking van fototoestellen, die ieder een eigen gezichtsveld bestreken, zijn drijfverbanen bepaald van een twaalftal drijvers, die in een korte spanne tijds zijn losgelaten ter weerszijden van pijler a in de lijn, die de pijlerkoppen a en b verbindt. De foto's geven enkele beelden van deze meetmethode.

2. Zaagselmetingen.

12 april 1956 (bijlage 16: foto's 3 t/m 6): Vanaf pijler a werden aan de havenzijde enkele zakken met zaagsel leeggeschud. De foto's laten enkele details van het stroombeeld zien op het ogenblik, dat het zaagsel in de wervelstraat begon te komen.

b. Metingen waarbij plaatselijk stroomrichting en/of snelheid zijn bepaald.

X

1. SRM-metingen (bijlagen 7 en 8). Gepoogd is, om met de SRM de stroomrichting en-snelheid vast te leggen in verschillende punten van het grensvlak tussen rivier- en havenwater. Aangezien het grensvlak voortdurend in beweging is, (beter kan worden gesproken van grensstrook), is het uiterst moeilijk, zo niet onmogelijk, om precies in het

X







grensvlak te meten. Men krijgt echter enig idee van de mate van wisseling van de stroomrichting, die in de grensstrook kan optreden. Ook de snelheid is nogal aan verandering onderhevig. Aan de wateroppervlakte is een en ander goed waar te nemen, zoals o.a. bleek uit de onder sub. a.2 genoemde zaagselmetingen. Als gevolg van de bovengenoemde factoren is de meetboot, van waar af de meting geschiedt, ook aan enige beweging onderworpen, doordat er steeds wisselende krachten op werken. Dit heeft tot gevolg, dat het meetinstrument eveneens kleine bewegingen uitvoert. Aan de meetuitkomsten mag dan ook geen al te grote nauwkeurigheid worden toegekend.

20 december 1954 (bijlage 7): Tengevolge van de drukke scheepvaart konden in de grensstrook aan de linkerrivierzijde alleen metingen worden uitgevoerd in de nabijheid van de pijlers. Op deze bijlage zijn de gemiddelde stroomrichtingen weergegeven voor enige punten, die per punt uit 10 waarnemingen met tussenruimten van 10 seconden werden bepaald. De snelheden werden gevonden uit de voor 100 omwentelingen van de Ott-molenwiek benodigde tijd.





Teneinde enig inzicht te verschaffen in de grootte van de fluctuaties in de stroomrichtingen, worden op de bijlage tevens de uiterste uitwijkingen van de stroomrichting in de verschillende waarnemingspunten gegeven ten opzichte van de raai b-d.

31 maart 1955 (bijlage 8): Ditmaal is het gelukt om de grensstrook aan de rechter rivierzijde geheel door te meten. Ook hierbij staan de uiterste stroomrichtingen op de bijlage vermeld.

## 2. Planeta-metingen (bijlage 9)

In de raaien e-f en g-h (bijlage 1) zijn stroomrichting en -snelheid in diverse punten vastgesteld met behulp van een Planeta. Tevens zijn in dezelfde punten slibmonsters genomen (III-c).

30 maart 1955: Wegens de hoge waterstanden moest in raai g-h worden gemeten. De lage gedeelten der pijlers en de aangrenzende stukken uiterwaard stonden ongeveer 0.50 m onder water.

6 april 1955: Deze meting werd verricht in de raai e-f.

11 april 1956: Ook deze meting is uitgevoerd in raai e-f.

## 3. Ottmolen-metingen (bijlage 10): In de rivier direct bovenstrooms van de rivierkruising is met behulp van Ottmolens een





aantal snelheidsmetingen verricht. Tevens zijn in dezelfde meetraai op diverse punten slibmonsters genomen (III-c).

10 en 11 april 1956: Er werd gemeten in raai k - l. (bijlage 1). De waterafvoer bedroeg resp. 263 en 274 m<sup>3</sup>/sec.

c. Slibgehaltemetingen (bijlagen 9 t/m 11)

Op de uitkomsten van deze metingen wordt in de volgende paragraaf teruggekomen.

(bl. 13 e.v.).

30 maart 1955 (bijlage 9 en 11): Behalve in de noordelijke voorhaven in raai g-h zijn ook slibgehalten gemeten in de rivier boven- en benedenstrooms van de voorhaven.

6 april 1955 (bijlage 9 en 11): In afwijking van 30 maart 1955 zijn er slibgehalten gemeten in raai e-f.

11 april 1956 (bijlagen 9, 10, 11) Dazelfde metingen als op 6 april 1955 zijn verricht, bovendien is het slibgehalte bij Arnhem bepaald.

9 t/m 13 april 1956 (bijlagen 10 en 11) Een overzicht van de uitkomsten van de op deze dagen verrichte slibgehaltebepalingen te Arnhem en te Wijk bij Duurstede boven- en benedenstrooms van de rivierkruising wordt gegeven op bijlage 11. Om eventuele fluctuaties in





verticale zin na te gaan, zijn behalve oppervlaktemonsters ook monsters vlak boven de bodem en op de halve waterdiepte genomen. Dit is per raai gebeurd in verschillende verticalen, zodat ook eventuele fluctuaties in horizontale zin uit de metingen naar voren komen. De volledige meetuitkomsten van 9 en 13 april 1956 zijn weergegeven op bijlage 11.

d. Slingermetingen

12 april 1956 (bijlagen 12 en 17; foto's 7 t/m 12): De slinger drijver was bevestigd aan pijler a. (bijlage 1). Op het verhoogde gedeelte van deze pijler waren de fototoestellen opgesteld, waarmede de bewegingen van de slinger zijn vastgelegd.

~~Gedetailleerd~~ <sup>zijn</sup> Op de bijlagen uitsluitend de amplitude's en slingertijden weergegeven, uitgezonderd voor de oppervlaktedrijvers tijdens een schutkolkvulling, terwijl voorts ook voor één serie waarnemingen de afzonderlijke slingerstanden weergegeven zijn, gedurende een tijdsverloop van ruim 3 minuten. Op eerstgenoemde bijlage zijn alleen bij daglicht opgenomen foto's verwerkt. De foto's 7 t/m 10 geven een indruk van het fotografisch waargenomene.

Ook 's nachts zijn nog foto's gemaakt en wel van verlichte oppervlaktedrijvers en van drijvers in de vorm van gloeilampjes, foto's 11 en 12.





par.4. Enige beschouwingen naar aanleiding  
van de meetresultaten.

a. Allereerst worden de gecombineerde  
X stroomrichting-, snelheid- en slibmetingen  
in de noordelijke voorhaven verricht op  
30 maart en 6 april 1955 en 11 april 1956  
nader onder de loupe genomen. De bij deze  
metingen verkregen gegevens zijn nader  
uitgewerkt op bijlage 9.

1. De wateraan- en afvoer loodrecht op het  
vlak van de meetraaien, die in eerste  
instantie een goede benadering geven van  
de grootte van de cirkelstroom in de haven,  
moeten met elkaar in evenwicht zijn.  
De uitkomsten, vermeld in het navolgende  
staatje zijn verwerkt op bijlage 13.

datum	afvoer Nederrijn in m <sup>3</sup> /sec	waterinvoer in m <sup>3</sup> /sec.	waterafvoer in m <sup>3</sup> /sec.	cirkelstroom globaal in m <sup>3</sup> /sec.
30.3.55	950	156	163	160
6.4.55	540	71	138	105
11.4.56	260	46	34	40

Opvallend is de grote spreiding in de meting  
van 6.4.1955. De ingaande stroom valt, wat  
richting en grootte betreft, nogal uit de  
toon, vergeleken met de andere twee metin-  
gen. De reden hiervoor is niet geheel dui-  
delijk. De meting van 11 april moest worden  
gecorrigeerd voor wat de ingaande stroom





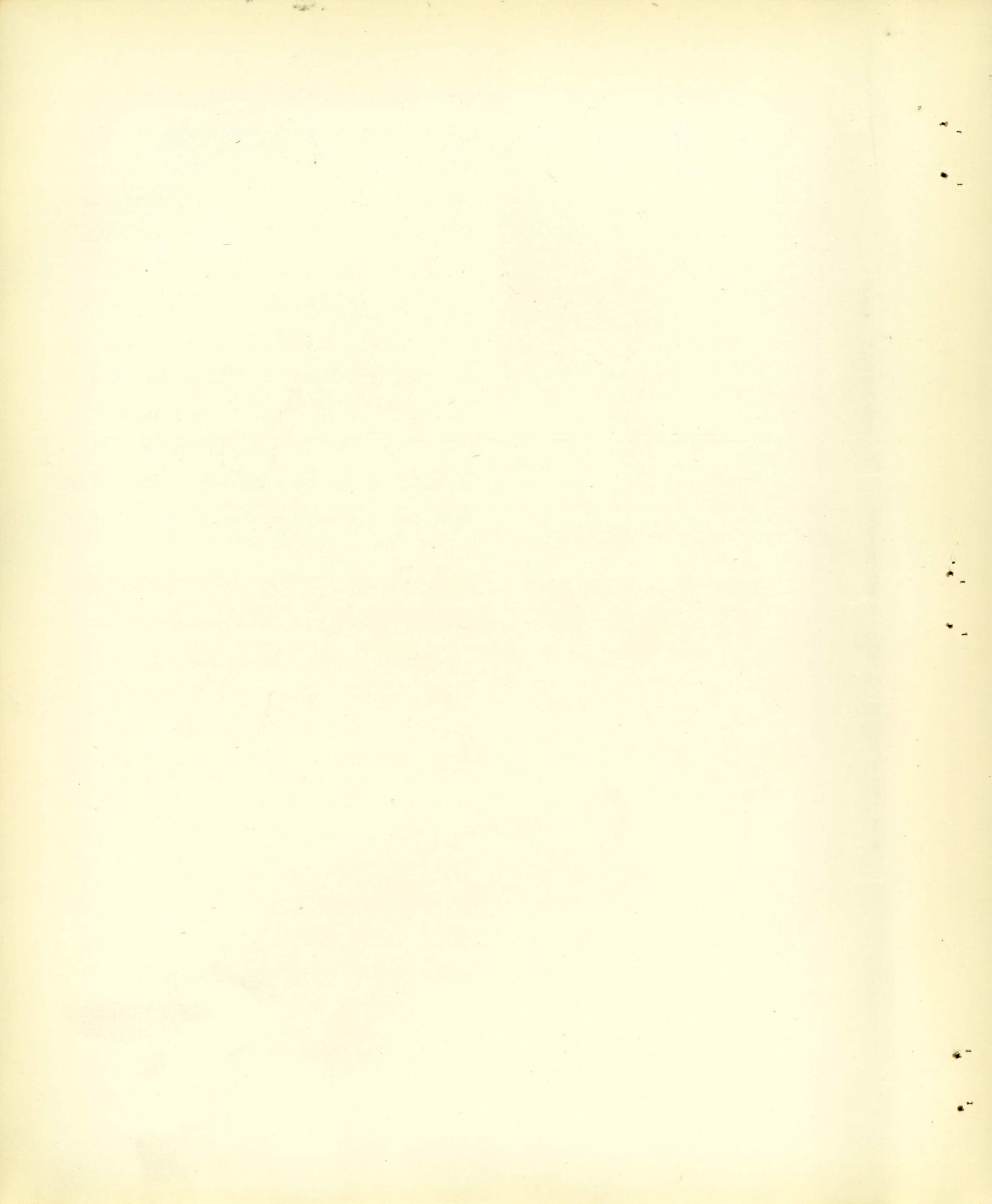
betreft op één sterk afwijkende waarde, die duidelijk was beïnvloed door een schutting.

Als globale waarde voor de grootte van de cirkelstroom is het gemiddelde van in- en uitgaande stroom aangehouden.

Bij de toegepaste methode werd per meetpunt van een verticaal de component van de stroomsnelheid bepaald in een vlak loodrecht op de raai. De toegepaste werkwijze werd voor de meting van 11.4.56 vergeleken met de volgende methode ter bepaling van de grootte van de cirkels stroom (bijlage 14):

Per verticaal en per beschouwd meetvak werd de gemiddelde stroomrichting en -snelheid bepaald m.b.v. een krachten-veelhoek. De afvoer kan nu worden berekend door de bij iedere verticaal behorende breedte te herleiden tot een breedte loodrecht op de gevonden stroomrichting en deze te vermenigvuldigen met de gemiddelde snelheid en de waterdiepte. Gevonden werd: ingaand  $43 \text{ m}^3/\text{sec}$  en uitgaand  $45 \text{ m}^3/\text{sec}$  of gemiddeld  $44 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Dit geeft derhalve een afwijking van 10% van de eerder bepaalde waarde, hetgeen aanvaardbaar kan worden geacht.





Op bijlage 13 werd een lijn getrokken, die het verband tussen globale cirkelstroom en Nederrijn-afvoer weergeeft.

2. Met behulp van de slibgehalten, die werden bepaald in dezelfde verticalen, waarin stroomrichting en -snelheid werden gemeten, kan men het in- en uitgaande slibtransport loodrecht op de meetraaien berekenen. Het algebraïsche verschil van beide getallen geeft aan, hoeveel slib er in de noordelijke voorhaven onder verschillende omstandigheden van de afvoer achterblijft. De uitkomsten, vermeld in onderstaand staatje, na correctie op de globale cirkelstroom, zijn weergegeven op bijlage 13

datum	afvoer Nederrijn in m <sup>3</sup> /sec.	slibinvoer in gr/sec	slibafvoer in gr/sec	aanslib- bing in gr/sec
30.3.55	950	3800	3670	130 3-4%
6.4.55	540	3320	2420	900 *
11.4.56	260	2510	1500	1000

\* Van deze meting moesten vele onbetrouwbare meetpunten terzijde worden gesteld. Tussen en vanaf de betrouwbare meetuitkomsten werd geïnter- en geëxtrapoleerd. Daardoor kan aan de uiteindelijke uitkomst geen al te grote waarde worden gehecht.





Uit de tevens op bijlage 13 ingetekende afvoerfrequentielijn van de Nederrijn blijkt, voorzover dat aan de hand van de drie slibpunten kan worden geconcludeerd, dat de toppen van de frequentielijn <sup>e</sup> in de aanslibbingslijn vermoedelijk in elkaars buurt zullen liggen.

Een neerslag van 1000 gram droog slib per seconde komt, uitgaande van de door de directie Utrecht bij haar brief nr. 583 van 8 januari 1955 verstrekte cijfers, overeen met een afzetting van omstreeks  $220 \text{ m}^3$  modder per dag of een aanslibbing van  $1/4$  cm per dag.

b. De op 31 maart 1955 verrichte stroomrichting- en snelheidsmeting in de mond van de noordelijke voorhaven geeft de mogelijkheid om een cijfer te berekenen omtrent de kwantitatieve uitwisseling tussen het rivier- en havenwater (bijlage 8). Uitgerekend zijn de in- en uitgaande stroom loodrecht op het vlak van de meetraai, men vindt respectievelijk 35 en  $75 \text{ m}^3/\text{sec}$  na inachtnaam van een correctie op enkele onwaarschijnlijke waarden in de afvoerfiguur. Gaat men uit van het gearceerde gedeelte van de afvoerfiguur, dan vindt men  $31 \text{ m}^3/\text{sec}$  als uitgaande stroom.





De in- en uitgaande stroom zijn het sterkst geconcentreerd in de nabijheid der pijlers. Het is niet onaannemelijk, dat er in het middelpunt van de mond onnauwkeurigheden zijn ontstaan door miswijzingen in de stroomrichting. Vanuit dat gezichtspunt is ~~de~~ de uitwisselingsstroom op  $35 \text{ m}^3/\text{sec}$  gesteld.

Daar de in- en uitgaande stroom het sterkst geconcentreerd zijn in de nabijheid der pijlers en in het middelste deel gemakkelijker onnauwkeurigheden in kunnen sluipen door geringe miswijzingen in de stroomrichting of als gevolg van niet nauwkeurig in de raai liggen, komt het aannemelijk voor, de uitwisselingsstroom in dit geval te stellen op  $35 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Uitgaande van nulpunt en het zojuist gevonden getal, is op bijlage 13 een lijn getrokken, die men de uitwisselingslijn zou kunnen noemen. Het hieruit af te leiden uitwisselingspercentage is 5%, bij de hogere afvoeren teruglopend tot ongeveer 4%. Vanzelfsprekend kan aan deze uitkomst geen al te grote nauwkeurigheid worden toegekend (zie ook blz. 22). Wel kloppen de cijfers redelijk met de in de Inleiding op blz. 2 genoemde cijfers van de modelproeven.

c. Uit de grootte van de cirkelstroom en het daarvoor beschikbare dwarsprofiel is de gemiddelde snelheid in de noordelijke voorhaven af te leiden. (bijlage 13). Tenslotte kan uit de nu beschikbare gegevens van cirkelstroom, uitwisselingsdebiet en gemiddelde





snelheid in de voorhaven worden afgeleid, hoelang een zeker volume rivierwater in de noordelijke voorhaven verblijft, eer dit weer in de rivier terugkeert. Bij een gemiddeld af te leggen weg in de haven van 650 m, vindt men de in het hieronder staande staatje vermelde cijfers, bepaald m.b.v. de formule:

$$t = \frac{s}{v} \times \frac{c}{u} \times \frac{1}{60} \quad \text{waarin:}$$

t = verblijftijd in min.  
 s = gem. af te leggen weg in m (650m)  
 v = gem. snelheid in m/sec  
 c = cirkelstroom in m<sup>3</sup>/sec  
 u = uitwisselingsstroom in m<sup>3</sup>/sec

datum	afvoer Nederrijn in m <sup>3</sup> /sec	cirkelstr. in m <sup>3</sup> /sec	uitw. str. in m <sup>3</sup> /sec	$\bar{v}$ m/sec	verblijf in haven in min
30.3.55	950	160	4,2 40	0.13	330
6.4.55	540	100	4,6 25	0.10	430
11.4.56	260	45	5,8 15	0.05	650
	100	18	6 6	0.02	1600

Hoe kleiner de Nederrijn-afvoer, des te langer blijft een zeker volume water in de voorhaven, en relatief des te meer slib zal dit water in de haven achterlaten. De slibafvoerkromme van de Nederrijn bij Arnhem laat zien, dat het slibgehalte van het rivierwater in het algemeen bij lager wordende afvoeren afneemt, doch beneden 400 m<sup>3</sup>/sec daarentegen weer toeneemt.





In het aanslibbingsproces spelen dus juist deze lage afvoeren een relatief grote rol.

d. Met behulp van de op blz. 15 gevonden aanslibbingscijfers en aannemende, dat deze eveneens gelden voor de zuidelijke voorhaven, is te berekenen, wat het verschil in slibgehalte moet zijn tussen het rivierwater direct boven- en direct benedenstrooms van de rivierkruising. Men vindt:

datum	afvoer Nederrijn in m <sup>3</sup> /sec	aanslibbing in gr/sec	slibgehalteverschil in mg/l, dat hieruit volgt voor rivierwater
30.3.55	950	260	0.3
6.4.55	540	1800	3.5
11.4.56	260	2000	7.5

Zoals uit de op bijlage 11 vermelde cijfers blijkt, is er weinig overeenstemming met de zojuist berekende cijfers. Dit is eensdeels een gevolg van de te geringe meetdichtheid op de rivier (slechts 5 verticalen per raai en slechts 3 meetpunten per verticaal), andersdeels van het van moment tot moment wisselende slibgehaltecijfer in de rivier. Dit laatste moge voldoende blijken uit de op bijlage 15 verwerkte proefnemingen. Fluctuaties van 35





tot 40% t.o.v. het gemiddelde slibgehalte kunnen blijken deze proefnemingen in opeenvolgende metingen in één punt voorkomen.

Aan bovenstaande bezwaren kan worden tegemoetgekomen door vergroting van de meetdichtheid en door toepassing van een meetapparatuur waarbij de fluctuaties in het slibgehalte continu worden geregistreerd.

- c. Hoeveel procent van de slibafvoer in de rivier slaat er in de havens neer? Het globale antwoord voor drie gevallen is te vinden in onderstaand staatje:

datum	afvoer NR in $\frac{m^3}{sec}$	slibafvoer in gr/sec	aanslibbing in gr/sec	percentage aanslibbing van slibafvoer
30.3.55	950	48500	260	0.5
6.4.55	540	23000	1800	8
11.4.56	260	10000	2000	20

Uit bijlage 13 blijkt, dat bij de het veelvuldigst voorkomende afvoeren meer slib in de havens achterblijft dan destijds uit de modelproeven viel te voorzien (Inl. blz. 2). De hierboven vermelde uitkomst lijkt ook zeer wel te rijmen met het op blz. 1 genoemde cijfer van 15%.





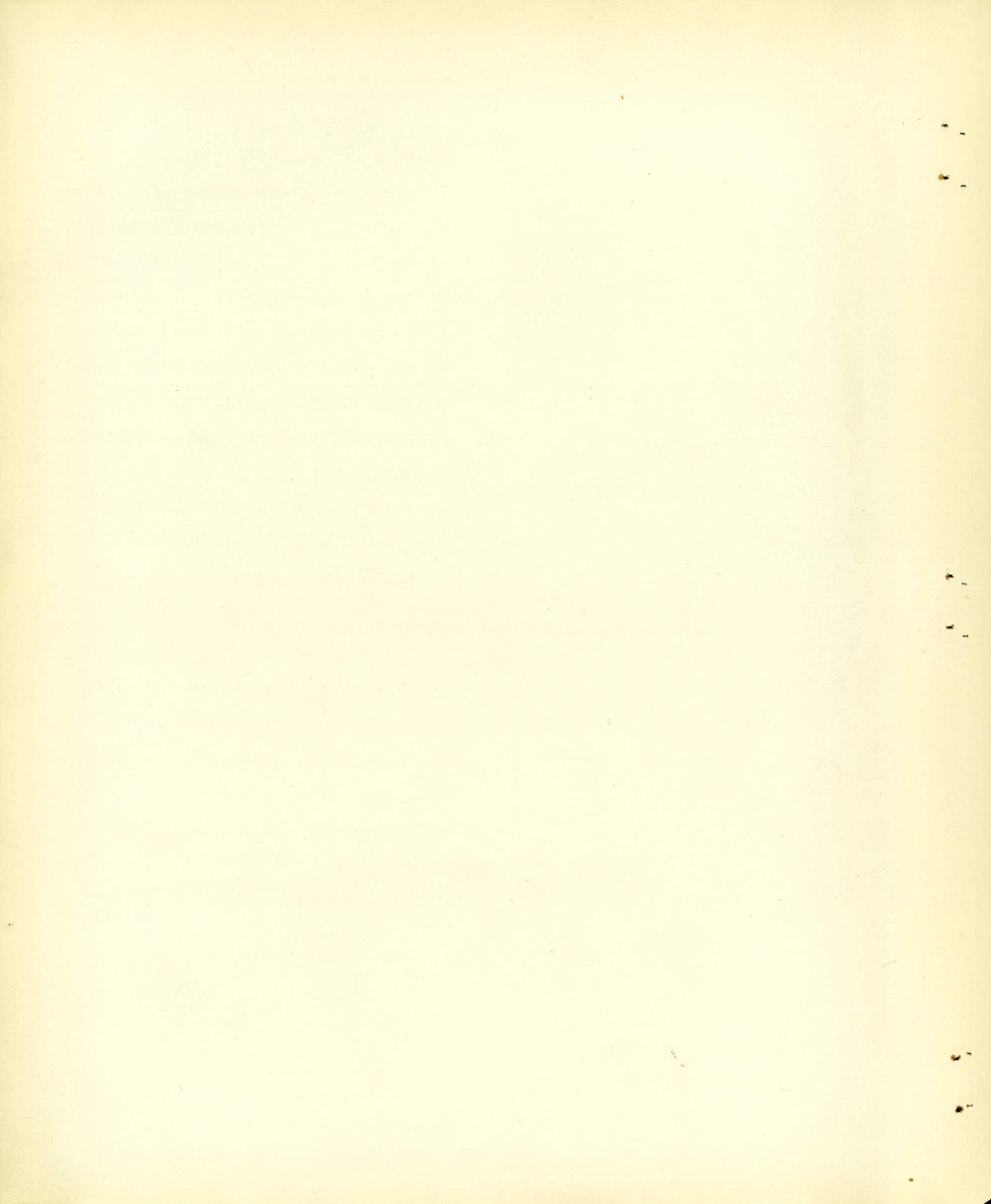
par.5 SAMENVATTING.

Naar aanleiding van uit peilingen in juni en september 1954 afgeleide gegevens over de slibneerslag in de voorhavens van de rivierkruising te Wijk bij Duurstede kwam het gewenst voor, een nader onderzoek in te stellen naar de mate van uitwisseling tussen rivier- en havenwater. De gevonden aanslibbingscijfers wezen namelijk uit, dat 15% van de totale slibafvoer van de rivier in de beide havens terecht kwam, terwijl de destijds uit de modelproeven in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft getrokken prognose op  $\pm 5\%$  duidde.

In december 1954, maart-april 1955 en april 1956 is een groot aantal metingen verricht eensdeels betrekking hebbende op de wateruitwisseling, anderzijds op het slibgehalte van rivier- en havenwater (bijlage 1). Verricht werden:

drijvermetingen  
 stroomrichtings- en snelheidsmetingen  
 slibgehaltemetingen en  
 slingermetingen (onder een slingermeting is te verstaan, het vastleggen van de gedragingen van een aantal drijvers onderling verbonden en als geheel aan een vast punt bevestigd).





De meetgegevens werden gedeeltelijk langs fotografische weg verkregen.

Van de metingen betrekking hebbende op de stabiliteit van de neer-stroom in de voorhavens zijn de resultaten vastgelegd op de bijlagen 2 t/m 8, 12, 16 en 17. De stromingen in de voorhavens zelf zijn weergegeven op de bijlagen 9 en 10, die ook enkele gegevens over de slibgehalten bevatten, terwijl volledige slibhaltegegevens zijn te vinden op de bijlagen 11 en 15

Een verwerking der gegevens (bijlage 13) geeft aanleiding tot het volgende overzicht:

afvoer Nederrijn m <sup>3</sup> /sec	uitw.str. m <sup>3</sup> /sec	verblijftijd in de haven in min. gedu- rende:	aanslibbing in gr/sec	% van slib- transport in de rivier	uitw. perc.
950	40	330	260	0.5	4.2
540	25	430	1800	8	4.6
260	15	650	2000	20	5.8

Deze uitkomsten zijn voorlopig nog als zeer globaal te beschouwen.



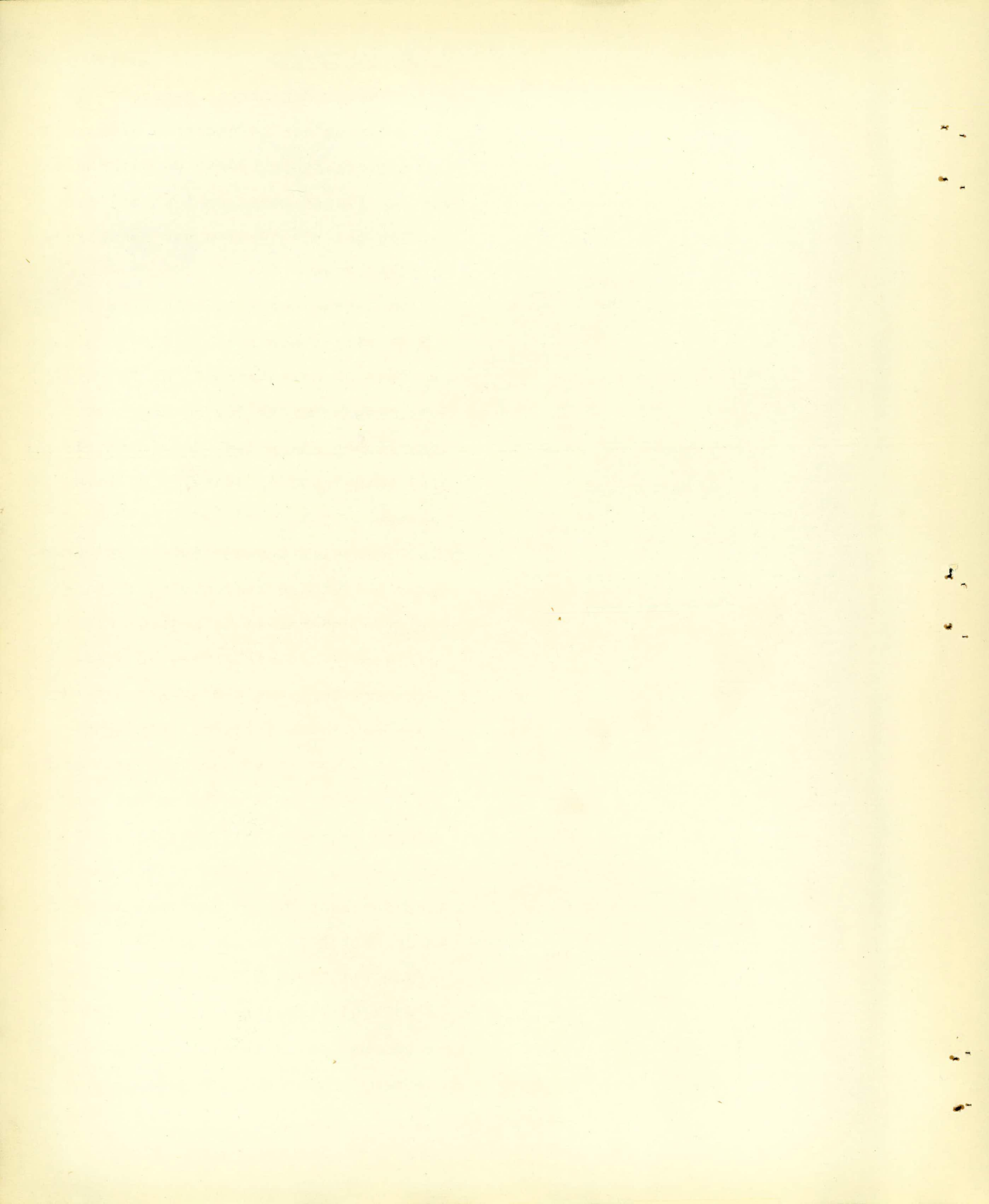


par.6.CONCLUSIES.

Hoewel het aantal gegevens te gering is om een gefundeerde uitspraak te rechtvaardigen, geven de uitkomsten van de diverse metingen toch wel aanleiding tot het trekken van de volgende conclusies:

- a. Uit de drijfvermetingen (bijlagen 2 t/m 5) blijkt een behoorlijke stabiliteit van de neerstroom in de havens. ~~vans. Ondanks windbeïnvloeding kent slechts~~ <sup>2</sup> een klein deel der in de rivier losgelaten drijvers <sup>(kwam)</sup> in de haven terecht.
- b. Het grensvlak tussen rivier- en havenwater blijkt aan sterke plaatsveranderingen onderhevig te zijn. Elkaar snel opvolgende richtings- en snelheidsveranderingen werden geconstateerd met losse drijvers (bijlagen 6 en 16), met de stroomrichtingmeter SRM 1 (bijlagen 7 en 8) en met een slinger drijvers (bijlagen 12 en 17). De absolute grootte der richtingsveranderingen blijkt maximaal te zijn in de nabijheid van de bovenstroomse pijler. (bijlagen 1, 7 en 8).
- c. De wateruitwisseling tussen rivier en voorhavens is in grote lijnen in overeenstemming met het model.





- d. De met behulp van wateruitwisseling en slibgehalte bepaalde slibneerslag kan, vooral bij afvoeren lager dan die, welke in de afvoerfrequentietop liggen, meer dan 20% bedragen van het slibtransport in de rivier. (bijlagen 9 t/m 11 en 13 t/m 15).
- e. Gezien de fluctuaties in het slibgehalte (bijlage 15) is het zeer gewenst over te gaan tot een meetmethode waarbij het verloop van het slibgehalte gedurende langere tijd continu wordt geregistreerd.
- f. Kan aan het gestelde in e worden voldaan, dan moeten de stroomrichtings-, snelheids- en slibgehaltemetingen worden herhaald bij diverse Nederrijn afvoeren, om de hierboven vermelde voorlopige conclusies op hun juistheid te toetsen.

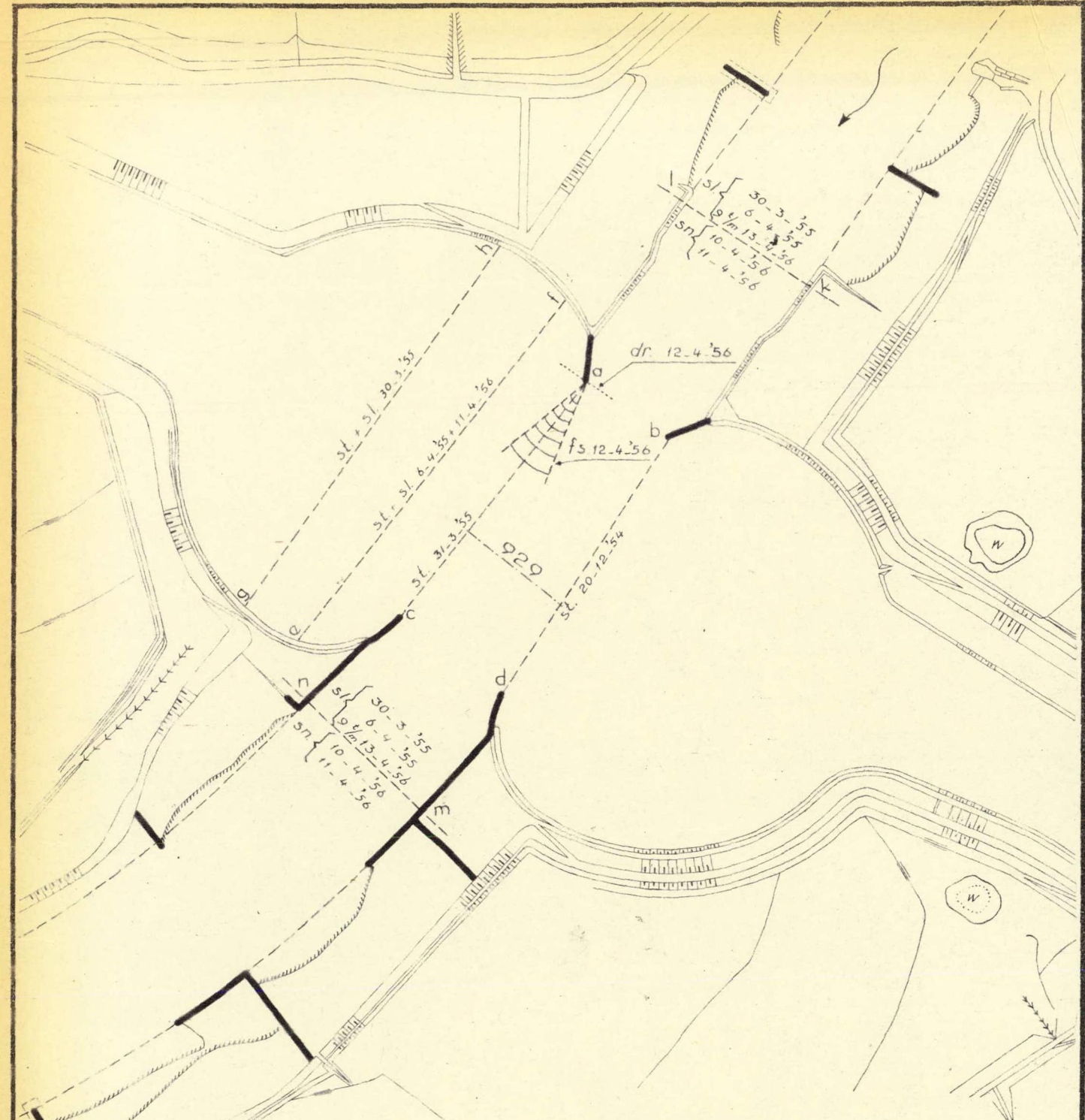
De Ingenieur 1e klasse

W.F.H.

Gezien: de Hoofdingenieur  
voor de Studiedienst

JK.





**TOELICHTING**

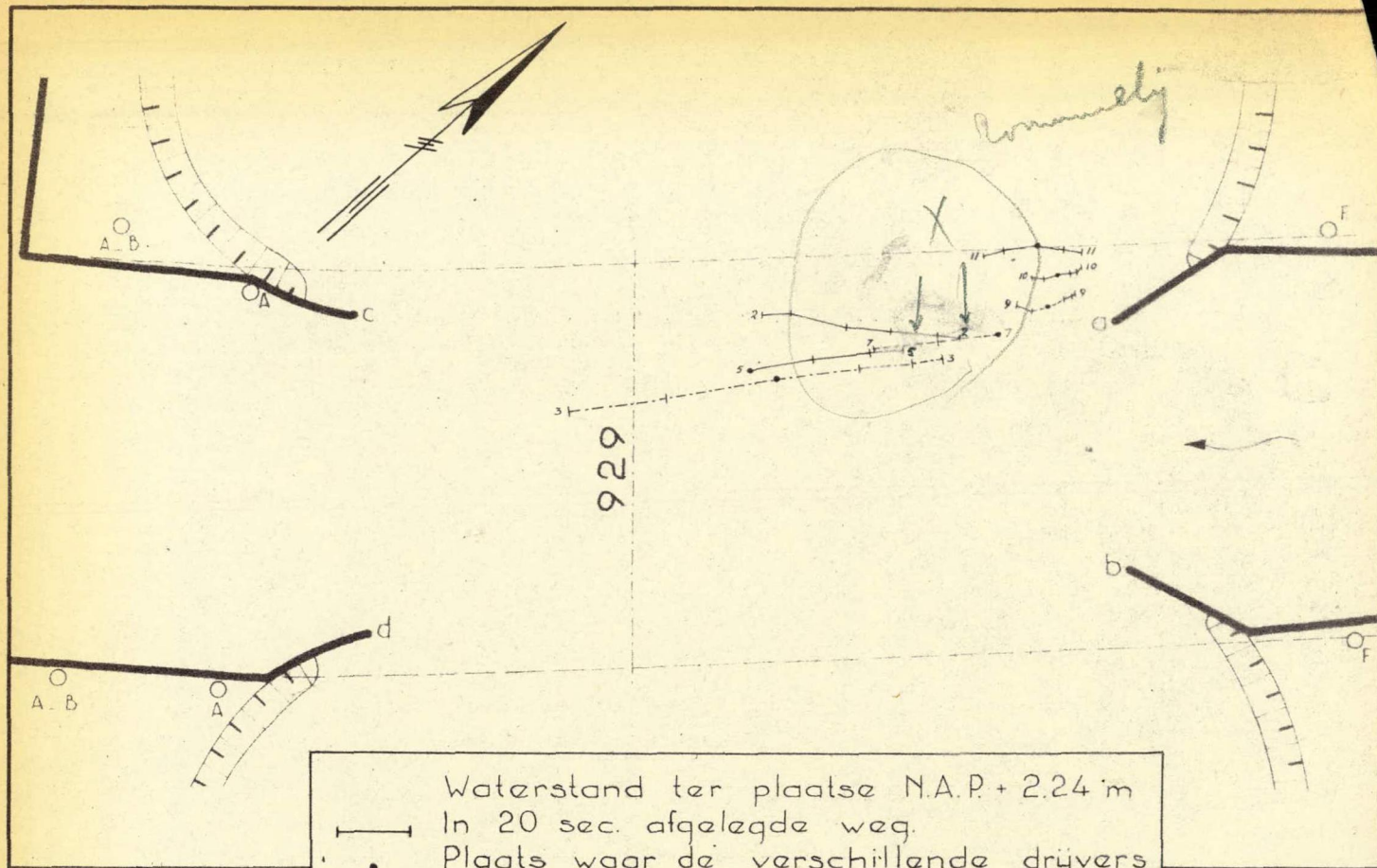
- sl = Slib
- st = Stroomrichting + snelheid
- sn = Snelheid
- fs = Foto's dryvermetingen
- dr = Uitzetplaatsen dryvers

De ingenieur			RIVIERKRUISING WJK BI DUURSTEDEN OVERZICHT VAN RAAIEN EN DAAR- IN UITGEVOERDE METINGEN	Nota 5520	
Getekend				Bijlage 1	
Gecontr.			Schaal 1:5000		
Gez.			A1 57.357		
			R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst		

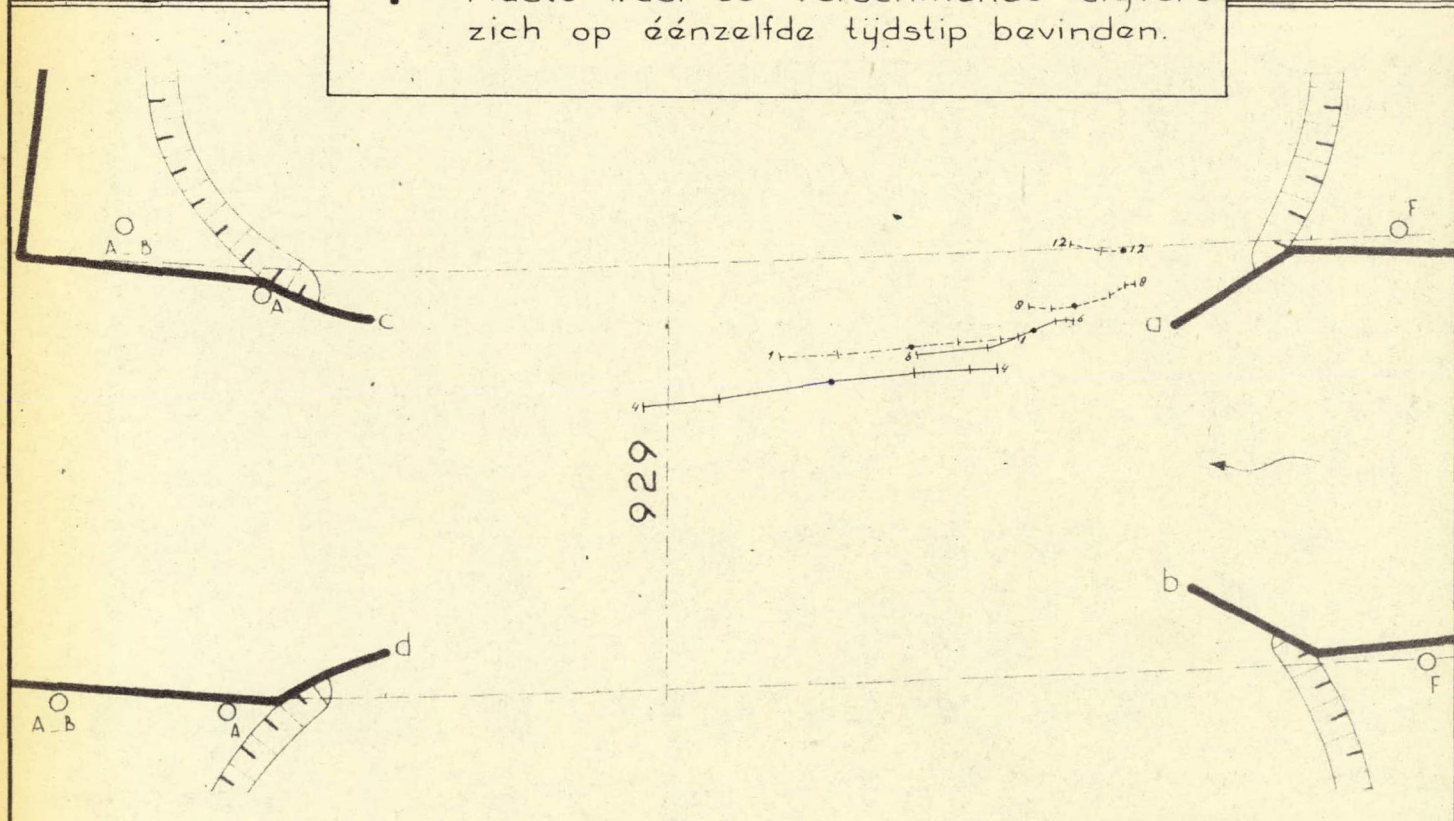


1. Overzicht rivierkruising en situatie meetraaien.





Waterstand ter plaatse N.A.P. + 2.24 m  
 — In 20 sec. afgelegde weg.  
 • Plaats waar de verschillende drijvers zich op éézelfde tijdstip bevinden.



Drijverbanen van een twaalfstal oppervlaktedrijvers, zo snel mogelijk na elkaar in eenzelfde raai uitgezet, fotografisch vast gelegd. De foto's werden gemaakt met tussenpozen van 20 sec.

De ingenieur			RIVIERKRUISING WJK BIJ DUURSTEDEN DRUVERMETING 12 APRIL 1956	Nota 55 20
Getekend	Gecontr.	Gez.		Bylage 6
			R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst	Schaal 1:2500
				A2 57.362



6. Fotografische vastgelegde drijvermeting 12-4-'56.



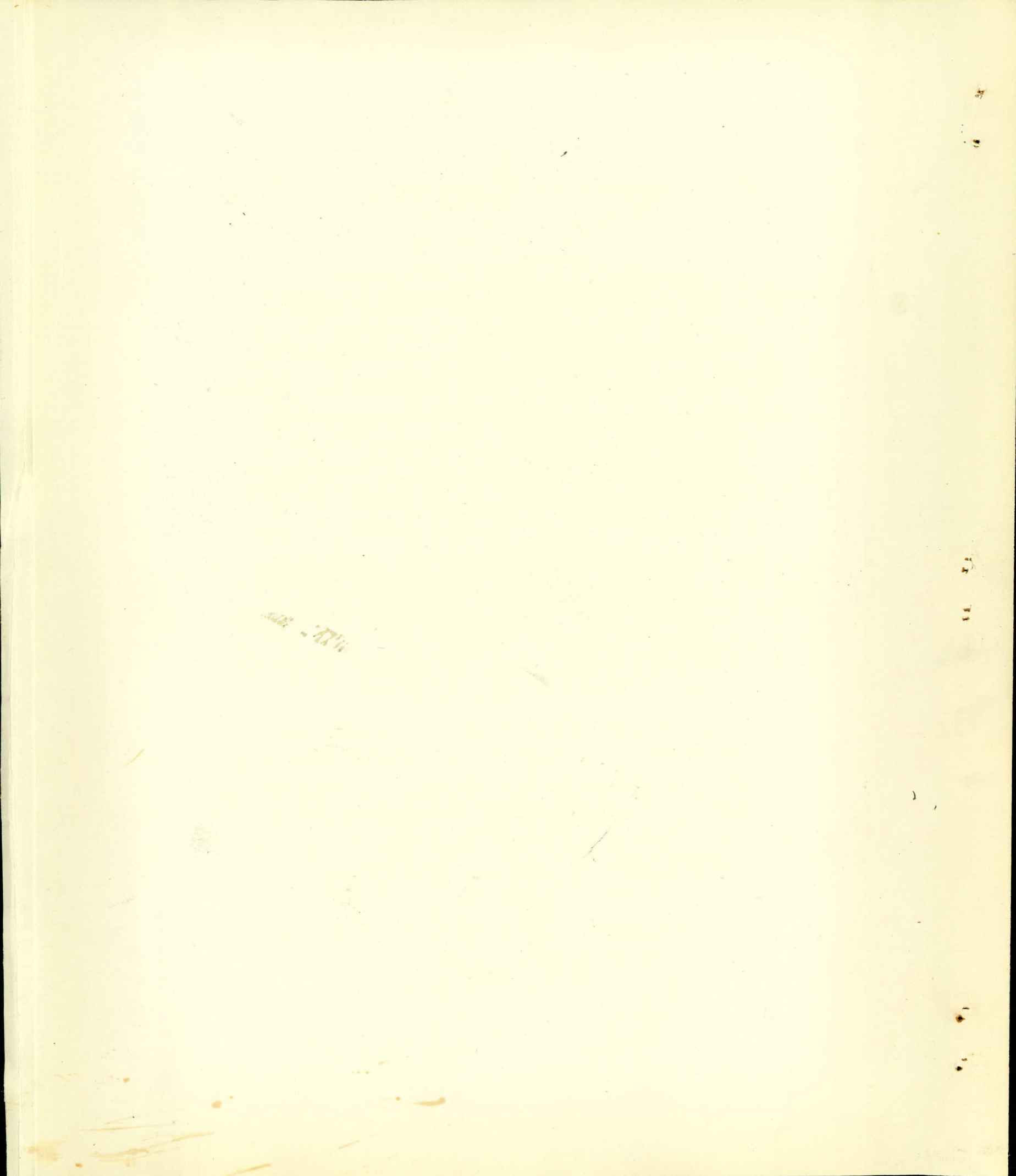




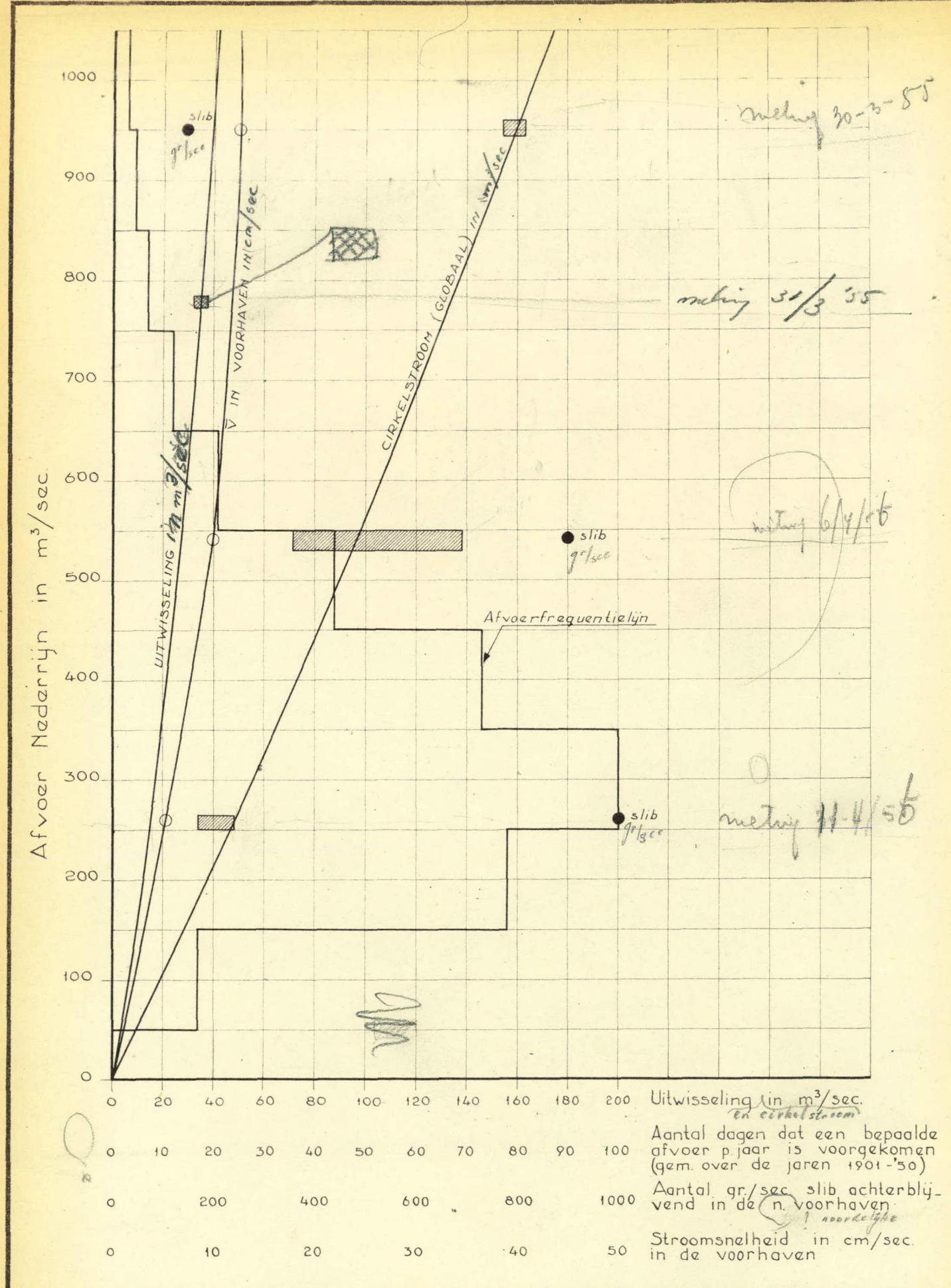
10. Water- en slibafvoer Nederrijn km 928.625











0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100  
 0 200 400 600 800 1000  
 0 10 20 30 40 50

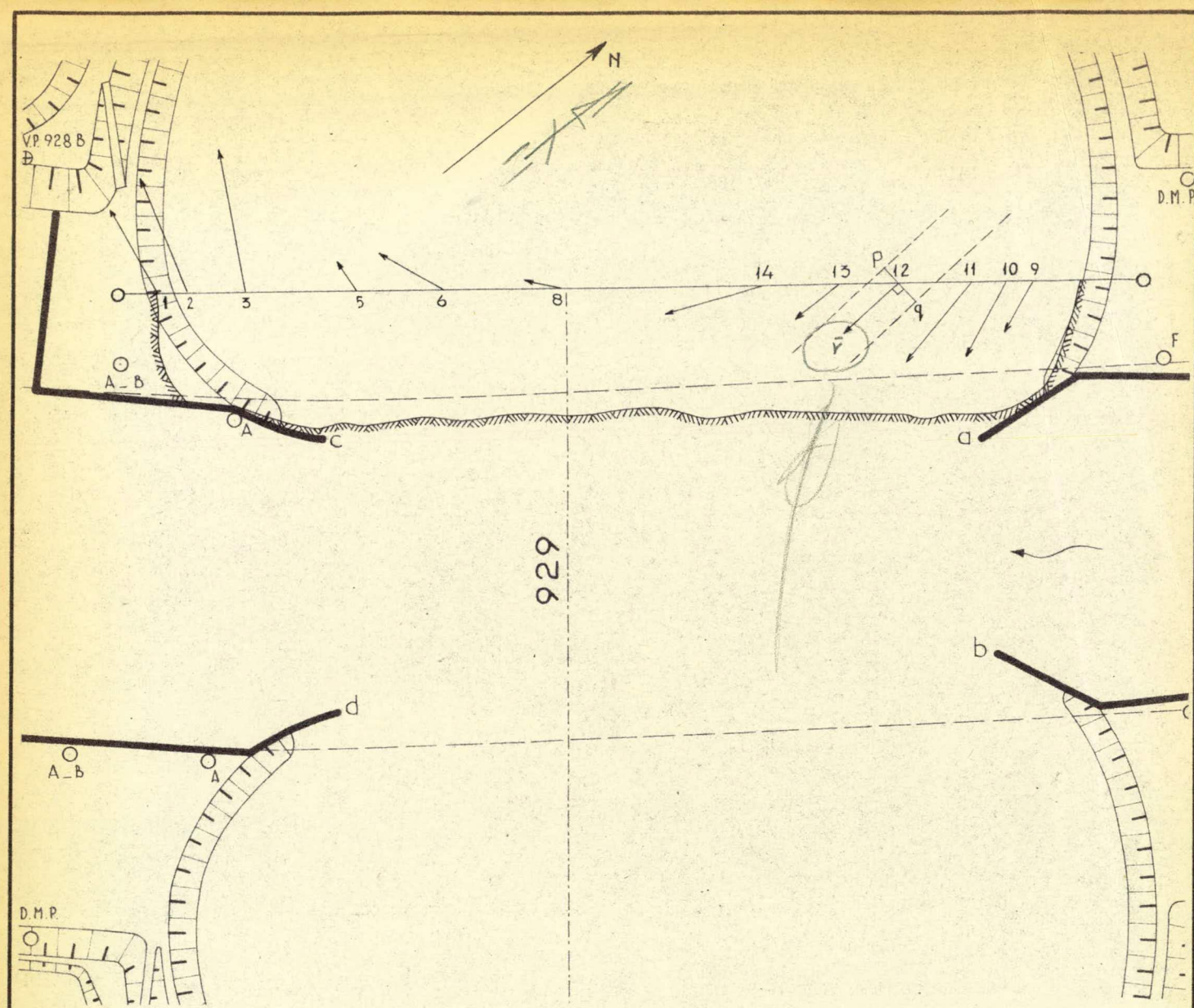
Uitwisseling in m<sup>3</sup>/sec.  
 en cirkelstroom  
 Aantal dagen dat een bepaalde afvoer p. jaar is voorgekomen (gem. over de jaren 1901-'50)  
 Aantal gr/sec slib achterblijvend in de n. voorhaven  
 Stroomsnelheid in cm/sec in de voorhaven

De ingenieur			RIVIERKRUISSING WJK BIJ DUURSTEDEN	Nota 55.20
Getekend			VERBAND TUSSEN AFVOER NEDERRIJN EN CIRKELSTROOM RESP. SLIBNEERSLAG	Bijlage 13
Gecontr.			R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst	A1 57.369
Gez.				



13. Verband tussen afvoer Nederrijn, cirkelstroom  
in noordelijke voorhaven en slobneerslag.





Waterstand p.s. Irenesluis op 11 april 1956 8.00 h  
 N.A.P. + 2.28 m

Snelheidsschaal 1cm  $\hat{=}$  0.1 m/sec  
 Diepteschaal 1cm  $\hat{=}$  2 m

Per verticaal is de resulterende stroomrichting  
 en de gem. stroomsnelheid bepaald.

De afvoer per meetvak (bijv. vak 12) kan nu bepaald worden  
 door de resulterende stroomsnelheid ( $\bar{v}$ ) te vermenigvuldigen met de herleide breedte p-q en de  
 waterdiepte (d) ter plaatse.

De ingenieur			RIVIERKRUISING WIJK BIJ DUURSTEDE Resulterende stroomrichtingen en snelheden van de meting van 11 april 1956.	Nota 55.20	
Getekend	Gecontr.	Gez		bijlage 14	
<i>H.H.</i>			R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst	A1	57.370



14. Stroombanen cirkelstroom 11 april 1956.