Leidraad voor het verrichten van afvoermetingen op de Nederlandse hoofdrivieren

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

Postbus 9070
6800 ED Arnhem
Tel. 026 - 3688355

LEIDRAAD VOOR HET VERRICHTEN VAN AFVOERME

LANDSCHE HOOFDRIVIEREN

INHOUD

A. gedeelte geldende zoowel voor afvoermetingen met drijvers als voor die met vleugelapparaten (molentjes)

§ 1. Tijdstippen van meting.

1. Zooveel mogelijk de afvoermetingen te verrichten bij alle voorkomende standen, van hoog tot laag en voor zoover de rivier daartoe in het betrokken jaar gelegenheid biedt, ook bij de hooget voorkomende standen.

2. De metingen zoo mogelijk gelijkmatig over de hoogte verdeelen, b.v. bij de lagere afstanden in het algemeen 0.50 m hoogteverschil. Metingen in hetzelfde jaar bij standen weinig verschillende van een stand waarbij eerder gemeten is in dat zelfde jaar, zijn niet noodig.

Toelichting: Het verrichten der metingen geschiedt:

1e. Wat den Rijn betreft - met het oog op het controleeren der waterverdeeling over de verschillende takken.

2e. Vooral bij de lagere standen, met het oog op het constateeren van eventuele veranderingen, welke in het rivierbed en daarmede samenhangende in de waterstanden zich voordoen.

3e. Met het oog op het verkrijgen van afvoercijfers voor de afvoerkrommen bij de hoogere en hoogst voorkomende standen, waaromtrent tot heden nog betrekkelijk weinig gegevens bekend zijn.

§ 1. De metingen bij zeer hooge standen, die op zichzelf groot gevaar kunnen opleveren, alle voorzorgsmaatregelen te nemen, tot voorkoming van ongelukken en ongevallen voor het bij de afvoermeting werkzaam zijnde personeel.

4. Wanneer het eene doorgaande rivier betreft, is het beter in den kortst mogelijke tijd op één plaats of betrekkelijk weinig plaatsen bij zooveel mogelijk verschillende waterstanden te meten, dan op zooveel mogelijk plaatsen te gelijk of kort na elkaar. Dit sluit uit den aard der zaak niet uit, dat bij splitsingspunten als bij den Rijn op elke tak metingen zijn uit te voeren.

§ 2. Keuze en plaats van Drijfvakken of meetprofielen.

1. Drijfvakken, in geval van drijvermetingen, of met profielen, in geval van het gebruik van molentjes, zooveel mogelijk te kiezen in een regelmatig riviervak, waarin geen stroomlooze gedeelten of gedeelten met tegenstroom voorkomen.

- Bij -

Bij voorkeur niet meten bij bruggen met tusschenpijlers, aangezien nabij deze pijlers de strooming veelal onregelmatig is.
2. Drijfvak of meetprofiel zooveel mogelijk kiezen in de nabijheid van een geregeld waargenomen Rijkspeilschaal, ten opzichte van welke schaal de afvoeren zullen zijn aan te geven.

Afstanden van eenige km's tusschen peilschaal en plaats van meting zijn toelaatbaar, tenminste indien de afvoer op de meetplaats uitsluitend door de waterstanden aan de peilschaal wordt bepaald.
3. Is in de nabijheid eener geregeld waargenomen peilschaal geen geschikte meetplaats, dan dient in de onmiddellijke nabijheid der meetplaats een peilschaal te worden opgesteld, die tijdens de meting geregeld waargenomen wordt.
4. In het geval eene zijrivier, met afvoer van voldoende beteekenis, aanwezig is, dient de afvoer bepaald te worden, voor twee peilschalen: één op de hoofdrivier, één op voldoende afstand stroomopwaarts op de zijrivier gelegen. Men dient voor de hoofdrivier diverse afvoeren te bepalen voor één bepaalden stand van de zijrivier; dit moet dan voor verschillende standen op de zijrivier worden gedaan; op deze wijze wordt een bundel afvoerlijnen verkregen.
5. De plaats van een drijfvak of meetplaats zoodanig op het terrein vastleggen, dat deze steeds terug te vinden is. Zooveel mogelijk moet steeds in dezelfde profielen gemeten worden.
6. De meetprofielen zooveel mogelijk rechthoekig op de as der rivier te nemen.
7. De profielen in te deelen, uitgaande van het 0 punt op één der oevers en dit 0-punt zoo te kiezen, dat het bij latere metingen gemakkelijk weder teruggevonden en gebruikt kan worden.
8. De plaats der drijf-of meetvakken op een rivierkaartje 1 : 10.000 aangeven.

§3. Oppeilen van de profielen
1. Voorafgaand aan de afvoermeting - zoo noodig op den aan de meting voorafgaanden dag - worden de profielen zoo nauwkeurig mogelijk opgepeild.

De peilingen geschieden langs een gespannen lijn op afstanden van 5 m.
2. Met het oog op afvoermetingen bij zeer hooge standen worden ter plaatse der profielen, waar alsdan de metingen geschieden zullen, te voren de profielen over de betrokken gedeelten van het winterbed opgenomen.
3. In geval van een zeer bewegelijken bodem, dient na de afvoermeting het profiel opnieuw te worden opgepeild.

§ 4. Waarneming van waterstanden.
1. Tijdens en eenigen tijd vóór of na de meting afhankelijk van den afstand der peilschaal tot de meetplaats en de snelheid van voortbeweging der hoogwatergolf(welke laatste globaal op 3 km per uur kan worden aangenomen), de peilschaal, waarop de afvoeren worden gesteld, met korte tusschenpoozen aflezen, b.v. om het kwartier, tenzij het een registreerende is.
2. Is de hoofdpeilschaal niet geplaatst in de onmiddellijke nabijheid van de plaats van meting, dan gedurende de meting een hulppeilschaal van zeer eenvoudige aard opstellen (lichte paal met horizontale spijker, van welke af met de duimstok den afstand tot de waterspiegel gemeten wordt); de hoogte van de hulppeilschaal vastleggen ten opzichte van een hoogtepunt in de nabijheid.

Aflezing als onder 1 vermeld.

§5 Bepaling van den waterstand, waarbij gemeten is.

Bij permanentie in de waterafvoer is de gelijktijdig met de meting afgelezen stand aan de hoofdpeilschaal of hulppeilschaal de stand, waarbij de meting heeft plaats gehad.

- Bij -

Bij stijgend of vallend water, het verloop der standen aan hoofdpeilschaal en hulppeilschaal grafisch opteekenen. In den regel geven dan bijzondere punten in de lijnen voldoende aanwijzing voor de bij elkaar behoorende punten dier grafische voorstellingen te bepalen (b.v.toppen, of in het oog vallende plotselinge stijgingen, enz.) Als waterstand aan de hulppeilschaal bij de plaats van meting is te nemen het gemiddelde der tijdens de meting met gelijke tijdsinvallen afgelezen standen. De stand aan de hoofdpeilschaal is dan op de in de vorige alinea aangegeven wijze te bepalen.

B.(gedeelte,speciaal op drijvermetingen betrekking hebbend).

§ 6.Uitvoering metingen met drijvers, meer in het bijzonder op de Rijntakken.

De afvoermetingen op den Bovenrijn en zijne takken: Waal, Pannerdensch Kanaal, Nederrijn en IJssel, geschieden als regel op denzelfden dag, in de profielen A,B,C,D en E (zie figuur 1).

De afvoeren moeten dus voldoen aan de betrekkingen:

A = B + C en C = D + E.

Bij deze drijvermetingen worden in elk drijfvak op eenige riviertak vier raaien, loodrecht op de richting van den stroom met jalons uitgezet(zie nevenstaande figuur 2 en wel de punten aangeduid door O).

De drijvers worden uitgeworpen in de raai a - b.
De afstand tusschen de raaien a -b en c - d, welke ongeveer 30 à 50 m bedraagt, moet zoodanig zijn, dat bij het bereiken van de raai c - d de drijvers een gelijkmatige snelheid hebben verkregen. De raaien c - d en g - h zijn de eigenlijke drijfraaien, de afstand daartusschen bedraagt 100 m.(bij IJssel minder) In elk dezer raaien bevindt zich een waarnemer (S^1 en S^2,) die het oogenblik waarop de drijver de raai passeert door eenig signaal kenbaar maken. De afstand tusschen c - d en g - h wordt over raai e - f in twee gelijke deelen verdeeld.

In deze raai e - f, bevindt zich op een oever een planchet, waarmede worden opgenomen de punten van kruising der lijnen c - d en g - h met de banen der drijvers.Nabij de planchet bevindt zich een waarnemer T, die met behulp van een chronometer het aantal seconden noteert, dat de drijvers noodig hebben om de afstand tusschen c - d en g - h af te leggen.

Volgens de resultaten der verrichte peilingen, (zie figuur 3) worden de dwarsprofielen geteekend en op grond daarvan het gemiddeld profiel bepaald, dat verder voor de berekening wordt gebruikt.
Het bepalen der lengte van de drijvers geschiedt naar het minimumprofiel.

De drijvers worden in de uitwerp-raai uitgeworpen in punten op onderlinge afstanden van ± 20 à 40 m. De juiste plaats van uitwerpen wordt met de planchet aangeteekend(zie het punt p in figuur 4)

In elk punt,als boven bedoeld in de uitwerp-raai,worden kort na elkaar 4 drijvers uitgeworpen.Voor elke drijver wordt de tijd in seconden genoteerd, welke noodig is om den afstand tusschen de raaien c - d en g - h te doorloopen; voor de berekening der snelheid wordt het gemiddelde der 4 genoteerde tijden genomen. Met behulp der planchet worden op het moment, dat de waarnemers in s^1 en s^2 het signaal geven, de punten aangeteekend in de lijnen c - d en g - h, waar de drijvers die lijnen passeeren (zie p^1 en p^2 figuur 5.)

Aannemende, dat de drijvers de rechte lijn tusschen de punten P^1 en P^2 hebben gevolgd, kon men op de planchet het punt P aangeven waarin elke drijvende lijn e - f heeft gekruist; voor elke serie van 4 achter elkaar uitgeworpen drijvers kan dan het gemiddelde punt van kruising worden bepaald.
Figuur 6 geeft aan het gemiddeld profiel, met de vertikalen, waarin de drijvers gedreven hebben. Vertikaal naar boven zijn de berekende snelheden der drijvers uitgezet, de verbindingslijn der zoo verkregen punten geeft de snelheidskromme, die voor elke vertikaal de ge-

- middel -

middelde snelheid geeft.

§ 7. Berekening van den afvoer bij Drijvermetingen.

Wanneer op deze wijze de gemiddelde snelheid voor elke vertikaal in het profiel bekend is, kan de afvoer volgens de methode Harlakar als volgt berekend worden. Zij (figuur 7) A,B,C het gemiddeld profiel, $\bar{v}$ de gemiddelde snelheid E D in een willekeurige vertikaal E.B, z de diepte E.B., X, de afstand A E. dan zal de afvoer Q worden bepaald over $Q = \int z\bar{v}\,dx$

waarbij de integraal over de geheele oppervlakte moet worden genomen. Vanuit het punt E als middelpunt wordt met E D als straal een kwart cirkel D P beschreven. Verder wordt vanaf het punt E uitgezet een willekeurige lengtemaat E G = a. Verbindt men G met B en trekt men door het punt P een lijn // aan G.B, welke evenwijdige lijn de vertikaal E.B. in R snijdt, dan zal de lengte E.R. gelijk zijn aan

$$ER = EB \times \frac{EP}{EG} = \frac{z\bar{v}}{a} \quad \text{en } Q = a\int ER\,dx$$

De meetkundige plaats van de punten R zal eene kromme lijn A.R.C vormen waarvan de oppervlakte, bepaald met den planimeter, de waarde van laatstgenoemde integraal zal geven, die, vermenigvuldigd met a, de waarde Q zal geven.

Bijlage A.

Vereffening der afvoermetingen.

I Drijvers

De uitkomsten der afvoermetingen op de Rijntakken, waarbij op denzelfden dag 5 metingen worden verricht waartusschen 2 betrekkingen bestaan, kunnen vereffend worden volgens de methode der kleinste vierkanten (directe waarnemingen met voorwaarden-vergelijkingen).

De eenige moeilijkheid, die zich daarbij voordoet, is de aanname der gewichten.

Uitgaande van het feit dat de afvoer van een rivier gelijk is aan de som der gemeten afvoeren der vakken, waarin men de rivier verdeelt, is de onderstelling gewettigd dat de absolute grootten der middelbare fouten van afvoermetingen op verschillende rivieren rechtstreeks evenredig zijn aan de vierkants wortels uit de afvoeren, zoodat dus de gewichten omgekeerd evenredig met de afvoeren kunnen worden aangenomen. Zonder noemenswaardig verschil in de uitkomst kan men dan, ter vereenvoudiging van de berekening, inplaats van de afvoeren, voor de bepaling der gewichten de globale verhoudingscijfers 9, 6, 3, 2 en 1 gebruiken.

Men krijgt de volgende notaties:

	Werkelijk gemeten afvoer.	Aan te brengen correctie	Vereffende afvoer	Gewicht
Boven-Rijn	P_1	x_1	$P_1 = P_1 - x_1$	$g_1 = \frac{1}{9}$
Waal	P_2	x_2	$P_2 = P_2 - x_2$	$g_2 = \frac{1}{6}$
Pann. Kanaal	P_3	x_3	$P_3 = P_3 - x_3$	$g_3 = \frac{1}{3}$
Neder-Rijn	P_4	x_4	$P_4 = P_4 - x_4$	$g_4 = \frac{1}{2}$
IJssel	P_5	x_5	$P_5 = P_5 - x_5$	$g_5 = 1$

De vereffende afvoeren P moeten voldoen aan de volgende twee voor voorwaarden vergelijkingen:

$P_1 - P_2 - P_3 = 0$ ------- (1)

$P_3 - P_4 - P_5 = 0$ ------- (2)

De coëfficienten der voorwaardenvergelijkingen zijn dus:

$a_1 = 1;\ a_2 = -1;\ a_3 = -1;\ a_4 = 0;\ a_5 = 0;$

$b_1 = 0;\ b_2 = 0;\ b_3 = 1;\ b_4 = -1;\ b_5 = -1$

Uit de gemeten afvoeren vindt men: $P_1 - P_2 - P_3 = r_1$ (3)
$P_3 - P_4 - P_5 = r_2$ (4)
Met de coëfficienten der voorwaardenvergelijkingen en de gewichten krijgt men de volgende correlaten vergelijkingen:(het aantal correlaten = aantal voorwaarden = 2)

$g_1 x_1 = K_1$; $g_2 x_2 = -K_1$; $g_3 x_3 = -K_1 + K_2$; $g_4 x_4 = -K_2$; $g_5 x_5 = -K_2$

De correlaten K_2 en K_1 worden gevondenuit de volgende normaalvergelijkingen.

$$\left[\frac{aa}{g}\right] K_1 + \left[\frac{ab}{g}\right] K_2 = r_1 \qquad \left[\frac{ab}{g}\right] K_1 + \left[\frac{bb}{g}\right] K_2 = r_2$$

Uitgaande van de hierboven aangegeven gewichten en de coëfficienten der voorwaardenvergelijkingen krijgt men:

	a	b	g	$\frac{aa}{g}$	$\frac{ab}{g}$	$\frac{bb}{g}$
1	1	0	1/9	9	0	0
2	-1	0	1/6	6	0	0
3	-1	1	1/3	3	-3	3
4	0	-1	1/2	0	0	2
5	0	-1	1	0	0	1
			[ ]	18	-3	6

De normaalvergelijkingen worden dus

$18 K_1 - 3 K_2 = r_1$
$-3 K_1 + 6 K_2 = r_2$

Hieruit volgt:

$$K = \frac{1}{33}\left(2 r_1 + r_2\right)$$
$$K_2 = \frac{1}{33}\left(r_1 + 6 r_2\right)$$

De aan te brengen correcties worden dan:

$x_1 = \frac{K_1}{g_1} = \frac{3}{11}(2 r_1 + r_2)$; $x_2 = -\frac{K_1}{g_2} = -\frac{2}{11}(2 r_1 + r_2)$

$x_3 = -\frac{K_1 + K_2}{g_3} = \frac{1}{11}(5 r_2 - r_1)$; $x_4 = -\frac{K_2}{g_4} = -\frac{2}{33}(r_1 + 6 r_2)$

$x_5 = -\frac{K_2}{g_5} = -\frac{1}{33}(r_1 + 6 r_2)$

De vereffening wordt dus teruggebracht tot de volgende berekeningen:

$P_1 - P_2 - P_3 = r_1 \qquad P_3 - P_4 - P_5 = r_2$

$A = 2 r_1 + r_2$; $B = 5 r_2 - r_1$; $C = r_1 + 6 r_2$

$x_1 = \frac{3}{11} A \qquad P_1 = P_1 - x_1 = P_1 - \frac{3}{11} A$

$x_2 = -\frac{2}{11} A \qquad P_2 = P_2 - x_2 = P_2 + \frac{2}{11} A$

$x_3 = \frac{1}{11} B \qquad P_3 = P_3 - x_3 = P_3 - \frac{1}{11} B$

$x_4 = -\frac{2}{33} C \qquad P_4 = P_4 - x_4 = P_4 + \frac{2}{33} C$

$x_5 = -\frac{1}{33} C \qquad P_5 = P_5 - x_5 = P_5 + \frac{1}{33} C$

II <u>Vleugelapparaten</u>(molentjes).

De middelbare fout bij meting met moderne vleugel apparaten bedraagt 1 à 2%
In het algemeen zal rekening houdende met de fouten in de oppeiling der profielen en de uitvoering der berekeningen, de fouten bij de metingen met molentjes ook ± 5% bedragen.

§ 8 Vereffening der drijvermetingen.

Bijlage A geeft aan de wijze van vereffening der drijvermetingen op de Rijntakken met toepassing van de methode der kleinste kwadraten.

C.(gedeelte, speciaal betrekking hebbend op meting met vleugelapparaten (molentjes))

§ 9 Behandeling der vleugelapparaten (molentjes).

Alleen geijkte molentjes gebruiken. Het ijken met tusschenpoozen herhalen; ook na beschadiging. Voor het gebruik nagaan of het molentje in goeden toestand verkeert; eveneens na afloop der meting.(N.B.Letten op bijzondere gebruiksaanwijzing en voor de verschillende soorten van molentjes.

§ 10 Uitvoering der metingen.

Vleugel loodrecht uitzetten op het meetprofiel; dezen stand tijdens de meting te controleeren; de meting te verrichten op voldoenden afstand uit het vaartuig, dat bij de meting dienst doet; meetboot in stroomrichting te leggen.

De afstand der vertikalen, waarin gemeten wordt, naar omstandigheden te bepalen. Nabij oevers en nabij onregelmatigheden in den stroom de vertikalen dichter bijeen te kiezen; in het midden in het algemeen op grooter afstand. Bij de eerste meting na te gaan, welke de doelmatigste afstand voor de vertikalen is. Bij latere metingen zooveel mogelijk dezelfde vertikalen aanhouden.

In één vertikaal minstens 3 snelheden te meten, één zoo dicht mogelijk bij de oppervlakte, doch zóó, dat het molentje geheel onder water is, één zoo dicht mogelijk bij den bodem, één tusschen de eerste twee in. Bij grooter waterdiepte, naar gelang van behoefte, op meer dan drie punten in één vertikaal de snelheid te meten.

De loodrechte afstand tusschen de meetpunten klein te nemen, waar de snelheidsveranderingen groot zijn. In den regel dus naar den bodem toe kleinere afstanden. Diepten ten opzichte van den waterspiegel te meten. De duur eener meting in 1 punt van een vertikaal bedraagt minstens 100 seconden. Bij onregelmatig draaien van het molentje of indien hinder wordt ondervonden van drijvend vuil, de meting te herhalen.

Als het molentje beschadigd wordt tijdens de meting en geen reserve apparaat aanwezig is, de meting met het beschadigd molentje voortzetten. Het molentje dan in beschadigden toestand laten ijken. Daarna laten herstellen en opnieuw laten ijken.

Tijdens de meting worden de resultaten dadelijk in het veldboek aangeteekend. Het model voor zoodanig veldboek is verschillend naar gelang de molentjes een sein geven na een bepaald aantal omwentelingen, ofwel als de omwentelingen afzonderlijk worden aangegeven.

Bij snel stijgend of vallend water zooveel mogelijk meerdere volledige metingen kort na elkaar op dezelfde meetplaats uitvoeren.

§ 11 Berekening van den afvoer.

Metingen op de meetplaats reeds zooveel mogelijk uitwerken. Voor elk molentje een snelheidstabel gereed te maken, aangevende het verband tusschen snelheid en aantal omwentelingen,(opgeplakt en met waterbestendig vernis bestreken.)

Het resultaat der meting dadelijk in het veldboek inschrijven en boven dien elken vertikaal dadelijk op millimeter papier teekenen. Onregelmatigheden die dan blijken te bestaan, dadelijk door herhaalde meting ophelderen.

Het definitief uitwerken geschiedt planimetrisch. De vertikalen op den juisten onderlingen afstand teekenen. De verbindingslijn der bodempunten geeft dan de omtrek van het meetprofiel.

De inhoud van elk snelheidsvlak bij elk der vertikalen planimetreeren en de inhoud als ordinaat opnieuw uitzetten.(zie figuur 8). De verbinding van de eindpunten deze laatstbedoelde ordinaten geeft de omtrek eener nieuwe figuur, waarvan de oppervlakte evenredig is met den afvoer Q. Deze oppervlakte planimetreeren. Eveneens het meetprofiel F.

Het quotient $\frac{Q}{F}$ geeft dan de gemiddelde snelheid v (schalen zoodanig te kiezen, dat planimetreeren goed uitvoerbaar is. Bij kleine snelheid de schaal voor deze snelheden voldoende groot kiezen).
N.B. Een dikwijls gemaakte fout is de volgende. De gemiddelde snelheid van elk vertikaal v' wordt bepaald en als nieuwe ordinaat ingeteekend en de inhoud van het zoo gevonden oppervlak door de totale breedte op de waterspiegel gedeeld en de zoo gevonden waarde als gemiddelde snelheid gebruikt (figuur 9).

$$v' = \frac{\Sigma v_1 \Delta b}{\Sigma \Delta b} : \text{fout} \qquad Q' = F.V' : \text{fout}$$

Op deze wijze kunnen vrij aanzienlijke fouten gemaakt worden al naar gelang van den vorm van het profiel. (te kleine waarden, soms tot ± 9,6% te klein; zie voorbeeld in de figuren vermeld). De juiste bepaling geschiedt volgens de formule.

$$\left.\begin{array}{l} V = \frac{\Sigma v_1 A \Delta b}{\Sigma t \Delta b} \\ Q = F.v \end{array}\right\} \text{zie fig 10.}$$

$V = \frac{\Sigma v_{et} \Delta b}{\Sigma t \Delta b}$ $\quad V = \frac{\Sigma \int v_{at} . \Delta b}{\Sigma t \Delta b}$

§12. Meting bij snelvallend of stijgend water.

Bij sterk stijgend of vallend water is eene betrouwbare meting het best verzekerd, als over het geheele profiel meerdere malen wordt gemeten. In dit geval, voor elke vertikaal de inhoud van de snelheidsvlakken (figuur 10) voor elke afzonderlijke meting als abscis en de gelijktijdige waterstand aan de hulppeilschaal als ordinaat inteekenen en daaruit voor den gemiddelden waterstand voor elke volledige serie metingen de waarde f_1, te bepalen.
Uit deze waarden is de afvoer af te leiden, overeenkomstig het boven aangegeven (bij "Wijze van berekening") die bij den gemiddelden waterstand van elke serie metingen behoort.
(zie figuur 11 hierbij zijn drie volledige series metingen a, b en c aangegeven bij steigende waterstand uitgevoerd.)

Onjuistheden en verschillen bij afvoermetingen.

Deze zijn te onderscheiden in:
a meetfouten
b verschillen tengevolge van was of val
c verschillen tengevolge van verhangwijziging door de zeewaterstand
d idem tengevolge van veranderde rivierbodem.

Verder kunnen verschillen ontstaan door het inloopen van polders bij hooge waterstanden, door de werking van overlaten enz.
De genoemde verschillen betreffen alleen de gemeten afvoeren op de verschillende rivieren op zichzelf.
Worden ze met elkaar vergeleken, zoodanig dat:
Bovenrijn = Waal + Pannerdensch Kanaal
Pannerdensch Kanaal = Nederrijn + IJssel.
c.q.
Bovenrijn boven Oude Rijnmond = Bovenrijn + Ouderijn
Bovenrijn = Waal + Pannerdensch Kanaal
Pannerdensch Kanaal + Oude-Rijn = Nederrijn boven IJsselmond
Nederrijn boven IJsselmond = Nederrijn + IJssel,
dan ontstaan verschillen door verschil in meettijd, was en val, foutieve Waterstandsherleiding e.a.

De meetfouten zijn eveneens onder te verdeelen in:
A. Constante fouten.
1 drijvers te kort
2 foutieve uitwerkingsmethode (uitgooien van kribben enz)
3 gepeild profiel te groot.
B. Regelmatige fouten.
1 herleiding tijden en waterstanden door rechtlijnige interpolatie.
2 windrichting en kracht
3 ketting of stokdrijvers
C. toevallige fouten.
1 peilfouten door stenen, golven

2 voorbijgaan schepen
3 windvlagen
4 kleine meetfouten

A. Hiervoor is met behulp van een formule(reedsbestaande formule van Francis, of zelf te vervaardigen) verbetering in te brengen.

A2 te onderzoeken

A3 elke gepeilde diepte met een constante, die veranderlijk is voor verschillende diepten, te vermenigvuldigen.

B. De afvoermetingen te betrekken op de waterstand aan de peilschaal, die het dichtst bij is en tezelfder tijd genomen.

B2 te onderzoeken

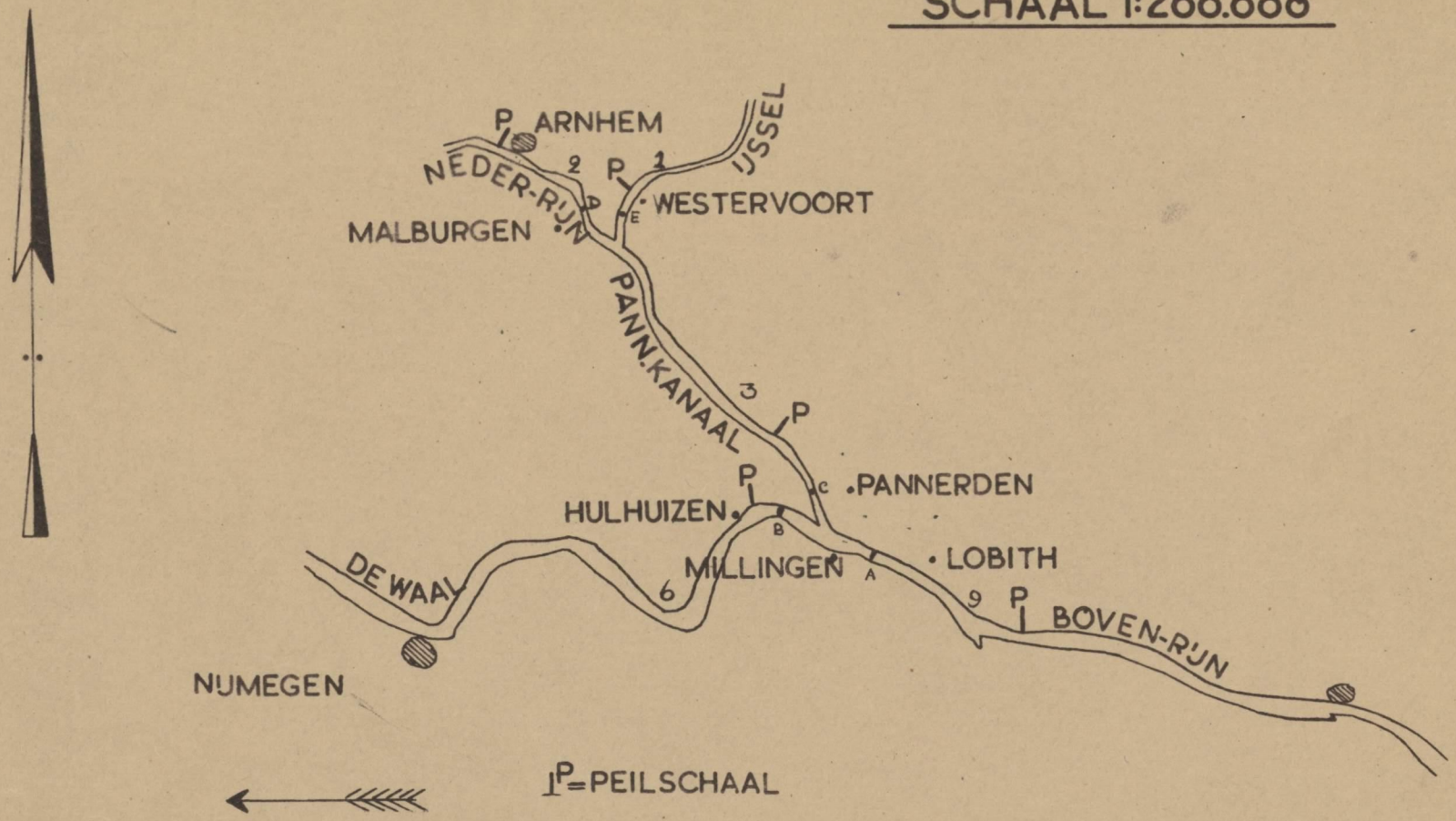
B3 te onderzoeken

C. Als behalve de constante en regelmatige fouten ook de verschillen zijn genivelleerd, kunnen de verschillende afvoermetingen herleid worden tot een bepaalde waterstand b.v. de Lobith.
Daarna kunnen met behulp van de methode der kleinste vierkanten (formule dr.Lely) de toevallige fouten vereffend worden, waarna door terugherleiding de afvoeren bekend worden.

Fig.1

SITUATIE

SCHAAL 1:200.000



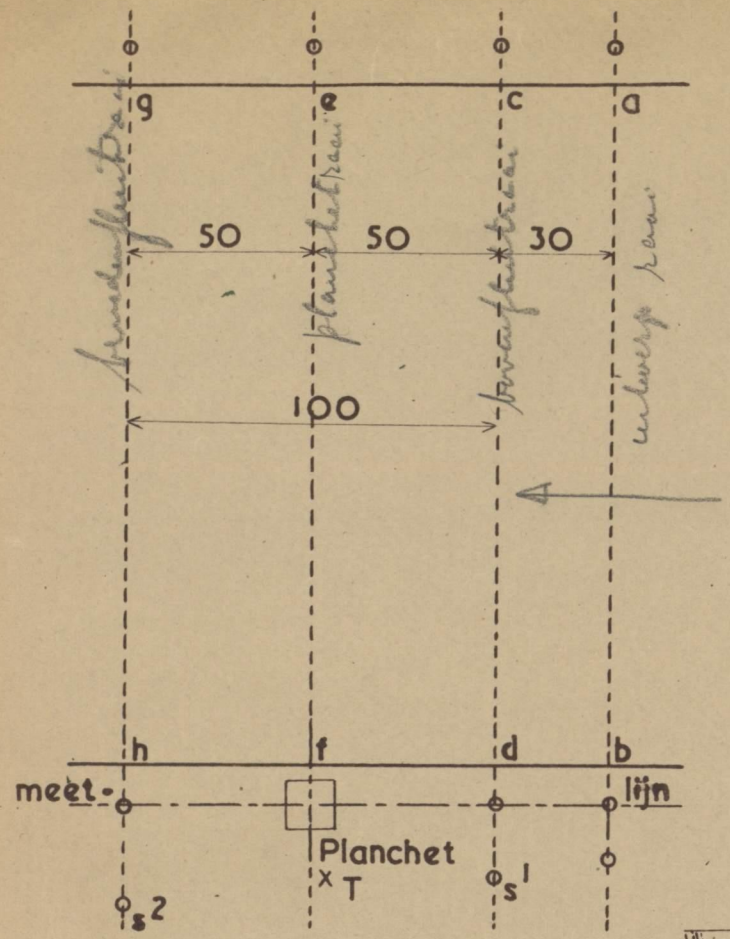


Fig.2

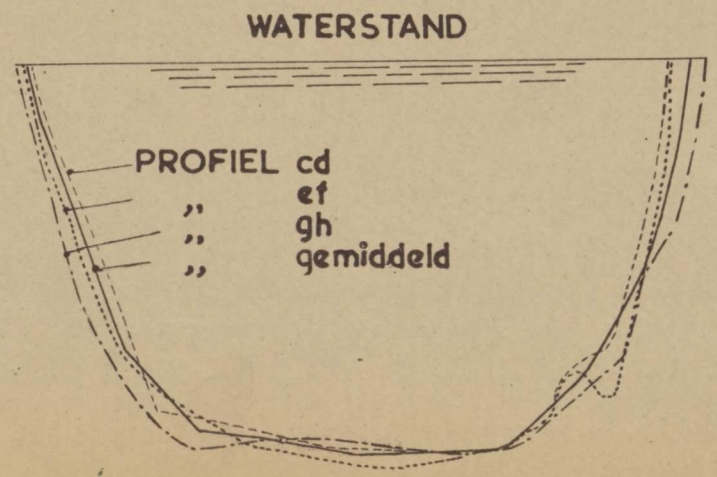


Fig.3

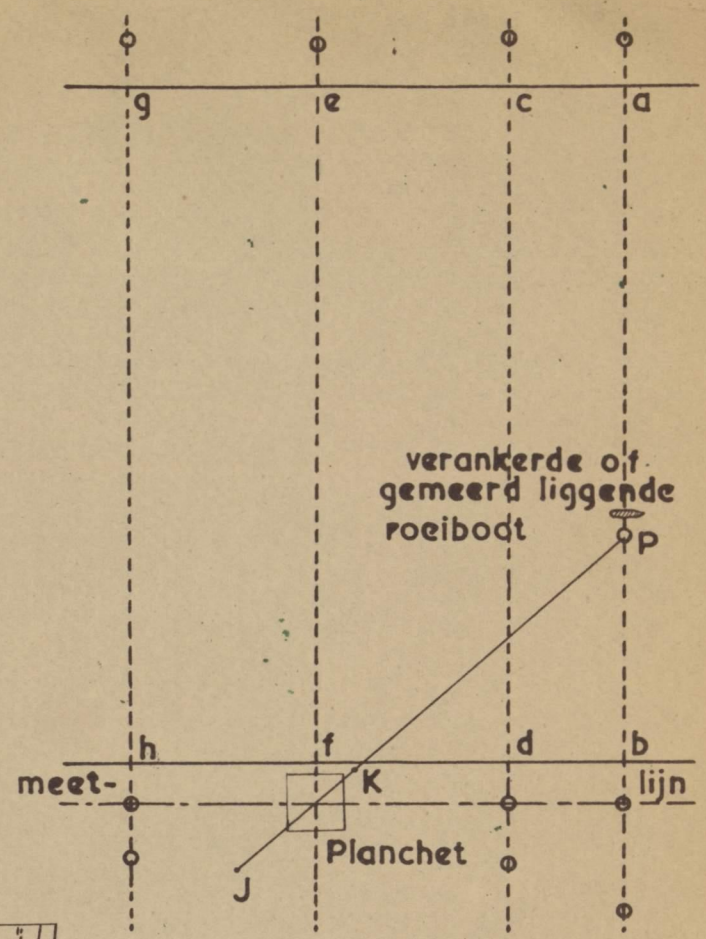


Fig.4

FIG. 5.

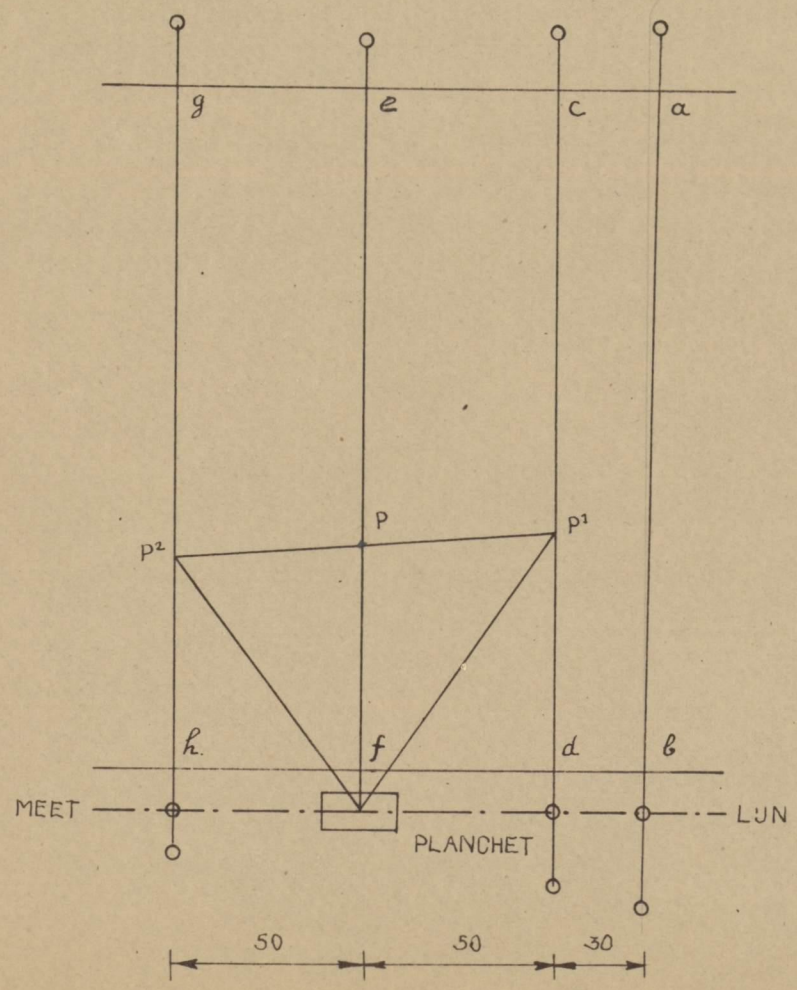

g
e
c
a
P
P²
P¹
h.
f
d
b
MEET
LIJN
PLANCHET
50
50
30

FIG-6

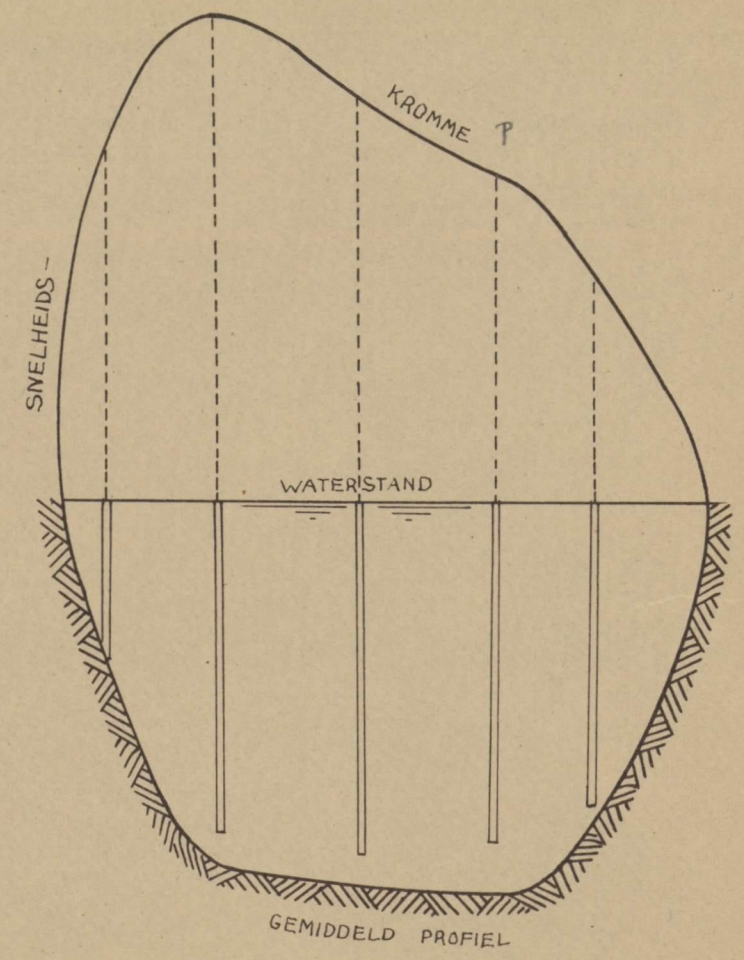

KROMME P
SNELHEIDS-
WATERSTAND
GEMIDDELD PROFIEL

FIG-7

$Q = \int \bar{V} Y . dx$

$ER = EB . \frac{EP}{EG} = \frac{Y . \bar{V} . a}{a}$

$Q = a \int ER \, dx$

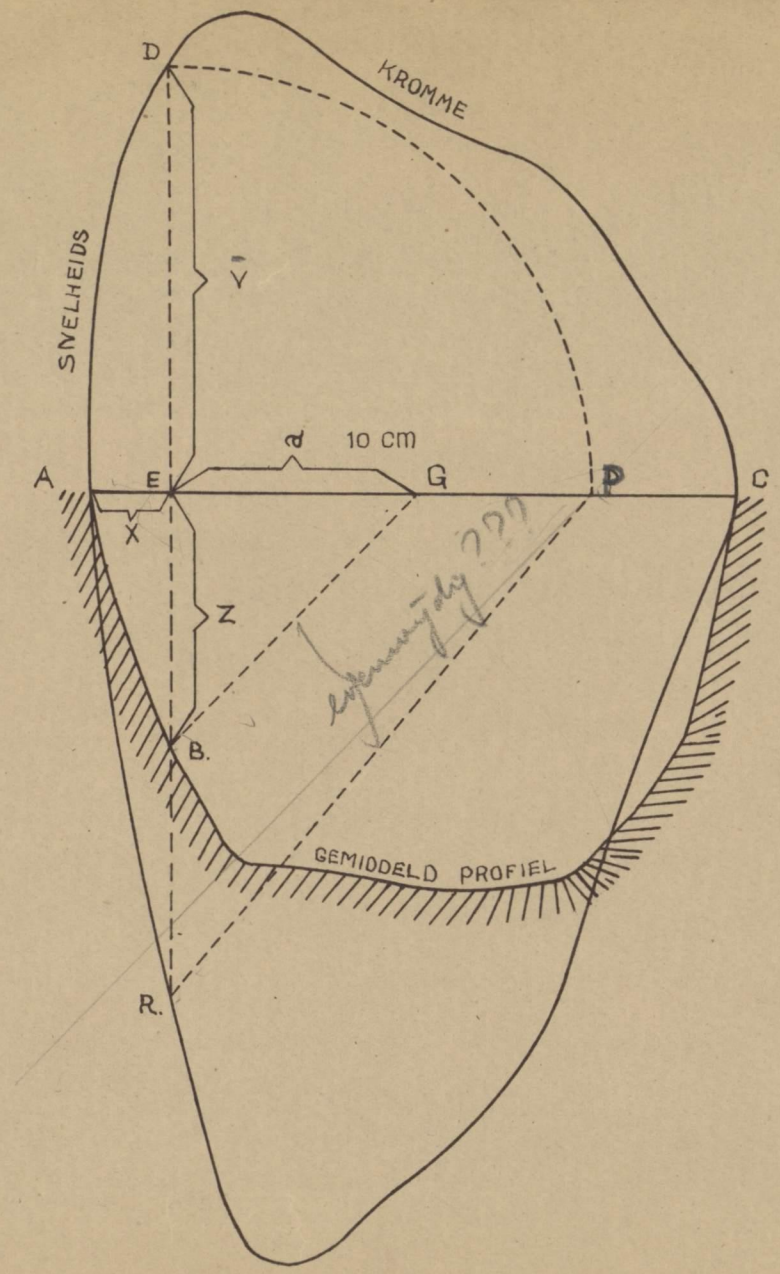


Fig.8

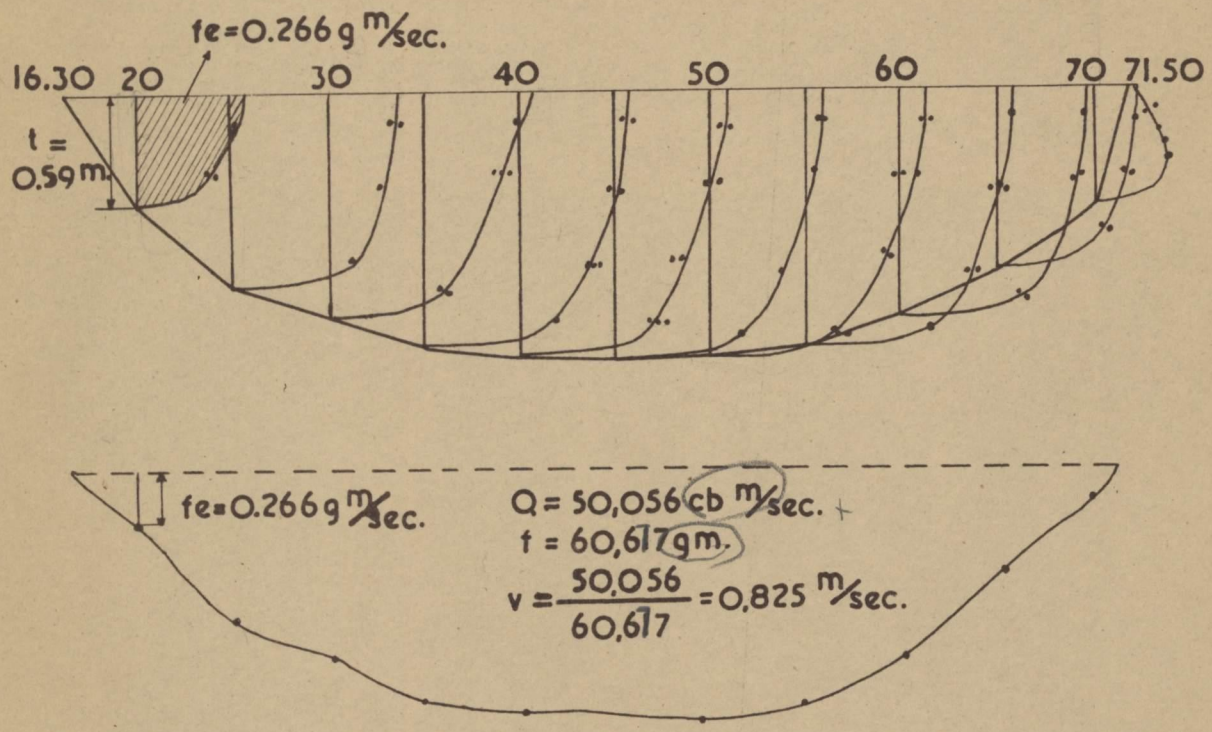

fe=0.266 g m/sec.
16.30
20
30
40
50
60
70
71.50
t = 0.59 m.
fe=0.266 g m/sec.
Q = 50,056 cb m/sec.
t = 60,617 gm.
v = 50,056 / 60,617 = 0,825 m/sec.

Fig.9

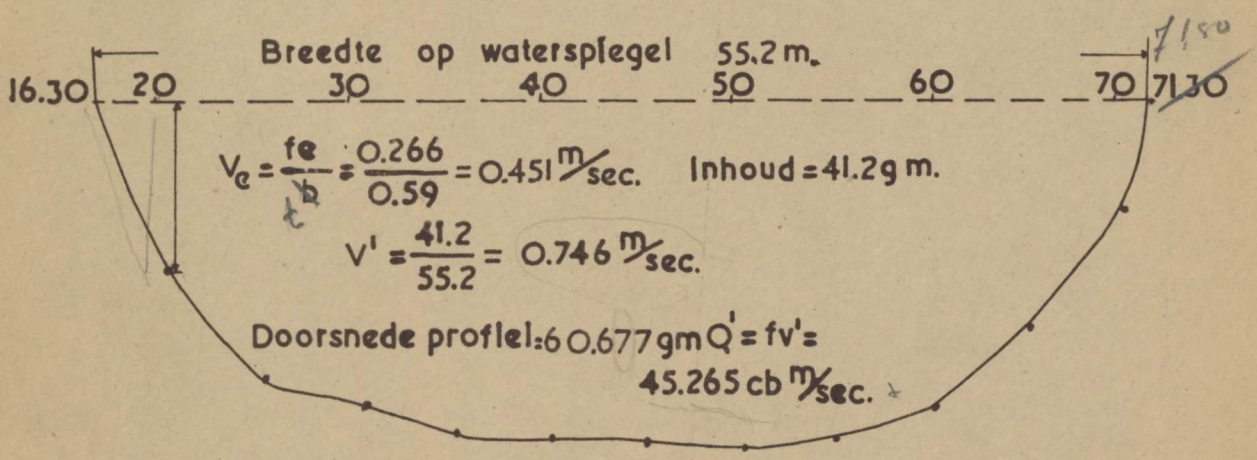

Breedte op waterspiegel 55.2 m.
16.30
20
30
40
50
60
70
71.30
71.50
Ve = fe / h = 0.266 / 0.59 = 0.451 m/sec.
Inhoud = 41.2 g m.
V' = 41.2 / 55.2 = 0.746 m/sec.
Doorsnede profiel: 6 0.677 gm Q' = fv' =
45.265 cb m/sec.

Fig. 10

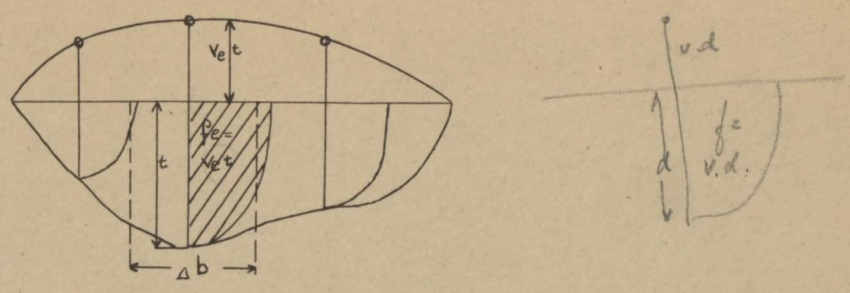
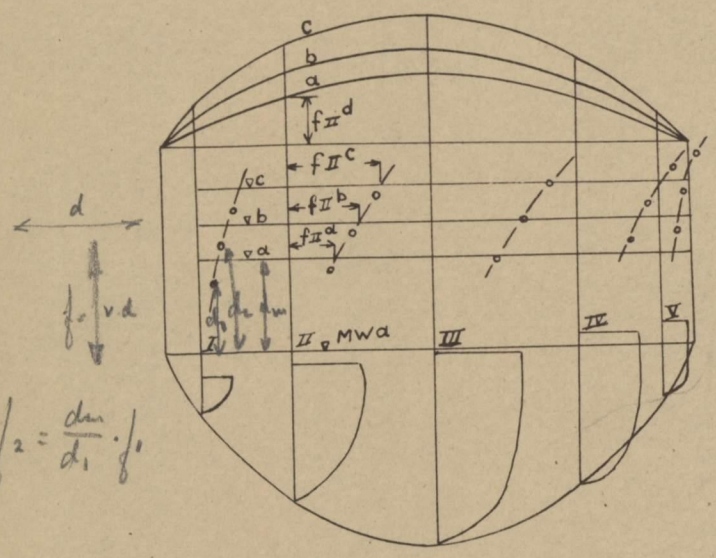


Fig. 11



$$f = \frac{d_m}{d_2} \cdot f_2 = \frac{d_m}{d_1} \cdot f_1$$