

rechthoek uitsteekt. Een oplossing hiervoor kon worden gevonden door de plaatsing zoo te kiezen, dat deze haven in een der bij de groote hál aansluitende pompkamers valt. Hiertoe was het echter noodig het model te spiegelen. Dit is voor de gelijkvormigheid van de waterbeweging zonder bezwaar.

Figuur 5 toont de ligging van het model in het laboratorium.

Het model wordt begrensd door een waterdichte baksteen ringmuur. Daarbinnen zijn de bodem en de havenwerken uitgevoerd in cementmortel. Een enkele maal is ter wille van den snellen voortgang der proeven een gedeelte van den bodem of van een havendam van grind gemaakt.

Het model is voorzien van inrichtingen voor het opwekken van de getijstroomen en van golven. Voor de eerste is langs elk der korte zijden van het model een goot aangelegd, welke naar verkiezing door middel van een buisleiding met water kan worden gevoed of in verbinding kan worden gebracht met afvoeropeningen.

Aan de Noordoostzijde van het model wordt de watertoevoer gemeten met een cirkelvormige meetstuw. De verbinding tusschen de goot en het model wordt daar gevormd door vijf kokers van 0,06 m hoogte en 0,40 m breedte onder de hierna te bespreken golfschotten door. De verdeeling van den stroom over de breedte van het model is in overeenstemming gebracht met de werkelijkheid (par. 2) door plaatselijk opstuwen van het water in de goot.

De watertoevoer aan de Zuidwestzijde geschiedt door een buis met Venturimeter. De goot aan deze zijde is van het eigenlijke model gescheiden door een muur van gestapelde baksteen, waartusschen openingen zijn gespaard. Door het regelen van die openingen en door middel van leidschotten kan hier de gewenschte stroomverdeling worden verkregen.

De beschreven inrichting maakt het mogelijk in beide richtingen een permanenten (niet met den tijd veranderenden stroomingstoestand) in te stellen.

Voor het opwekken van de golven zijn langs de naar NEN en NWTW gekeerde zijden van het model golfschotten opgesteld. Dit zijn vlakke schotten welke draaibaar zijn om een laag gelegen horizontale as. De aandrijving geschiedt door een gelijkstroommotor van $1\frac{1}{2}$ P.K., welke door middel van een excentriek en een vertragingsmechanisme een heen- en weergaande beweging geeft aan twee lange assen, een in de lengterichting en een in de breedterichting langs het model. Door hefboomen wordt deze beweging meegedeeld aan de golfschotten. De vereischte golfperiode wordt verkregen door met een voorschakelweerstand het toerental van den aandrijfmotor te regelen; de golfhoogte door het instellen van een excentriek.

De figuren 7a en b geven een overzicht van het model in de bestaande situatie (met weggenomen Oude Zuiderhavenhoofd, S1), met de golfschotten op den achtergrond, figuur 7c toont de aanbevolen situatie (S 32).

8. De meetwijzen.

a. Waterstand.

In de Nieuwe Willems haven is een peilnaald opgesteld,

met behulp waarvan de waterstand kan worden afgelezen tot op ongeveer een tiende millimeter (werkelijkheid een centimeter) nauwkeurig.

b. Debiet.

Zooals reeds in de vorige paragraaf is vermeld, wordt het debiet in de eene richting (zuidgaand tij) gemeten met een cirkelvormige meetstuw, dat in de andere richting (noordgaand tij) met een Venturimeter in de toevoerleiding. De hoeveelheden, ongeveer $0,15 \text{ m}^3/\text{sec}$ (werkelijkheid $4300 \text{ m}^3/\text{sec}$), kunnen worden ingesteld met een nauwkeurigheid van een tot twee procent.

c. Stroomsnelheid.

De stroomsnelheden zijn bepaald door de plaats van een drijver op verschillende tijdstippen vast te leggen.

Dit wordt gedaan met behulp van een fototoestel dat met geopenden sluiters verticaal boven het model wordt opgesteld, waarbij het matglas is vervangen door transparant papier, op een glazen plaat gelegd. De waarnemer teekent met regelmatige tusschenpoozen de projecties van een aantal drijvers aan. In den regel worden als drijvers brandende waxinekaarsjes gebruikt.

d. Golfhoogten.

De golfhoogte, waaronder wordt verstaan de verticale afstand tusschen top en dal van een golf, is gemeten door middel van een differentiaalpeilnaald. Dit toestel (fig. 8) ^{van} bestaat uit twee langs elkaar glijdende staven, waarvan de eene een millimeterverdeling, de andere van een nonius is voorzien, zoodat het onderlinge verschil in stand kan worden afgelezen. Aan de onderzijde van elk der staven bevindt zich een spitse punt, zooals bij een gewone peilnaald.

Het meten van de golfhoogte bestaat hierin, dat één dezer naalden (de topnaald) wordt ingesteld op de hoogte der golftoppen, de andere (de dalnaald) op de hoogte der golfdalen. Voor het instellen wordt gebruik gemaakt van een langs electrischen weg voortgebracht signaal. De beide naalden staan in verbinding met een generatorkring. Wanneer de dalnaald contact maakt met het water en de topnaald niet, ontstaat een constante bromtoon. Zoodra de topnaald het water raakt, wordt deze toon onderbroken, terwijl verbreken van het contact tusschen de dalnaald en het water een lageren toon teweegbrengt. De waarnemer luistert in een koptelefoon en stelt de twee naalden zoo in, dat hij de gewenschte opeenvolging van tonen hoort. Deze wordt met het oog op de onregelmatigheden in de golfbeweging zoo gekozen, dat een tiende deel van het totale aantal golven de topnaald raakt en eenzelfde deel de dalnaald loslaat. Elke meting strekt zich uit over een honderdtal golven.

Daar de hoogte van de golven voortdurend varieert, kan de maat die door het tiende deel wordt overschreden niet scherp worden vastgelegd. Op een speling van tien procent in de genoteerde golfhoogte moet worden gerekend.

e. Haling.

Het toestel dat voor het meten van de hoogte van de haling wordt gebruikt, bestaat in hoofdzaak uit een vlotter van paraffine welke zoodanig is bevestigd, dat zijn horizontale verplaatsingsmogelijkheid sterk is beperkt. De verticale beweging wordt door middel van een hefboom omgezet in het draaien van een spiegeltje om een horizontale as. Dit geeft een afwijking aan een, via een

Wanneer de hoogte van de golven voortdurend varieert, kan de maat die door het tiende deel wordt overschreden niet scherp worden vastgelegd. Op een speling van tien procent in de gemiddelde golfhoogte moet worden gerekend.

e. Halina.

Het toestel dat voor het meten van de hoogte van de halina wordt gebruikt, bestaat in hoofdzaak uit een vlotter van paraffin welke noodnag is bevestigd, dat zijn horizontale verplaatsing mogelijk is. De verticale beweging wordt door middel van een hefboom omgezet in het draaien van een spiegeltje om een horizontale as. Dit geeft een afwijking aan een, via een

Wanneer de hoogte van de golven voortdurend varieert, kan de maat die door het tiende deel wordt overschreden niet scherp worden vastgelegd. Op een speling van tien procent in de gemiddelde golfhoogte moet worden gerekend.

e. Halina.

Het toestel dat voor het meten van de hoogte van de halina wordt gebruikt, bestaat in hoofdzaak uit een vlotter van paraffin welke noodnag is bevestigd, dat zijn horizontale verplaatsing mogelijk is. De verticale beweging wordt door middel van een hefboom omgezet in het draaien van een spiegeltje om een horizontale as. Dit geeft een afwijking aan een, via een

Wanneer de hoogte van de golven voortdurend varieert, kan de maat die door het tiende deel wordt overschreden niet scherp worden vastgelegd. Op een speling van tien procent in de gemiddelde golfhoogte moet worden gerekend.

e. Halina.

Het toestel dat voor het meten van de hoogte van de halina wordt gebruikt, bestaat in hoofdzaak uit een vlotter van paraffin welke noodnag is bevestigd, dat zijn horizontale verplaatsing mogelijk is. De verticale beweging wordt door middel van een hefboom omgezet in het draaien van een spiegeltje om een horizontale as. Dit geeft een afwijking aan een, via een

scherm met een pijlvormige spleet, op dit spiegeltje geworpen lichtbundel tengevolge waarvan de projectie van die spleet op een scherm met verdeeling wordt verplaatst.

De verticale beweging van den vlotter kan op deze wijze met een 50- tot 100-voudige vergrooting op het scherm worden afgelezen. Door met regelmatige tusschenpoozen, bijvoorbeeld elke twee sec, een aflezing te doen, kan men het verloop van de schommelingen van den waterstand zeer nauwkeurig vastleggen.

Een dergelijk toestel, dat in figuur 9 is weergegeven, was gedurende een deel der proeven opgesteld achter in de Nieuwe Willemshaven, een tweede nabij de nieuwe schutsluis.

— * * * * *

REVISED

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

1914

HOOFDSTUK III. De modelproeven.

9. De grondslagen voor de proeven.

Daar de schade door deining, wanneer deze in de haven de toelaatbare grens overschrijdt, in het algemeen van beperkten omvang blijft, behoeven de eischen in het onderhavige geval minder hoog te worden gesteld dan bijvoorbeeld bij aanleg van een dijk, waar in geval van doorbraak de gevolgen veel ernstiger zijn. Het kan voldoende worden geacht, te zorgen dat storingen van het havenbedrijf door te sterke golfbeweging niet te veelvuldig voorkomen. Als grondslag voor de proeven is daarom aangenomen dat in omstandigheden welke minder dan enkele uren per jaar heerschen, de deining in de haven de gestelde grenzen (par. 3) eenigszins te boven mag gaan. Wil men een afdoende beschutting uitbreiden tot combinaties van waterstanden en windsterkten van geringer frequentie, dan moet men zich daarvoor opofferingen getroosten (moeilijker in- en uitvaart, hogere aanlegkosten) die zeker niet opwegen tegen het bereikte voordeel.

Uit de frequentielijnen der waterstanden in figuur 3 volgt, dat een overschrijdingsfrequentie van enkele uren per jaar, dus bv. 3×10^{-4} , overeenkomt met een waterstand van ongeveer N.A.P. + 2,6 m. Het gevaar voor het binnendringen van golven in de haven is het meest van belang bij wind uit den sector West ten noorden (-79°) tot Noordoost ten noorden ($+34^{\circ}$). Het zou onjuist zijn voor elke windrichting binnen dezen sector den genoemden waterstand te combineren met een windsterkte die dezelfde frequentie heeft. Niet alleen bestaan er vrij groote verschillen in de sterkte van den wind uit verschillende richtingen bij gelijke frequentie, maar bovendien komen hoge waterstanden bij bepaalde windrichtingen in sterkere mate voor dan bij andere.

Om die redenen is op de volgende wijze tewerk gegaan. Uit de lijnen in figuur 3 is opgezocht welke waterstanden bij wind uit de drie sectoren: WtN tot NWtN (-79° tot -34°), NWtN tot NtE (-34° tot $+11^{\circ}$) en NtE tot NEtE ($+11^{\circ}$ tot $+56^{\circ}$) behooren bij de frequentie 10^{-4} . Dit zijn respectievelijk de standen N.A.P. + 2,8 m, N.A.P. + 2,2 m en N.A.P. + 1,4 m. Deze zijn als grondslag genomen voor de windrichtingen volgens de deellijnen van de drie sectoren, dus NWtW (-56°), NtW (-11°) en NEtN ($+34^{\circ}$). De waterstanden bij andere richtingen van den wind (en dus van de golven) waarbij in het model is gemeten, zijn door inter- of extrapolatie hiermede in overeenstemming gekozen.

De op deze wijze verkregen waterstanden zijn gecombineerd met de windsterkten met dezelfde frequentie. In figuur 4 zijn de frequenties der windsnelheden aangegeven voor sectoren van $22\frac{1}{2}$ graad. Met de frequentie van 10^{-4} per 45° komt hier overeen $5 \cdot 10^{-5}$ per $22\frac{1}{2}^{\circ}$. De daarbij behorende windsnelheden bij de drie hoofdrichtingen NWtW, NtW en NEtN zijn respectievelijk $21\frac{1}{2}$, 18 en $14\frac{1}{2}$ m per sec.

In het model kon niet de stormwind worden nagebootst, maar moest de deining rechtstreeks worden opgewekt. Het ging er dus om te bepalen, welke afmetingen de golven voor de haven zullen verkrijgen bij de gekozen combinaties van waterstand en windsterkte. Hiertoe is gebruik gemaakt van een berekeningwijze, welke in het laboratorium op grond van stelselmatige proeven over

1875

1875

1875

1875

1875

het groeien van golven is ontwikkeld en welke reeds eerder voor soortgelijke gevallen is toegepast. Deze leidt tot de volgende uitkomsten:

Wind		Waterstand	Golven		
richting	snelheid		lengte	hoogte	periode
NWtW(-56°)	21½ m/sec	N. A. P. + 2,8 m	29½ m	1,7 m	4,6 sec
NtW(-11°)	18 "	" + 2,2 "	24½ "	1,35 "	4,1 "
NEtN(+34°)	14½ "	" + 1,4 "	16½ "	0,9 "	3,4 "

rijzen golven - 8 0.50 2 1/2 sec

De toegepaste berekeningswijze is een benadering, zoodat elke gelegenheid tot toetsing ervan dient te worden aangegrepen. Een dergelijke gelegenheid ontstond in dit geval door de opstelling van den deiningmeter, welke de golfhoogte registreert (par. 2f). Voor een aantal gevallen zijn uit de tegelijkertijd geregistreeerde waterstand, en windsnelheid de afmetingen berekend van de golven voor de haven. Deze kunnen niet rechtstreeks worden vergeleken met de waarnemingen van den deiningmeter. Het verband tusschen de golfhoogte buiten en die ter plaatse van den deiningmeter, dat niet bij alle windrichtingen hetzelfde is, is verkregen uit de metingen in het model, waar in de bestaande situatie de voor het toetsen gebruikte gevallen zijn nagebootst (par. 13). Door combineren van de in het model gemeten verhouding van de golfhoogten ter plaatse van den deiningmeter en buiten de haven met de berekening, is voor elk van de beschouwde gevallen de golfhoogte bij den deiningmeter bepaald. De op deze wijze verkregen waarden zijn in figuur 10 vergeleken met de uitkomsten van den deiningmeter.

In het bovenste diagram van figuur 10 is voor elk geval de richting en snelheid van den wind, de waterstand, de berekende en de geregistreeerde golfhoogte uitgezet. Het blijkt dat bij de kleinere windsnelheden de berekende golf vrijwel steeds lager, bij groote windsnelheden echter herhaaldelijk hooger uitvalt dan de geregistreeerde. Dit is verduidelijkt in het onderste diagram, dat de verhouding tusschen de beide hoogten weergeeft als functie van de windsnelheid. De betrekkelijk groote hoogte van de geregistreeerde golven bij vrij zwakken wind kan het gevolg zijn van de aanwezigheid van een uit een voorafgaande periode van sterkeren wind afkomstige deining of van andere storende invloeden, welke bij sterken wind niet, of in relatief mindere mate, werkzaam zijn. Mede met het oog op het feit dat voor het modelonderzoek alleen de groote windsnelheden van belang zijn, kunnen daarom de gevallen met windsnelheid beneden 10 m/sec beter buiten beschouwing blijven.

Hoewel de uitkomsten, ook voor snelheden boven 10 m/sec, eenigermate schijnen te wijzen op een voortgaande stijging van het uitgezette verhoudingsgetal met toenemende windsnelheid, liggen de punten toch te zeer gespreid

[Faint, illegible header text]

[Faint header text]		[Faint header text]		[Faint header text]	
[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]
[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]
[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]	[Faint data]

[Extremely faint, illegible body text covering the majority of the page]

om een bepaald verband vast te leggen.

Het gemiddelde verhoudingsgetal bij de windsnelheden boven 10 m/sec bedraagt 1,07, hetgeen dus beteekent, dat de berekende golfhoogte in vergelijking met de gemeten deining zeven procent te hoog is. Met het oog op de onzekerheden in de geheele werkwijze is ervan afgezien op grond hiervan een correctie aan de berekening toe te voegen. Het mogelijk aanwezige verschil tusschen de berekende en de werkelijke deining kan als een veiligheidsmarge worden beschouwd.

Voor eenige windrichtingen behalve de reeds genoemde, waarbij eveneens modelmetingen zijn gedaan, zijn de waterstand en de golfafmetingen deels door inter- of extrapolatie, deels door rechtstreeksche berekening afgeleid. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de aan de proeven ten grondslag gelegde omstandigheden:

Windrichting	Waterstand	Golven		
		lengte	hoogte	periode
NWtW (-56°)	N.A.P. + 2,8 m	29½ m	1,7 m	4,6 sec
NWtN (-34°)	" + 2,6 "	28½ "	1,65 "	4,5 "
NNW (-23°)	" + 2,4 "	27 "	1,55 "	4,4 "
NtW (-11°)	" + 2,2 "	24½ "	1,35 "	4,1 "
NtE (+11°)	" + 1,8 "	21 "	1,15 "	3,8 "
NEtN (+34°)	" + 1,4 "	16½ "	0,9 "	3,4 "

Bij de proeven met de haven in den toestand van vóór 1911 is er rekening mee gehouden, dat vóór de afsluiting der Zuiderzee de waterstanden met een bepaalde frequentie lager waren dan daarna. Die proeven hebben plaats gehad bij de windrichtingen WtN, NWtW en NWtN, met waterstanden van N.A.P. + 2,3 m, resp. N.A.P. + 2,0 m en N.A.P. + 2,0 m.

Er is niet naar gestreefd, de in de tabel voorkomende waterstanden nauwkeurig in te stellen. Een afwijking van een tot twee decimeter kon zonder bezwaar worden toegelaten.

Bij de richting WtN is op grond van figuur 4 genomen een windsnelheid van 20½ m/sec. Hierbij worden golven berekend van 27½ m lengte en 1,6 m hoogte.

Bij de andere windrichtingen zijn dezelfde golven ten grondslag gelegd als in den bestaanden toestand, ofschoon de waterstanden lager waren en de golven dus iets kleiner.

Bij de proeven is steeds gewerkt met een golfperiode van 0,45 sec in het model, overeenkomend met $0,45\sqrt{80} = 4$ sec in de werkelijkheid. Voor westelijke winden is deze periode dus feitelijk te klein, voor wind uit het noordoostelijke kwadrant is zij te groot. Bij opzettelijk daarvoor verrichte proeven (par. 21, S 35) is het bekende feit bevestigd, dat lange golven minder worden gedempt dan korte. Wanneer men mag aannemen, dat de bij die proeven verkregen resultaten ook geldig zijn voor andere golf-richtingen dan de onderzochte, dan zou men kunnen afleiden, dat de in de haven gemeten golfhoogten bij een windrichting van +56° met een factor 1,1 tot 1,2 en die

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.

Second section of faint, illegible text, appearing as a list or series of entries.

Third section of faint, illegible text, continuing the list or entries.

Fourth section of faint, illegible text, possibly a continuation of the previous list.

Fifth section of faint, illegible text at the bottom of the page, possibly a concluding paragraph or footer.

uit de richting $+34^{\circ}$ met 0,8 tot 0,9 moeten worden vermenigvuldigd. Bij -11° is de modelperiode nagenoeg gelijk aan de juiste; bij tusschengelegen richtingen kan men de correctie bepalen door een ruwe interpolatie,

Met het oog op de onzekerheid in de berekende golfperioden en het feit dat de correcties niet groot zijn en ook de eischen waaraan moet worden voldaan niet scherp kunnen worden geformuleerd, is er van af gezien om de correcties aan te brengen.

Bij de eerste proevenreeksen, toen alleen nog een voorloopige vergelijking van een aantal voor nadere bestudeering in aanmerking komende situaties werd beoogd, is voor alle windrichtingen een waterstand van N.A.P. + 2,0 m toegepast.

De bovenbeschreven combinaties van waterstanden en golven kunnen voorkomen in verschillende fasen van het getij, dus met een verschillenden stroomtoestand. Om die reden moeten de proeven in het algemeen worden gedaan zowel met stilstaand water, als met stroom langs de kust in noordelijke (noordgaand tij) en in zuidelijke richting (zuidgaand tij). Er is afgezien van het feit, dat een bepaalde combinatie van waterstand en wind bij noordgaand tij niet dezelfde frequentie heeft als bij zuidgaand tij.

10. De bij het meten en het uitwerken gevolgde werkwijze.

Bij elke proef werd de golfhoogte gemeten in een aantal punten binnen de haven en in den havenmond, welke zoo zijn gekozen dat een duidelijk beeld werd verkregen van voortplanten en afvlakken van de deining.

Bij het opwekken der golven is er niet naar gestreefd, telkens de golven buiten de haven op de juiste schaal te reproduceeren. Voor het bepalen van het verband tusschen de afmetingen der golven in het model en in de werkelijkheid diende de gemiddelde golfhoogte in een reeks meetpunten op eenigen afstand buiten de haven, welke telkens waren gelegd op een lijn loodrecht op de voortplantingsrichting der golven, dus evenwijdig aan de in werking zijnde golfschotten. De schaal van de golfhoogte volgt niet rechtstreeks uit de verhouding tusschen de berekende hoogte in de werkelijkheid en het gemiddelde der vergelijkingspunten. Er moet rekening mee worden gehouden dat in het model over den afstand tusschen de vergelijkingspunten en de haven de golven door wrijving worden gedempt.

De wrijving is ook in de werkelijkheid werkzaam, maar wordt daar gecompenseerd door de werking van den wind, welke in het model ontbreekt.

In een reeks van afzonderlijke metingen is voor elke richting afzonderlijk de demping per meter lengte in het model bepaald en met behulp daarvan de dempingsfactor, welke geldt voor den afstand vergelijkingspunten - haven. De schaal die bij elke afzonderlijke meting voor de golfhoogte moet worden toegepast, is nu verkregen door de berekende golfhoogte in de werkelijkheid te deelen door de gemiddelde golfhoogte in de vergelijkings-

ten door de gemeentelijke commissie in de werkdagen te des-

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]

punten, vermenigvuldigd met den dempingsfactor.

11. Overzicht van de onderzochte situaties.

De onderzochte situaties worden aangegeven met de letter S en voorzien van een doorgaande nummering. Tabel II en figuur 11 geven een overzicht. Ter toelichting daarbij diene nog het volgende.

S-1. Dit is de aanduiding van de situatie vóór de uitbreiding in 1911.

S 0. Zoals gebruikelijk is, heeft de bestaande toestand het volgnummer 0 gekregen.

S 1. De eenige verandering is het weglaten van het Oude Zuiderhavenhoofd, waardoor de moeilijkheden voor het binnenkomen en uitvaren van groote schepen in sterke mate zouden verminderen.

S 2, S 3 en S 4 vormen een groep van situaties, waarbij de haven een nieuwen mond verkrijgt door den aanleg van een rechten havendam ten Noorden van den bestaanden Noorderhavendam. (De laatste wordt aangeduid met Middenhavendam; onder Noorderhavendam wordt de nieuwe dam verstaan).

De onderlinge verschillen zijn in hoofdzaak te vinden in de wijdte van den havenmond (steeds gemeten op G.L.W.), het al dan niet aanwezig zijn van het Oude Zuiderhavenhoofd en van een doorvaartopening in den Middenhavendam.

S 5. De Noorderhavendam is, met behoud van de plaats van den kop, licht gebogen. Verder is de Middenhavendam verkort en de doorvaart is kleiner gemaakt en naar het Westen verschoven.

S 6 en S 7 hebben eveneens een licht gebogen Noorderhavendam. De kop is echter 60 m ten opzichte van S 5 naar binnen verplaatst. De Middenhavendam is over ongeveer de halve lengte opgeruimd. Het verschil tusschen de twee situaties zetelt in de mondwijdte.

S 8 t/m S 23 vormen een groep van situaties, welke - met uitzondering van S 15 - den bovenbeschreven Noorderhavendam gemeen hebben en waarbij aan den Zuiderhavendam een verlenging is aangebracht. Bij S 15 is de Noorderhavendam, met behoud van de plaats van den kop, sterker gebogen. De verdere verschillen tusschen de situaties onderling bestaan hoofdzakelijk in de wijze en lengte van de verlenging van den Zuiderhavendam, de wijdte van den mond en den toestand van het Oude Zuiderhavenhoofd.

In de brieven nr. 4383 van 31 October 1941 en nr. 4537 van 12 November 1941 van den Hoofdingenieur in het arrondissement Leeuwarden wordt een viertal plannen (A, B, C en D) ter onderzoek opgegeven.

Plan A omvat de situaties S 18 tot en met S 21. Het heeft een licht gebogen Noorderhavendam, waarvan de kop 35 m meer binnenwaarts is geprojecteerd dan die van den bestaanden Zuiderhavendam. De laatste is 55 m verlengd, terwijl het Oude Zuiderhavenhoofd 35 m is verkort. De mondwijdte is, evenals bij de plannen B en C, 110 m.

Plan B vertoont een rechten Noorderhavendam en een aanzienlijke, gebogen, verlenging van den Zuiderhavendam. De vroegere Noorderhavendam - thans Middenhavendam - is wederom tot de helft van de lengte ingekort; het oude Zuiderhavenhoofd blijft bestaan.

[The text in this section is extremely faint and illegible due to significant fading and bleed-through from the reverse side of the page. It appears to consist of several paragraphs of a letter or report.]

Op dit plan B hebben betrekking de situaties S 24 tot en met S 32. De verlenging van den Zuiderhavendam is daarbij gevarieerd van 225 tot 285 m. Behalve in S 24, is de zeebodem buiten den havenmond over het gebied dat voor het invaren noodig is, verdiept tot N.A.P. - 5,4 m. S 26 wijkt van de overige situaties af door een lichte bocht in het laatste deel van den Noorderhavendam, waardoor de kop 25 m verder binnenwaarts ligt.

In plan C is de Zuiderhavendam verlengd met een stuk van 180 m lengte onder een hoek van 45° met den bestaanden dam. De verlenging begint niet aan den kop van den bestaanden dam, maar de as ervan ontmoet de as van dezen dam op een afstand van 40 m van dien kop. De bedoeling hiervan is, dat het tracé van den verlengden Zuiderhavendam de groote diepte buiten den bestaanden kop vermijdt. De Noorderhavendam is licht gebogen. De situaties S 33, S 34 en S 35 hebben betrekking op dit plan.

In plan D wordt een deel van den bestaanden Noorderhavendam gehandhaafd als deel van den nieuwen dam. De mondwijdte wordt van 70 op 100 m gebracht door den Middenhavendam met 30 m te verkorten. De Zuiderhavendam blijft ongewijzigd. Het plan is bedoeld als een voorlopige oplossing, van waaruit eventueel later tot een verder gaande verbouwing kan worden overgegaan.

Op dit plan hebben betrekking de situaties S 36, S 37 en S 38. Hierbij is in het model de Noorderhavendam, afgezien van de verkorting voor het verwijden van den havenmond, niet volgens het eigenlijke plan gewijzigd, omdat dit op de omstandigheden nabij den mond geen invloed heeft.

De verschillen tusschen de situaties onderling zijn gelegen in den toestand van het Oude Zuiderhavenhoofd en van de kade tusschen de Nieuwe Willems haven en het Dok. Bij alle drie is de bodem buiten den havenmond verdiept tot N.A.P. - 5,4 m. In verband met de meer westelijke ligging van den havenmond, is het verdiepte gebied kleiner dan bij plan B.

12. De uitgevoerde metingen en hun voornaamste uitkomsten.

De uitgevoerde metingen zijn van drieërlei aard, nl. golfmetingen, stroommetingen en halingmetingen. Tabel III geeft een overzicht van de golfmetingen welke in de verschillende situaties zijn gedaan en van hun voornaamste uitkomsten.

Voor het bezwaar dat de deining in de haven oplevert, zijn drie punten maatgevend (par. 3) nl.:

- a. de hoogste golven in den vaarweg voor de binnenscheppen tusschen de verschillende havenbekkens onderling, in het bijzonder van de nieuwe sluis naar de Nieuwe Willems haven;
- b. de hoogste golven in de Nieuwe Willems haven en
- c. de hoogste golven in de Willems haven (het Dok).

De in tabel III opgenomen uitkomsten geven deze drie waarden, bewerkt volgens de paragrafen 9 en 10.

Stroommetingen zijn verricht in de situaties S 0 - S 3 - S 5 - S 22 - S 24 - S 25 - S 32 en S 35, metingen van de haling in S 1 en S 32.

De uitkomsten hiervan worden behandeld in par. 25, resp. 26.

The first part of the document is a list of names and titles, including:

 1. The Hon. Mr. Justice G. D. C. ...

 2. The Hon. Mr. Justice ...

 3. The Hon. Mr. Justice ...

 4. The Hon. Mr. Justice ...

 5. The Hon. Mr. Justice ...

 6. The Hon. Mr. Justice ...

 7. The Hon. Mr. Justice ...

 8. The Hon. Mr. Justice ...

 9. The Hon. Mr. Justice ...

 10. The Hon. Mr. Justice ...

 11. The Hon. Mr. Justice ...

 12. The Hon. Mr. Justice ...

 13. The Hon. Mr. Justice ...

 14. The Hon. Mr. Justice ...

 15. The Hon. Mr. Justice ...

 16. The Hon. Mr. Justice ...

 17. The Hon. Mr. Justice ...

 18. The Hon. Mr. Justice ...

 19. The Hon. Mr. Justice ...

 20. The Hon. Mr. Justice ...

 21. The Hon. Mr. Justice ...

 22. The Hon. Mr. Justice ...

 23. The Hon. Mr. Justice ...

 24. The Hon. Mr. Justice ...

 25. The Hon. Mr. Justice ...

 26. The Hon. Mr. Justice ...

 27. The Hon. Mr. Justice ...

 28. The Hon. Mr. Justice ...

 29. The Hon. Mr. Justice ...

 30. The Hon. Mr. Justice ...

 31. The Hon. Mr. Justice ...

 32. The Hon. Mr. Justice ...

 33. The Hon. Mr. Justice ...

 34. The Hon. Mr. Justice ...

 35. The Hon. Mr. Justice ...

 36. The Hon. Mr. Justice ...

 37. The Hon. Mr. Justice ...

 38. The Hon. Mr. Justice ...

 39. The Hon. Mr. Justice ...

 40. The Hon. Mr. Justice ...

 41. The Hon. Mr. Justice ...

 42. The Hon. Mr. Justice ...

 43. The Hon. Mr. Justice ...

 44. The Hon. Mr. Justice ...

 45. The Hon. Mr. Justice ...

 46. The Hon. Mr. Justice ...

 47. The Hon. Mr. Justice ...

 48. The Hon. Mr. Justice ...

 49. The Hon. Mr. Justice ...

 50. The Hon. Mr. Justice ...

 51. The Hon. Mr. Justice ...

 52. The Hon. Mr. Justice ...

 53. The Hon. Mr. Justice ...

 54. The Hon. Mr. Justice ...

 55. The Hon. Mr. Justice ...

 56. The Hon. Mr. Justice ...

 57. The Hon. Mr. Justice ...

 58. The Hon. Mr. Justice ...

 59. The Hon. Mr. Justice ...

 60. The Hon. Mr. Justice ...

 61. The Hon. Mr. Justice ...

 62. The Hon. Mr. Justice ...

 63. The Hon. Mr. Justice ...

 64. The Hon. Mr. Justice ...

 65. The Hon. Mr. Justice ...

 66. The Hon. Mr. Justice ...

 67. The Hon. Mr. Justice ...

 68. The Hon. Mr. Justice ...

 69. The Hon. Mr. Justice ...

 70. The Hon. Mr. Justice ...

 71. The Hon. Mr. Justice ...

 72. The Hon. Mr. Justice ...

 73. The Hon. Mr. Justice ...

 74. The Hon. Mr. Justice ...

 75. The Hon. Mr. Justice ...

 76. The Hon. Mr. Justice ...

 77. The Hon. Mr. Justice ...

 78. The Hon. Mr. Justice ...

 79. The Hon. Mr. Justice ...

 80. The Hon. Mr. Justice ...

 81. The Hon. Mr. Justice ...

 82. The Hon. Mr. Justice ...

 83. The Hon. Mr. Justice ...

 84. The Hon. Mr. Justice ...

 85. The Hon. Mr. Justice ...

 86. The Hon. Mr. Justice ...

 87. The Hon. Mr. Justice ...

 88. The Hon. Mr. Justice ...

 89. The Hon. Mr. Justice ...

 90. The Hon. Mr. Justice ...

 91. The Hon. Mr. Justice ...

 92. The Hon. Mr. Justice ...

 93. The Hon. Mr. Justice ...

 94. The Hon. Mr. Justice ...

 95. The Hon. Mr. Justice ...

 96. The Hon. Mr. Justice ...

 97. The Hon. Mr. Justice ...

 98. The Hon. Mr. Justice ...

 99. The Hon. Mr. Justice ...

 100. The Hon. Mr. Justice ...

HOOFDSTUK IV. Discussie van de uitkomsten.

13. De golfmetingen in de bestaande situatie (S 0).

Bij alle windrichtingen zijn de golven buiten den havenmond veel hoger dan verder in zee. De oorzaak hiervan is gelegen in de interferentie van de aankomende golven met die, welke tegen de havendammen zijn gebroken en daarvandaan gedeeltelijk worden teruggekaatst. Daardoor ontstaat in de omgeving van de haven een wilde en koppige zee met golfhoogten die plaatselijk meer zijn dan anderhalf maal de oorspronkelijke (fig. 12-14).

Bij westelijken wind neemt de golfhoogte af, zoodra men in de luwte komt van den Zuiderhavendam (fig. 13); is de wind zeer ver geruimd (fig. 12 en 14), dan geeft deze dam nog geen luwte en het water wordt pas rustiger na het passeeren van den nauwen havenmond. In de voorhaven zijn de golven steeds veel lager dan buiten.

Een tweede vervlakking treedt op bij het Oude Zuiderhavenhoofd: meer binnenwaarts is in één geval (fig. 12) een golfhoogte gemeten van 0,21 m, bij alle andere omstandigheden is het water nog vlakker (tabel III).

De meting die in figuur 12 is weergegeven (wind NEtN = $+34^{\circ}$, zonder stroom) voldoet niet aan de in paragraaf 9 aangenomen grondslagen: de waterstand was niet N.A.P. + 1,4 m, maar + 2,0 m, welke een twintig maal kleinere frequentie heeft. De, overigens onder gelijke omstandigheden verrichte, meting met waterstand N.A.P. + 1,4 m leverde dan ook een kleinere golfhoogte op (tabel III). Van de onderlinge vergelijkbare metingen met de frequentie van eenige uren per jaar (par. 9) werd bij die met de windrichting NWtW (-56°) en zonder stroom de grootste golfhoogte in den vaarweg gevonden (0,19 m). Deze meting is weergegeven in figuur 13. In dit geval kwam tevens de grootste hoogte in de Nieuwe Willemshaven voor.

De sterkste golfbeweging in het Dok werd gemeten in het in figuur 14 getoonde geval. Hier is de waterstand wat te laag: deze moest N.A.P. + 2,2 m zijn inplaats van + 2,0 m. Dit kan geen belangrijk verschil maken.

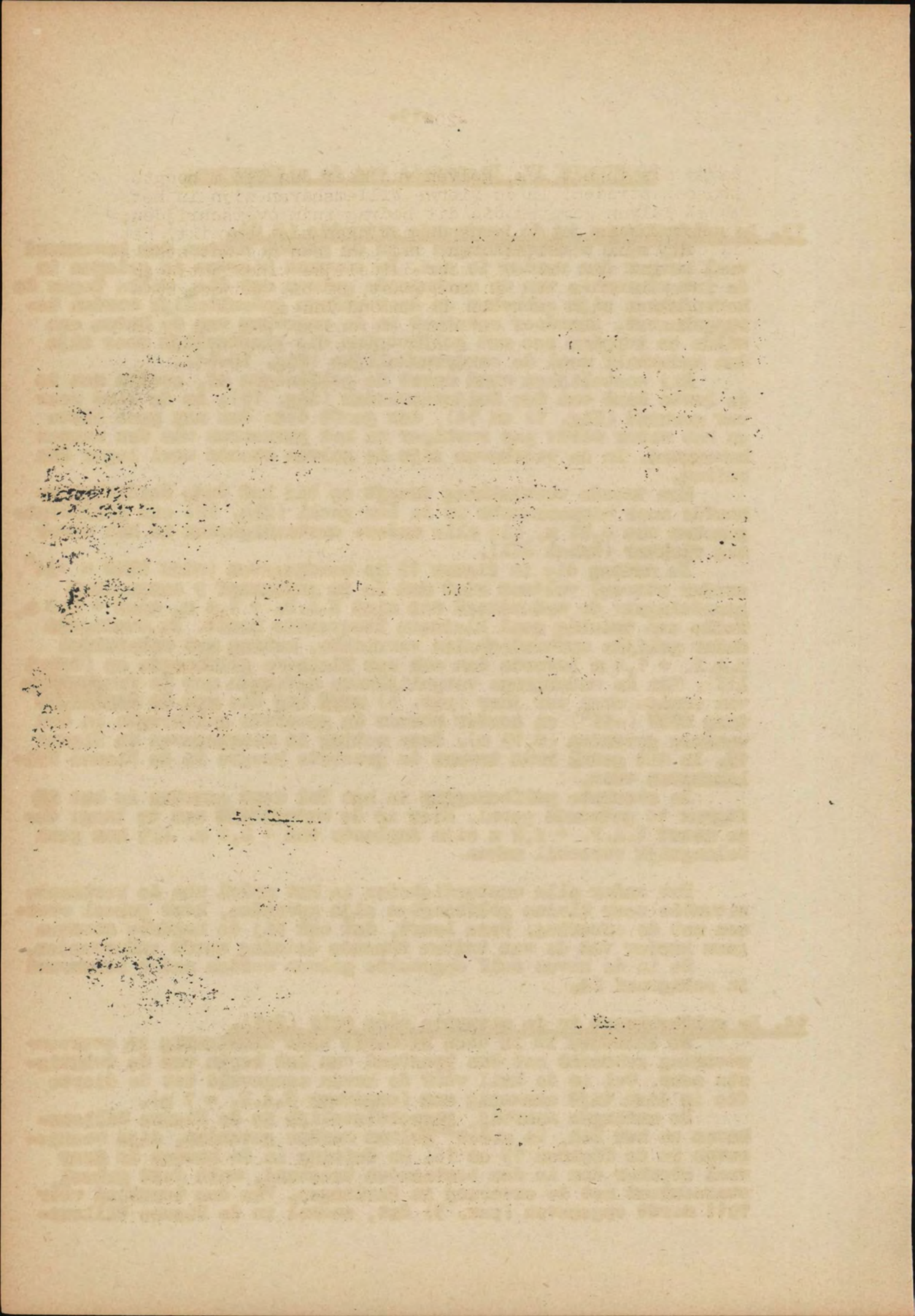
Dat onder alle omstandigheden in het model van de bestaande situatie zeer kleine golfhoogten zijn gevonden, komt geheel overeen met de ervaring. Deze leert, dat ook bij de hardste stormen geen hinder van de van buiten komende deining wordt ondervonden.

De in de haven zelf opgewekte golven worden nader beschouwd in paragraaf 24.

14. De golfmetingen in de situatie vóór 1911 (S-1).

De zeebodem is in deze situatie niet nauwkeurig in overeenstemming gebracht met den toestand van het begin van de twintigste eeuw. Wel is de kuil vóór de haven aangevuld tot de diepte die in dien tijd aanwezig was (ongeveer N.A.P. - 7 m).

De metingen waarbij, respectievelijk in de Nieuwe Willems-haven en het Dok, de groot^{ste} golven werden gevonden, zijn weergegeven in de figuren 15 en 16. De deining in de havens is zeer veel sterker dan in den bestaanden toestand, welk feit geheel overeenkomt met de ervaring in Harlingen. Van den toestand vóór 1911 wordt opgegeven (par. 3) dat, zoowel in de Nieuwe Willems-



haven als in het Dok, golven van meer dan 0,4 m hoogte kunnen optreden. In de Nieuwe Willemshaven zijn in het model golven gemeten die dit bedrag ruim overschrijden; in het Dok is het tijdens de metingen niet bereikt. Het is echter niet uitgesloten, dat daar een nog wat sterkere deining optreedt bij meer Zuidelijke windrichtingen dan bij de proeven, zijn toegepast, of bij aanwezigheid van stroom dwars voor den havenmond langs.

In de voorhaven was het wateroppervlak in het model zeer onrustig: de gemeten golfhoogte bedroeg op enkele plaatsen bijna anderhalven meter, dus maar weinig minder dan in zee. Uit de werkelijkheid is hiervoor eveneens een bedrag van 1,5 m opgegeven. Er is dus een zeer goede overeenstemming.

15. Overeenkomst tusschen model en werkelijkheid.

Voor het nagaan van de overeenkomst tusschen de verschijnselen in het model en die in de werkelijkheid zijn terbeschikking:

- a. de uitkomsten van den deiningmeter en de ter vergelijking daarmede verrichte modelmetingen;
- b. de metingen in de bestaande situatie (S 0);
- c. de metingen in de situatie voor 1911 (S-1).

Uit de metingen a (par. 9) kan niet rechtstreeks tot overeenstemming worden besloten. Zij waren noodig om de berekening der golven buiten de haven te toetsen en moeten daartoe slechts het verband leveren tusschen die golven en die op de plaats van den deiningmeter. Dat in paragraaf 9 een bevredigende overeenstemming is gevonden tusschen de bij den deiningmeter waargenomen golven in de werkelijkheid en in het model, geeft een sterke aanwijzing voor de betrouwbaarheid zoowel van de berekening als van het model. Het is immers moeilijk denkbaar dat bij al de beschouwde windrichtingen, zoowel de berekening der golven als het in het model bepaalde verband, afwijkingen zouden vertoonen die elkaar nagenoeg opheffen.

In de bestaande situatie te Harlingen zijn binnen de haven geen waarnemingen beschikbaar die gelegenheid geven tot een kwantitatieve vergelijking met de modelmetingen. Dat deze metingen het beeld van een zeer rustige haven geven, komt echter volledig met de ervaring overeen.

Van den toestand in de haven van vóór 1911 zijn wél enkele golfhoogten bekend (par. 3 en 14). Deze vertoonen een zeer goede overeenstemming met de modelmetingen. Ook dit is op zichzelf niet geheel beslissend, omdat men niet weet, welke frequentie ^{aan} de opgegeven golfhoogten moet worden toegekend.

Alles bijeengenomen is het gebleken, dat alle punten van vergelijking meer of minder sterke aanwijzingen voor de overeenstemming leveren. Men mag hieruit de conclusie trekken dat ook voor grootheden die in de werkelijkheid niet zijn gemeten en voor situaties die (nog) niet bestaan op een goede weergave door het model kan worden gerekend. Op de in die situaties in het model gemeten golf-

1870

1870

[Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page]

hoogten kan dus een verwachting worden gebaseerd over de hoogten die in de werkelijkheid zullen voorkomen.

16. De golfmetingen in S 1.

Het wegnemen van het Oude Zuiderhavenhoofd heeft tengevolge, dat de deining vrij veel hoger wordt dan in den bestaanden toestand. Het geval waarbij in de geheele haven de grootste golven zijn gemeten, is weergegeven in figuur 17. De meting, die is uitgevoerd met den waterstand N.A.P. + 2,0 m inplaats van + 1,4 m, welke volgens paragraaf 9 bij de windrichting + 34° behoort, kan rechtstreeks worden vergeleken met die van figuur 12. Door het wegnemen van het Oude Zuiderhavenhoofd worden de golven in den vaarweg bijna driemaal zoo hoog. Zij overschrijden daarmee de gestelde grens van 0,45 m vrij belangrijk. De deining in de havenbekkens was ongeveer gelijk aan de daar toelaatbaar geachte hoogte van 0,2 m.

Het verwijderen van het paalwerk langs den Zuiderhavendam heeft, zooals uit figuur 18 blijkt, een verdere versterking van de deining tengevolge. De golven in den vaarweg stijgen tot ruim 0,7 m, die in de Nieuwe Willemshaven tot ruim 0,3 m. Bij de andere windrichtingen (N-11°E en N-56°E) waarvoor metingen beschikbaar zijn, is de invloed van het paalwerk minder duidelijk (tabel III). Waarschijnlijk moet men zich voorstellen dat de golven die zich evenwijdig aan den dam voortplanten (-11°) en vooral die, welke om den kop moeten zwenken, vóór ze binnenkomen, niet of nauwelijks worden gehinderd door de aanwezigheid van de palen. De uit het Noordoosten komende golven daarentegen breken tegen de binnenzijde van den dam en worden van daar teruggekaatst naar de haven. Dit verschijnsel van breken en gedeeltelijk terugkaatsen wordt blijkbaar in vrij sterke mate beïnvloed door het paalwerk.

Men mag van een paalwerk dus alleen een merkbare verbetering verwachten, als de voortplantingsrichting van de golven een component heeft naar den dam toe. Dit wordt bevestigd door metingen in een later stadium van onderzoek (S 3, S 16 en S 18 tegenover S 19). Voor de golfrichting van -11° is daarbij nog een zwakken invloed van de palen gevonden.

Evenwijdig aan den dam loopende golven kunnen beter worden gedempt door het aanbrengen van schermen loodrecht op den dam.

17. De golfmetingen in S 2 tot en met S 7.

De enkele meting die is uitgevoerd in S 2 met een nieuwen Noorderhavendam, welke een mondwijde van 140 m openlaat, gaf een zeer ongunstig resultaat (fig. 19). Hoewel de deining in de havenbekkens matig was, leverde de meting een golfhoogte van meer dan een meter in den vaarweg.

Het vernauwen van den mond tot 125 m (S 3) bracht in het overeenkomstige geval (-11°, zuidgaande stroom) verbetering: de grootste golfhoogte in den vaarweg was 0,74 m. Bij minderverruimden wind echter (-56°, fig. 20) bleek de deining zeer sterk te zijn, namelijk even hoog als de golven in zee (1,7 m). In de havenbekkens zijn geen hoogere golven gemeten dan ruim 0,2 m. Het feit dat het paalwerk langs den Zuiderhavendam was weggenomen, kan nauwelijks van invloed zijn op de golfhoogten.

Het ligt voor de hand, dat bij dezen wind, die vrijwel recht op den havenmond staat, ook in S 2 de deining in den vaar-

of the

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

weg en in de nieuwe buitenhaven groter is dan de gemeten waarde van figuur 19.

Ongetwijfeld is verbetering te verkrijgen door verder vernauwen van den ingang tot de haven, doch het is uitgesloten, dat het resultaat voldoende is, voor de mond nauwer is, dan met het oog op de scheepvaart gewenscht is. De beide eischen van paragraaf 3 zijn dus bij de situatie van S 2 en S 3 niet met elkander te vereenigen. Blijkbaar moet het scheepsverkeer tusschen de nieuwe buitenhaven en de overige havenbassins te ver naar buiten komen.

Bij de situatie S 4 is er naar gestreefd, om hierin verbetering te brengen: tusschen de bestaande havenbekkens en de nieuwe sluis is een verbinding gemaakt door het weg-nemen van een omstreeks 150 m lang gedeelte van den Middenhavendam. Bovendien is het Oude Zuiderhavenhoofd weer aangebracht en is in den hoek van het Oude Zuiderhavenhoofd een flauw hellende glooiing gemaakt, met het doel de golven daarop te laten breken. Ook deze poging had weinig succes: zooals uit figuur 21 blijkt, bleef niet alleen de deining in den vaarweg zeer groot (1,65 m), maar ook in het Dok zijn golven van ruim 0,5 m hoogte gemeten. Hiertoe draagt de verkorting van de kade tusschen de beide havenbekkens wellicht bij.

Het is mogelijk, dat de golven worden teruggekaatst tegen het buitenste deel van den middenhavendam. Daarom is in S 5 de kop van dezen dam, over een lengte van 80 m, weggenomen. Voorts is de opening versmald van 150 tot 100 m en zijn nog eenige wijzigingen van minder belang aangebracht.

De metingen in S 5 toonen, wat den vaarweg betreft, een vrij groote, hoewel lang niet afdoende, verbetering. De golfhoogte bij de ongunstigste omstandigheden (fig. 22), die dezelfde zijn als in de beide voorafgaande situaties, wordt ten opzichte daarvan ongeveer gehalveerd. Blijkbaar planten de golven zich voort door den verwijden rechtstreekschen doorgang van den havenmond naar de Nieuwe Willems haven, waardoor zij minder in de richting van de nieuwe sluis worden gedrongen. Hiermee is in overeenstemming, dat de deining in de Nieuwe Willems haven in vergelijking met S 4 is versterkt.

Voldoende is de verbetering nog lang niet en daarom is in S 6 een ander middel toegepast, namelijk het sterker buigen van den nieuwen Noorderhavendam, waardoor de kop hiervan ongeveer 60 m in zuidelijke richting wordt verplaatst. Daarvoor is het noodig het buitenste (in S 5 vrijstaande) deel van den Middenhavendam weg te nemen, omdat anders de ingang tot de nieuwe Noorderhaven te smal zou worden.

De uitkomsten zijn slecht. Het ongunstigste geval, met golven van ruim een meter in den vaarweg en resp. ruim 0,5 en bijna 0,9 m in de havenbekkens, is weergegeven in figuur 23.

Het laatste middel dat in deze groep is toegepast, bestaat uit het vernauwen van den havenmond tot de kleinste maat die kan worden toegelaten, 100 m (S 7).

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is arranged in several paragraphs and is mostly obscured by the paper's texture and some dark spots.

Inderdaad geeft dit verbetering. De grootste deining is ook hier weer gemeten bij golven uit NwtW (-56°), en wel in den vaarweg en de Nieuwe Willemshaven bij noordgaanden stroom (fig. 24), in het Dok bij zuidgaanden. De golven waren echter nog steeds ver boven de aangenomen grenzen. Het werd uitgesloten geacht, dat door betrekkelijk geringe veranderingen een voldoende resultaat kon worden bereikt; daarom is overgegaan tot meer radicale maatregelen.

18. De golfmetingen in S 8 tot en met S 17.

Deze maatregelen bestaan uit het verlengen van den Zuiderhavendam, waardoor de havenmond tegen het Westen en Noordwesten beter wordt beschut.

In S 8 bedroeg de verlenging 150 m. Het lag voor de hand, het grootste gevaar thans te zoeken bij wind uit ongeveer noordelijke richting. Er werd daarom begonnen met een meting met de richting -11° .

Zooals uit figuur 25 blijkt, bracht de verlenging van den Zuiderhavendam een groot succes. De gemeten golven hadden ongeveer dezelfde hoogte als in de bestaande situatie (S 0). Dit was meer dan werd verlangd en het leek dus mogelijk om met de verlenging minder ver te gaan, waardoor niet alleen op de aanlegkosten zou worden bespaard, maar ook de toegang tot de haven vergemakkelijkt zou worden. In S 9 is daarom de verlenging teruggebracht tot de helft (75 m).

Het ongunstigste geval blijkt in deze situatie op te treden bij golven uit NwtW (-56°). Weliswaar kunnen golven uit noord-oostelijke richting gemakkelijker binnendringen, maar in dat geval zijn de golven buiten belangrijk kleiner dan bij wind uit NW, zoodat de grootste deining toch bij de laatste richting is te verwachten. Alleen in de Nieuwe Willemshaven is bij golven uit NwtN ($+34^{\circ}$) een iets grootere hoogte gemeten dan bij -56° .

De golfhoogten in den vaarweg en de Nieuwe Willemshaven bleven ruim binnen de gestelde grenzen. Alleen die in het Dok kwam er in enkele gevallen boven uit.

De metingen in S 9 zijn niet geheel afgemaakt: de waarnemingen bij wind -56° zonder stroom en met noordgaand tij ontbreken. Tijdens de proeven kwam men namelijk tot het inzicht, dat een wijdte van 100 m van den mond voor de zeeschepen eigenlijk te weinig is. Daarom is in S 10 de havenmond weer verwijd tot 125 m. Zooals was te verwachten, was het resultaat dat de deining in sterkere mate kon binnendringen. Wat den vaarweg en het Dok betreft, was de toestand weer het ongunstigst bij golven uit NwtW (-56°), ditmaal zonder stroom (fig. 27). De gemeten hoogten waren resp. 0,5 m en ruim 0,4 m. De deining in de Nieuwe Willemshaven was het sterkst bij golven uit dezelfde richting, maar met noordgaanden stroom (bijna 0,5 m). De golfbeweging was dus, vooral in de havenbekkens, vrij veel boven de aangenomen grens.

De invloed van het verwijden van den mond, is echter waarschijnlijk niet zoo groot als zou volgen uit een vergelijking van figuur 27 met figuur 26. Onder de omstandigheden die in S 10 het ongunstigst bleken te zijn, is in S 9 juist niet gemeten.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.

Second line of faint, illegible text.

Third line of faint, illegible text.

Fourth line of faint, illegible text.

Fifth line of faint, illegible text.

Sixth line of faint, illegible text.

Seventh line of faint, illegible text.

Eighth line of faint, illegible text.

Ninth line of faint, illegible text.

Tenth line of faint, illegible text.

Eleventh line of faint, illegible text.

Twelfth line of faint, illegible text.

Thirteenth line of faint, illegible text.

Fourteenth line of faint, illegible text.

Daar in S 10 de grens van het toelaatbare in de Nieuwe Willemshaven het verst wordt overschreden, is in de volgende situaties getracht, door wijzigingen aan het Oude Zuiderhavenhoofd, het doordringen van de golven in die richting te belemmeren.

Allereerst is daartoe in S 11 de laatste 25 m omgeknipt. Deze verandering bleek een goede uitwerking te hebben. Het ongunstigste geval trad weer op bij golven uit NWtW, maar thans met noordgaanden stroom (fig. 28). De grootste golfhoogte in den vaarweg was weer 0,5 m, die in de Nieuwe Willemshaven was echter afgenomen tot bijna 0,3 m, terwijl de hoogste deining in het Dok optrad bij zuidgaanden stroom en ruim 0,3 m bleek te zijn.

In S 12 was het Oude Zuiderhavenhoofd vervangen door een ruim 200 m verder naar het Westen gelegen hoofd. Het resultaat hiervan was niet onbevredigend: in de ongunstigste omstandigheden (fig. 29) was de deining met 0,5 m, 0,25 m en bijna 0,3 m nog iets minder dan in S 11.

Inmiddels was, in overleg met de opdrachtgevers en met gebruikers van de haven, de minimale breedte van den mond vastgesteld op 110 m, gemeten over de perkoenen. Deze maat is gedurende het geheele verdere onderzoek aangehouden, het eerst dus in S 13. De weinige metingen in deze situatie toonen inderdaad eenige verlaging van de golven ten opzichte van S 12. Hier waren de verschillen in de golfbeweging in de haven bij verschillende windrichtingen niet groot meer. Figuur 30 geeft de uitkomst bij de richting NETN (+ 34°) zonder stroom, in welk geval de grootste golfhoogte in den vaarweg is gemeten (wederom bijna 0,5 m). De metingen in de havenbekkens gaven een iets sterkere deining (ruim 0,2 m) bij -56° met noordgaanden en bij +34° met zuidgaanden stroom.

In S 14 bevindt het oude Zuiderhavenhoofd zich weer op de oude plaats. De situaties 9, 14 en 10 verschillen onderling dus alleen ten aanzien van de mondbreedte (resp. 100, 110 en 125 m). In overeenstemming met de breedten liggen de in S 14 gemeten golfhoogten over het algemeen tusschen die van S 9 en S 10 in. Er zijn echter ook vrij sterke afwijkingen op dezen regel die moeten worden toegeschreven aan toevallige omstandigheden en aan onnauwkeurigheid in instelling en meting. In het bijzonder bij een in den havenmond staanden wind (+ 34°), heeft het nauwer maken van den mond niet steeds verlagen van de golven tengevolge.

In S 14 was de deining in de haven weer het sterkst bij golven uit NWtW met noordgaanden stroom. Dit geval is weergegeven in figuur 31. De grootste gemeten golfhoogte in den vaarweg was, met 0,35 m, hier ruim binnen de gestelde grens van 0,45 m. De golfbeweging in het Dok was wat sterker dan de grens van 0,2 m. Dit was ook het geval bij enkele metingen met golven uit NETN (+34°).

De sterkere bocht van den Noorderhavendam in S 15 gaf geen vooruitgang. De grootste deining, zowel in den vaarweg als in het Dok, nam bij golven uit NWtN nog iets toe, de eerste met zuidgaanden stroom tot ruim 0,4 m

1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050

[The following text is extremely faint and illegible due to significant fading and noise on the page. It appears to be a list or index of items, possibly names or dates, arranged in a structured format. The text is too light to transcribe accurately.]

(fig. 32), de tweede met noordgaanden stroom tot 0,3 m.

In S 16 is nogmaals een poging gedaan den hinder dien het oude Zuiderhavenhoofd voor de scheepvaart oplevert te verminderen, ditmaal door het 35 m te verkorten.

In deze situatie trad het ongunstigste geval op bij golven uit NtN (+ 34°) zonder stroom. Het is weergegeven in figuur 33. De golven zijn overal belangrijk grooter dan in dezelfde situatie met onverkort hoofd (S 14, fig. 31) in het overeenkomstige geval.

Alleen in het Dok was de golfbeweging sterker dan de grens van 0,2 m, het meest bij zeer ver geruimden wind (+34°). Het was duidelijk te zien dat dit het gevolg was van het terugkaatsen der schuin den havenmond inlopende golven tegen de binnenzijde van den Zuiderhavendam. Om te trachten deze terugkaatsing te verhinderen is allereerst het paalwerk langs dien dam weer aangebracht. Dit bracht eenige verbetering. De hoogste golven in het Dok werden gemeten bij zuidgaanden stroom en waren wat kleiner dan in het geval van figuur 33, echter nog ruim boven 0,2 m. Een geringe verdere verbetering was nog mogelijk door het plaatsen van eenige paaljukken dwars op het binnenbeloop van den Zuiderhavendam. Het resultaat van een aantal globale metingen was dat de golfhoogte in den vaarweg tot 0,3 m kon worden verminderd. Metingen in de havenbekkens zijn hierbij niet gedaan.

Het lijkt mogelijk, dat door het aanbrengen van nog eenige kleine verbeteringen aan S 16 nagenoeg aan de eischen betreffende de deining kan worden voldaan. De proeven zijn echter niet in die richting gegaan, omdat verlenging van den Zuiderhavendam met 75 m door den diepen kuil een kostbare onderneming is. Daarom is bij de volgende proef (S 17) nagegaan of de verlenging van den Zuiderhavendam kon worden gereduceerd tot de helft (37 m), zonder tot een groote versterking van de golfbeweging te leiden.

Het resultaat was, dat de golven uit NwtW weer de sterkste deining in de haven veroorzaakten. Voor den vaarweg en de Nieuwe Willems haven was het geval zonder stroom (fig. 34) het gevaarlijkst, voor het Dok dat met noordgaanden stroom. De golven waren over de geheele linie belangrijk hooger dan in S 16.

19. De golfmetingen in plan A (S 18 tot en met S 23).

In dit stadium zijn door de opdrachtgevers de plannen A, B, C en D opgemaakt, die verder tot ^{van het onderzoek hebben} grondslag gediend (par. 11). Het eerste van deze plannen, A, vertoont veel overeenkomst met de situaties 16 en 17; de verlenging van den Zuiderhavendam (met 55 m) ligt tusschen beide in.

De richting NwtN had weer de grootste golfbeweging tengevolge. De golven waren in den vaarweg aanzienlijk lager dan in S 17 en bereikten juist de aangenomen grens (0,45 m). In de havenbekkens waren zij omstreeks 0,3 m, dus te hoog.

Door het aanbrengen van het paalwerk langs de binnenzijde van den Zuiderhavendam (S 19) was het mogelijk het binnendringen der golven uit noordelijke en noordoostelijke richting (-11° en +34°) eenigszins te verminderen. Daar de gevaarlijkste toestand bij storm uit NW aanwezig is, geeft dit echter weinig voordeel.

Toch zijn de resultaten van S 19 van belang, omdat in deze situatie en in S 18 de meest uitgebreide meetseries voorkomen

The first part of the document is a list of names...

The second part of the document is a list of names...

The third part of the document is a list of names...

The fourth part of the document is a list of names...

die alleen verschillen in het feit, dat het paalwerk al dan niet aanwezig is. In paragraaf 15 is dit reeds vermeld; bij de beoordeeling van plan B, waarin uitsluitend is gemeten zonder paalwerk, zal er rekening mee kunnen worden gehouden, dat bij zeer ver geruimden wind het paalwerk de deining verzwakt. Bij een windrichting van $+34^{\circ}$ schijnt de verzwakking omstreeks twintig procent, bij $+11^{\circ}$ minder dan tien procent te zijn.

In S 19 is niet gemeten met de windrichting -56° , waarbij de hoogste golven in het Dok moeten worden verwacht. De golven kunnen dan in dit havenbassin doordringen, zonder dan zij al te veel van richting behoeven te veranderen. Sinds de landtong tusschen de beide Willems-havens (in S 4) sterk is verkort, komt de sterkste overschrijding van de grenshoogte in het Dok voor en steeds met de windrichting van -56° . Blijkbaar kan de landtong niet worden gemist en daarom is in S 20 de kade tusschen de Nieuwe Willems-haven en het Dok weer in den bestaanden vorm gebracht. De deining was weer het sterkst bij golven uit NwtW. Het ergste geval voor den vaarweg en het Dok (noordgaande stroom) is in figuur 36 in beeld gebracht. Bij vergelijking met S 18 (het feit, dat deze situatie behalve wat de kade betreft verschillend is door afwezigheid van het paalwerk is bij deze golf-richting niet van belang) blijkt alleen vlak voor de kade een eenigszins belangrijk verschil. De verlenging schijnt een plaatselijke versterking van de golfbeweging tengevolge te hebben.

In verband met plannen voor de exploitatie van de haven is in S 21 de kade uitgebreid. De grootste golven zijn in deze situatie weer gemeten bij golven uit NwtW, ditmaal zonder stroom (fig. 37). De meting levert in vaarweg en Nieuwe Willems-haven nagenoeg gelijke waarden als S 18 (fig. 35). De golfbeweging in het Dok was wat zwakker.

In S 22 en S 23 is een wijze van verlengen van den Zuiderhavendam geprobeerd, waarbij de diepe kuil vóór den bestaanden kop wordt vermeden. Zij zijn in dit opzicht voorloopers van plan C (par. 21). In de eerste der beide situaties heeft de kade tusschen de Nieuwe Willems-haven en het Dok den bestaanden vorm; in de tweede is die kade uitgebreid op dezelfde wijze als in S 21.

In beide gevallen zijn de grootste golven gemeten bij golven uit NwtW met noordgaanden stroom (fig. 38 en 39). Opvallend is de sterke invloed van de stroom-richting. De golven zijn, vooral in den vaarweg, belangrijk grooter dan in de voorafgaande situaties.

Tusschen S 22 en S 23 onderling is ten aanzien van den vaarweg hoogenaamd geen verschil. Voor de Nieuwe Willems-haven is er, vooral bij de windrichting van -56° verschil ten gunste van S 23, voor het Dok is het juist andersom. Groot is de invloed van het veranderen van de landtong niet.

Het voornaamste resultaat van de in deze paragraaf beschreven proeven, dat met een situatie volgens plan A (Par. 11, S 18 tot en met S 21) niet geheel aan de gestelde eischen wordt voldaan. Weliswaar worden zij niet ver overschreden, doch men moet namelijk bedenken, dat er nog geen rekening mee is gehouden, dat bij het aandoen van de haven de schepen noordelijk van den mond de kust dichterbij moeten naderen dan thans het geval is. Vooral om deze reden zal een tamelijk uitgebreid baggerwerk noodig zijn. De grootere waterdiepte juist buiten de haven zal stellig een sterkere deining veroorzaken, zoodat plan A ten opzichte van de golfbeweging minder gunstig is dan uit de meetcijfers van tabel III blijkt.

20. De golfmetingen in plan B (S 24 tot en met S 32).

Tegen plan A en zijn varianten bestaat uit nautisch oogpunt het bezwaar, dat de voorhaven betrekkelijk kort is, zoodat het noodig is het Oude Zuiderhavenhoofd te verkorten, om een behoorlijken vaarweg voor zeeschepen te verkrijgen. Dit komt aan de rust in de Nieuwe Willems haven niet ten goede. Bovendien moeten van buiten komende schepen (sleeperen) die naar de nieuwe sluis gaan, een scherpe bocht (straal 100 m) maken, om de nieuwe buitenhaven in te varen.

Bij plan B is aan deze bezwaren tegemoetgekomen, door den Zuiderhavendam veel verder te verlengen. Dit maakt het mogelijk de kop van den nieuwen Noorderhavendam in noordnoordwestelijke richting te verplaatsen. Zodoende wordt een lange voorhaven gevormd, waarin varen met grooten straal mogelijk is, zonder dat het noodig is het Oude Zuiderhavenhoofd in te korten. De kleinste stralen zijn nu 200 m voor de route naar de nieuwe sluis, 250 m voor die naar de thans bestaande havens (par. 3).

De eerste situatie volgens dit plan, S 24, brengt reeds een aanzienlijke vermindering van de deining. Het ongunstigste geval voor den vaarweg en het Dok is in figuur 40 weergegeven; het trad ditmaal op bij golven uit NE richting.

Om dezelfde reden, die aan het slot van paragraaf 18 voor plan A is vermeld, is dit resultaat echter geflatteerd. De zeebodem was niet uitgebaggerd in overeenstemming met de veranderde situatie van den havenmond.

Dit is wel het geval in de uitvoerig onderzochte situatie S 25. Uit de metingen in deze situatie blijkt, dat het op diepte brengen van de toegangseul vergroting van den golfslag in de haven tengevolge heeft, althans bij golven uit het noordwestelijke kwadrant.

S 25 verschilt van S 24 bovendien door de verbouwing van de kade tusschen Nieuwe Willems haven en Dok en door het weg nemen van de palen langs den Zuiderhavendam, zoodat het niet vaststaat, welk aandeel elke verandering heeft in het versterken van de deining. Het lijkt niet aan twijfel onderhevig, dat de invloed van het baggerwerk buiten de haven het grootst is.

De hoogste deining in den vaarweg en de Nieuwe Willems haven werd in S 25 gemeten bij golven uit NWTN (-34°) zonder stroom, die in het Dok bij NWT (41°) met zuidgaanden stroom. Het eerste geval is weergegeven in figuur 41. De grootste golven in deze situatie zijn boven de aangenomen grenzen.

Bij het vergelijken van de uitkomsten in deze en volgende situaties, moet er rekening mede worden gehouden, dat in S 25

SECRET
TOP SECRET

SECRET
TOP SECRET
SECRET
TOP SECRET
SECRET

[Faint, illegible text block]

[Faint, illegible section header]

[Large block of extremely faint, illegible text]

voor het eerst bij elke windrichting de waterstand is ingesteld volgens paragraaf 9. (De metingen in S-1 en S 0 waarbij dit ook is gedaan, zijn in een later stadium van het onderzoek verricht).

Dat de deining vóór en in de Nieuwe Willemshaven nog vrij sterk was, moet hieraan worden toegeschreven dat in deze situatie juist voor golven uit ongeveer noordnoordwestelijke richting de Nieuwe Willemshaven niet gedekt ligt: men kan een rechte lijn trekken welke van buiten de haven tot in dat bekken reikt en die vrij blijft van de beide havendammen. Bescherming hier-
tegen kan worden verkregen door verlengen hetzij van den noordelijken, hetzij van den zuidelijken havendam.

In S 26 is het eerste gedaan, waarbij om de gewenschte mondwijde van 110 m te behouden het uiteinde van den noorderhavendam tevens licht moest worden gebogen.

In deze situatie is slechts een enkele meting gedaan en wel met golven uit NWtN (-34°), de richting welke in S 25 het gevaarlijkst was gebleken. Hoewel het resultaat zeer gunstig was, oordeelden de opdrachtgevers het niet wenschelijk in deze richting verder te gaan, omdat het verlengen van den Noorderhavendam de invaart meer bemoeilijkt dan het verlengen van den Zuiderhavendam.

In S 27 is de laatste in vergelijking met S 25 met 60 m verlengd. Reeds een eerste meting deed zien, dat de deining hierbij ruim binnen de vastgestelde grenzen zou blijven. In de volgende situaties (S 28 tot en met S 31) is daarom de verlenging van den Zuiderhavendam trapsgewijs verminderd. Voor het bepalen van den lengte welke tenminste moet worden toegepast, is maatgevend de hoogte der golven in de Nieuwe Willemshaven bij richtingen tusschen NWtN en NNW. Voor verder geruimden wind heeft de lengte van den dam geen invloed op de golfhoogte in de Nieuwe Willemshaven: die is steeds ongeveer een decimeter, dus klein genoeg.

In figuur 42 is de golfhoogte bij NNW wind in de Nieuwe Willemshaven uitgezet als functie van de lengte van den Zuiderhavendam. Het blijkt dat de grens - een deining van 0,2 m - juist was bereikt in S 31, met een verlenging van 243 m.

Om een ~~eenigszins~~ grotere veiligheid te verkrijgen is als definitieve vorm van plan B door de opdrachtgevers gekozen de situatie 32, met een verlenging van 250 m. Deze situatie is nogmaals uitvoerig doorgemeten, waarbij de grootste golfhoogten zijn gevonden: in den vaarweg bij de golfrichting NtE ($+11^{\circ}$) zonder stroom (fig. 43), in het Dok bij dezelfde richting met zuidgaanden stroom (fig. 44) en in de Nieuwe Willemshaven bij de richting NWtN (-34°), eveneens met zuidgaanden stroom (fig. 45). Zoowel in den vaarweg met 0,38 m als in de Nieuwe Willemshaven met

0,18m olijft de grootste deining beneden de aangenomen grens. Alleen in het Dok wordt de grens van 0,2 m door de in figuur 44 aangegeven golfhoogte van 0,24 m overschreden.

Waarschijnlijk kan deze overschrijding worden voorkomen door het paalwerk aan de binnenzijde van de Zuiderhavendam te laten staan, of het uit te breiden in de richting van den nieuwen kop. De overschrijding komt namelijk alleen voor bij golven uit NtE (+11°); het is vrij zeker dat deze golven van den dam worden teruggekaatst naar het Dok, waar zij de betrekkelijk groote onrust veroorzaken. Op grond van de beschikbare metingen, vooral die in S 18 en S 19 (par. 18), kan men concluderen, dat een uitgebreid paalwerk een reductie zal geven aan de golfhoogte in het Dok.

Brengt men ook de in paragraaf 9 besproken correctie voor de golfperiode in rekening, dan komt men tot de uitspraak, dat plan B volgens S 32 volledig voldoet aan de in paragraaf 3 genoemde eischen.

21. De golfmetingen in plan C (S 33, S 34 en S 35).

De uitvoering van plan B zal kostbaar zijn, vooral omdat de verlenging van den Zuiderhavendam moet worden getraceerd door de diepe kuil die de getijstroomen sinds 1911 in den zeebodem hebben uitgeschuurd. Deze kuil wordt, zooals in paragraaf 11 reeds is gezegd, vermeden in plan C, waar het nieuwe damgedeelte een hoek maakt van 45° met den bestaanden dam en niet aan den kop hiervan, maar 40 m verder binnenwaarts, begint.

De eerste onderzochte situatie in dezen zin was S 33. Er zijn alleen metingen gedaan met golven uit de richting NEtN (+34°), naar welke de havenmond in die situatie is gekeerd. De deining was overal het sterkst bij zuidgaanden stroom.

Het resultaat van deze meting is gegeven in figuur 46; de golven ^{blijven} overal ruim binnen de aangenomen grenzen.

Dit resultaat mag niet rechtstreeks worden vergeleken met dat van plan B. Evenals in plan A het geval was, is in plan C het paalwerk aanwezig; ook is de zeebodem buiten den havenmond niet verdiept.

Het bezwaar van de korte voorhaven dat plan A aankleeft, geldt ook voor plan C. Daarom is ook hier het Oude Zuiderhavenhoofd met 35 m verkort: zoo ontstaat S 34, waarin uitgebreider waarnemingen zijn gedaan dan in S 33. Het gevolg van het verbeteren van den invaart is, dat ook de deining gemakkelijker binnendringt, zooals blijkt bij vergelijking in tabel III van de overeenkomstige metingen in S 33 en S 34. De grootste overschrijding van de vastgestelde grenzen is gemeten in de Nieuwe Willemshaven bij golven uit NtW (-11°) met noordgaanden stroom. Dit geval is weergegeven in figuur 47.

In S 35 is de landtong tusschen de beide WillemsHAVENS weer gebracht in den voor de toekomst gedachten vorm. Veel invloed op de golfhoogten kan dit niet hebben (par. 19, S 22 en S 23). Het verschil tusschen de uitkomsten in S 34 en S 35 moet dus in hoofdzaak worden veroorzaakt door het feit, dat in S 35 aan de binnenzijde van den Zuiderhavendam paaljukken zijn aangebracht. Deze hebben ten doel het terugkaatsen van uit het noordoostelijke kwadrant komende golven te verhinderen op over-

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or title.

Large block of very faint, illegible text, likely the main body of a document or letter.

Second large block of very faint, illegible text, continuing the main body of the document.

Third large block of very faint, illegible text, continuing the main body of the document.

Final block of very faint, illegible text at the bottom of the page, possibly a signature or footer.

eenkomstige wijze als in S 16. Uit de vergelijking van de metingen met golven uit NEtN (+34°) blijkt dat de jukken inderdaad een gunstige uitwerking hebben, zoodat bij die golfrichting de deining binnen de gestelde grenzen blijft.

De golven uit het noordwestelijke kwadrant dringen echter in belangrijk sterkere mate in de haven door dan die uit het noordoostelijke. Voor de eerstgenoemde zijn de paaljukken niet van nut; zij kunnen echter ook geen ongunstigen invloed uitoefenen. Dat bij de golven uit NWtW (-56°) een sterkere deining in de haven is gemeten dan in S 34, zal dan ook moeten worden toegeschreven aan de omstandigheid dat in S 35 bij die richting een hooger waterstand is toegepast. De verbouwing van de kade tusschen Nieuwe Willems haven en Dok heeft wellicht toch ook nog een geringen invloed.

De grootste deining is gemeten met golven uit NWtN (-34°). Het ongunstigste geval voor den vaarweg trad op zonder stroom, dat voor het Dok bij noordgaanden stroom. De grootste golfbeweging in de Nieuwe Willems haven bereikte in beide gevallen hetzelfde bedrag.

In den vaarweg en de Nieuwe Willems haven gingen de gemeten golven ver boven de aangenomen grenzen uit. Dit valt niet te verwonderen, daar in deze situatie in nog mindere mate dan in S 25 de Nieuwe Willems haven tegen golven uit noord-noordwestelijke richting gedekt ligt.

Evenals bij plan B, zou dit euvel kunnen worden verholpen door verlengen hetzij van den Noorder-, hetzij van den Zuiderhavendam. Het eerste zou de invaart in vrij sterke mate bemoeilijken. Met het verder verlengen van den Zuiderhavendam zou om een voldoende verlagening van de deining te verkrijgen, vrij ver moeten worden gegaan. De uitvoering zou dan belangrijk duurder worden, waardoor het voordeel van plan C tegenover plan B geheel of grootendeels verloren zou gaan, terwijl anderzijds uit scheepvaart oogpunt aan plan B de voorkeur moet worden gegeven. In overleg met de opdrachtgevers zijn derhalve geen verdere proeven volgens plan C uitgevoerd.

Wel zijn in S 35 eenige proeven gedaan met afwijkende golfperiodes, om een indruk te krijgen van den invloed daarvan op het doordringen der golven. Deze metingen hadden plaats met golven uit NEtN (+ 34°) bij de drie verschillende stroomtoestanden. Hun resultaten wijzen uit, dat golven van langere periode in sterkere mate de haven binnendringen dan kortere. Wanneer de grootste gemeten golfhoogte met de periode 4 sec als eenheid wordt genomen, dan zijn de gemiddelden der hoogste waarden in den vaarweg, Nieuwe Willems haven en Dok met de periode 5,4 sec respectievelijk, 1,18 - 1,45 en 1,82, die bij de periode 6,7 sec resp. 1,87 - 1,7 en 1,97. Het algemeen gemiddelde der verhoudingsgetallen is, wanneer in rekening wordt gebracht dat grootere golven relatief nauwkeuriger worden gemeten dan kleinere en dus meer gewicht moeten krijgen, voor de periode 5,4 sec 1,35, voor

6,7 sec 1,8.

In paragraaf 9 is vermeld, welke correcties op grond van deze waarnemingen eigenlijk aan alle in de haven gemeten golfhoogten moeten worden aangebracht.

22. De golfmetingen in plan D (S 36, S 37 en S 38).

In plan D wordt in den nieuwen Noorderhavendam een deel van den bestaanden opgenomen. De havenmond blijft daardoor op de oude plaats, doch wordt verwijd tot 100 m. Daar het nieuwe deel van den Noorderhavendam op het binnendringen der golven slechts een zeer geringen invloed kan hebben, is dit in de drie op plan D betrekking hebbende situaties niet nagemaakt.

In S 36 zijn alleen metingen gedaan met golven uit de richtingen NwtW (-56°) en NEtN ($+34^{\circ}$). Van de gemeten gevallen was dat met de eerstgenoemde richting zonder stroom het ongunstigst, zonder dat de golven echter de vastgestelde grenzen bereikten. Het is weergegeven in figuur 50.

In S 37, waarin het Oude Zuiderhavenhoofd is verkort, zijn eveneens slechts enkele metingen gedaan. De sterkste deining in den vaarweg is gemeten met golven uit NEtN ($+34^{\circ}$), die in de havenbekkens met golven uit NwtN (-56°). De getallen zijn allen wat hooger dan in S 36, maar blijven aanvaardbaar.

In S 38 zijn de steigers aan de zuidwestzijde van de Nieuwe Willemshaven dichtgemaakt. Dit blijkt bij de enkele meting die gedaan is, weinig verschil te maken. Het resultaat is weergegeven in figuur 50.

De conclusie is, dat plan D uit het oogpunt van de deining een alleszins aanvaardbare situatie oplevert.

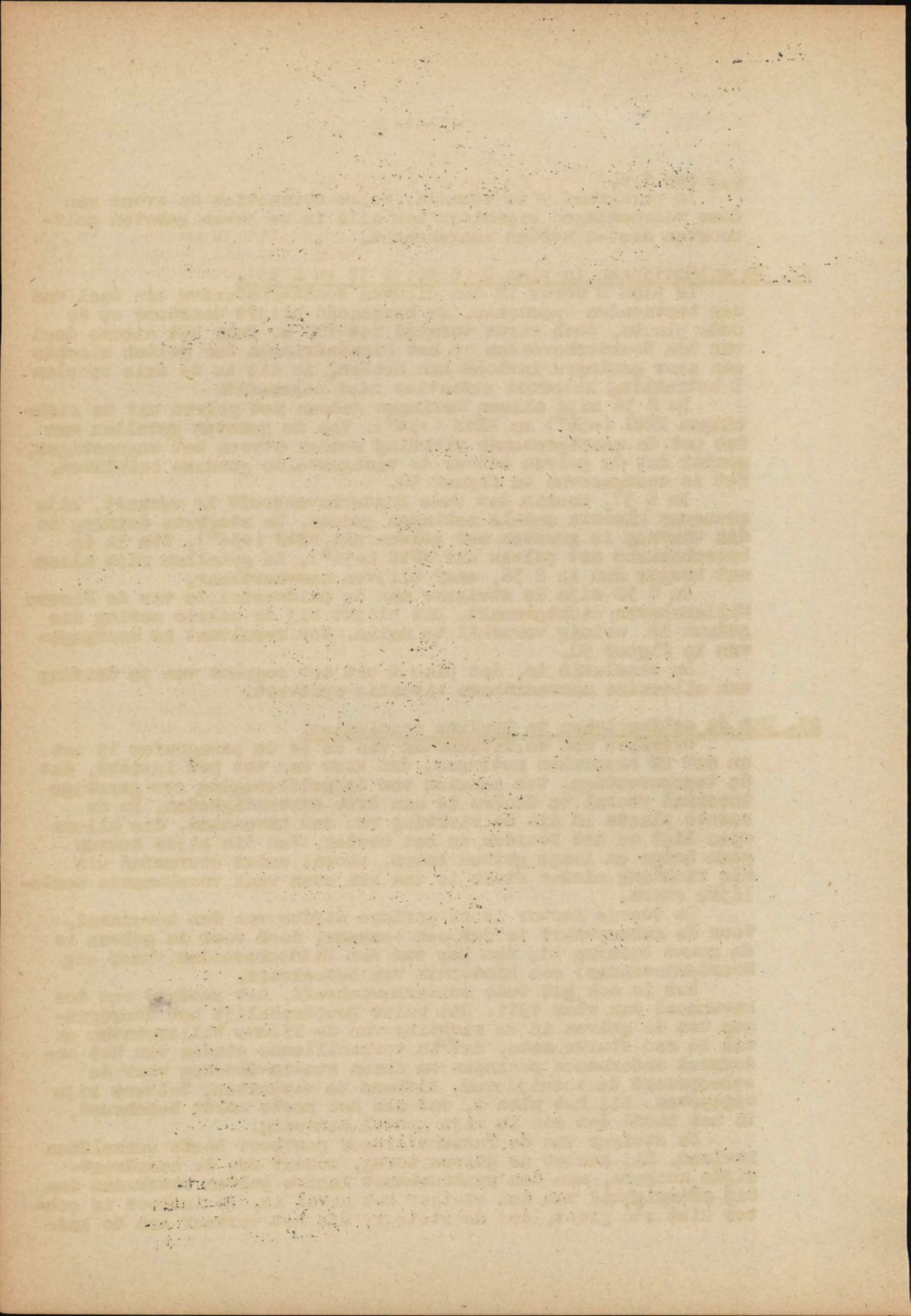
23. Uit de golfmetingen te trekken conclusies.

Overziet men de uitkomsten van de in de paragrafen 13 tot en met 22 besproken metingen, dan komt men tot het inzicht, dat de tegenwoordige, ten aanzien van de golfbeweging zoo gunstige toestand vooral te danken is aan drie omstandigheden. In de eerste plaats is dit de richting van den havenmond, die alleen open ligt op het Noorden en het Oosten. Van die zijde kunnen geen hooge en lange golven komen, vooral omdat stormwind uit die richting minder sterk is dan een even vaak voorkomende westelijke storm.

De tweede factor is de geringe wijidte van den havenmond. Voor de scheepvaart is dat een bezwaar, doch voor de golven is de nauwe opening bij den kop van den Middenhavendam (thans nog Noorderhavendam) een hindernis van beteekenis.

Dat is ook het Oude Zuiderhavenhoofd, het restant van den havenmond van vóór 1911. Dit belet hoofdzakelijk het doordringen van de golven in de richting van de Nieuwe Willemshaven en wel in zoo sterke mate, dat^{de} in verschillende stadia van het onderzoek ondernomen pogingen om dezen sta-in-den-weg voor de scheepvaart te verwijderen, althans te verkorten, telkens zijn opgegeven. Bij het plan B, dat als het beste wordt beschouwd, is het hoofd dan ook in zijn geheel aanwezig.

De steiger van de Terschellinger postboot heeft eenzelfde invloed. Hij kaatst de golven terug, zoodat aan de noordwestzijde hoogere, aan den zuidoostkant lagere golven voorkomen dan bij afwezigheid van den steiger het geval is. De invloed is echter niet zoo groot, dat de steiger, die het verkeer aan de kade



bemoeilijkt, moest worden gehandhaafd.

Er is getracht een dergelijke werking te bereiken, door de drie open steigers die in de Nieuwe Willemshaven loodrecht op den Zuiderhavendam staan, dicht te maken. Dit heeft echter geen duidelijk resultaat gehad. Vermoedelijk is de deining aan deze zijde van het havenbekken minder groot dan aan de zijde van de kademuur, zoodat hindernissen er minder uitwerking kunnen hebben. Op de golven die bij noordwestenwind in de haven zelf ontstaan zullen dergelijke dichte schermen waarschijnlijk wel een dempende werking hebben.

Eenigszins onverwacht is de duidelijke invloed van de palen van de steigers langs de binnenzijde van den Zuiderhavendam. Op dezen invloed is al eerder gewezen. Blijkbaar wordt van een schuin op een dam aanlopende golf een kleiner gedeelte teruggekaatst, wanneer het beloop met palen is bezet, dan wanneer dat niet het geval is (par. 15). Het zou de moeite waard zijn, systematische metingen te doen omtrent de mate waarin de, op een talud aanlopende, golven worden teruggekaatst. Dat die terugkaatsing belangrijk kan zijn, volgt ook uit de hooge golven die buiten de haven worden aangetroffen. Zij moeten ontstaan door interferentie van de aankomende golven met de teruggekaatste (par. 13).

In verband hiermede staat ook de werking van zeer flauw hellende onderwaterbeloopen, zooals die in S 4 en alle volgende situaties zijn aangebracht in den hoek tusschen den Zuiderhavendam en het Oude Zuiderhavenhoofd. Daar S 4 van de proeven zonder dit flauwe beloop ook in andere opzichten sterk verschilt, kan door de metingen niet worden uitgemaakt, hoe groot de invloed van het "strand" is. Men kan er echter vrij zeker van zijn, dat het terugkaatsen van de, betrekkelijk korte, golven uit dien hoek zonder de aanwezigheid van het flauwe beloop sterker zou zijn geweest, dan thans het geval is. Uiteraard neemt de werking van een dergelijke maatregel af, naarmate hij wordt getroffen in een gebied waar de golven lager worden.

Omtrent het traceeren van havendammen bestaat een oude regel, dat de golfbeweging in de haven sterk blijft, zoolang de koppen van de dammen elkander niet dekken, m.a.w. zoolang uit zee naar de haven een rechte lijn kan worden getrokken, die geen der havendammen snijdt. Dit is gegrond op de stilzwijgende aanname dat de golf rechtuit loopt zonder zijdelings veel energie af te geven, zoodat een deel van de golf de haven kan binnendringen, zoolang er licht tusschen de dammen is. Is dit niet meer het geval, dan zou de golf niet meer kunnen binnenkomen en de haven dus plotseling veel rustiger worden. De moderne opvatting over voortplanten van golven, met de vele verschijnselen van terugkaatsen, interfereeren, breken, afbuigen en dempen, beschouwt de oude redeneering terecht als te simplistisch. Desondanks zal zij soms in groote trekken opgaan; ook bij de haven van Harlingen blijkt dit het geval te zijn.

Men mag hieruit echter niet afleiden, dat een haven

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is arranged in several paragraphs and is too light to transcribe accurately.

steeds onrustig is, als de koppen van de dammen elkander niet dekken en zeker, dat in een haven nimmer hinder van de deining wordt ondervonden, wanneer dit wel het geval is. Van het laatste zijn trouwens verscheidene voorbeelden aanwezig.

Behalve de bestaande toestand, S 0, zijn er verscheidene situaties waarbij de gemeten golfhogten niet of nauwelijks groter zijn dan de grenswaarde (tabel III). Dit zijn S 8, S 9, S 14 en S 15 van het voorloopige onderzoek; S 20 volgens plan A; S 24, S 26 tot en met S 32 van plan B; S 33 volgens plan C en alle drie de situaties volgens plan D, namelijk S 36, S 37 en S 38.

Van deze situaties moeten er verscheidene worden afgevoerd, omdat het meetprogramma niet volledig is verricht, zoodat het mogelijk is, soms zelfs waarschijnlijk of zeker, dat het meest ongunstige geval niet is gemeten. Voor andere situaties zijn de meetcijfers geflatteerd, omdat daarin de zeebodem buiten den mond niet was verdiept; dit zijn S 20 en S 33, die zeker boven de grens zouden zijn gekomen, wanneer ook daar was gebaggerd tot N.A.P. - 5,4 m. De plannen A en C voldoen dus niet aan de eischen. Er blijven dan tenslotte over: S 0, S 8, waarschijnlijk S 26, voorts S 27 tot en met S 30, S 32 en de drie situaties van plan D. Hiervan heeft S 8 een te nauwen mond en wordt S 26 niet aanvaard wegens de situatie van den kop van den Noorderhavendam (par. 19). De overige situaties van plan B vormen een serie, waaruit S 32 is gekozen, omdat hierbij nog juist aan de eischen wordt voldaan, zonder dat overbodig werk wordt gemaakt. Wanneer de in paragraaf 9 bedoelde correcties worden aangebracht, verandert deze conclusie niet. Deze situatie moet dus worden aanbevolen, althans uit het oogpunt van in- en uitvaren en van deining.

De uitkomsten voor plan D toonen aan, dat ten opzichte van den tegenwoordigen toestand de zeebodem buiten den havenmond kan worden verdiept, de mond zelf verwijd tot 100 m, het oude Zuiderhavenhoofd verkort met 35 m en nog enkele wijzigingen worden aangebracht, zonder dat de deining zoo veel toeneemt, dat de toestand ontoelaatbaar wordt.

24. De in de haven zelf opgewekte golven.

Behalve met de van buiten komende deining, moet worden rekening gehouden met de in de haven zelf door den wind opgewekte golven. Op twee plaatsen kunnen deze van belang worden, nl. achter in de Nieuwe Willemshaven en vóór de nieuwe sluis. In beide gevallen is de grootst mogelijk strijklengte iets meer dan een kilometer (beschouwd is S 32; de onderlinge verschillen tusschen de situaties zijn in dit opzicht echter niet groot). In de Nieuwe Willemshaven wordt deze bereikt bij storm uit NWtN (-34°); de windrichting mag slechts binnen een sector van ruim 10 graden varieeren. Voor de van buiten komende golven zijn in paragraaf 9 de windsterkten met de frequentie van $5 \cdot 10^{-5}$ per sector van $22\frac{1}{2}^{\circ}$ ten grondslag gelegd. Om hiermede in overeenstemming te zijn moet thans in figuur 4 bij de richting NWtN de windsnelheid met tweemaal zoo groote frequentie, dus 10^{-4} , worden opgezocht. Deze snelheid, 19 m/sec, is, uit den nauwen in aanmerking komenden sector, even vaak te verwachten als de snelheid van $21\frac{1}{2}$ m/sec (met frequentie $5 \cdot 10^{-5}$) uit den sector van $22\frac{1}{2}^{\circ}$ en is dus gelijkwaardig met het aangenomen geval van enkele

uren per jaar.

Om groote golven te verkrijgen vóór de nieuwe sluis, moet de windrichting ongeveer WSW (-112°) zijn; de richting kan hier over een sector van ruim 20 graden varieeren. Voor deze golven moet dus, om in overeenstemming te blijven met de golven van buiten, de windsnelheid met de frequentie $5 \cdot 10^{-5}$ per sector van $22\frac{1}{2}^{\circ}$ als grondslag worden genomen. Dit is volgens figuur 4 eveneens een snelheid van 19 m/sec op 6 m hoogte.

De golven die op grond van de aanwezige gegevens bij die windsnelheid na een strijklenkte van ruim een kilometer kunnen worden verwacht, zijn ongeveer 8 m lang en 0,5 m hoog; zij hebben een periode van $2\frac{1}{4}$ sec. Deze hoogte betekent een belangrijke overschrijding van de voor de havenbekkens aangenomen grens van 0,2 m.

In de bestaande situatie is de strijklenkte wat kleiner, namelijk ongeveer 800 m. Op de grootte van de golven volgens de berekening maakt dit echter slechts weinig verschil. Toch is, zooals in paragraaf 3 is medegedeeld, in den huidige toestand nimmer hinder van den golfslag ondervonden. De verklaring hiervan is waarschijnlijk tweeledig.

In de eerste plaats is bij het berekenen van de ontwikkeling der golven een wijde watervlakte verondersteld. In de bedoelde havenbekkens is deze veronderstelling niet vervuld. Door de aanwezigheid der oevers, steigers en schepen worden zoowel de wind als de golven geremd. Het is dus zeer waarschijnlijk, dat bij de aangenomen windkracht de werkelijk opgetreden golven vrij veel kleiner zijn gebleven dan zonder die storingen is berekend.

In de tweede plaats mag men aannemen dat de plaatselijke golven, welke een aanzienlijk kleinere periode hebben dan de van buiten komende, uit dien hoofde voor de schepen veel minder hinder geven. De eigen slingertijd van de meeste in de haven verkeerende schepen is in de buurt van 4 seconden. Er is dus met golven met die periode resonantie. Dit is in veel mindere mate het geval met de kortere golven, die de schepen dus veel minder in beweging zullen brengen. De golven zijn nog niet zoo hoog, dat zij over de luikhoofden van diepgeladen binnenschepen kunnen heenspoelen, wanneer die schepen zelf nauwelijks bewegen.

In de nieuwe situatie zullen de golven in de Nieuwe Willemshaven iets grooter (zoowel in hoogte als lengte, dus ook in periode) kunnen worden dan thans, eensdeels tengevolge van het toenemen van de strijklenkte, andersdeels van het wegnemen van den steiger van de Terschellingert boot.

De golven vóór de nieuwe sluis zullen eveneens grooter zijn dan thans in de Nieuwe Willemshaven. Ook hier is de strijklenkte grooter en de ontwikkeling der golven wordt minder geremd door zijdelingsche belemmeringen. Vermoedelijk zullen deze golven nog weinig hinder veroorzaken, ofschoon het niet uitgesloten is dat het manoeuvreeren bij de nieuwe sluis eenigermate zal worden belemmerd. Wanneer dit het geval is, kan worden getracht, door het

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or title.

A line of faint text, possibly a date or a reference number.

A block of faint text, possibly a list or a set of instructions.

A block of faint text, possibly a paragraph or a section of a document.

A block of faint text, possibly a paragraph or a section of a document.

A block of faint text at the bottom of the page, possibly a footer or a signature.

uitbouwen van steigers met dichte wanden, de in de haven zelf opgewekte golven te verkleinen. De situatie van den havenmond en omgeving, die het voorwerp van onderzoek bij de proeven is, heeft op deze golven geen invloed.

25. De stroommetingen.

Het resultaat der stroommetingen in het model van de bestaande situatie (S 0) is weergegeven in figuur 51. Zij beslaan de omgeving van den havenmond.

Bij noordgaand tij zijn de snelheden vóór en in den havenmond zeer gering. Er kan dan slechts zeer weinig water in de haven binnendringen.

Bij zuidgaand tij is er eenige circulatie in den havenmond, waarbij naar binnen gaande snelheden van ruim 0,2 m/sec zijn waargenomen.

Geheel andere stroombeelden zijn waargenomen in S 3 (fig. 52). In het bijzonder bij zuidgaand tij trad in de voorhaven een vrij sterke rondgaande strooming op. Dieper in de haven was echter, evenals bij noordgaand tij, weinig stroom waar te nemen.

In S 5 is uitsluitend een meting gedaan met noordgaanden stroom. Ook in dit geval was een neer in de voorhaven aanwezig, zonder dat een sterke uitwisseling met de havenbekkens optrad.

Figuur 54 toont de resultaten der stroommetingen in S 22. Hierbij is vooral aandacht gewijd aan de stroomverdeling in zee en aan den stroom langs den nieuwen kop van den Zuiderhavendam, met het oog op de verdediging daarvan tegen uitschuring.

Zooals uit figuur 54 blijkt, wordt de kop alleen door den stroom aangevallen bij zuidgaand tij. De gemeten stroomsnelheden zijn van dezelfde orde van grootte als die welke thans langs den bestaanden kop voorkomen (fig. 51).

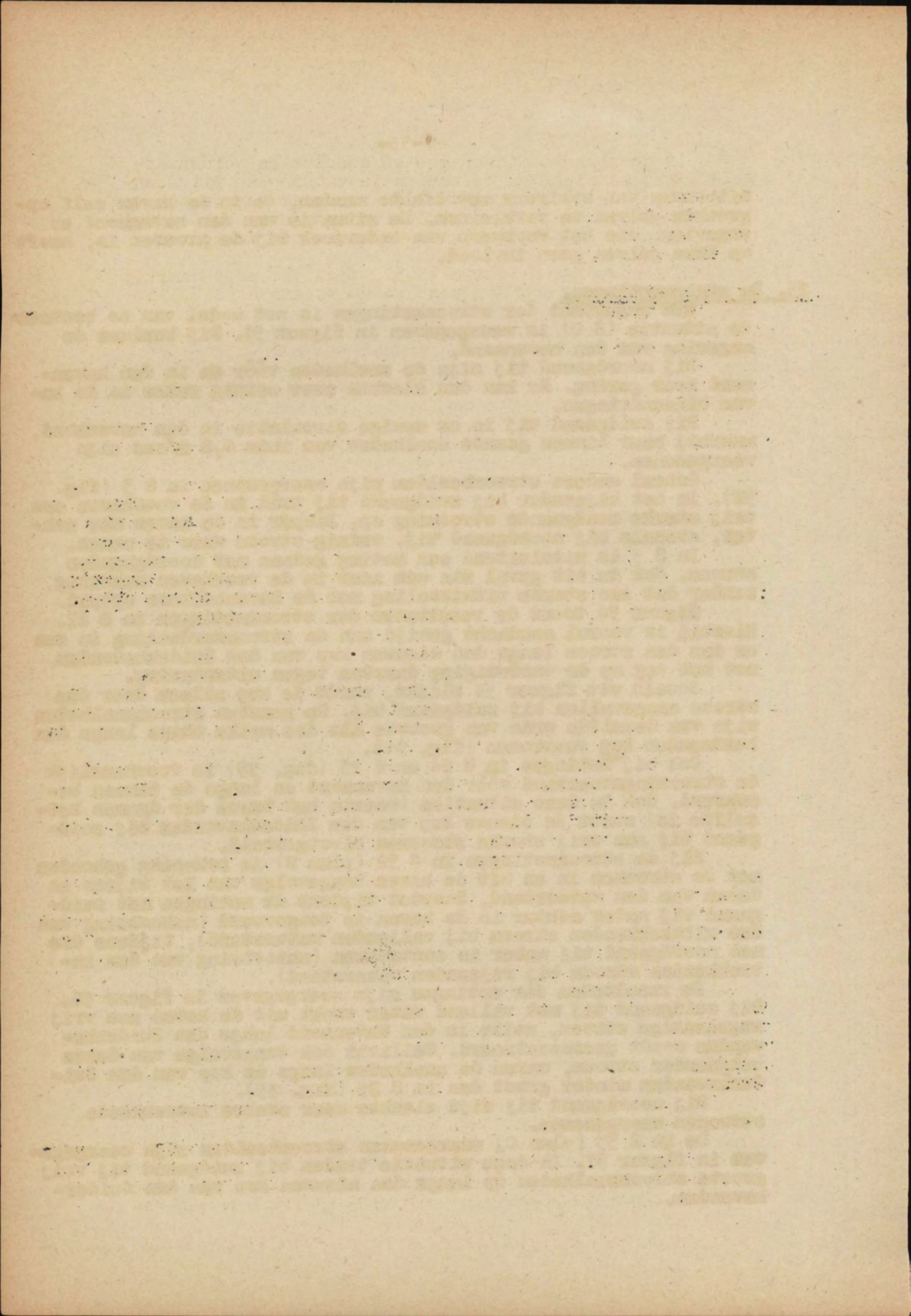
Ook bij metingen in S 24 en S 25 (fig. 55) is voornamelijk de stroomingstoestand vóór den havenmond en langs de dammen beschouwd. Ook in deze situaties (waarin het trace der dammen hetzelfde is) wordt de nieuwe kop van den Zuiderhavendam bij zuidgaand tij aan vrij sterke stroomen blootgesteld.

Bij de stroommetingen in S 32 (plan B) is rekening gehouden met de stroomen in en uit de haven tengevolge van het rijzen en dalen van den waterstand, doordat tijdens de metingen met zuidgaand tij water achter in de haven is toegevoerd (nabootsing van den uittrekkenden stroom bij vallenden waterstand), tijdens die met noordgaand tij water is onttrokken (nabootsing van den intrekkenden stroom bij rijzenden waterstand).

De resultaten der metingen zijn weergegeven in figuur 56. Bij zuidgaand tij met vallend water trekt uit de haven een vrij regelmatige stroom, welke in den havenmond langs den Zuiderhavendam wordt geconcentreerd. Wellicht ook tengevolge van dezen uitgaanden stroom, waren de snelheden langs de kop van den Zuiderhavendam minder groot dan in S 25 (fig. 55).

Bij noordgaand tij zijn slechts zeer zwakke intrekkende stroomen waargenomen.

De in S 35 (plan C) waargenomen stroombeelden zijn weergegeven in figuur 57. In deze situatie traden bij zuidgaand tij vrij groote stroomsnelheden op langs den nieuwen kop van den Zuiderhavendam.



Uit de stroommetingen moeten conclusies worden afgeleid ten aanzien van de navigatie van in- en uitvarende schepen, de verdieping van den zeebodem ten westen van de haven en dendaaruit voortvloeienden aanval op den Zuiderhavendam en tenslotte de in de haven te verwachten aanslibbing.

De aanbevolen situatie (S 32, fig. 56) moet daarbij worden vergeleken met den bestaanden toestand (S 0, fig. 50).

De binnenkomende schepen moeten ten noorden van de haven opdraaien. Tijdens noordgaand tij kunnen zij dit doen buiten den hoofdstroom; dit is in S 32 eveneens mogelijk. De praktijk leert, dat men meestal niet zoo ver oostwaarts gaat, dat het schip uit den hoofdstroom is: veel last veroorzaakt deze dus niet. In S 32 zullen op het overeenkomstige punt wel wat sterkere stroomen dan thans worden aangetroffen, doch het verschil zal niet zoo groot zijn, dat het merkbaar is.

Bij zuidgaand tij loopt er tot dicht onder den Noorderhavendam in beide situaties een naar het WSW gericht stroom met een snelheid van maximaal één mijl (0,52 m/sec). Hier is S 32 lichtelijk in het voordeel.

In den havenmond zelf is de stroom noch in S 0, noch in S 32 van eenige beteekenis.

Ten aanzien van het eerste punt kan S 32 dus worden aanvaard.

Na 1911 heeft de stroom geleidelijk een kuil gevormd buiten den kop van den Zuiderhavendam (fig. 58). Vermoedelijk hebben zoowel de noordgaande als de zuidgaande stroom daaraan bijgedragen. Beide worden door den kop sterk afgeleid, waardoor de wervelgebieden ontstaan die de ontgronding in de hand werken.

Op de peilkaarten die in het bezit zijn van het Arrondissement Leeuwarden van den Rijkswaterstaat, is te zien, dat de kuil zich in den kleibodem slechts langzaam heeft uitgebreid. Het is echter waarschijnlijk, dat thans de onderkant van de kleilaag is bereikt en dit zou het gevolg kunnen hebben, dat de verdieping in de toekomst sneller zal gaan. Geheel afgezien van de uitbreidingsplannen is het dus mogelijk, dat maatregelen moeten worden genomen om de stroomen te verzwakken. Dit zou kunnen geschieden door het oostelijk gedeelte van den Pollendam in te korten, bijvoorbeeld over een lengte van 200 meter. Dit is thans mogelijk zonder gevaar voor verzanding van het vaarwater daar ter plaatse en het zou den nauwen doorgang voor de stroomen tusschen den havenmond en den Pollendam verruimen.

In plan B wordt de toestand in dit opzicht zeker niet slechter. Wel wordt de doorgang nog iets nauwer, doch daar staat tegenover, dat de noordgaande stroom veel beter wordt geleid dan thans (fig. 56b). Tijdens de periode dat de stroom deze richting heeft, zal de bodem dus niet sterk worden aangetast.

Dat is nog wel het geval tijdens zuidgaand tij: dan zijn er weer sterke wervels, die uitgaan van den kop van

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the smell of fresh air. It was a relief after being stuck in traffic for hours. I looked around and saw a beautiful landscape with rolling hills and a small town in the distance. The sun was shining brightly, and the birds were chirping happily. I felt a sense of peace and tranquility that I had never experienced before. I decided to take a walk and enjoy the view. As I walked, I saw a small stream flowing through the fields. The water was clear and cool, and I could hear the gentle rustling of leaves. I stopped for a moment to drink some water and rest. I felt rejuvenated and ready to face whatever came my way. The journey had been long and tiring, but it was worth it. I had found a beautiful place to rest and recharge. I smiled and continued on my way, feeling grateful for the unexpected detour.

den dam (fig. 56a). Toch lijkt ook hier het stroombeeld niet slechter dan in S 0 en men komt dus tot de conclusie, dat S 32 ook ten aanzien van de ontgronding geen bezwaren zal meebrengen.

Deze conclusie geldt ook voor de aanslibbing van de havenbekkens. Deze zou noodeloos groot worden, wanneer in den havenmond een zoo sterke neer optreedt, dat er meer water wordt uitgewisseld tusschen zee en haven, dan overmijdelijk is door het vullen van de haven tijdens rijzend en het ledigen bij vallend water. Een dergelijke neer ontbreekt tijdens noordgaand tij (dus grootendeels tijdens het rijzen van den waterspiegel) en is bij zuidgaand tij (fig. 56a) zoo zwak, dat de extra naar binnen komende hoeveelheid slib niet van groote beteekenis is.

Dat wil echter niet zeggen, dat het onderhoudsbaggerwerk niet zal toenemen. Door het vergrooten van het oppervlak van de haven (van $0,22 \times 10^6 \text{ m}^2$ tot $0,48 \times 10^6 \text{ m}^2$) moet tusschen laagwater en hoogwater veel meer water uit zee de haven binnenkomen dan thans het geval is. Er zal dus ook veel meer slib worden binnengebracht, dat zich voor een groot gedeelte in de voorhaven zal neerzetten.

De aanslibbing zal ook sterk worden vergroot, wanneer met de nieuwe sluis veelvuldig wordt gespuid. Het zoete binnenwater vermengt zich onvolkomen met het zoutere water in de haven. Dientengevolge ontstaat brak water met een betrekkelijk lage dichtheid, dat over het zwaardere water heen naar zee stroomt. Deze stroom is veel sterker dan de spuistroom en moet dus worden gecompenseerd door een uit zee komende strooming van zouter en dus zwaarder water, dat zich dicht over den bodem beweegt. Deze compenseerende bodemstroom (ondervloed) brengt uiteraard veel slib mede.

Het is niet mogelijk om een eenigszins nauwkeurige berekening te maken van de hoeveelheden die jaarlijks moeten worden gebaggerd. De omstandigheden zijn daarvoor te slecht bekend en wisselen veel te sterk. Het volgende is een uiterst globale schatting, die nauwelijks aanspraak kan maken op het goed aangeven van de orde van grootte. Daarbij is ondersteld, dat, zoowel in S 0 als in S 32 evenveel slib wordt neergezet, als door den "theoretischen vulstroom" wordt binnengebracht. Het slib dat tijdens vallend water de haven verlaat, zou dan evenveel zijn als dat, hetwelk door de "uitwisseling" wordt binnengebracht.

S 0. Oppervlakte van de haven $0 = 0,22 \times 10^6 \text{ m}^2$
Tijverschil (na afsluiting van de Zuiderzee)

Binnenkomende hoeveelheid water $Q = 706 \times 1,75 \times 0,22 \times 10^6 = 270 \times 10^6 \text{ m}^3$
Slibgehalte $0,05 \text{ kg/m}^3$, dus binnenkomende hoeveelheid slib $S = 13,5 \times 10^6 \text{ kg}$. Aannemende dat het neergeslagen slib ongeveer 600 kg vaste stof per m^3 bevat, is dit tusschen 20000 en 25000 m^3 per jaar.

Wordt aangenomen dat $150 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar wordt gespuid (par. 2) en dat de compenseerende onderstroom tweemaal zoo sterk is als de spuistroom zelf, dan stroomt tengevolge van het spuien jaarlijks 300 miljoen m^3 water de haven binnen. Dit bodemwater bevat meer slib dan het gemiddelde, stel $0,1 \text{ kg/m}^3$, zoodat het jaarlijksche slibbezwaar $30 \times 10^6 \text{ kg}$, of 50000 m^3 slib zou zijn. Het totale slibbezwaar is dan $20000 \text{ à } 25000 + 50000 = 70000 \text{ à } 75000 \text{ m}^3$, wat behoorlijk overeenkomt met de in paragraaf 2 ge-

noemde hoeveelheid van 80000 m^3 per jaar.

Wanneer deze verdeeling juist is, moet het spuien verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van de aanslibbing. Een hoeveelheid van 1000 m^3 slib zou in de haven worden gebracht telkens na het spuien van drie miljoen kubieke meter water.

Na de uitbreiding neemt de aanslibbing tengevolge van den vulstroom toe evenredig aan het oppervlak van de haven. Men komt dus op $22500 \times 0,48:0,22$, of rond 50000 m^3 . Wordt het spuien eveneens versterkt, bijvoorbeeld tot $250 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar, dan stijgt de hoeveelheid "spuislib" tot ruim 80000 m^3 en het totaal dus tot omstreeks 130000 m^3 per jaar.

In hoeverre de buiten de haven te baggeren hoeveelheid zal toenemen, is in het geheel niet te zeggen.

26. De haling.

In situatie 1 is de haling gemeten achter in de Nieuwe Willems haven, zoowel bij noordgaanden als bij zuidgaanden stroom. In het eerste geval was alleen een onregelmatige beweging van den waterstand van niet meer dan $0,02$ tot $0,03 \text{ m}$ in de werkelijkheid waar te nemen. Bij zuidgaanden stroom echter ontstond een regelmatige schommeling met een vrijwel constante periode en amplitudo. In figuur 59 is het waargenomen verloop over een tijdvak van ruim 300 sec (45 minuten in werkelijkheid) weergegeven. Hieruit blijkt, dat de amplitudo (hoogteverschil tusschen hoogsten en laagsten stand) en de periode van de schommeling overeenkwamen met $0,26 \text{ m}$ en $11 \text{ min } 40 \text{ sec}$. Een dergelijke haling kan met een wisselenden stroom in den havenmond van de orde van grootte van $100 \text{ m}^3/\text{sec}$, met gemiddelde snelheden tot $0,3 \text{ m/sec}$, gepaard gaan en zou dus een belangrijke factor zijn bij de uitwisseling tusschen het buitenwater en de haven en daardoor bij de aanslibbing. Ook al houdt men er rekening mede, dat slechts gedurende een deel van den tijd een haling van de gemeten sterkte optreedt, dan is daarvan toch het gevolg een uitwisseling van dezelfde orde van grootte als wordt veroorzaakt door de getijbeweging (product van havenoppervlak en tijverschil).

De haling is eveneens gemeten in S 32, zoowel achter in de Nieuwe Willems haven als in de voorhaven van de nieuwe sluis. Zooals uit figuur 58 blijkt, heeft de meting in geen der beide bekkens een regelmatige schommeling opgeleverd. Zoo er al van een haling kan worden gesproken, is deze in elk geval veel kleiner dan in S 1. De uiterste waterstanden verschillen in beide bekkens minder dan een decimeter.

Door het ontbreken van metingen in S 0 is een rechtstreeksche vergelijking met de bestaande situatie niet mogelijk. De meting in S 1 doet vermoeden, dat ook in het model volgens S 0 een haling zal kunnen optreden, zij het misschien in minder sterke mate dan in S 1, waar het Oude Zuiderhavenhoofd was weggenomen.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.

Second block of faint, illegible text, appearing as several lines of a paragraph.

Third block of faint, illegible text, possibly a short section or a transition.

Fourth block of faint, illegible text, consisting of multiple lines of a paragraph.

Fifth block of faint, illegible text, appearing as several lines of a paragraph.

Sixth block of faint, illegible text, possibly a concluding paragraph or a list.

Seventh block of faint, illegible text at the bottom of the page.

De diagrammen van de registreerende peilschaal te Harlingen, die achter in de Nieuwe Willemshaven staat, toonen aan, dat er bij rustig weer in de haven geen meetbare haling optreedt. Op ruwe dagen komt veelvuldig een vrij regelmatige slingering voor, die eenige uren kan aanhouden en een amplitudo heeft die zelden grooter wordt dan een decimeter. Slechts een enkele maal is de haling zoo sterk, dat de rijzing van laagwater naar hoogwater, of de daling van hoog- naar laagwater, wordt onderbroken door korte tijden van daling, resp. rijzing. Extra uitwisseling van water en dus vergrooting van slibbezwaar vindt dus weinig plaats.

De periode hangt af van den waterstand: bij laagwater is de slingering langzamer dan bij hoogwater. Uit de peilschaaldiagrammen van 1942 blijkt, dat de periode ongeveer als volgt met den waterstand verloopt:

waterstand	-1 m	$-\frac{1}{2}$ m	N.A.P.	$+\frac{1}{2}$ m	+1 m	$+1\frac{1}{2}$ m	+2 m	$+2\frac{1}{2}$ m
periode	23	20	18	16	$14\frac{1}{2}$	13	12	11 min

De waarnemingen liggen uiteraard gestrooid om de lijn die dit verband aangeeft met een grootste afwijking van 4 minuten.

Bij den stand waarin de modelmetingen zijn gedaan (N.A.P. + 2m) is de periode in de haven nagenoeg gelijk aan de in model S 1 gemetene. In dat opzicht is er dus overeenstemming. Alleen is in de werkelijkheid de haling veel zwakker dan in model S 1. In hoe verre dit verschil ligt aan den overgang werkelijkheid - model, of aan die van S 0 naar S 1, is niet uit te maken; vermoedelijk aan beide, maar vooral aan de eerste. De ervaring met andere modellen leert namelijk, dat in een model eerder haling ontstaat dan in het prototype. Het omgekeerde is nimmer waargenomen.

Men mag dan ook verwachten, dat in de haven, na verbouwen volgens plan B, de haling nog zwakker zal zijn, dan overeenkomt met de modelmetingen in S 32, waar het verschijnsel reeds van weinig belang was.

De waarnemingen in de haven zelf en in het model in verband met elkander beschouwd, leiden met practisch volledige zekerheid tot de conclusie, dat na verbouwing tot plan B in de haven geen haling zal optreden in een dergelijke mate, dat de aanslibbing erdoor kan worden bevorderd.

Van theoretisch belang is een verklaring van den oorzaak van het verschijnsel. Deze moet worden gezocht in resonantie van de havenbekkens met toevallige buiten optredende storingen. De eigen slingertijd van de haven, of deelen daarvan, moet daarom in de periode van de haling tot uitdrukking komen. Uit het verloop van de te Harlingen optredende periode met den waterstand zou men kunnen opmaken dat de gemiddelde hoogteligging van de slingerende gebieden omstreeks N.A.P. - 2 meter is en dat hun lengte tusschen 1100 en 1200 meter zou liggen.

De bodemligging is hooger, de lengte grooter dan uit de situatie zou volgen, al is het verschil niet zeer groot. De verklaring is dus niet geheel en al bevredigend.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Second section of faint, illegible text, appearing as a dense block of characters.

Third section of faint, illegible text, continuing the dense block of characters.

TABEL I.

Datum	Zonnetijd		Wind		Water-stand m t.o.v. N.A.P.	Golven	
	uur	min	rich-ting	snel-heid m/sec		hoogte m	periode sec
13-12-1941	7	20	- 67°	14	+ 0,65	0,41	-
17-12-1941	20	55	+ 11°	7 - 4	+ 1,20	0,54	-
20-12-1941	11	00	+ 34°	6 - 5	+ 0,82	0,40	2,1
23-12-1941	0	25	- 45°	16 -	+ 1,61	0,78	-
24-12-1941	20	45	- 45°	11	- 0,20	0,38	-
25-12-1941	0	20	- 45°	10	+ 1,90	0,75	-
25-12-1941	9	00	- 34°	14	- 0,20	0,60	2,4
25-12-1941	10	10	- 18°	13	+ 0,30	0,88	2,8/3,3
25-12-1941	10	50	- 11°	14 =	+ 0,70	0,91	2,6
15- 4-1942	13	10	+ 34°	4	- 0,50	0,50	-
15- 4-1942	23	50	+ 45°	4	+ 0,15	0,60	-
16- 4-1942	13	10	+ 34°	5	- 0,40	0,47	-
17- 4-1942	15	00	+ 45°	8	- 0,60	0,50	-
21- 4-1942	15	50	+ 45°	5	0,00	0,34	-
24- 4-1942	3	20	+ 15°	7	+ 0,20	0,56	-
30- 4-1942	13	40	- 23°	7	- 0,50	0,74	-
1- 5-1942	14	20	- 30°	5	- 0,50	0,51	-
1- 5-1942	16	20	- 56°	6 a 7	- 1,20	0,25	-
4- 5-1942	12	20	- 34°	6	+ 0,85	0,56	-
7- 5-1942	17	00	+ 23°	7½	+ 0,30	0,60	-
7- 5-1942	22	50	+ 11°	6	- 0,70	0,28	-
8- 5-1942	5	20	+ 23°	4	0,00	0,40	-
8- 5-1942	11	10	0°	6	- 0,70	0,18	-
8- 5-1942	16	20	+ 23°	5	+ 0,50	0,50	-
21- 5-1942	4	40	+ 23°	3	- 0,35	0,45	-
22- 5-1942	2	20	+ 11°	3	+ 0,40	0,42	-
18- 6-1942	18	00	- 30°	6	- 0,70	0,53	-
18- 6-1942	20	10	- 11°	5½	- 0,45	0,21	-
19- 6-1942	15	00	- 23°	4	+ 0,20	0,42	-
24- 6-1942	6	00	0°	8	+ 0,35	0,60	-
24- 6-1942	18	00	- 11°	8	+ 0,70	0,64	-
25- 6-1942	0	30	- 23°	7	- 1,10	0,32	-
25- 6-1942	6	30	- 30°	7	+ 0,60	0,64	-
26- 6-1942	2	00	- 34°	8	- 0,80	0,30	-
1- 7-1942	17	00	+ 23°	7	- 0,70	0,42	-
11- 7-1942	8	20	- 23°	14	+ 1,50	0,80	-
11- 7-1942	12	30	- 56°	20	+ 0,60	0,57	-
11- 7-1942	15	40	- 60°	22	+ 0,20	0,66	-
11- 7-1942	20	45	- 60°	17	+ 1,50	0,76	-

TABEL II.

S	Noorderhavendam recht of geb.	Noorderhavendam plaats kop	Zuiderhavendam		Middenhavendam ver- kort	Middenhavendam opening wijd	Oude Zuiderhavenhoofd aan- we- zig	Kade tusschen N.W.H. en Dok		Diepte toe- gang m t.o.v. N.A.P.	Tersch. boot- stei- ger	S	Bijzonderheden
			ver- kort	wijze				ver- lengd	paal- werk				
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
-1	-	-	-	-	Sit.	vóór 1911	wel	-	-	peiling '11	wel	-1	Sit. vóór 1911 Best. situatie
0	-	-	-	-	-	-	"	-	-	"	"	0	
1	-	-	-	-	-	-	niet	-	-	"	"	1	
2	recht	+ 25	-	-	-	-	"	-	-	"	"	2	
3	"	+ 25	-	-	-	-	"	-	-	"	"	3	
4	"	+ 25	-	-	-	150	wel	-	-	"	"	4	
5	zw. geb.	+ 25	-	-	80	100	"	-	-	"	niet	5	
6	"	+ 35	-	-	280	-	"	-	-	"	"	6	
7	"	+ 35	-	-	280	-	"	-	-	"	"	7	
8	"	- 35	geb.	150	280	-	"	-	-	"	"	8	
9	"	- 35	recht	75	280	-	"	-	-	"	"	9	
10	"	- 35	"	75	280	-	"	-	-	"	"	10	
11	"	- 35	"	75	280	-	knik	-	-	"	"	11	
12	"	- 35	"	75	280	-	"	-	-	"	"	12	
13	"	- 35	"	75	280	-	"	225	62	"	"	13	
14	"	- 35	"	75	280	-	"	225	62	"	"	14	
15	st. geb.	- 35	"	75	280	-	wel	-	-	"	"	15	
16	zw. geb.	- 35	"	75	280	-	"	-	-	"	"	16	
17	"	- 35	"	37	280	-	"	-	-	"	"	17	
18	"	- 35	"	55	280	-	"	-	-	"	"	18	Plan A
19	"	- 35	"	55	280	-	"	-	-	"	"	19	"
20	"	- 35	"	55	280	-	"	-	-	"	"	20	"
21	"	- 35	"	55	280	-	"	-	60	"	"	21	"
22	"	- 35	"	95	280	-	"	-	-	"	"	22	"
23	"	- 35	"	95	280	-	"	-	60	"	"	23	"
24	recht	+ 35	geb.	225	280	-	"	-	-	"	"	24	Plan B
25	"	+ 35	"	225	280	-	"	-	15	"	"	25	"
26	kop geb.	+ 10	"	225	280	-	"	-	15	"	"	26	"
27	recht	+ 35	"	285	280	-	"	-	15	"	"	27	"
28	"	+ 35	"	265	280	-	"	-	15	"	"	28	"
29	"	+ 35	"	257	280	-	"	-	15	"	"	29	"
30	"	+ 35	"	252	280	-	"	-	15	"	"	30	"
31	"	+ 35	"	243	280	-	"	-	15	"	"	31	"
32	"	+ 35	"	250	280	-	"	-	15	"	"	32	"
33	zw. geb.	- 35	40	180	280	-	wel	-	-	peiling '39	"	33	Plan C
34	"	- 35	40	180	280	-	"	-	-	"	"	34	"
35	"	- 35	40	180	280	-	"	-	15	"	"	35	"
36	-	-	-	-	30	-	"	-	15	"	"	36	Plan D
37	-	-	-	-	30	-	"	-	15	"	"	37	"
38	-	-	-	-	30	-	"	-	15	"	"	38	"

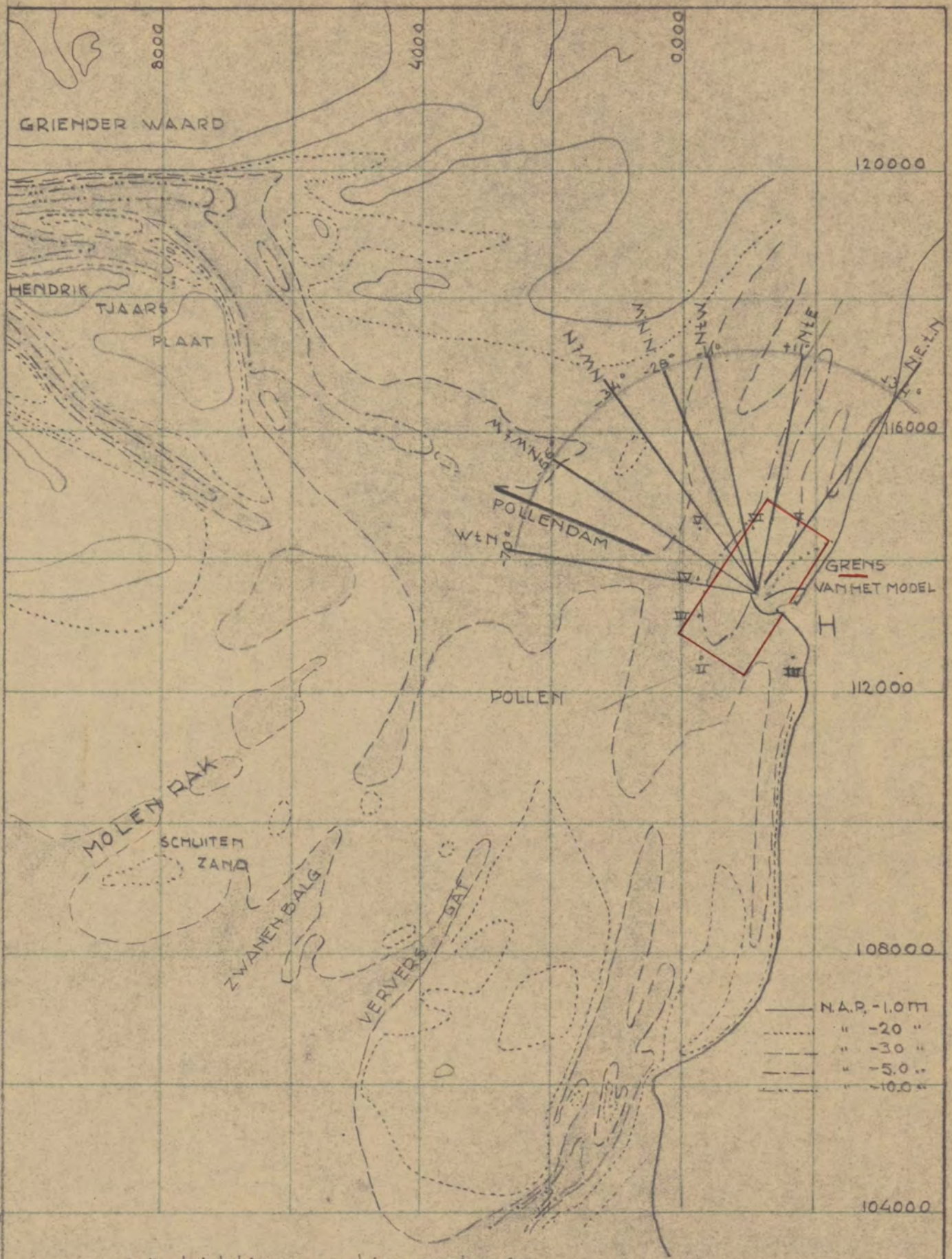
1) Bovendien 3 paaljukken.

2) Steigers aan SW zijde N.W.H. dicht.

Geb. = gebogen
 zw. geb. = zwak gebogen.
 st. geb. = sterker

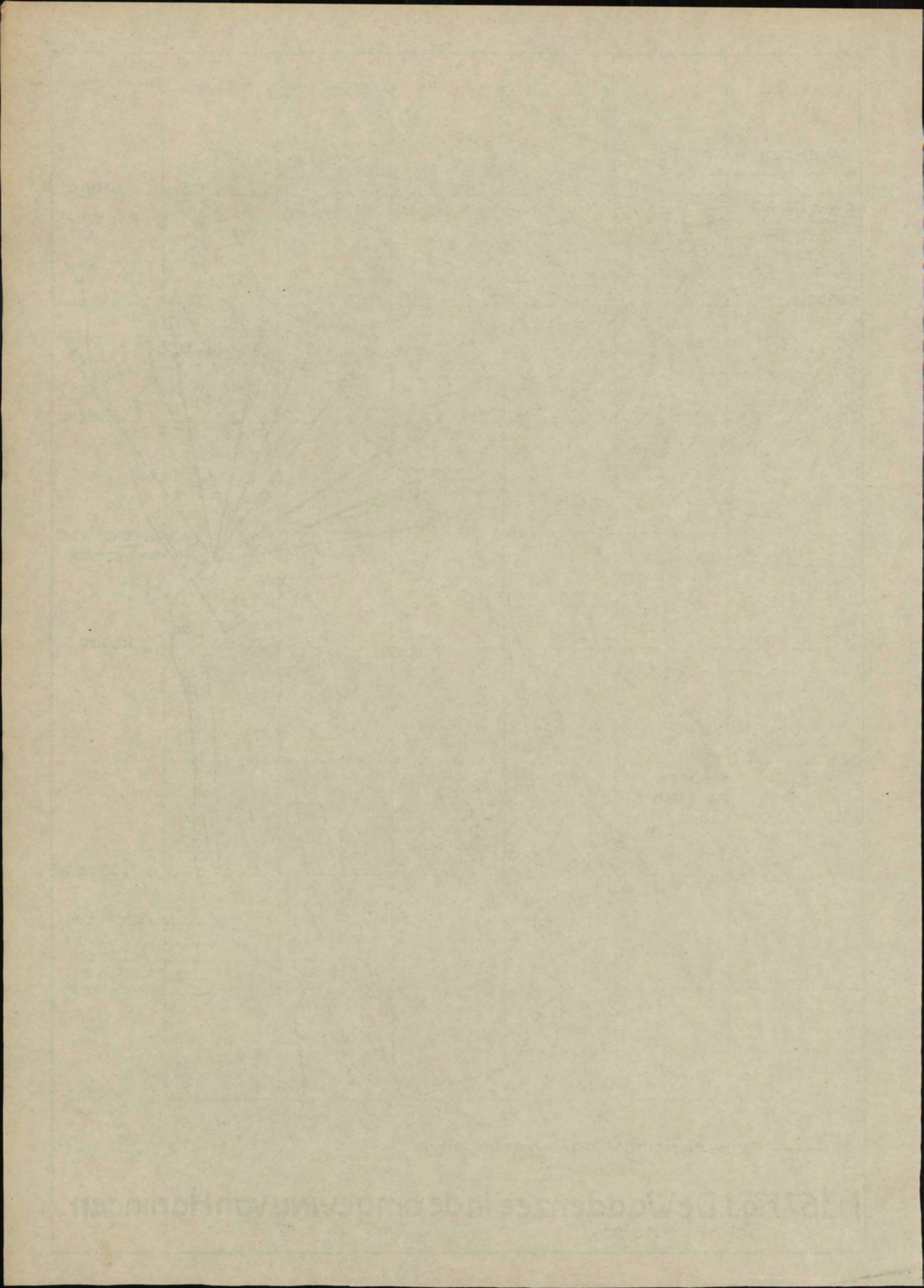
De plaats van den kop van den Noorderhavendam is in kolom 3 aan-
 gegeven ten opzichte van den kop van den bestaanden Zuiderhaven-
 dam.

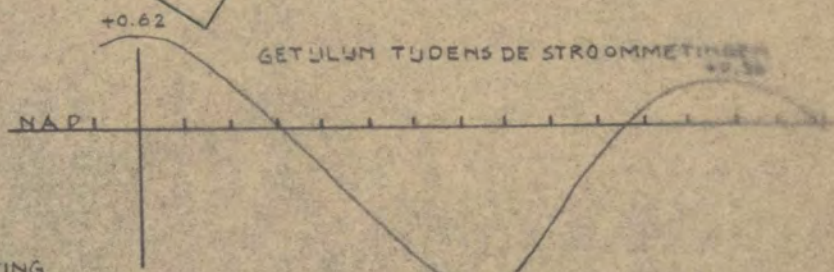
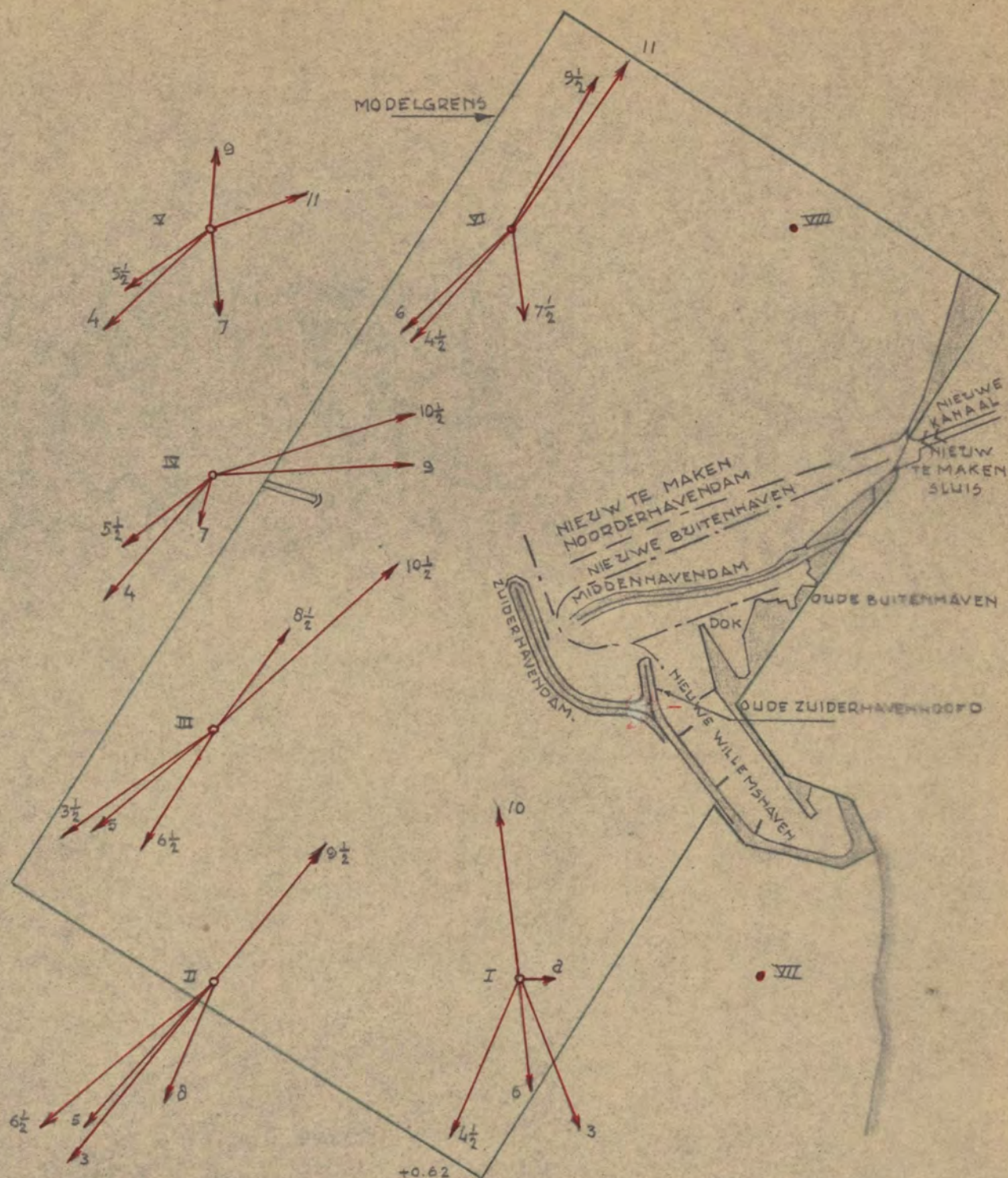
Date	Description	Debit	Credit	Balance	Total
1880					
1881					
1882					
1883					
1884					
1885					
1886					
1887					
1888					
1889					
1890					
1891					
1892					
1893					
1894					
1895					
1896					
1897					
1898					
1899					
1900					
1901					
1902					
1903					
1904					
1905					
1906					
1907					
1908					
1909					
1910					
1911					
1912					
1913					
1914					
1915					
1916					
1917					
1918					
1919					
1920					
1921					
1922					
1923					
1924					
1925					
1926					
1927					
1928					
1929					
1930					
1931					
1932					
1933					
1934					
1935					
1936					
1937					
1938					
1939					
1940					
1941					
1942					
1943					
1944					
1945					
1946					
1947					
1948					
1949					
1950					
1951					
1952					
1953					
1954					
1955					
1956					
1957					
1958					
1959					
1960					
1961					
1962					
1963					
1964					
1965					
1966					
1967					
1968					
1969					
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999					
2000					
2001					
2002					
2003					
2004					
2005					
2006					
2007					
2008					
2009					
2010					
2011					
2012					
2013					
2014					
2015					
2016					
2017					
2018					
2019					
2020					
2021					
2022					
2023					
2024					
2025					
2026					
2027					
2028					
2029					
2030					
2031					
2032					
2033					
2034					
2035					
2036					
2037					
2038					
2039					
2040					
2041					
2042					
2043					
2044					
2045					
2046					
2047					
2048					
2049					
2050					



— Windrichting waarbij gemeten is.

M.167. Fig. 1. De Waddenzee in de omgeving van Harlingen.
 Schaal 1:80000.





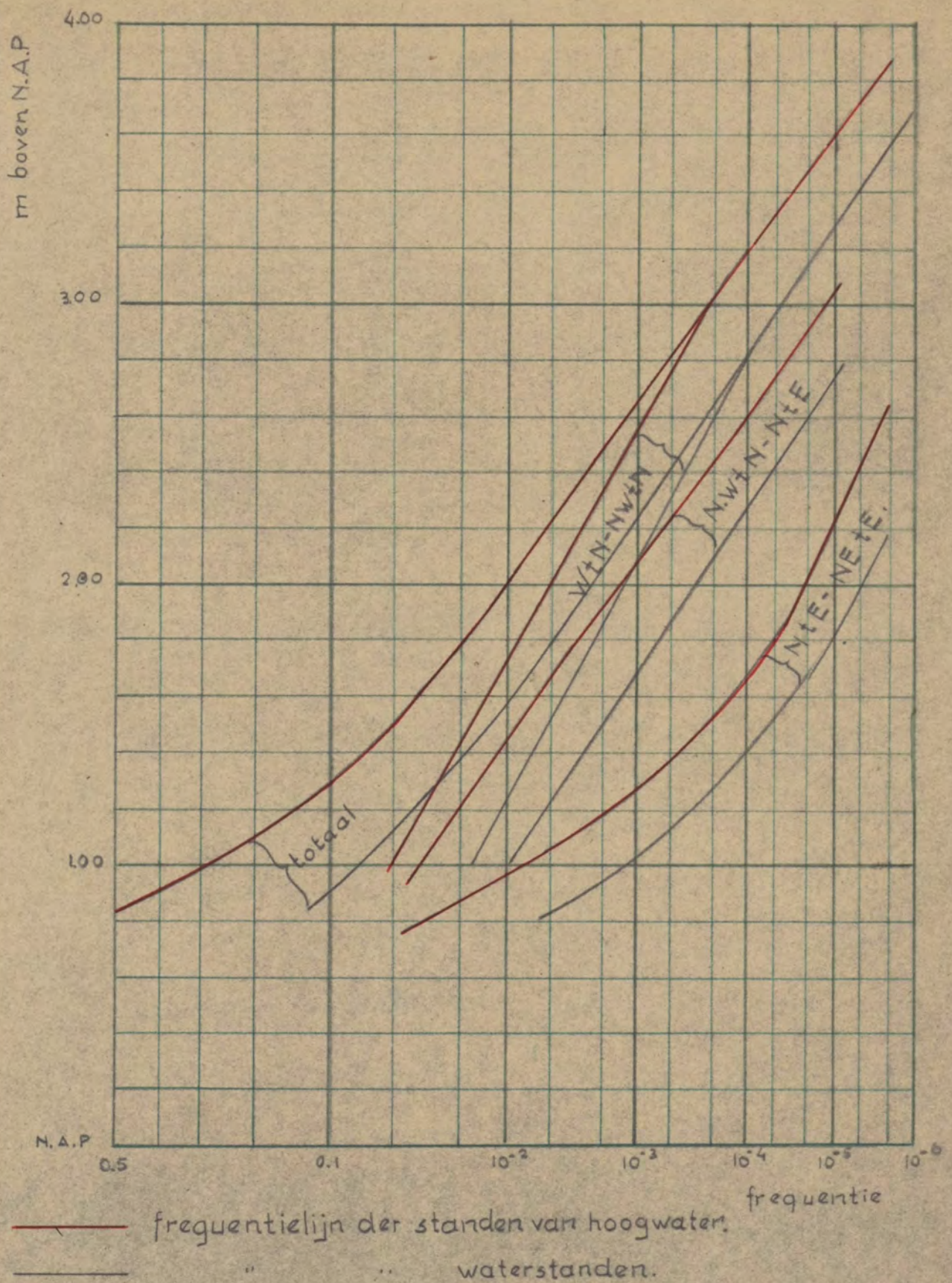
I ENZ. MEETPUNT VOOR STROOMMETING

HET BIJGESCHREVEN CIJFER GEEFT HET AANTAL uren NA H.W. AAN

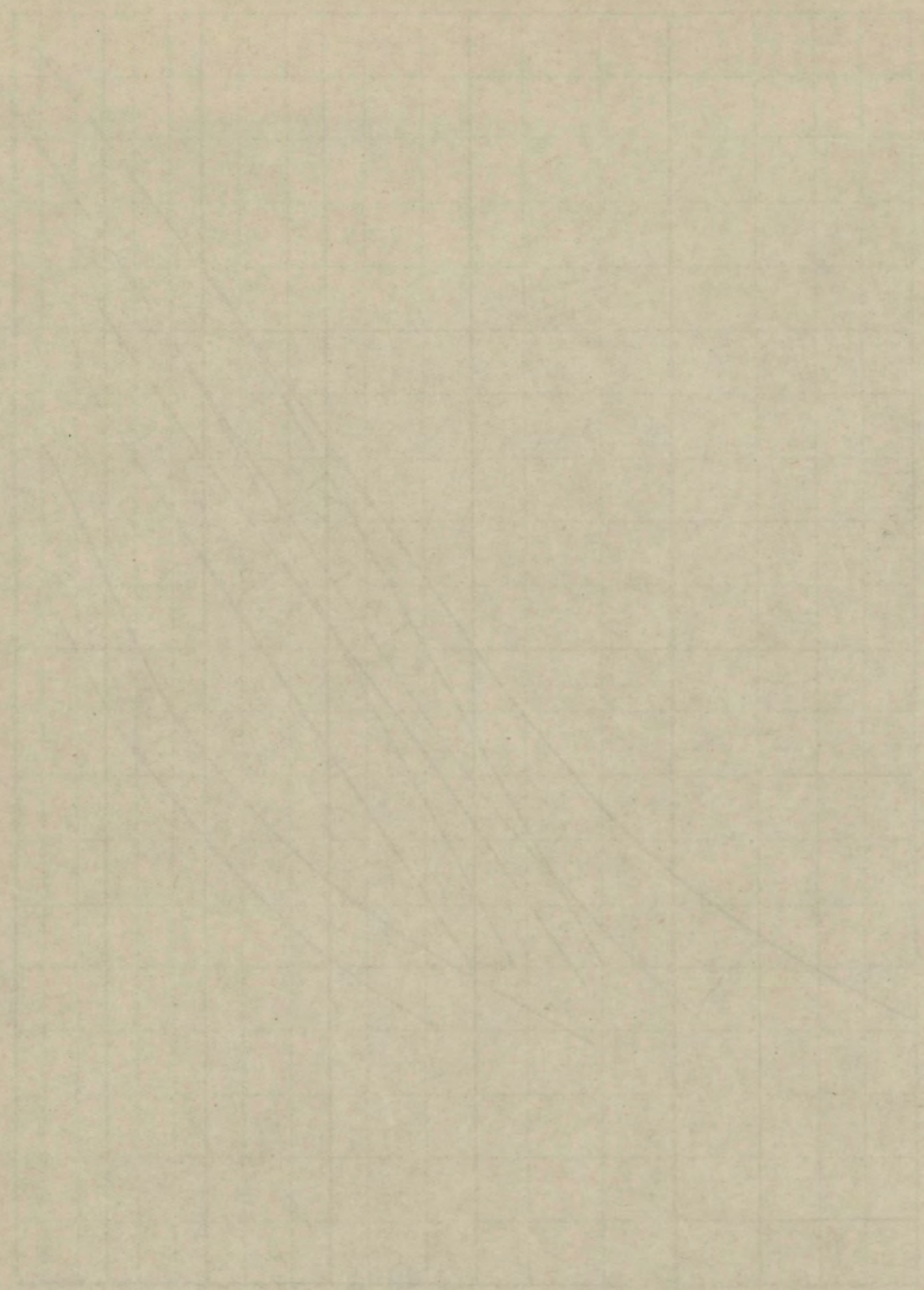
STROOMVECTOR SCHAAL 1 MIJL = 0.01 MIJL/SEC.

M.167. FIGUUR 2
OVERZICHT VAN DE HAVEN VAN HARLINGEN

SCHAAL 1:5000



M.167. Fig.3. Frequenties van de waterstanden te Harlingen.

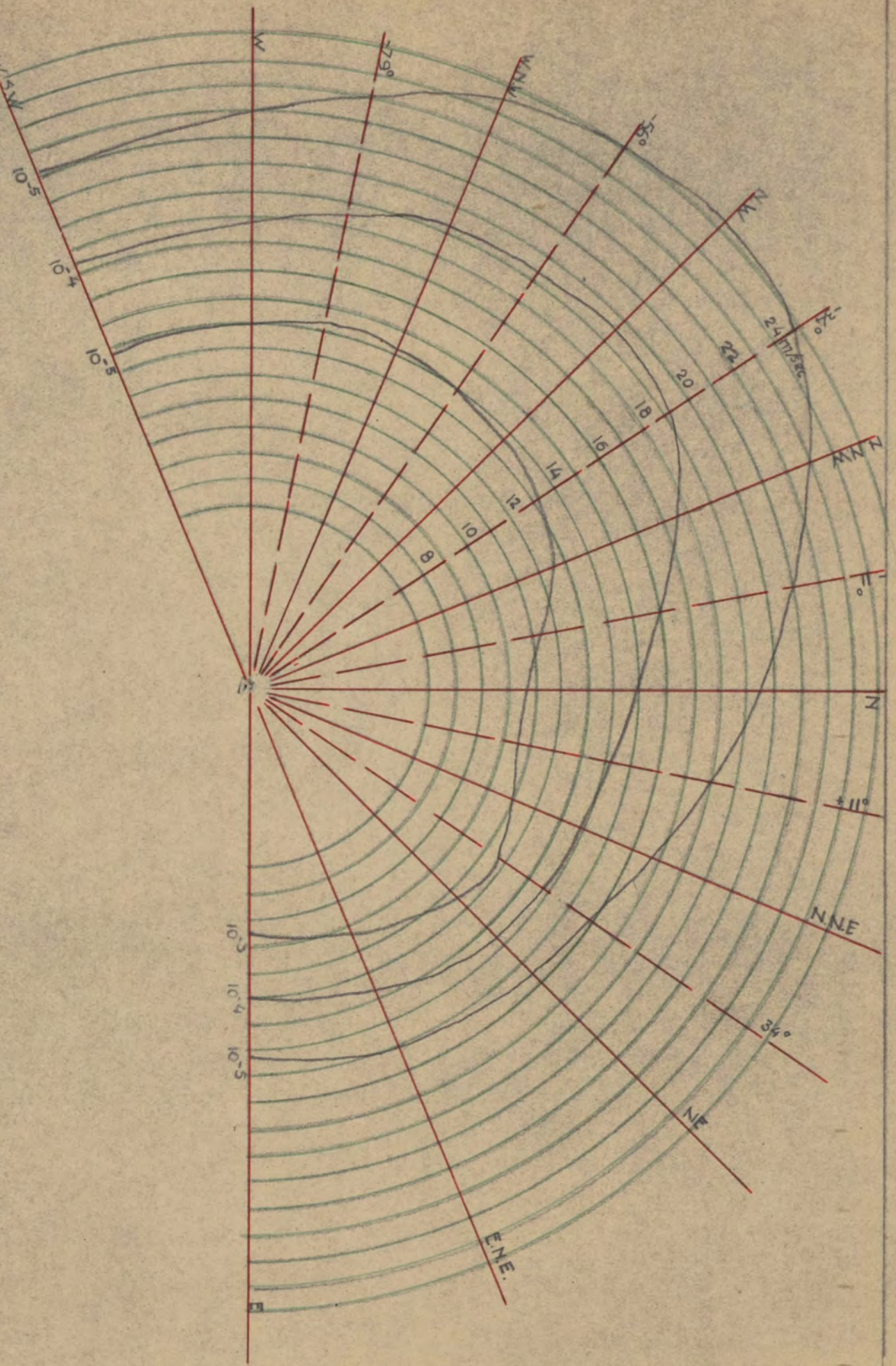


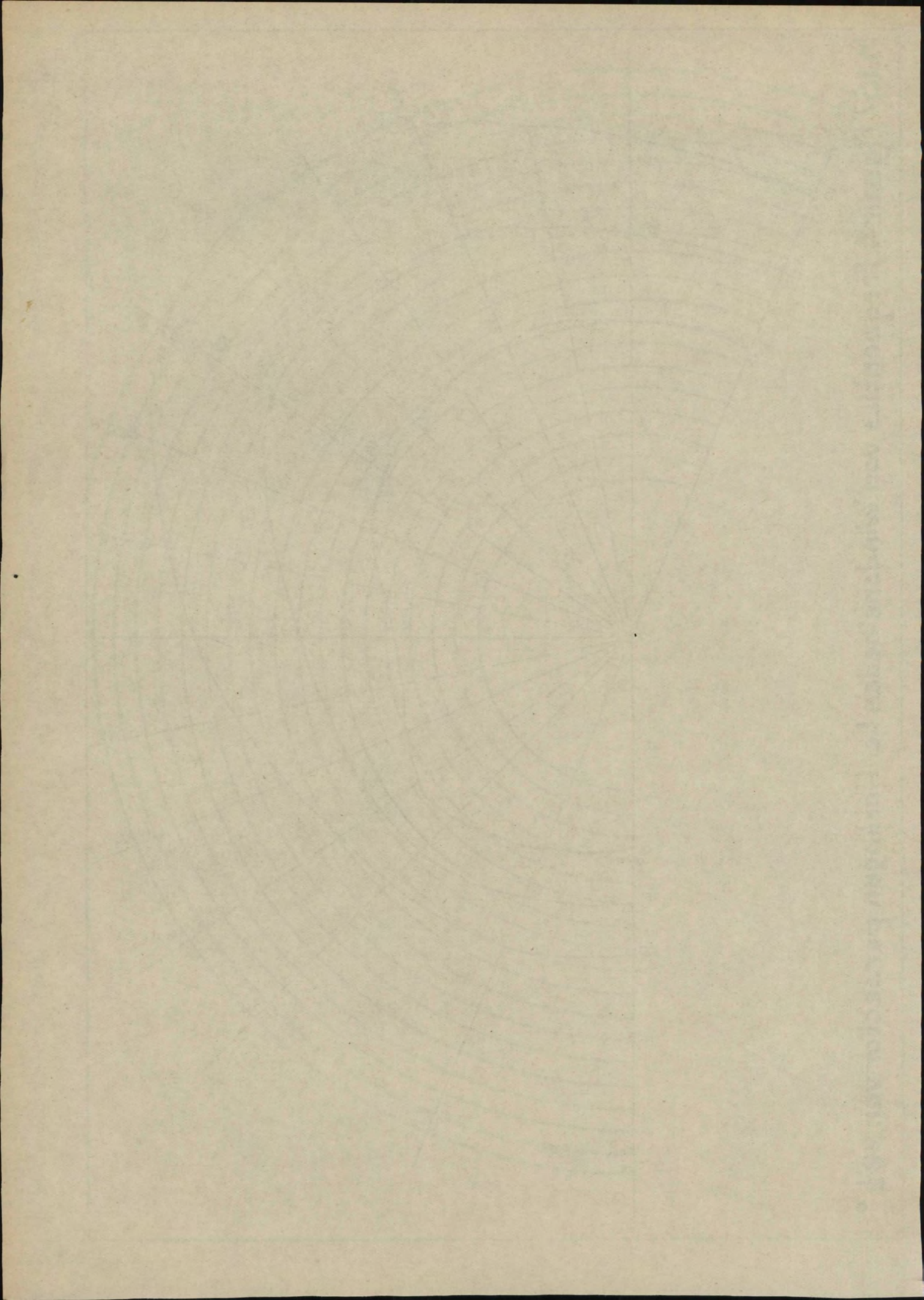
THE UNIVERSITY OF CHICAGO

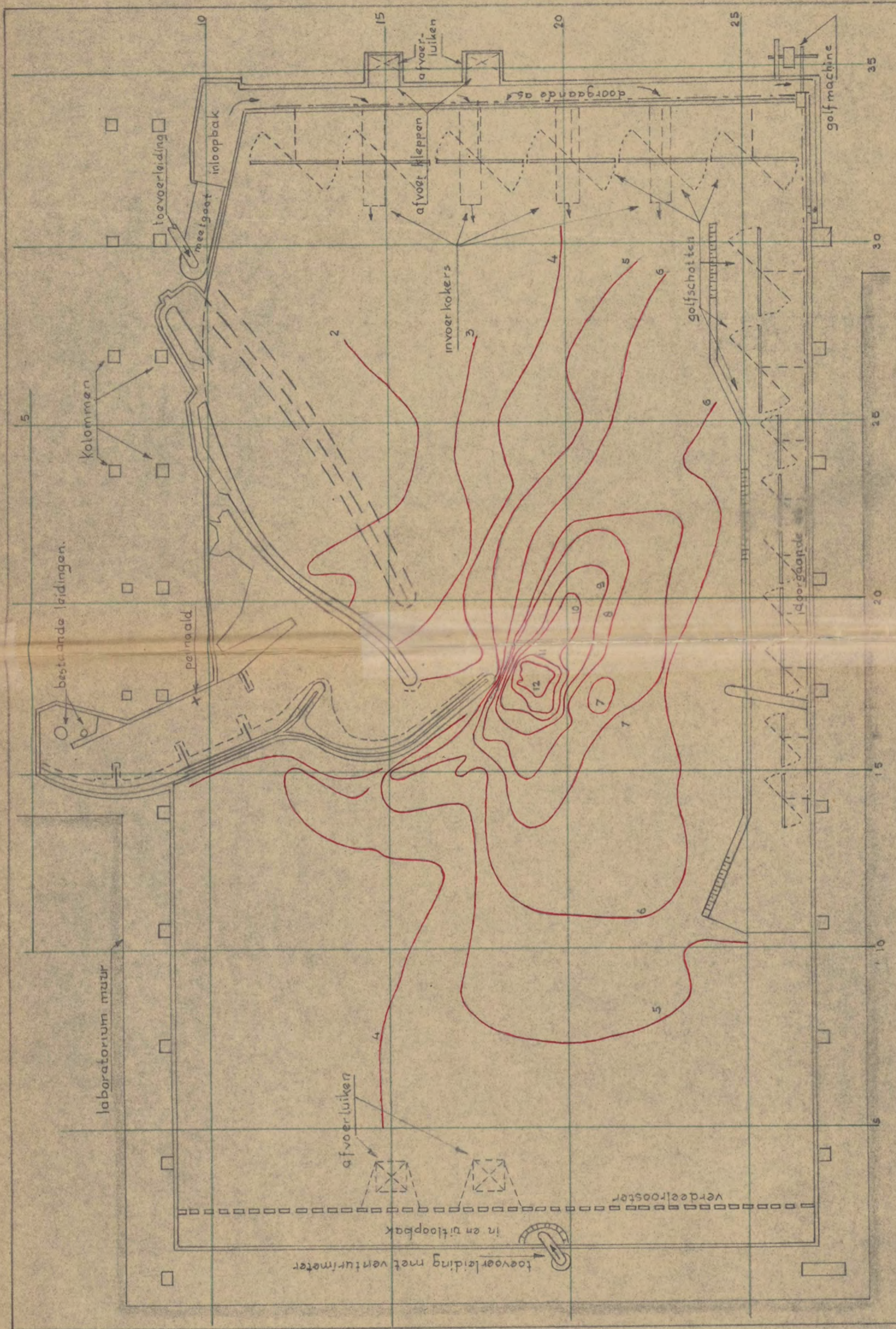
PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS DEPARTMENT, UNIVERSITY OF CHICAGO, CHICAGO, ILLINOIS

M.167. Figuur 4. Frequenties van Windsnelheden te Harlingen per sector van $22\frac{1}{2}^{\circ}$







M.167. Figuur 5. Het model.

Schaal 1:100



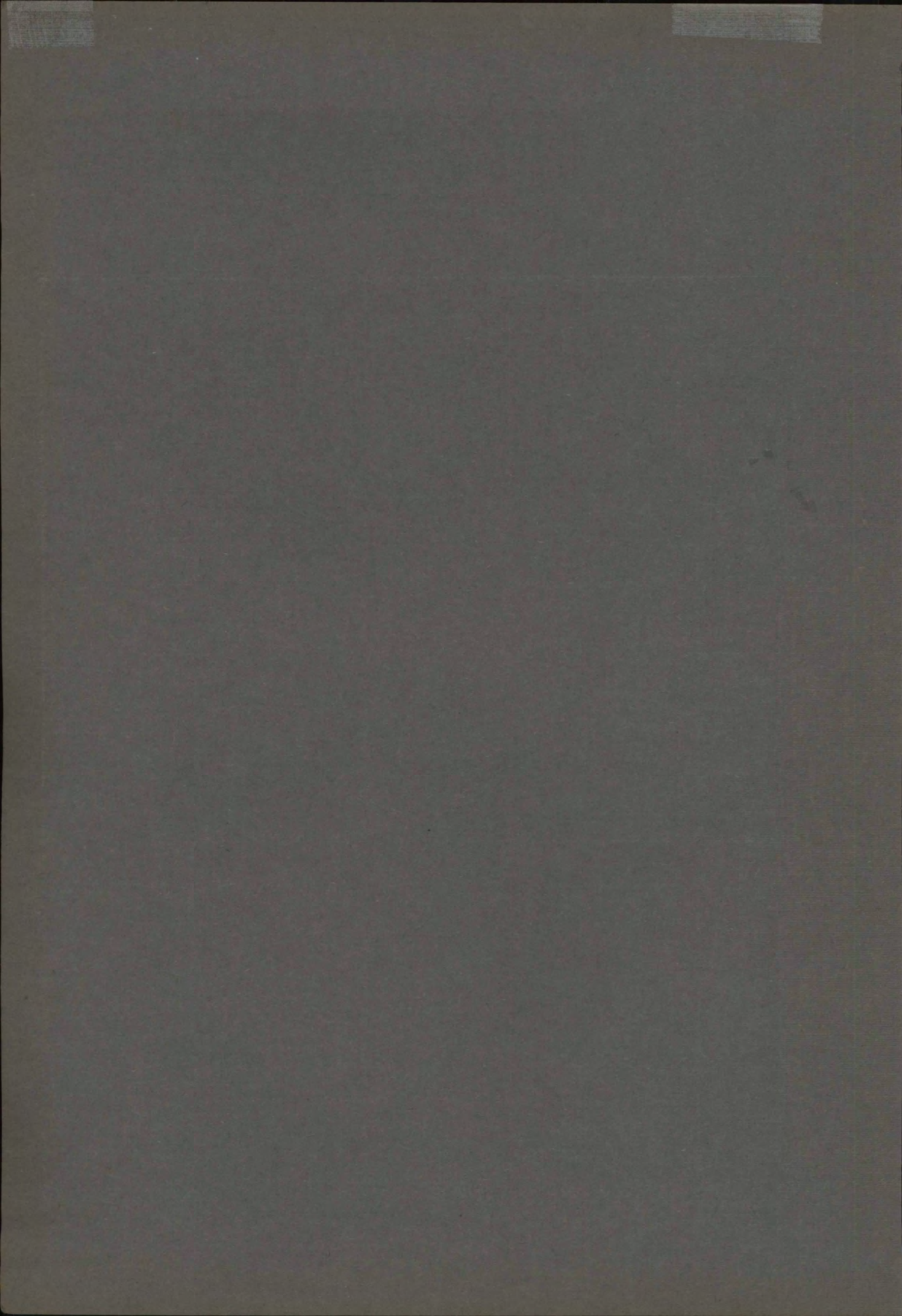
6. Het model in aanbouw.



7a. Het model in bedrijfsvaardigen toestand - S 1.

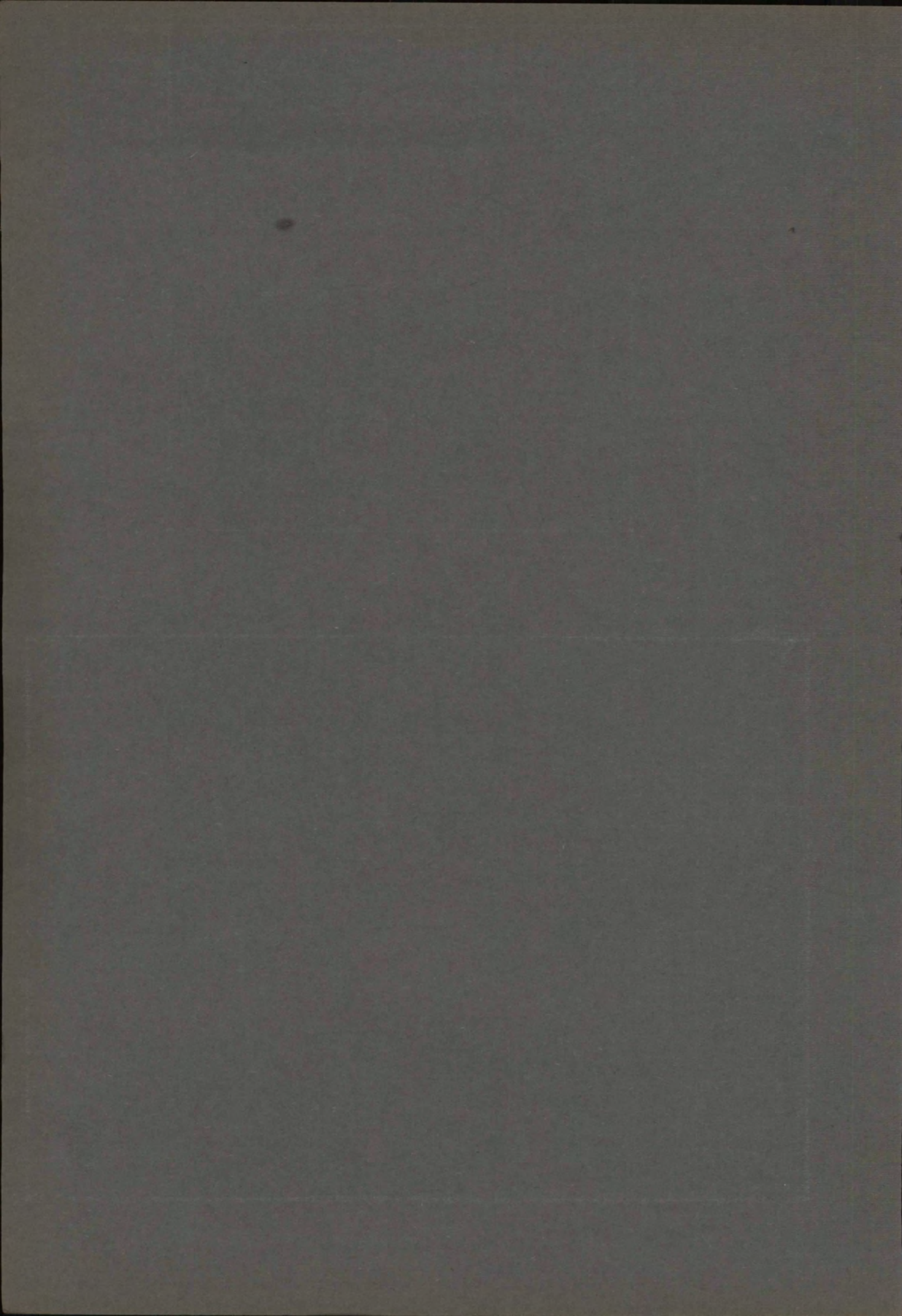


7b. Het model in bedrijfsvaardigen toestand - S 1.





7c. Het model in bedrijfsvaardigen toestand - S 32.

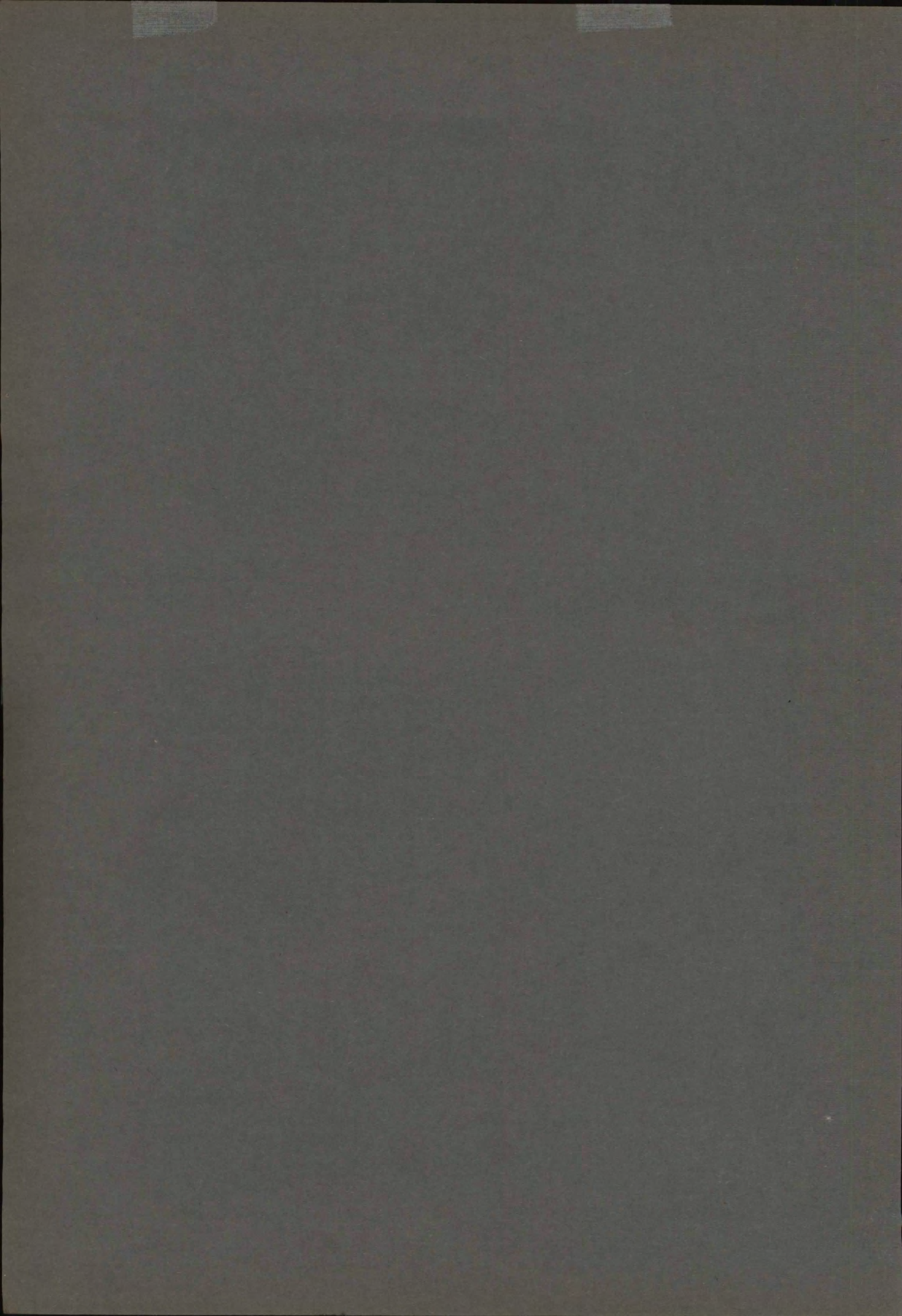


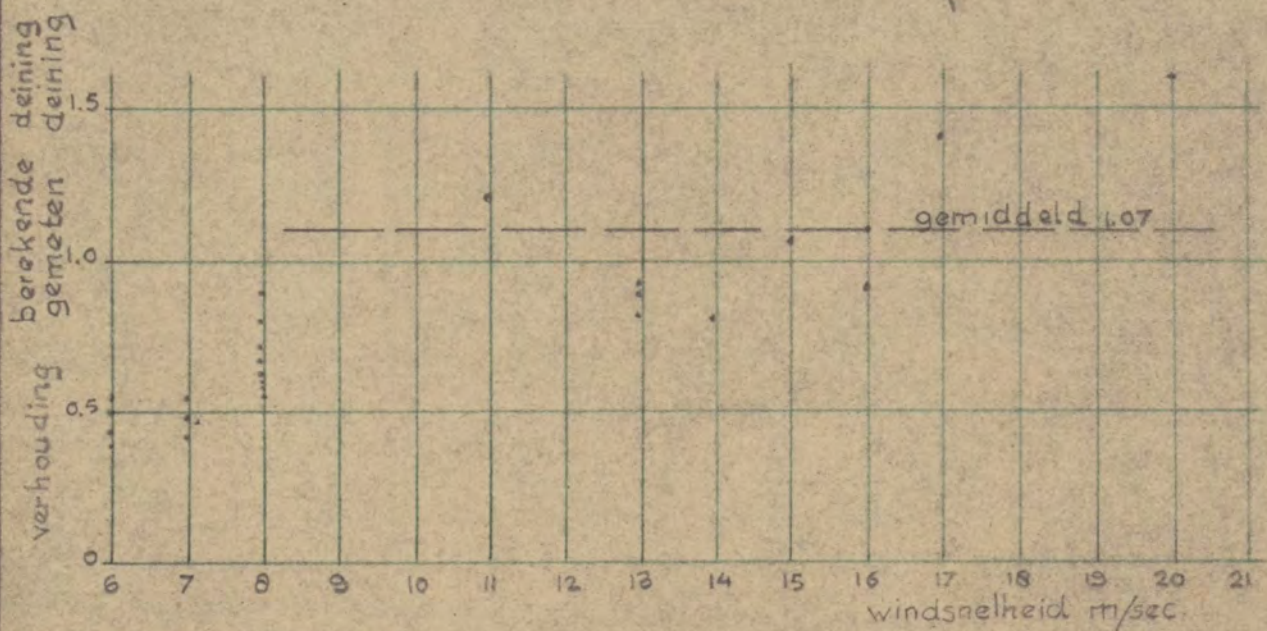
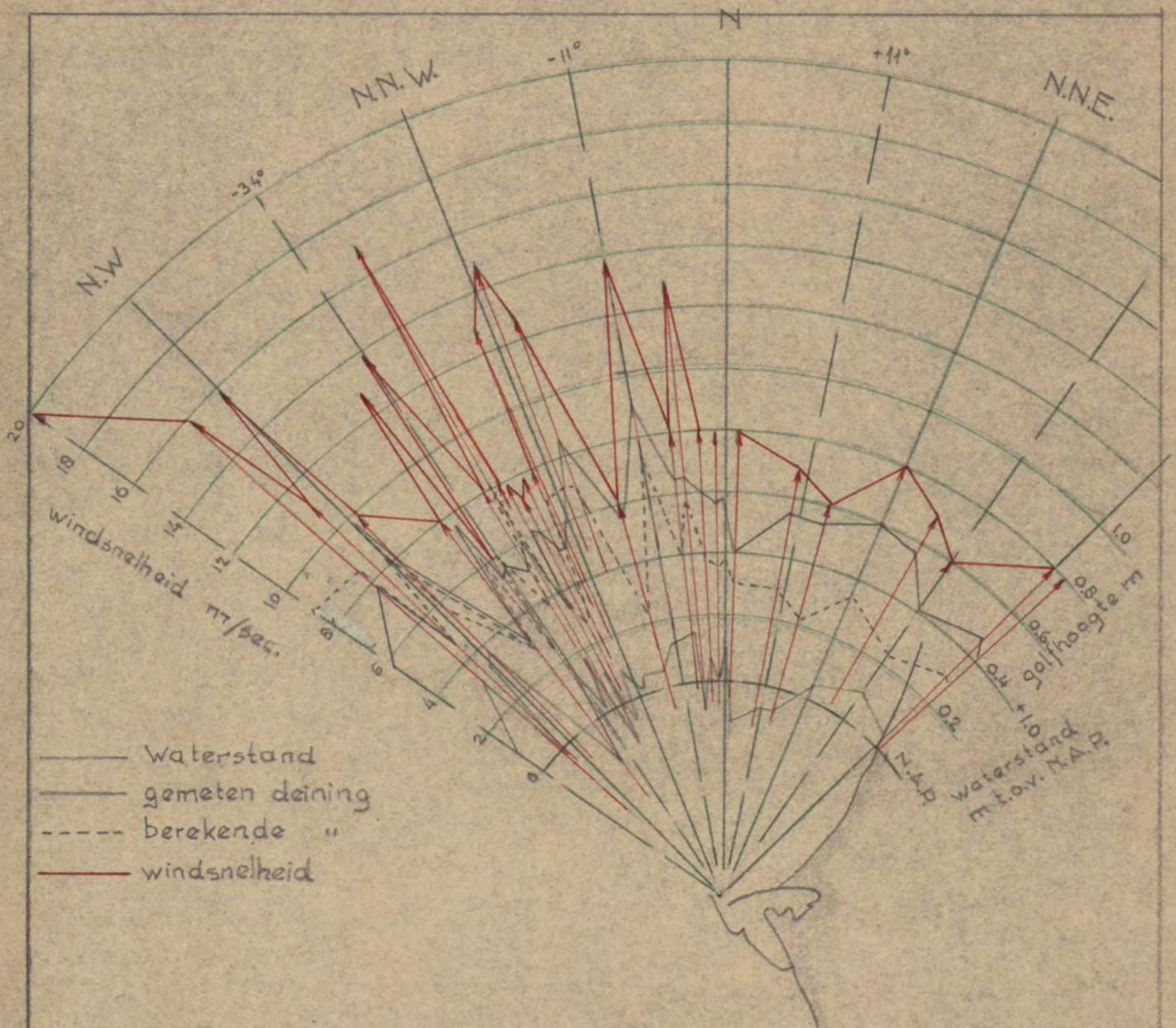


8. Het toestel voor het meten der golfhoogten.



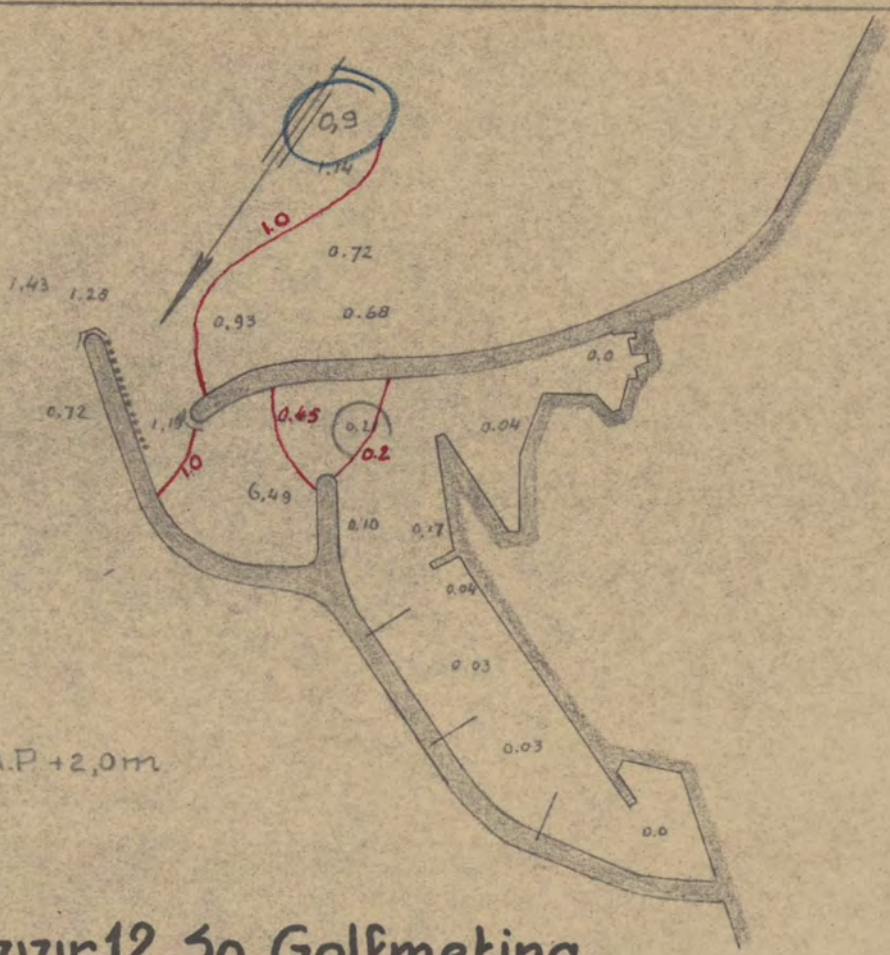
9. Het toestel voor het meten van de haling.





M.167. Figuur 10

Vergelijking van gemeten en berekende deining.



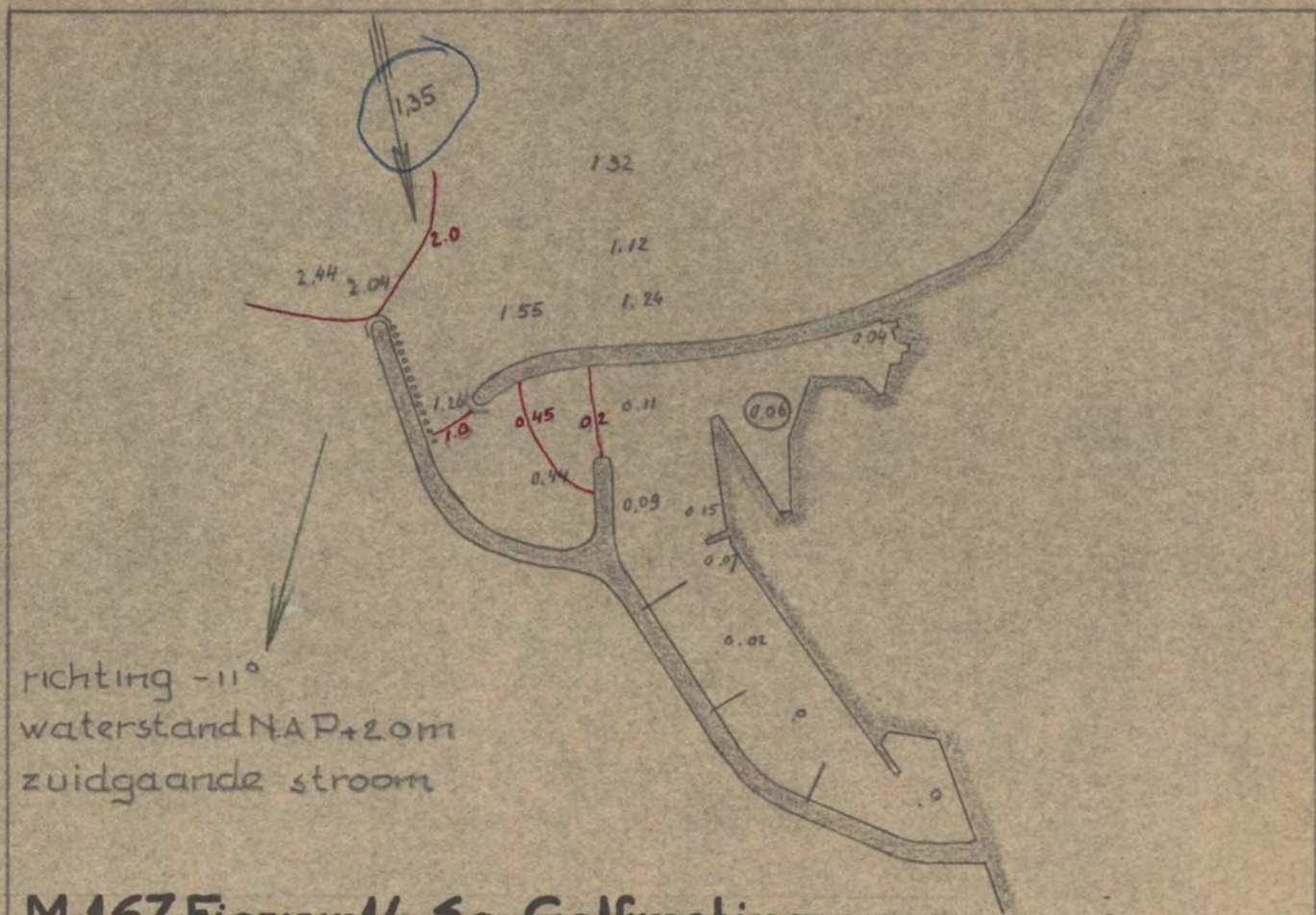
richting +34°
 waterstand N.A.P. +2,0m
 geen stroom

M.167. Figuur 12.50. Golfmeting.

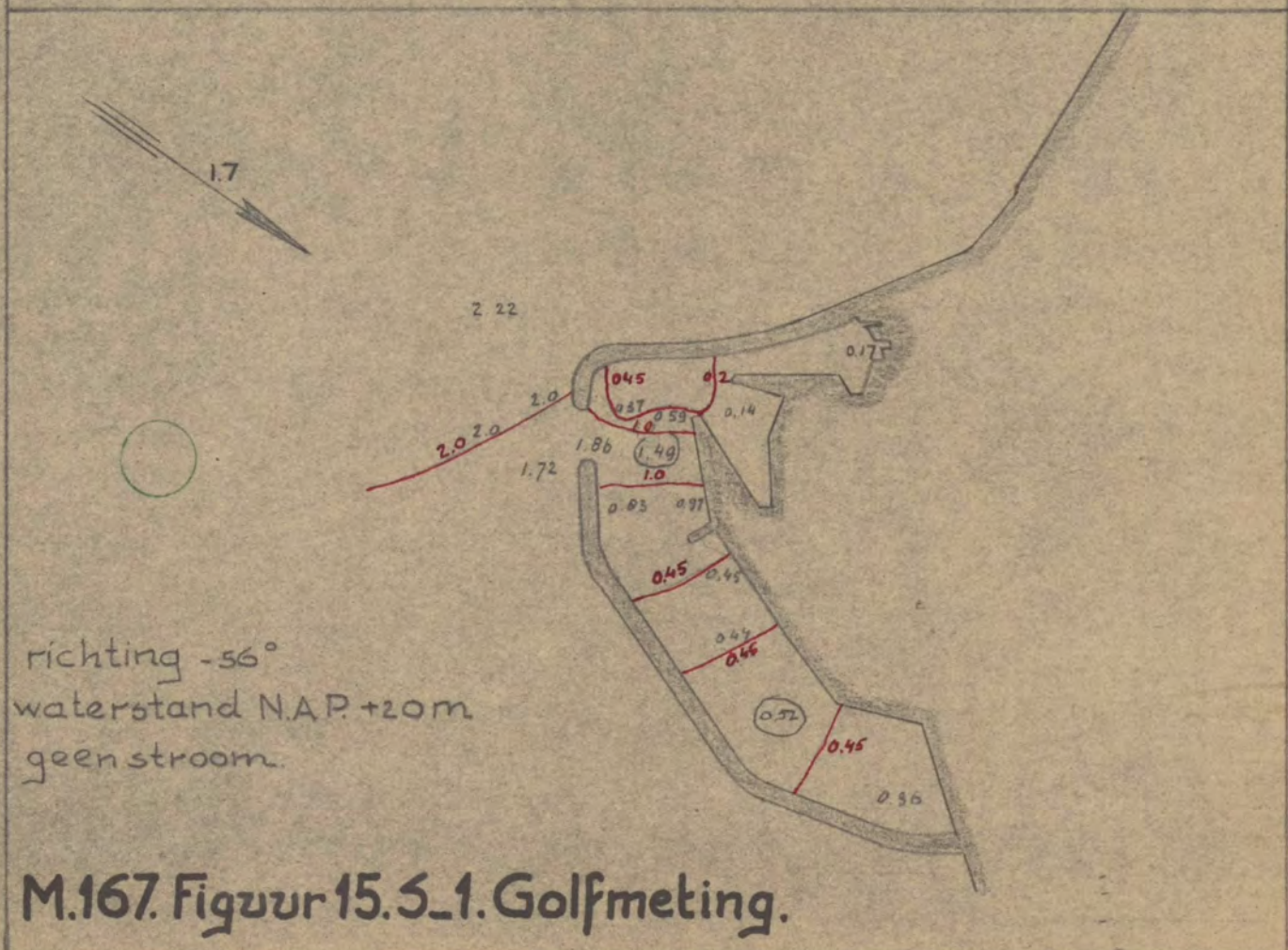


richting -56°
 waterstand N.A.P. +2,8m
 geen stroom

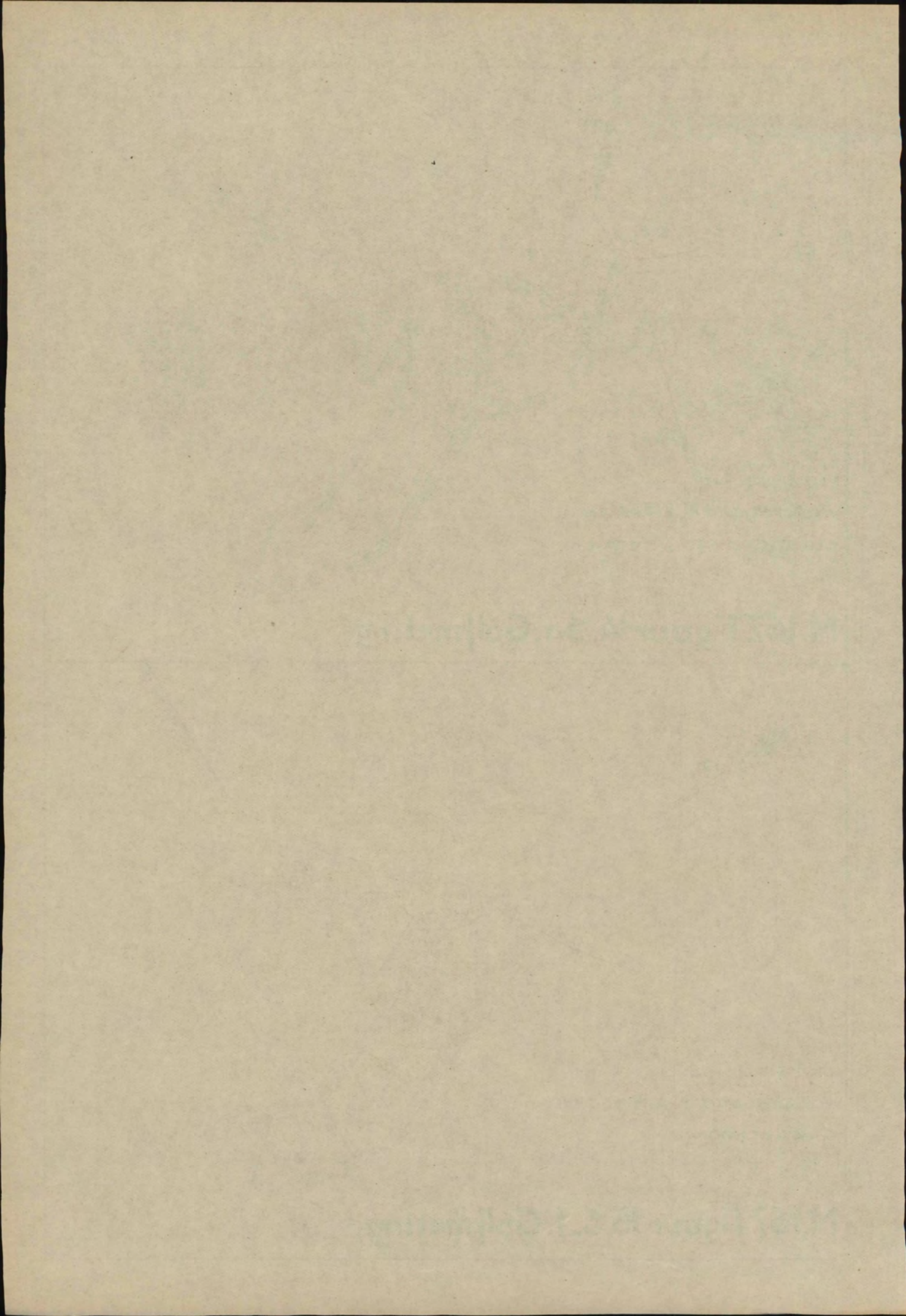
M.167. Figuur 13.50. Golfmeting.



M.167. Figuur 14. So. Golfmeting.

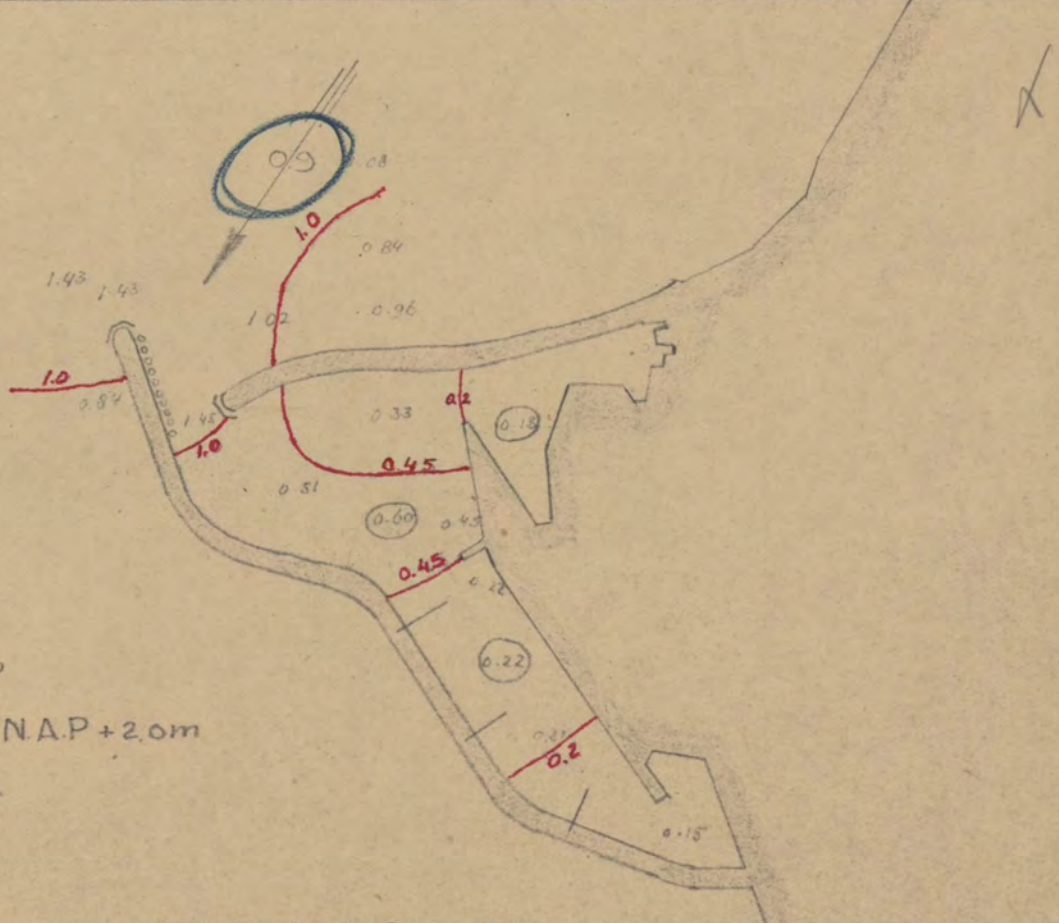


M.167. Figuur 15.5_1. Golfmeting.

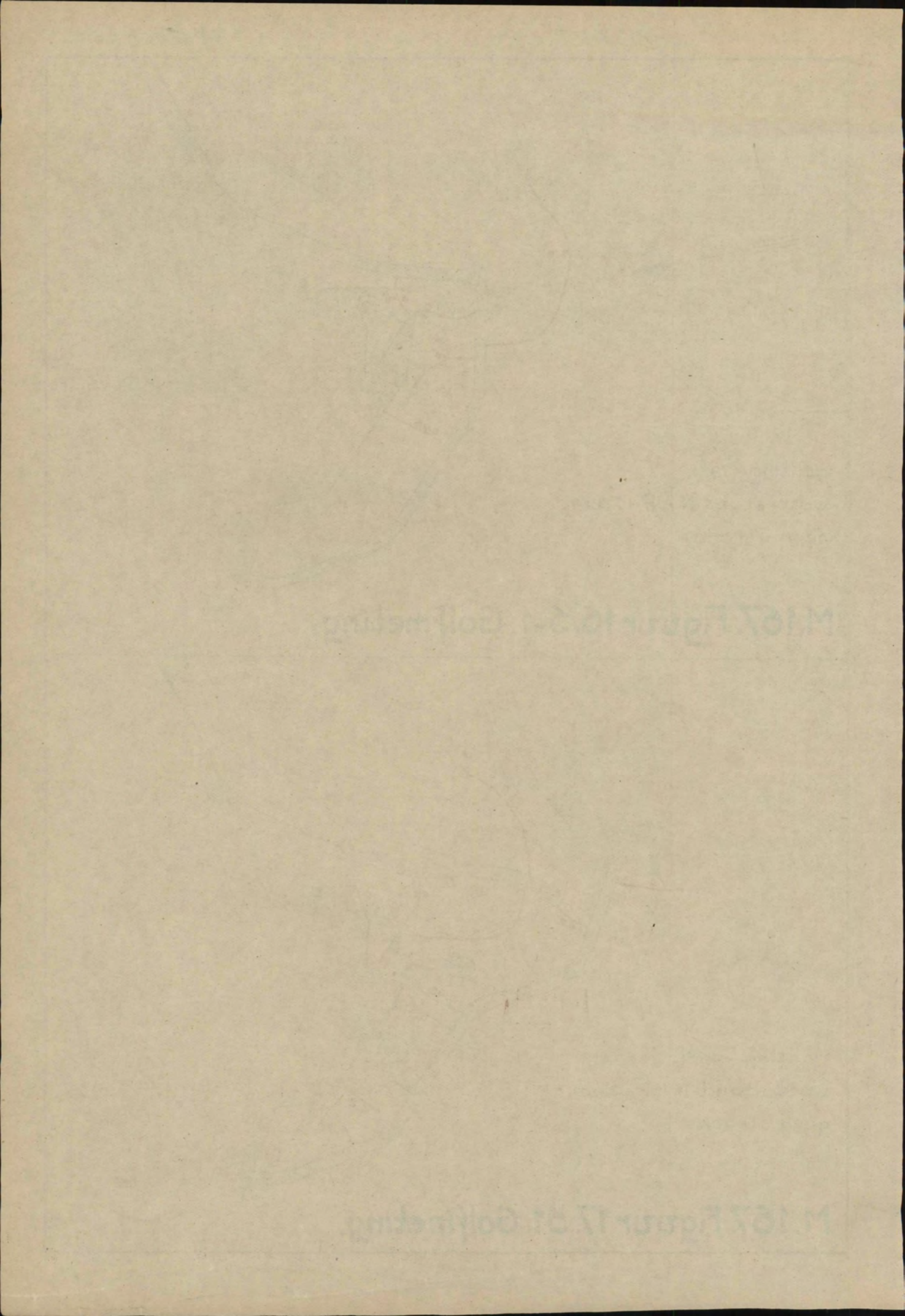




M.167. Figuur 16.5-1. Golfmeting.



M.167. Figuur 17.31. Golfmeting.





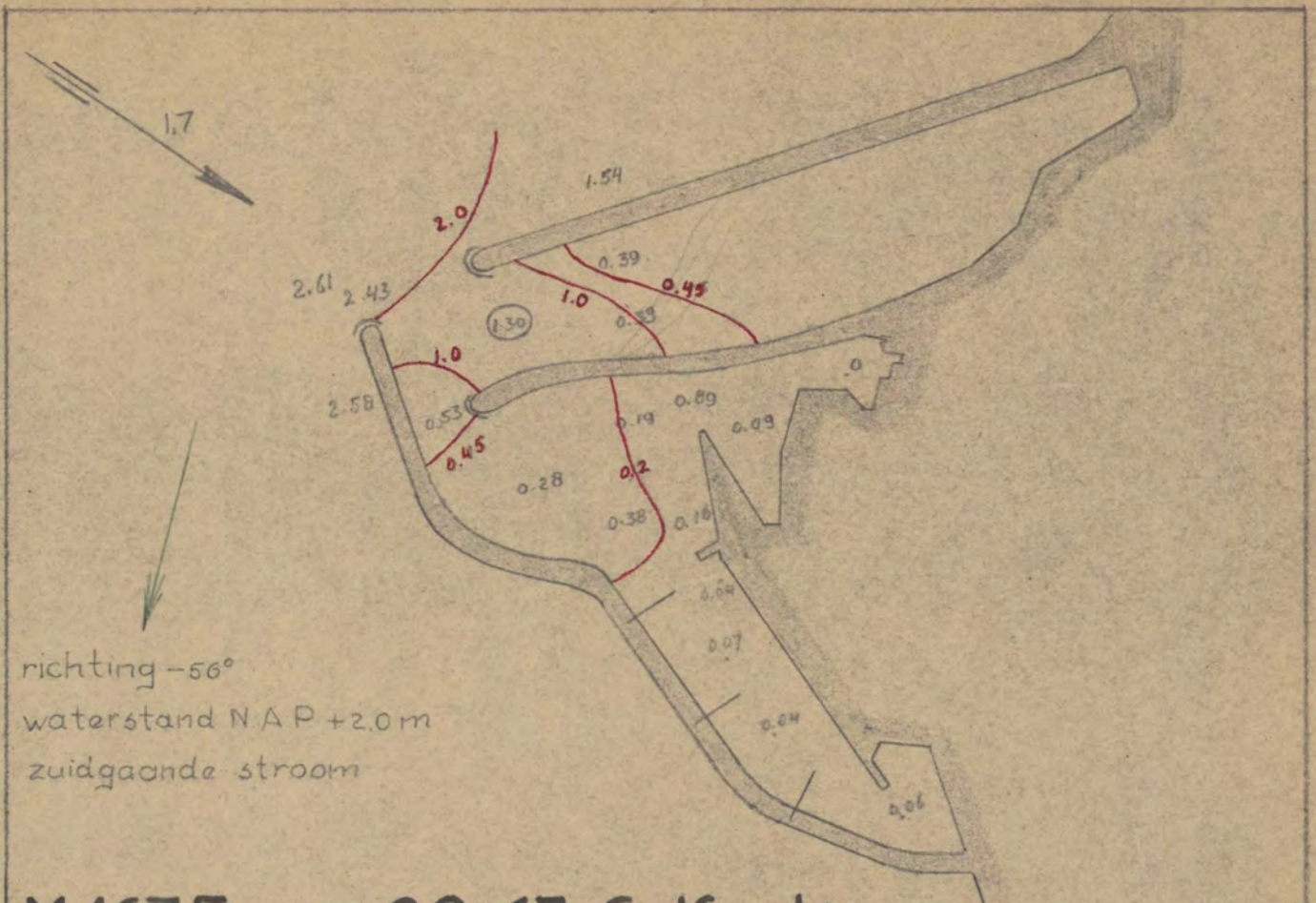
richting $+34^\circ$
 waterstand N.A.P. + 2.0m
 geen stroom
 paalwerk weggenomen

M. 167. Figuur 18.5 1. Golfmeting.

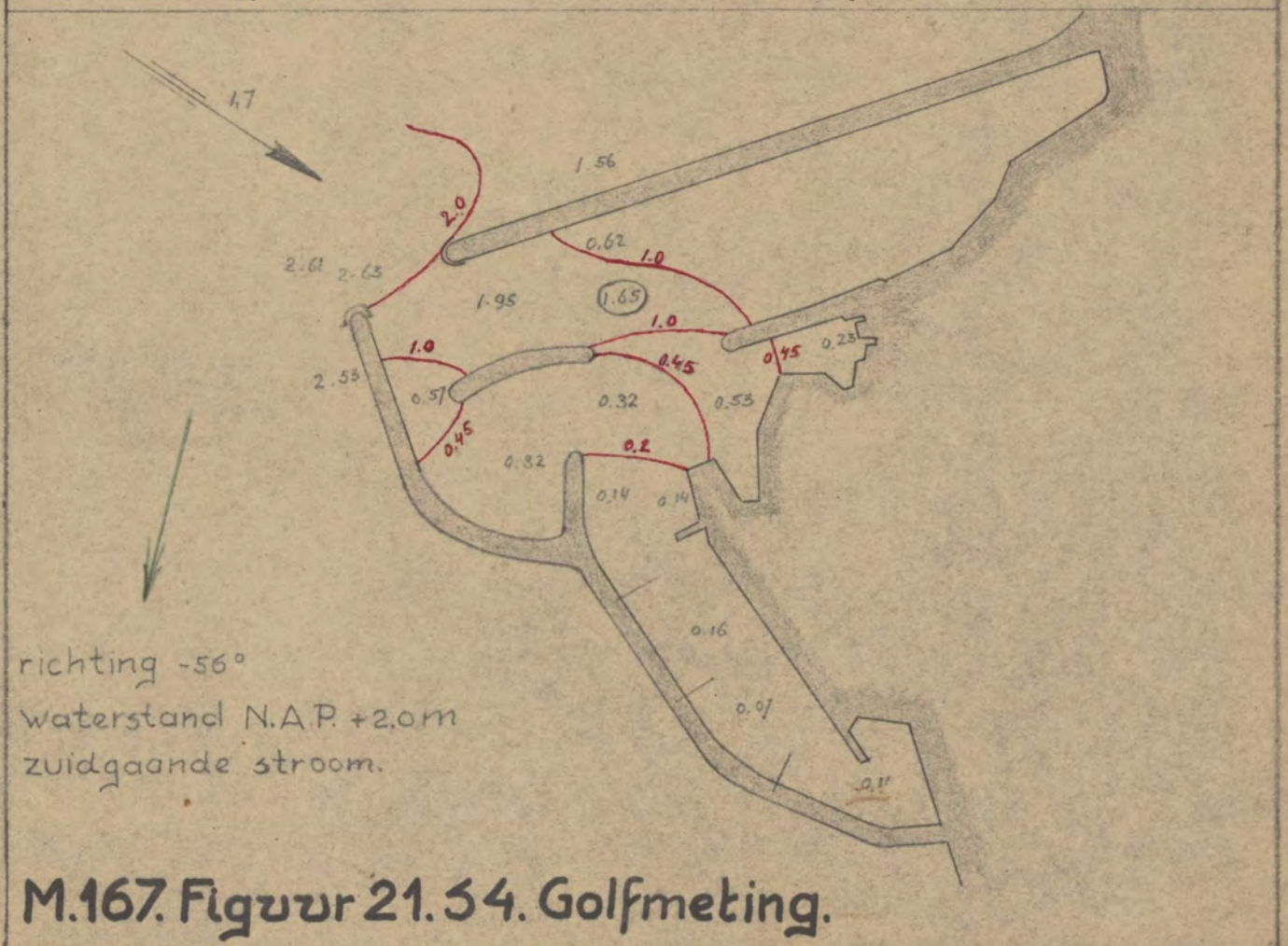


richting -11°
 waterstand N.A.P. + 2.0m
 zuidgaande stroom

M. 167. Figuur 19.5 2. Golfmeting.



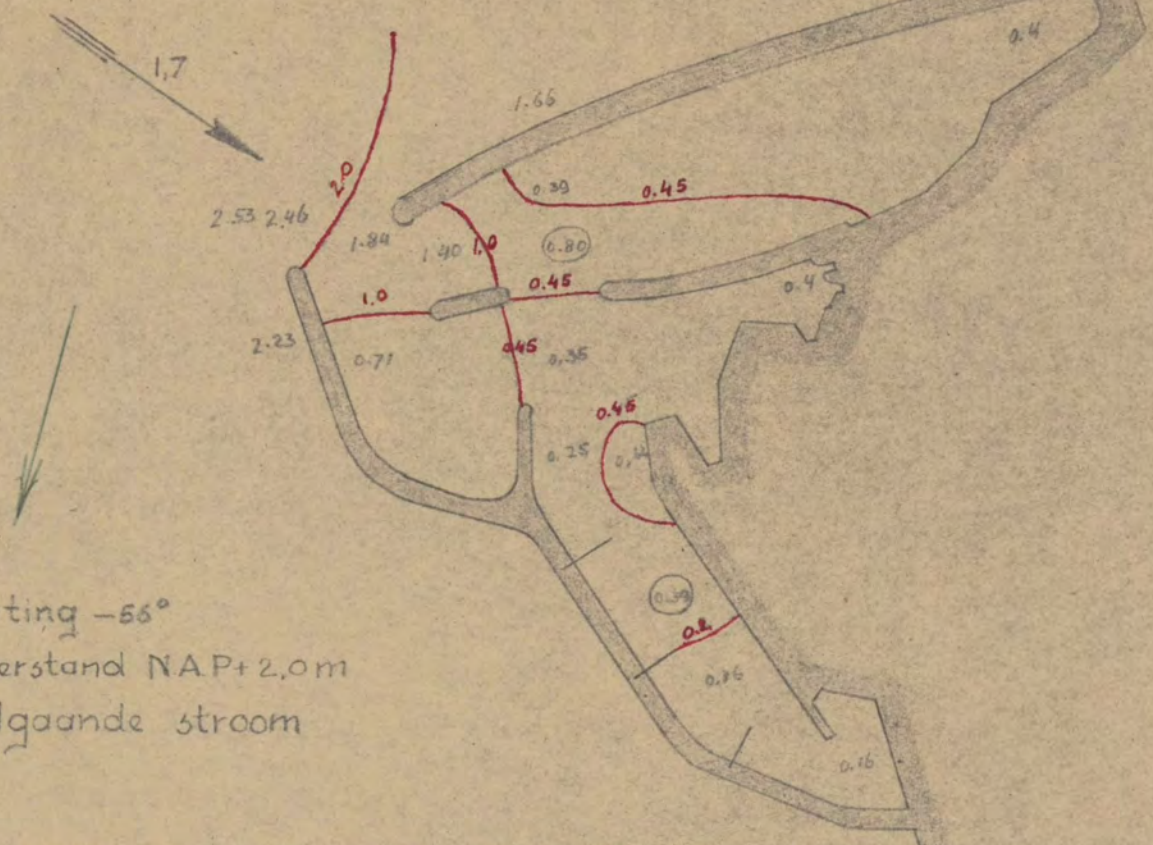
M.167. Figuur 20.53. Golfmeting.



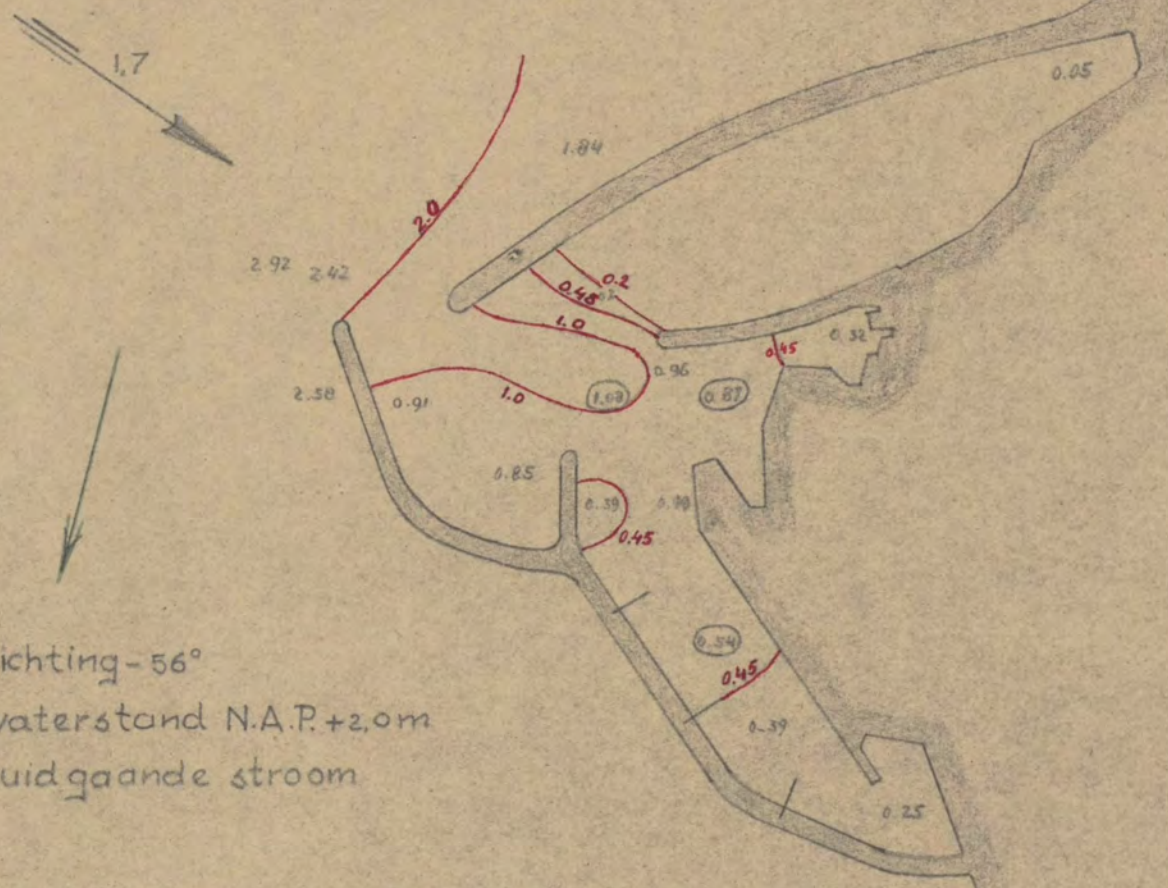
M.167. Figuur 21.54. Golfmeting.

MAY 25 1907

MAY 25 1907



M.167.Figuur 22.55.Golfmeting.



M.167.Figuur 23.56.Golfmeting.



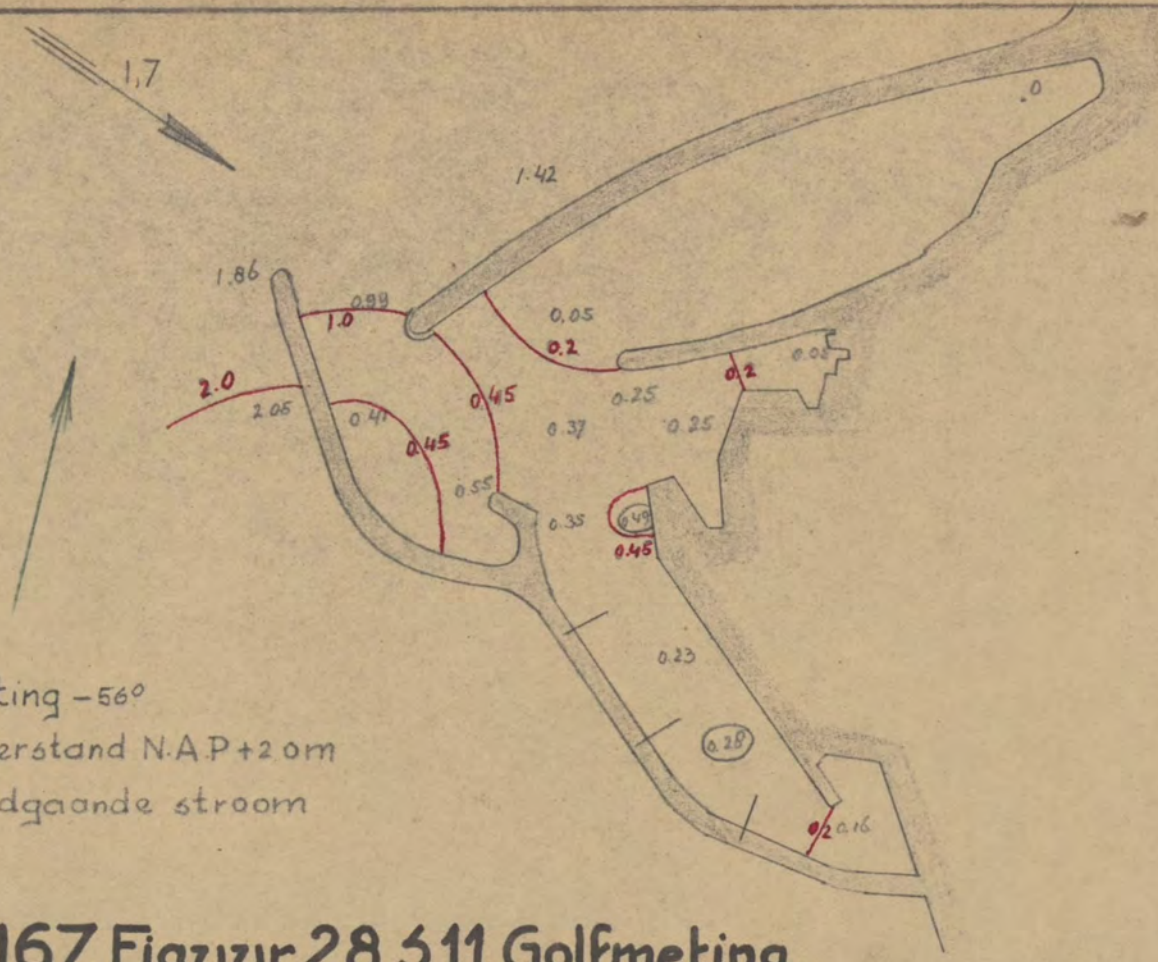
richting -56°
 waterstand N.A.P. +2.0m
 zuidgaande stroom

M.167. Figuur 26. 59. Golfmeting.



richting -56°
 waterstand N.A.P. +2.0m
 geen stroom.

M.167. Figuur 27. 510. Golfmeting.



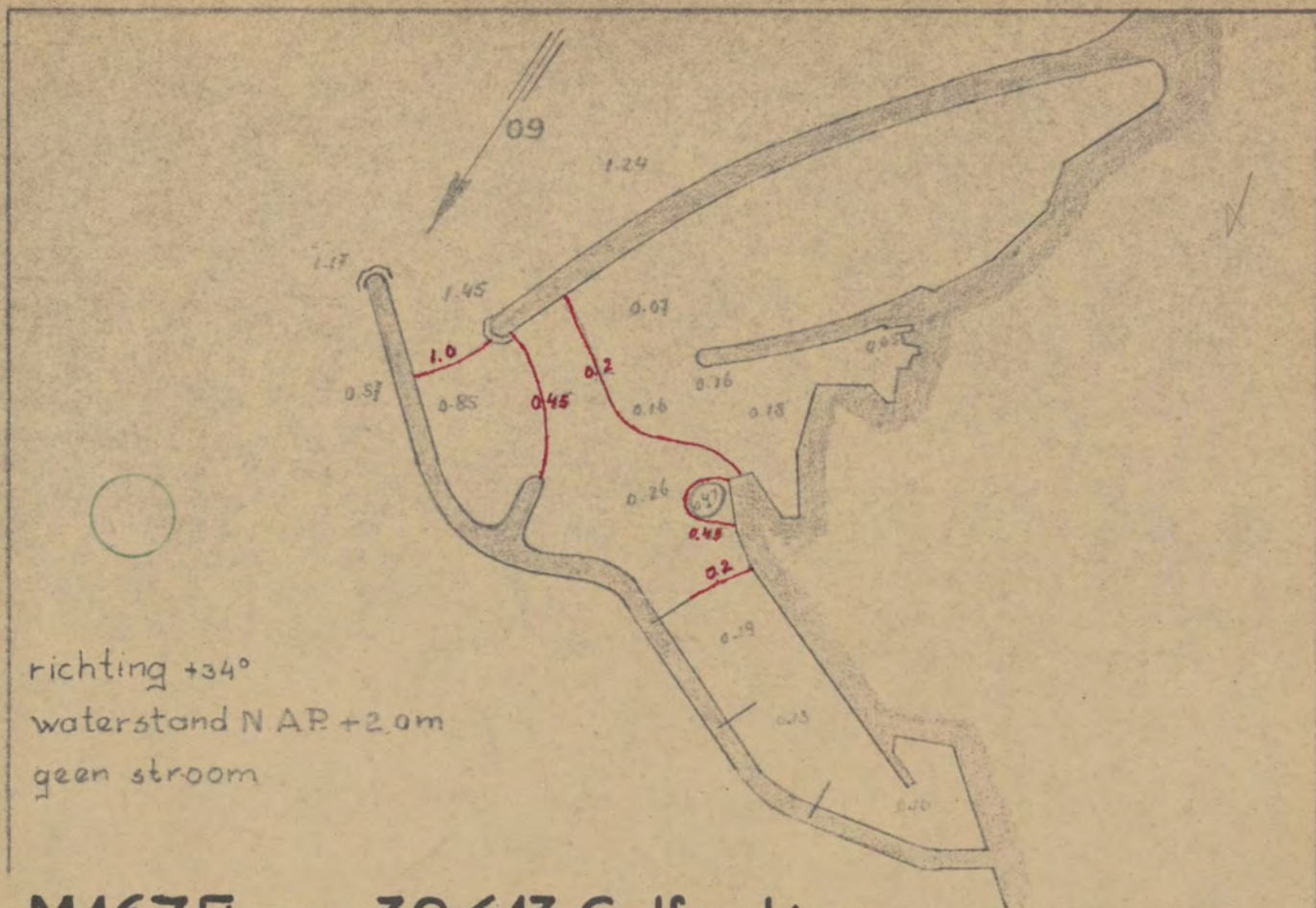
richting -56°
 waterstand N.A.P. + 2.0m
 noordgaande stroom

M.167. Figuur 28.511. Golfmeting.

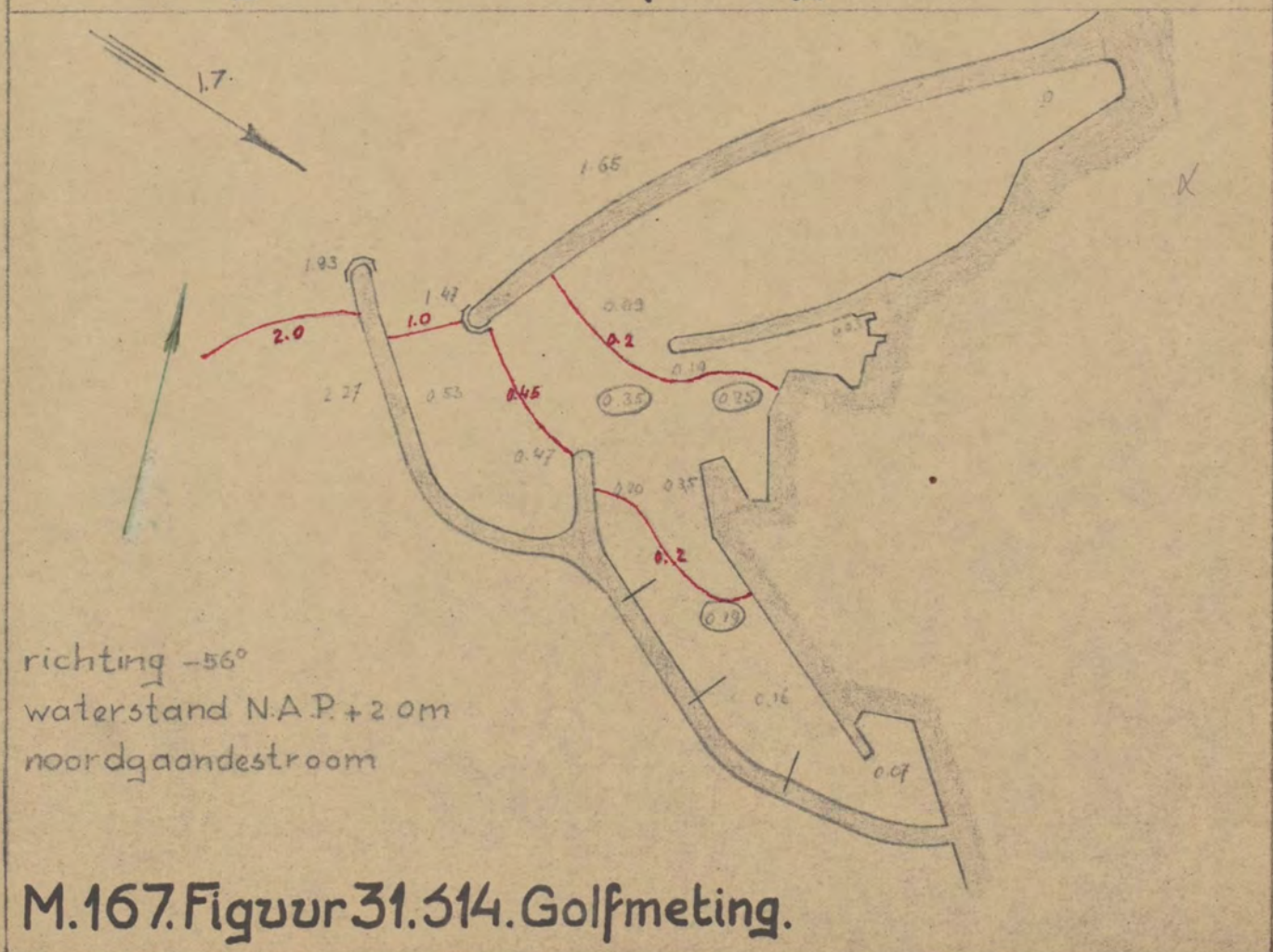


richting -56°
 waterstand N.A.P. + 2.0m
 noordgaande stroom

M.167. Figuur 29.512. Golfmeting.



M.167. Figuur 30.513. Golfmeting.



M.167. Figuur 31.514. Golfmeting.



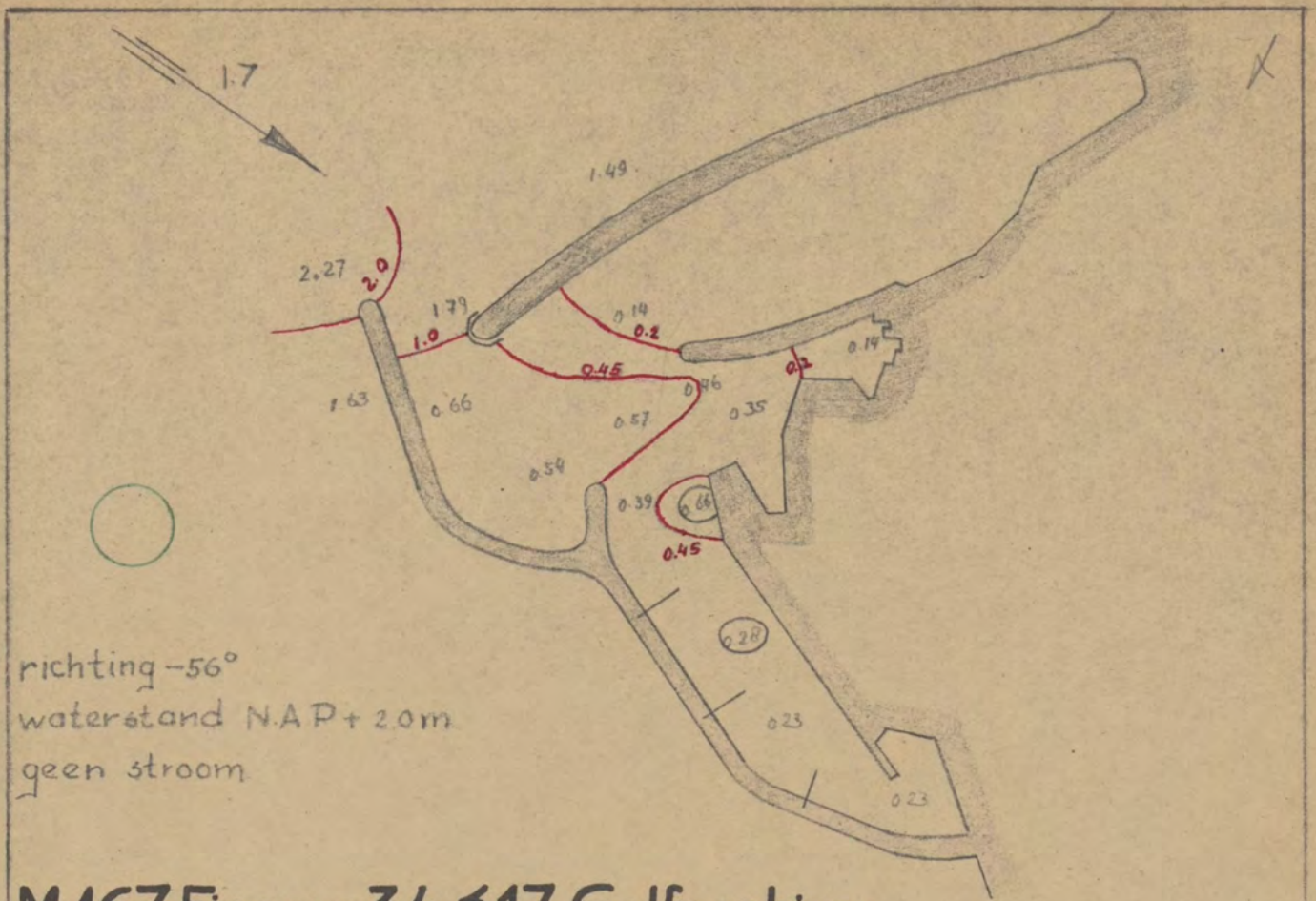
richting -56°
 waterstand N.A.P. + 2.0m
 zuidgaande stroom

M.167. Figuur 32.515. Golfmeting.

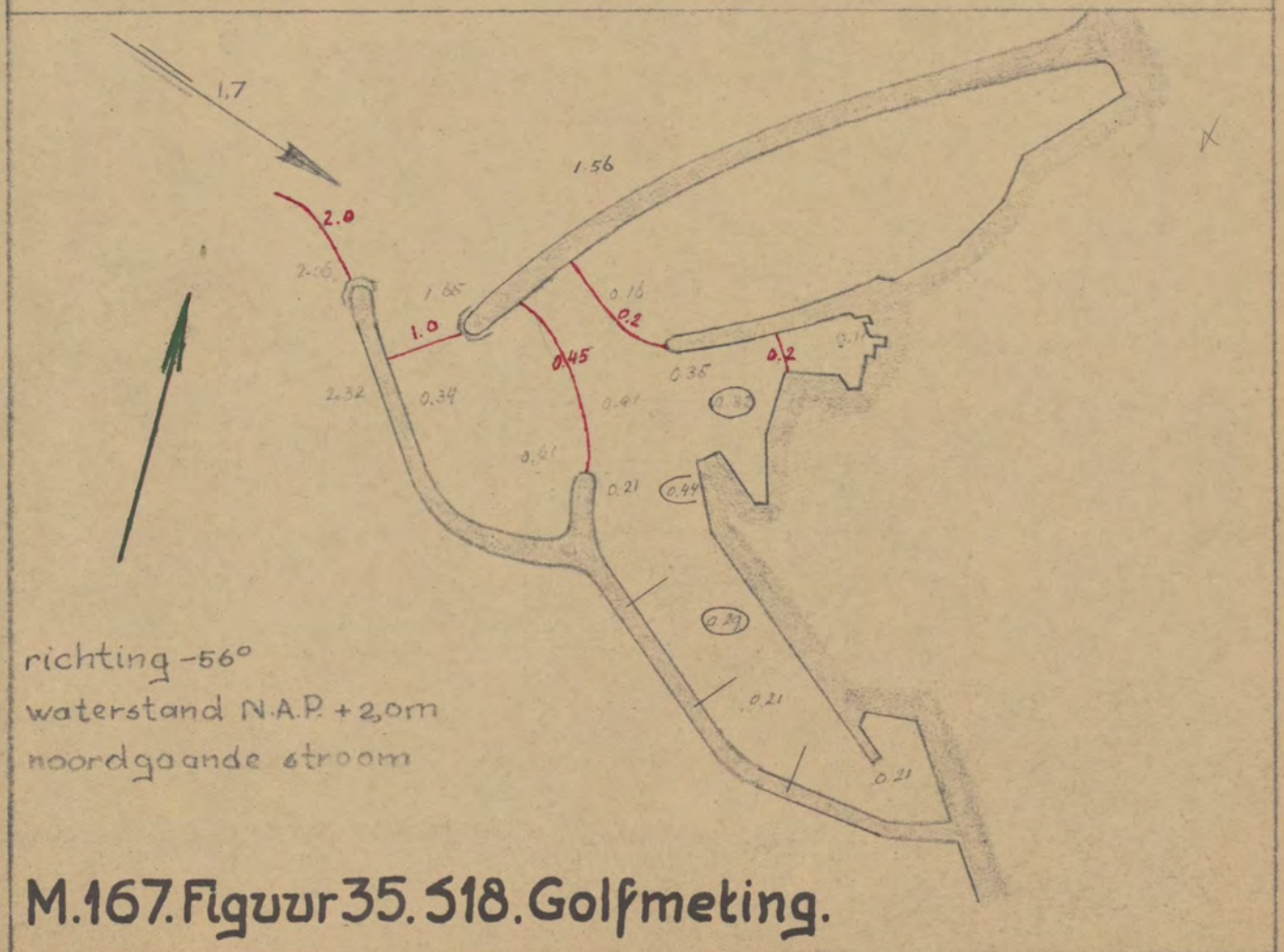


richting $+34^\circ$
 waterstand N.A.P. + 2.0m
 geen stroom

M.167. Figuur 33.516. Golfmeting.



M.167. Figuur 34.517. Golfmeting.

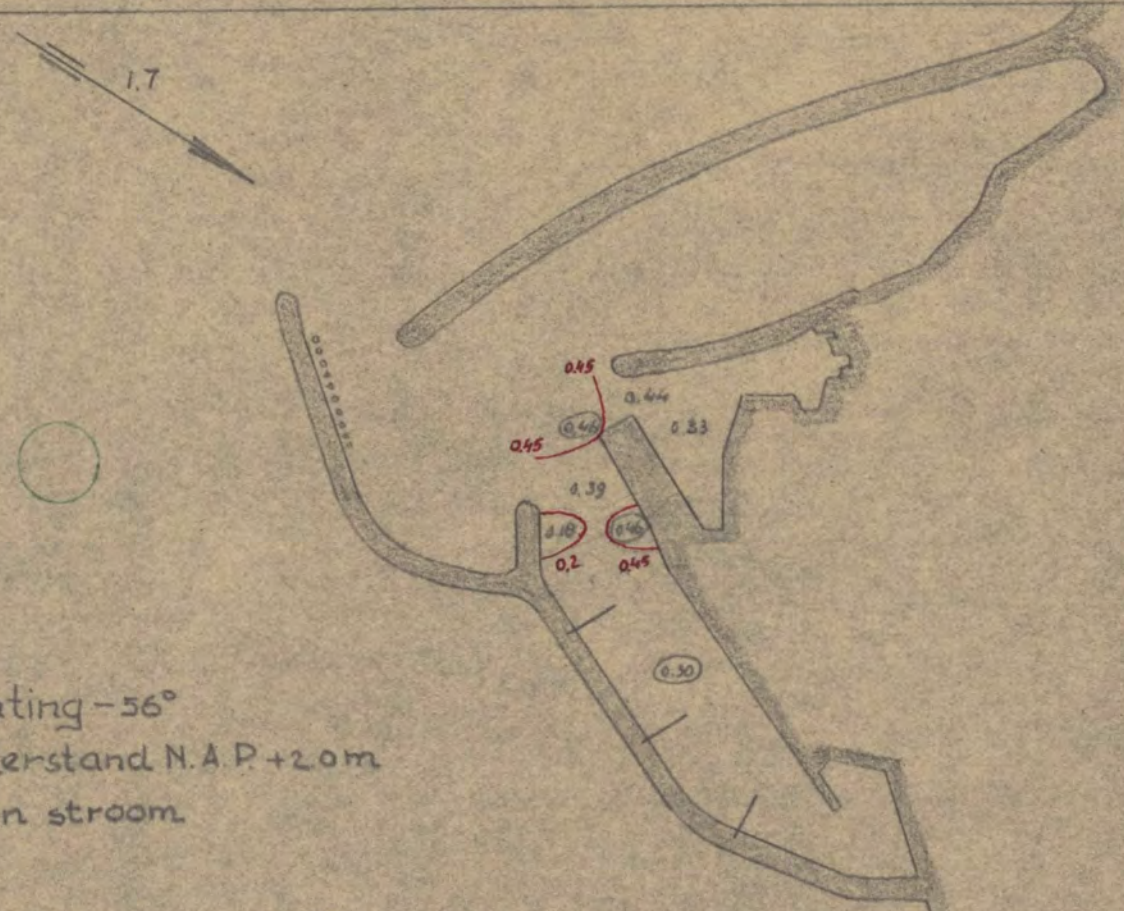


M.167. Figuur 35.518. Golfmeting.



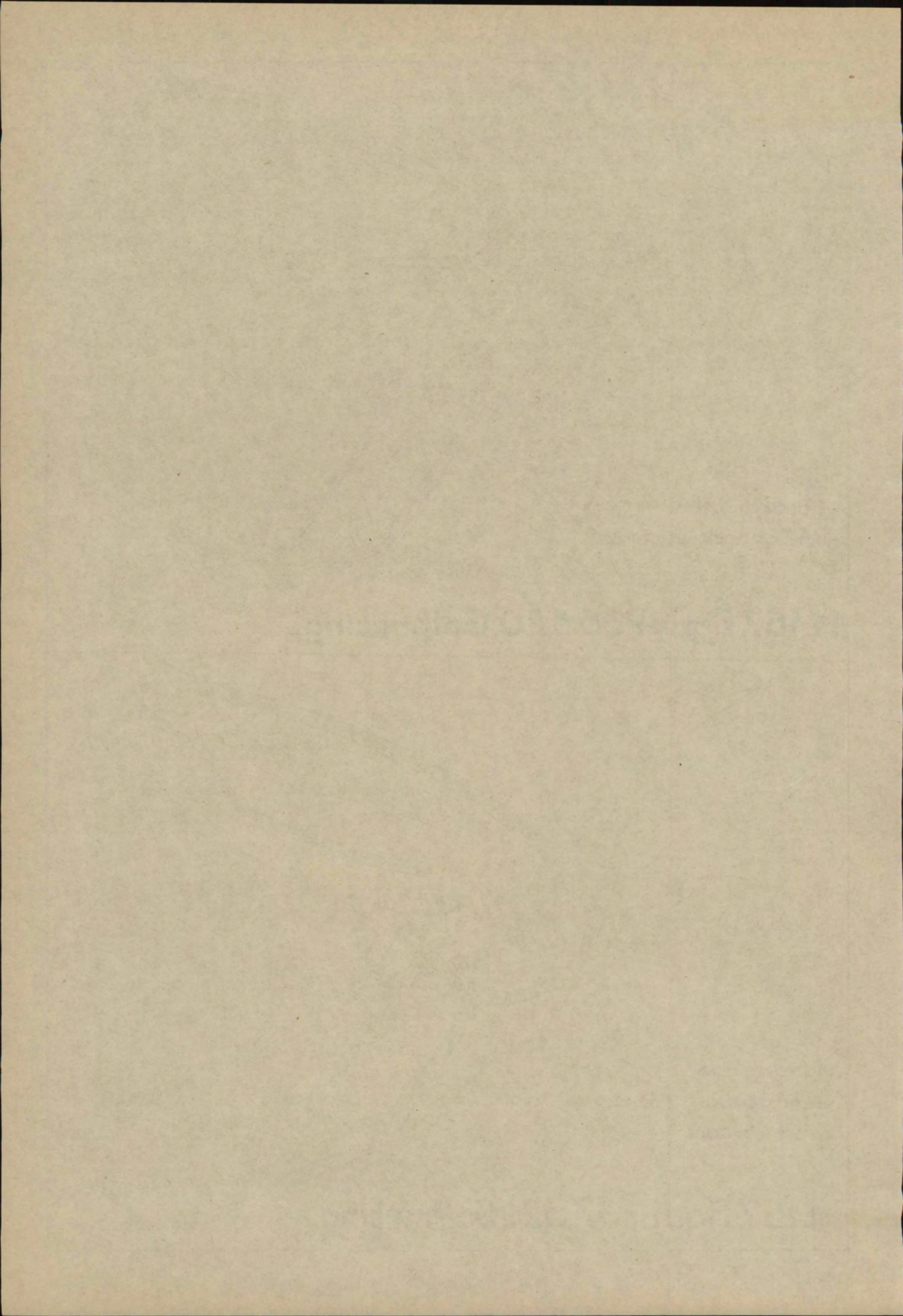
richting -56°
 waterstand N.A.P. + 2.0m
 noordgaande stroom

M.167. Figuur 36 520. Golfmeting.



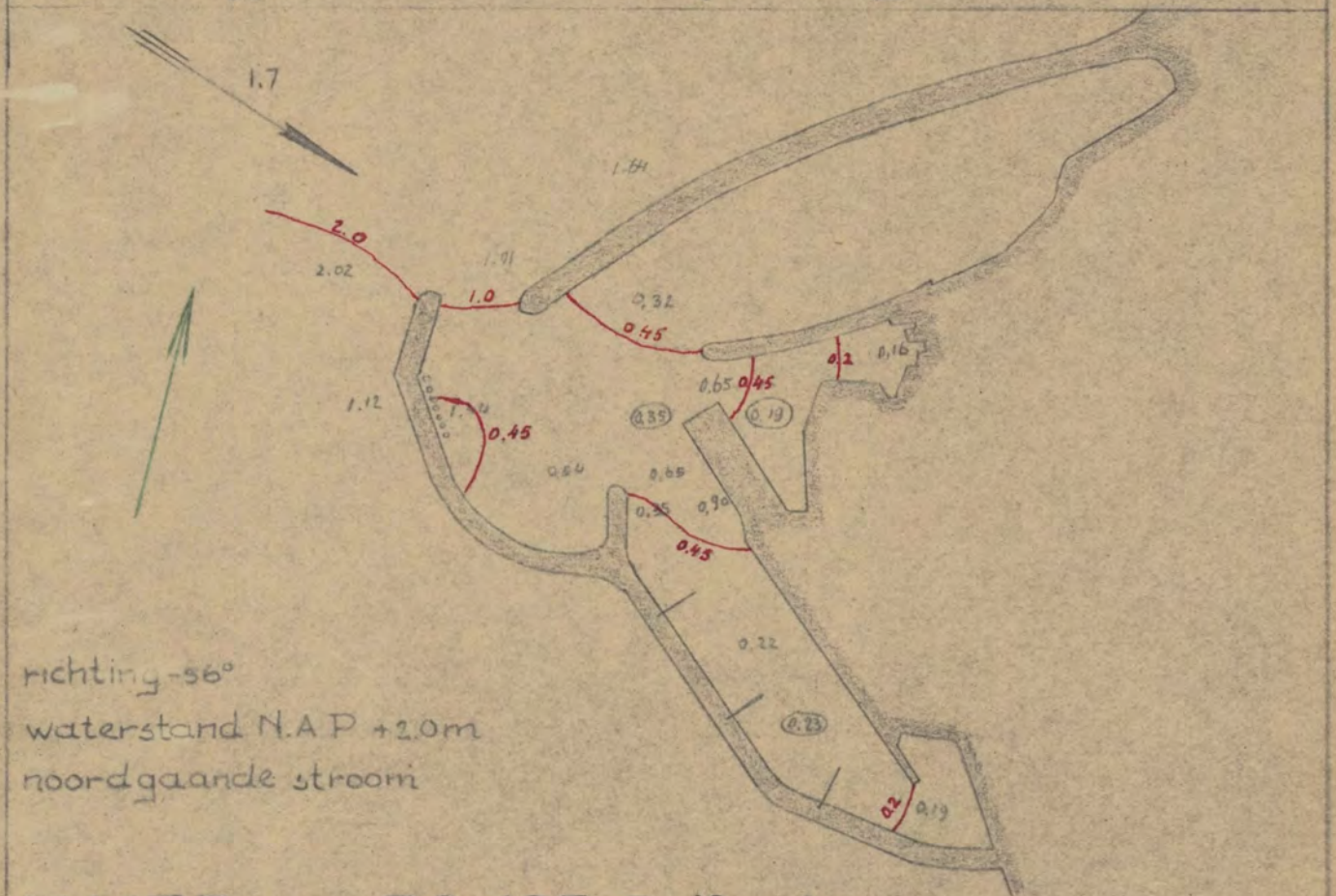
richting -56°
 waterstand N.A.P. + 2.0m
 geen stroom

M.167. Figuur 37. 521. Golfmeting.





M.167. Figuur 38.522. Golfmeting.

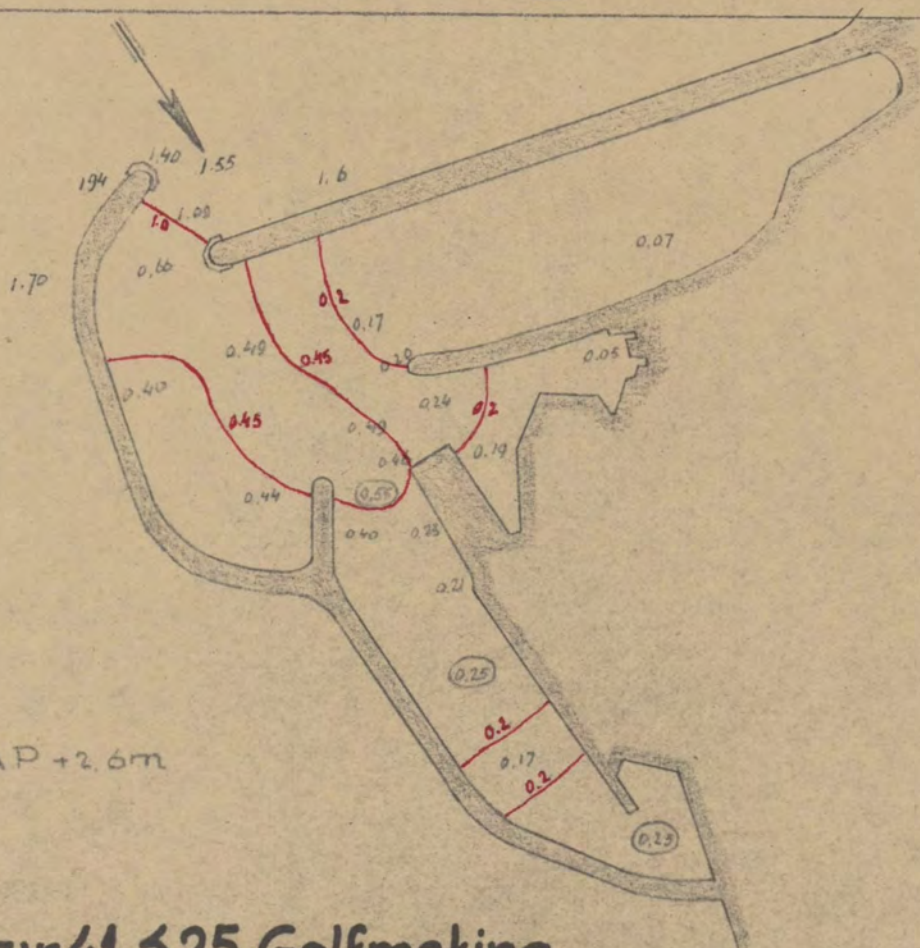


M.167. Figuur 39, 523. Golfmeting.



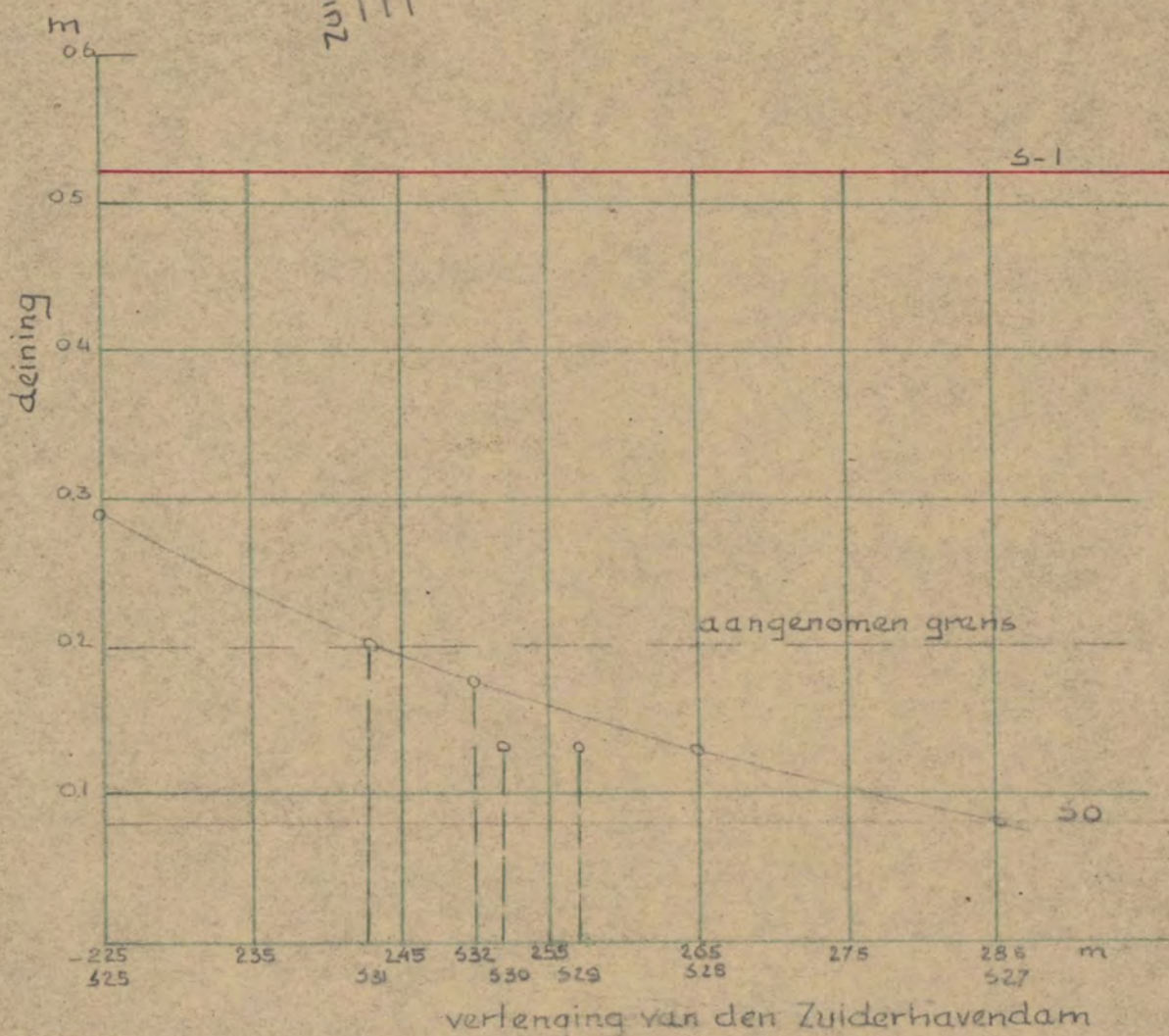
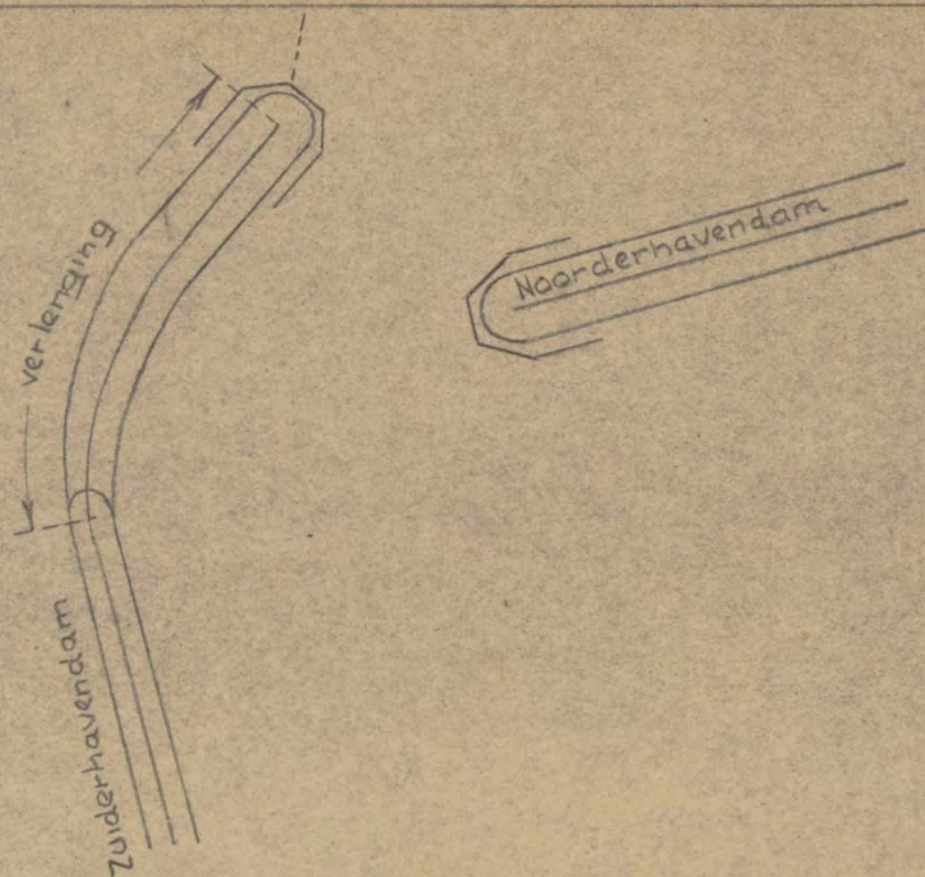
richting $+34^\circ$
 waterstand NAP +2,0m
 zuidgaande stroom

M.167.Figuur 40.524. Golfmeting.

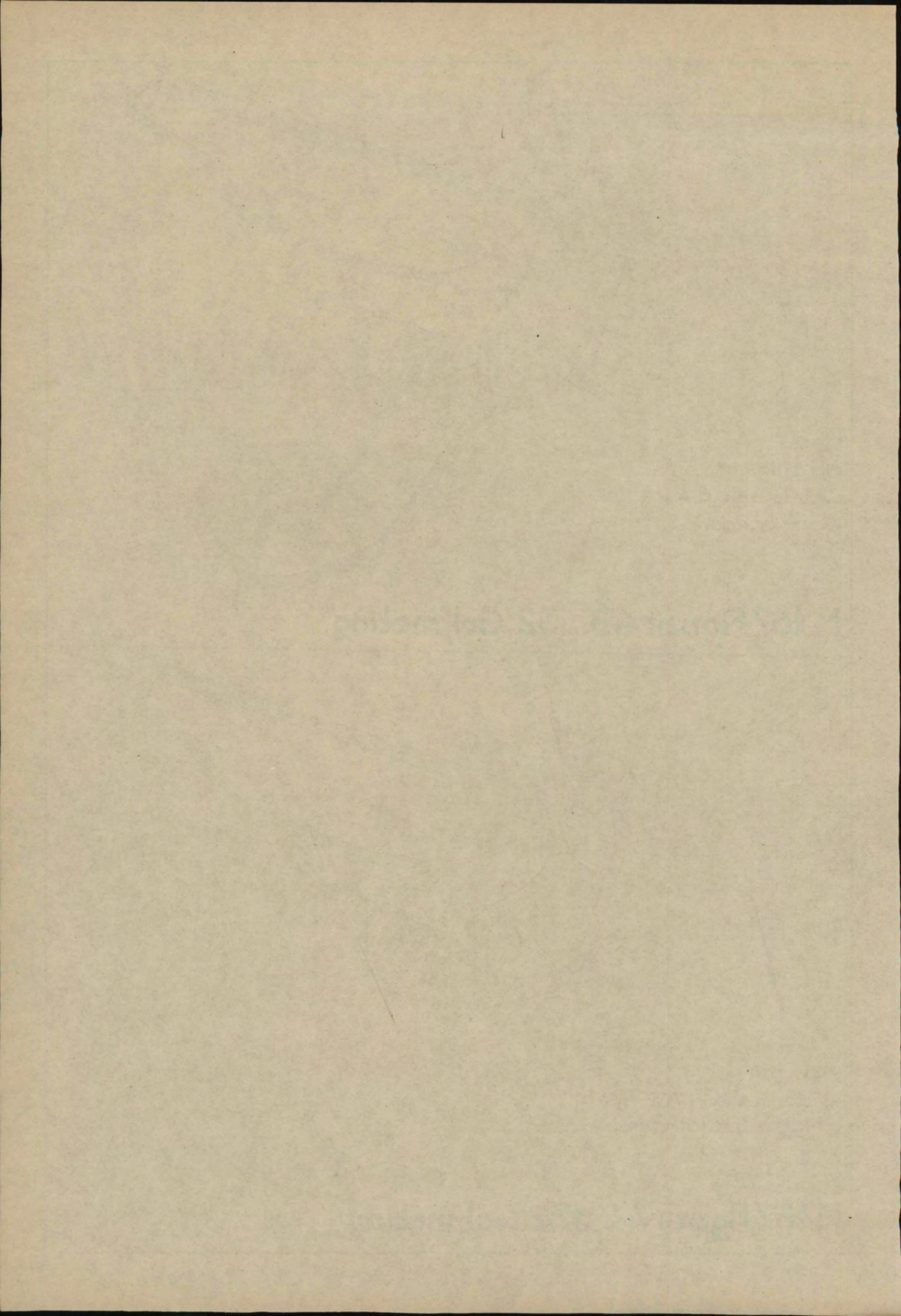


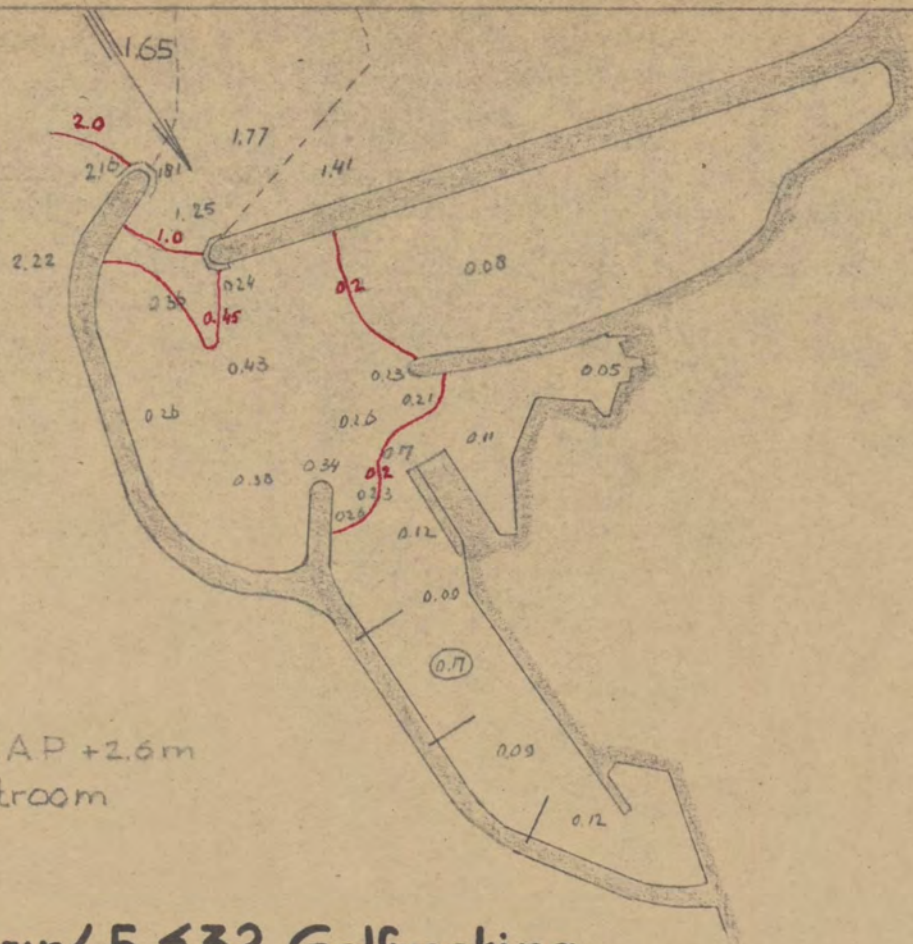
richting -34°
 waterstand NAP +2,6m
 geen stroom.

M.167.Figuur 41.525. Golfmeting.



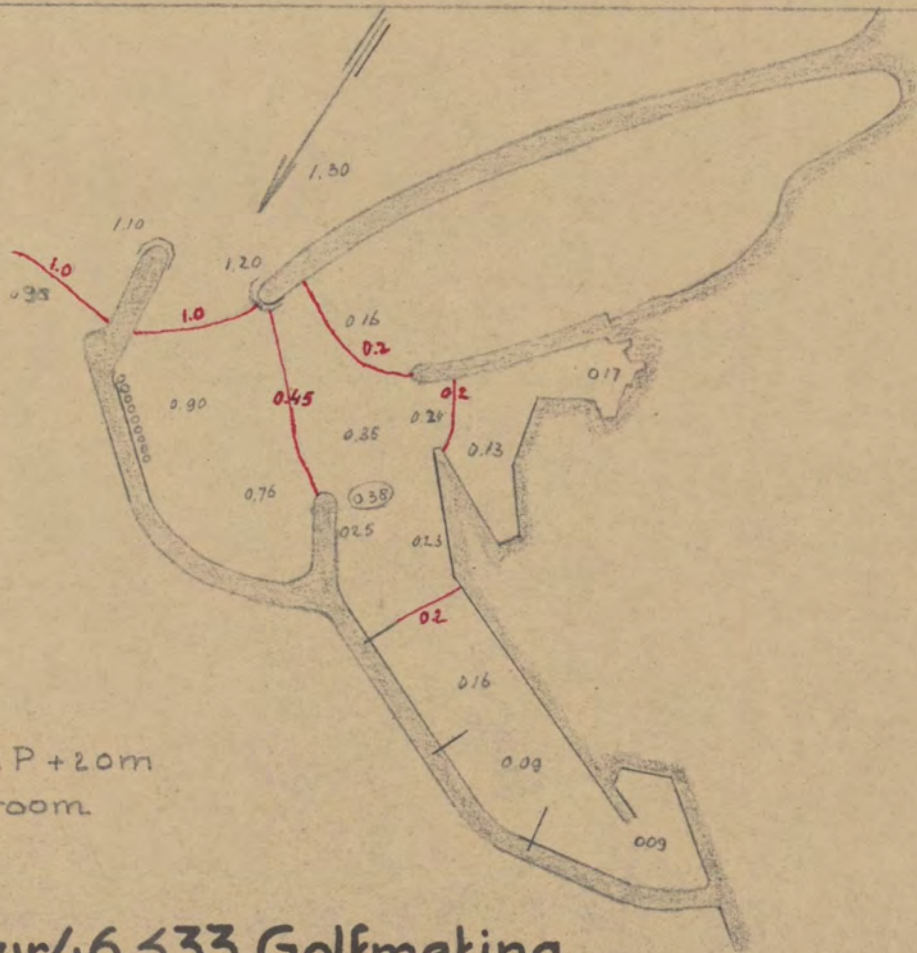
M.167. Fig. 42. Hoogte dergolven inde Nieuwe Willemshaven bij verschillende lengten van den Zuiderhavendam.





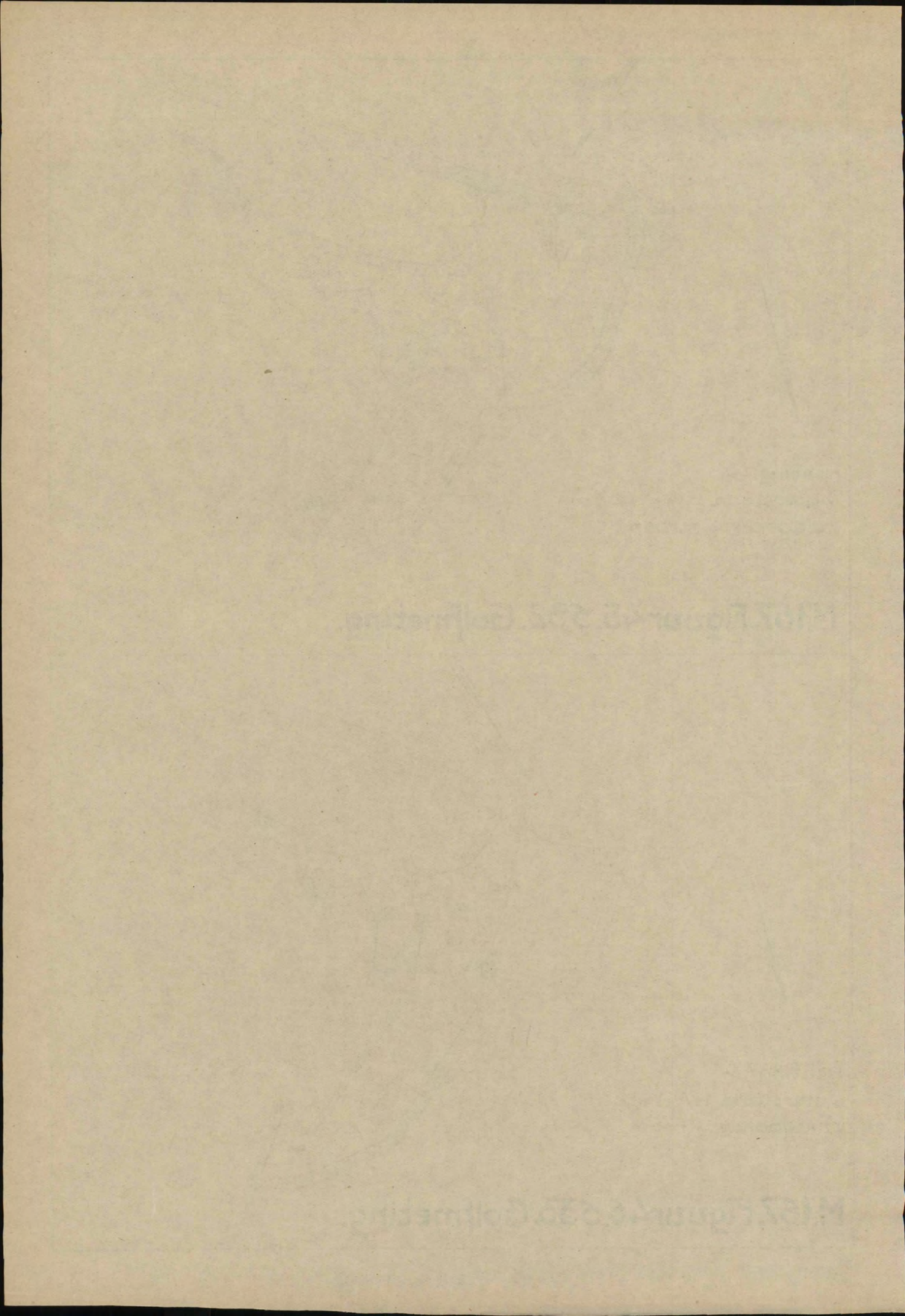
richting $+34^\circ$
 waterstand NAP $+2.6\text{m}$
 zuidgaande stroom

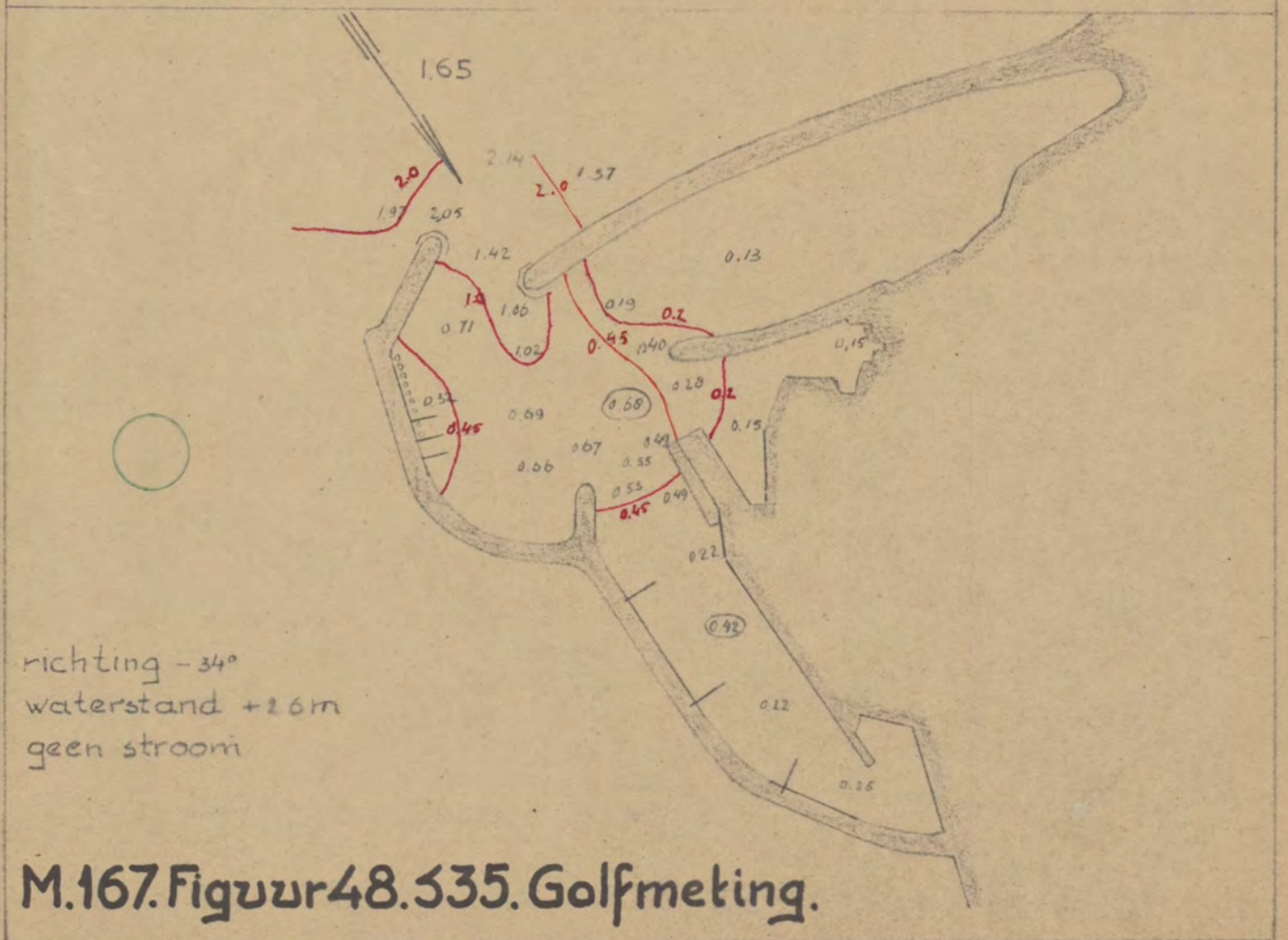
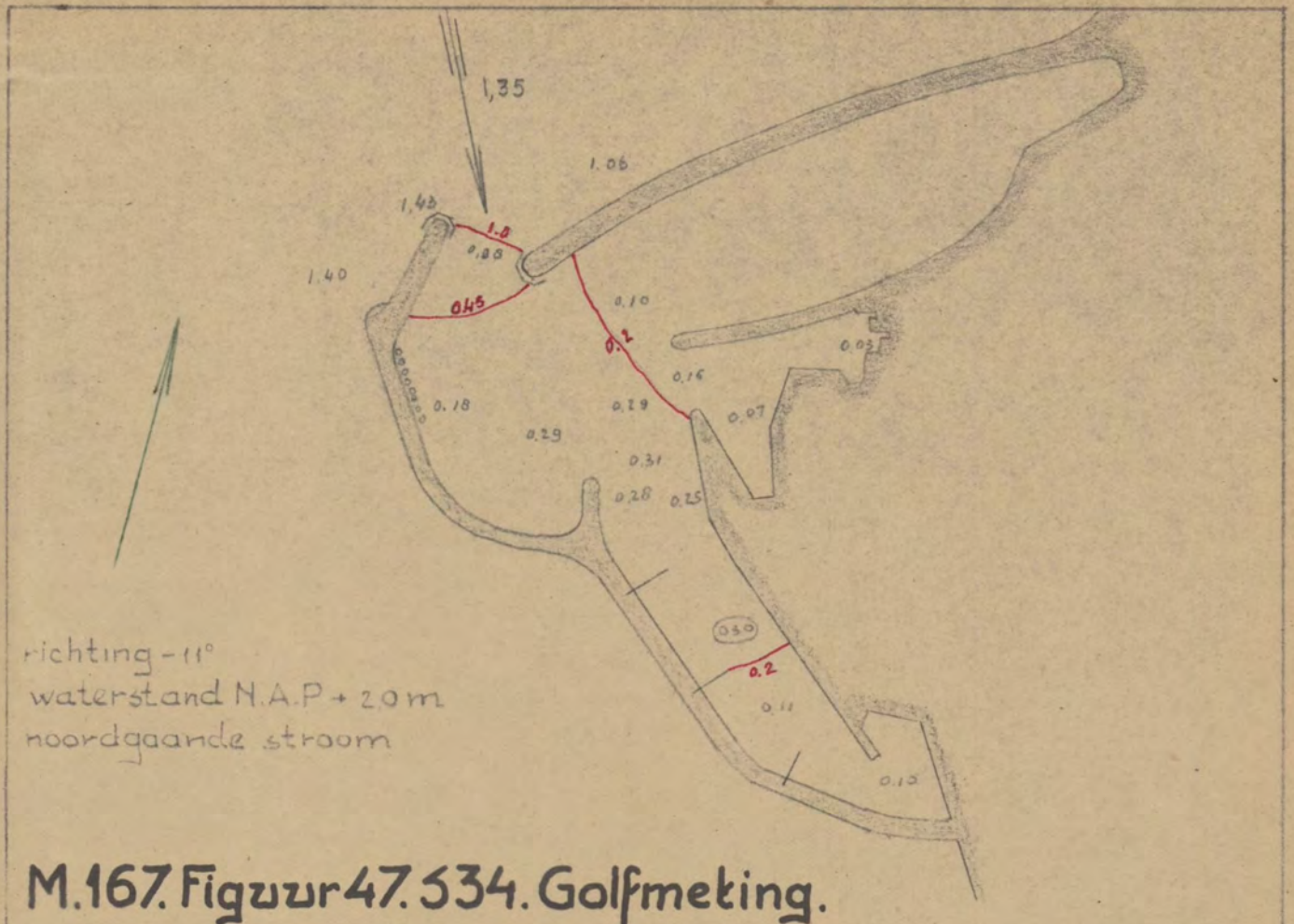
M.167. Figuur 45.532. Golfmeting.

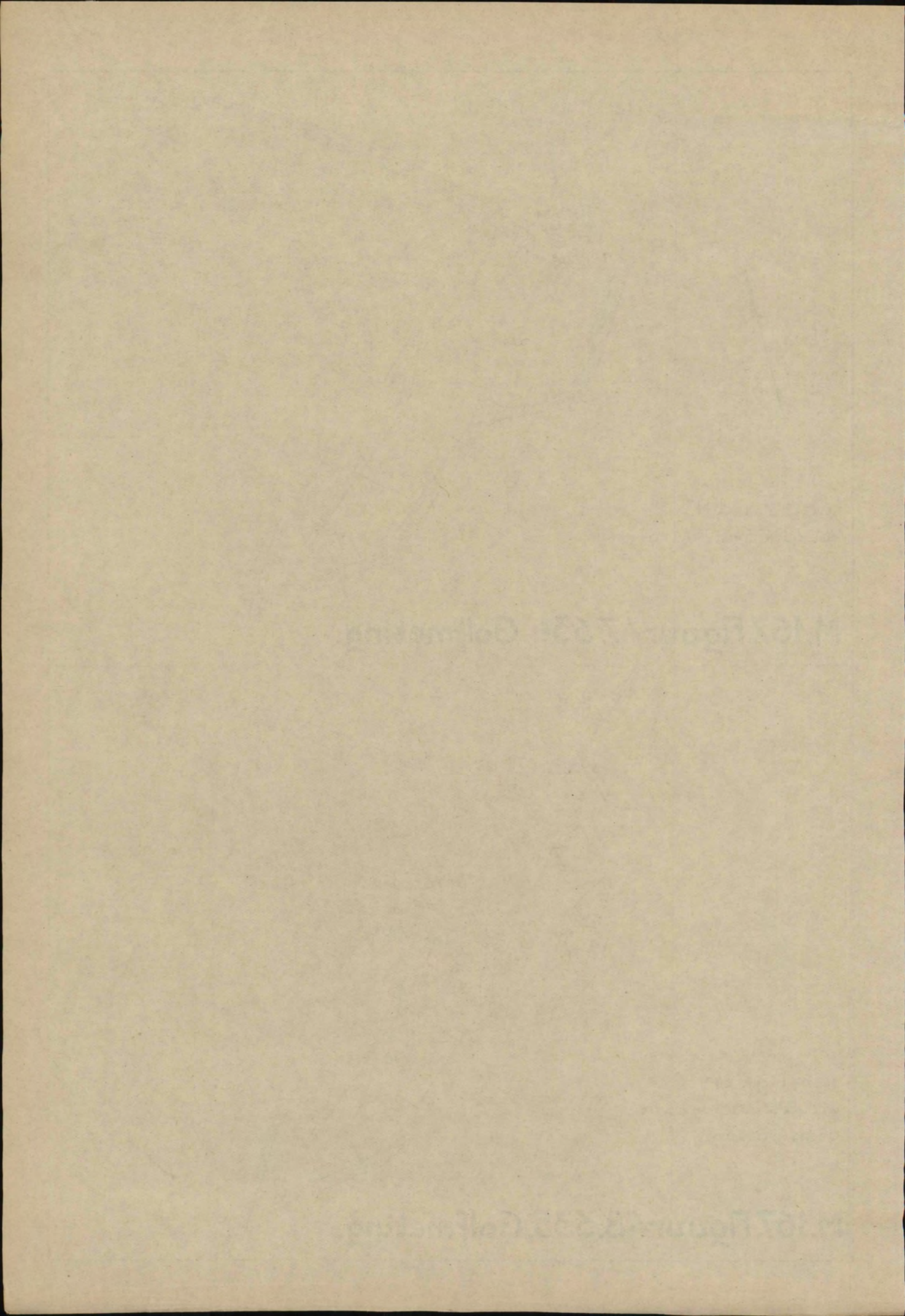


richting $+34^\circ$
 waterstand NAP $+2.0\text{m}$
 zuidgaande stroom.

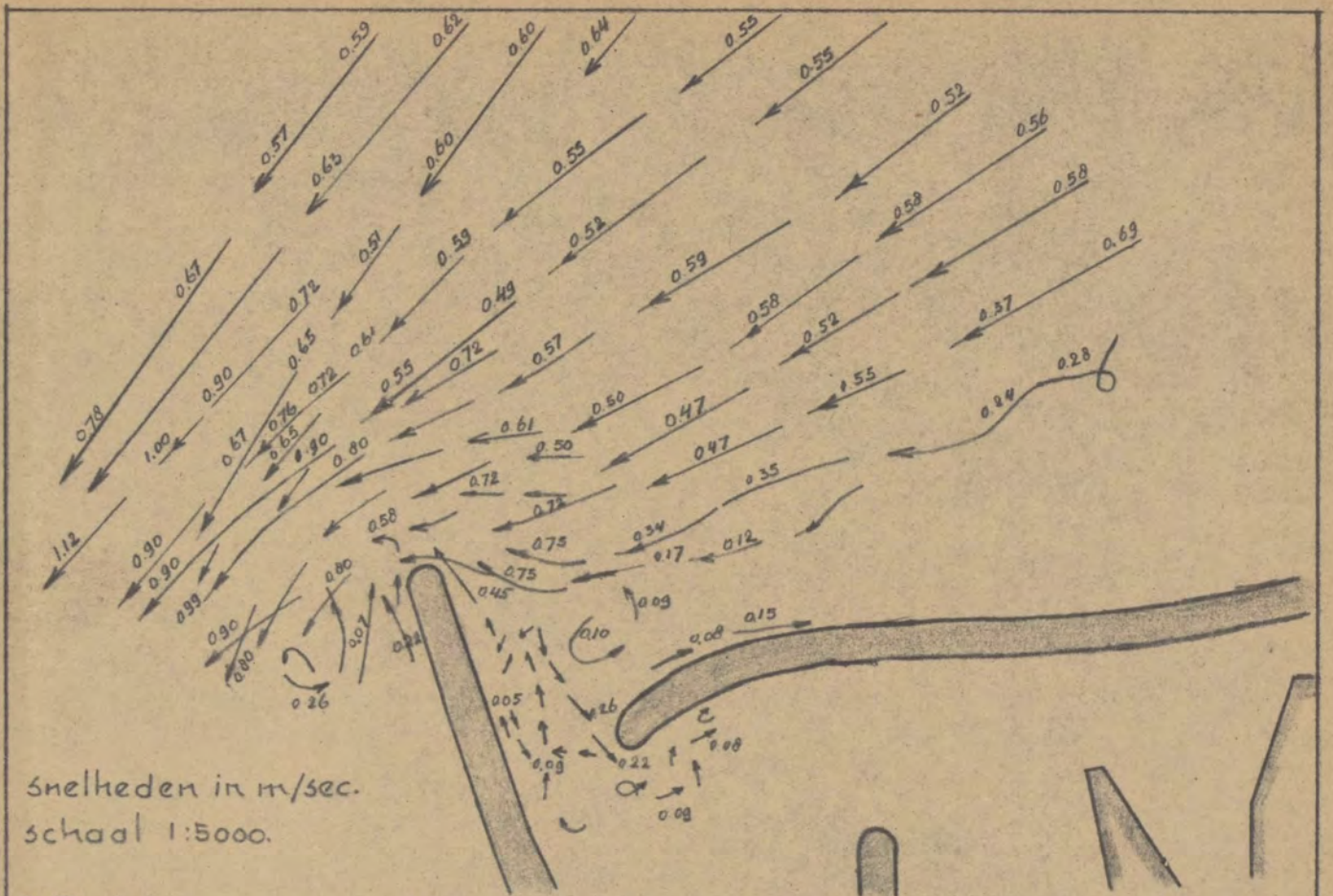
M.167. Figuur 46.533. Golfmeting.



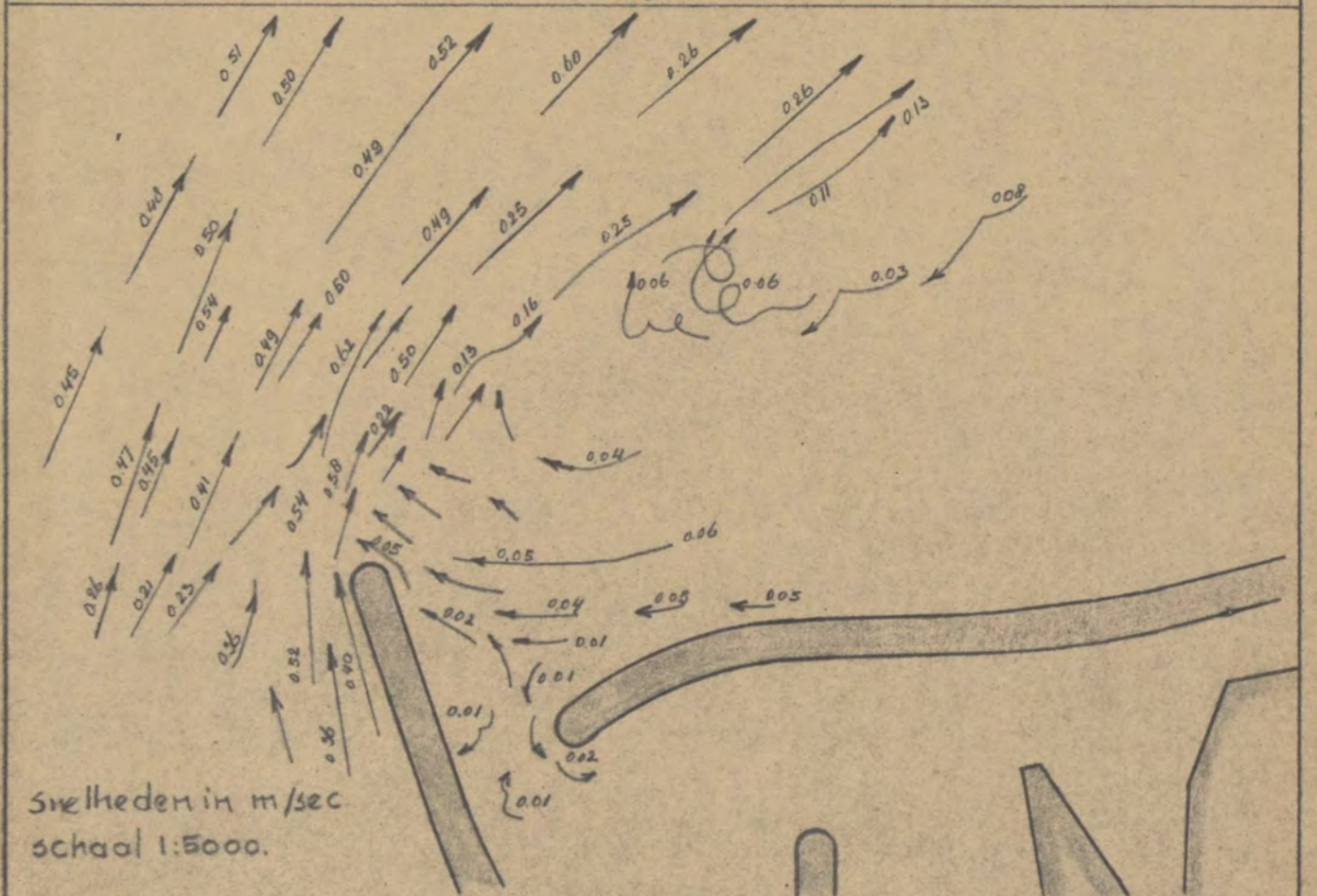




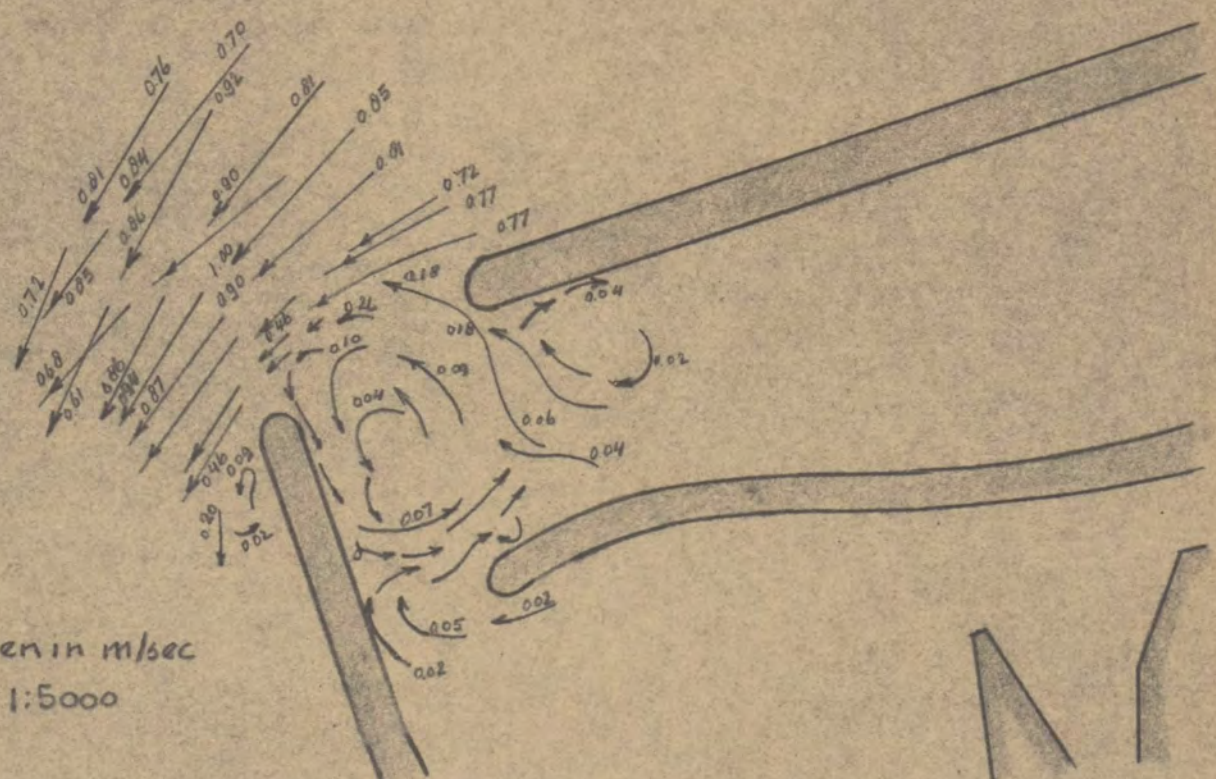




50.5 stroommeting zuidgaande stroom.

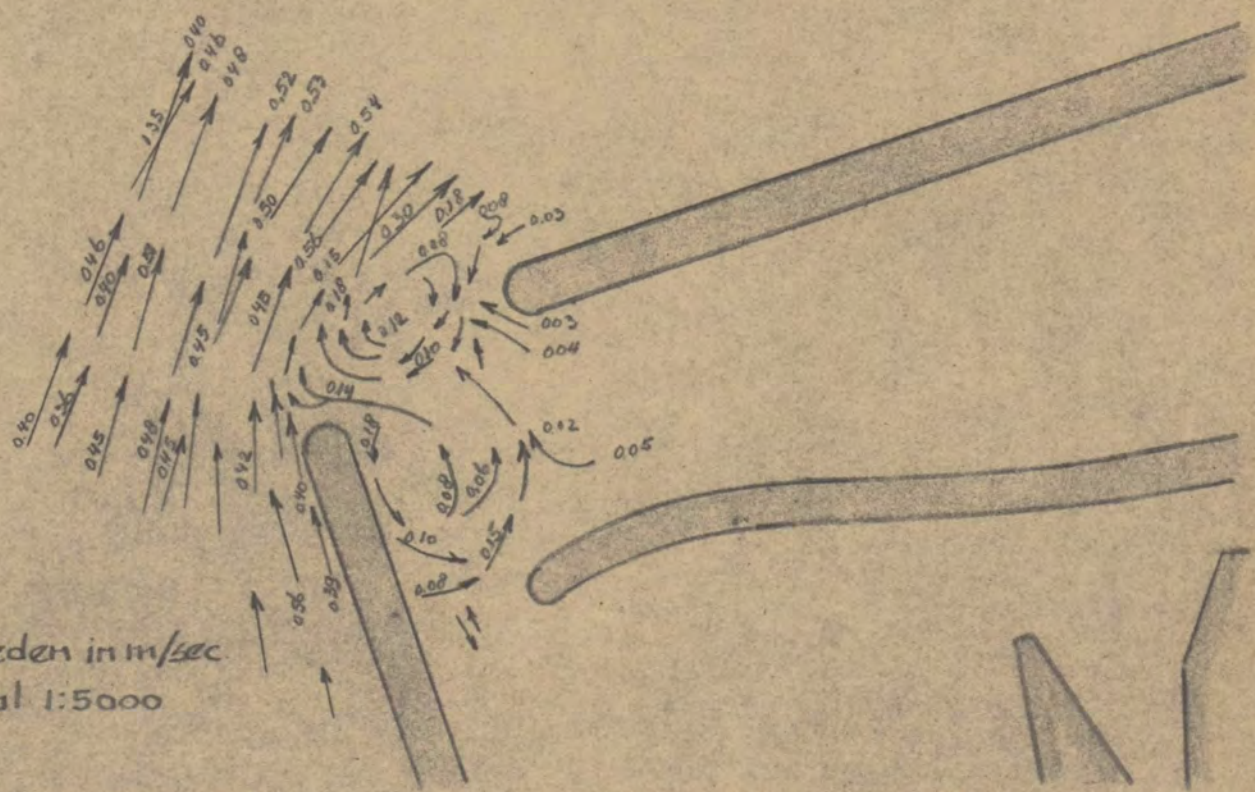


M.167. Fig. 51. 50.5 stroommeting noordgaande stroom.



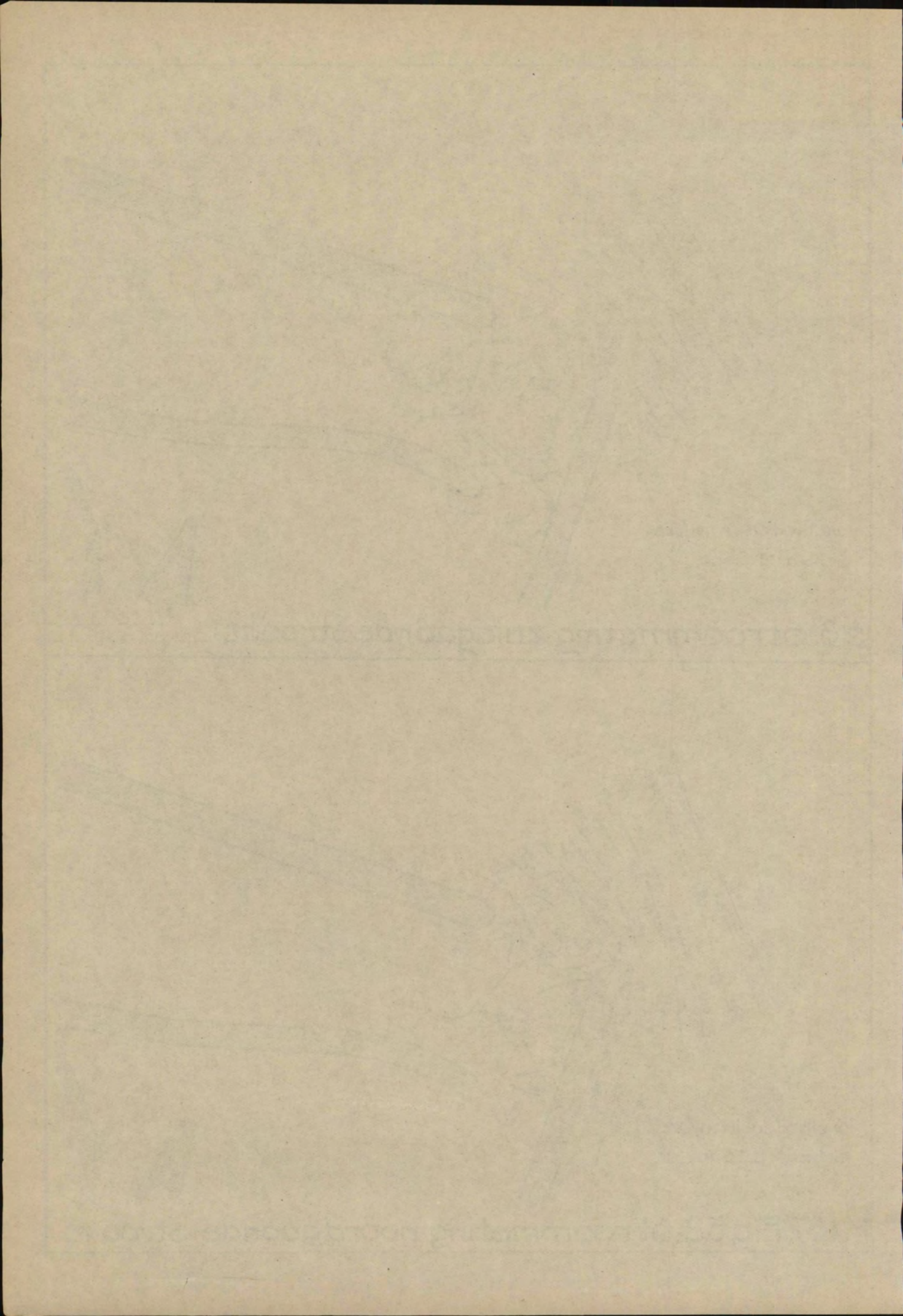
snelheden in m/sec
 schaal 1:5000

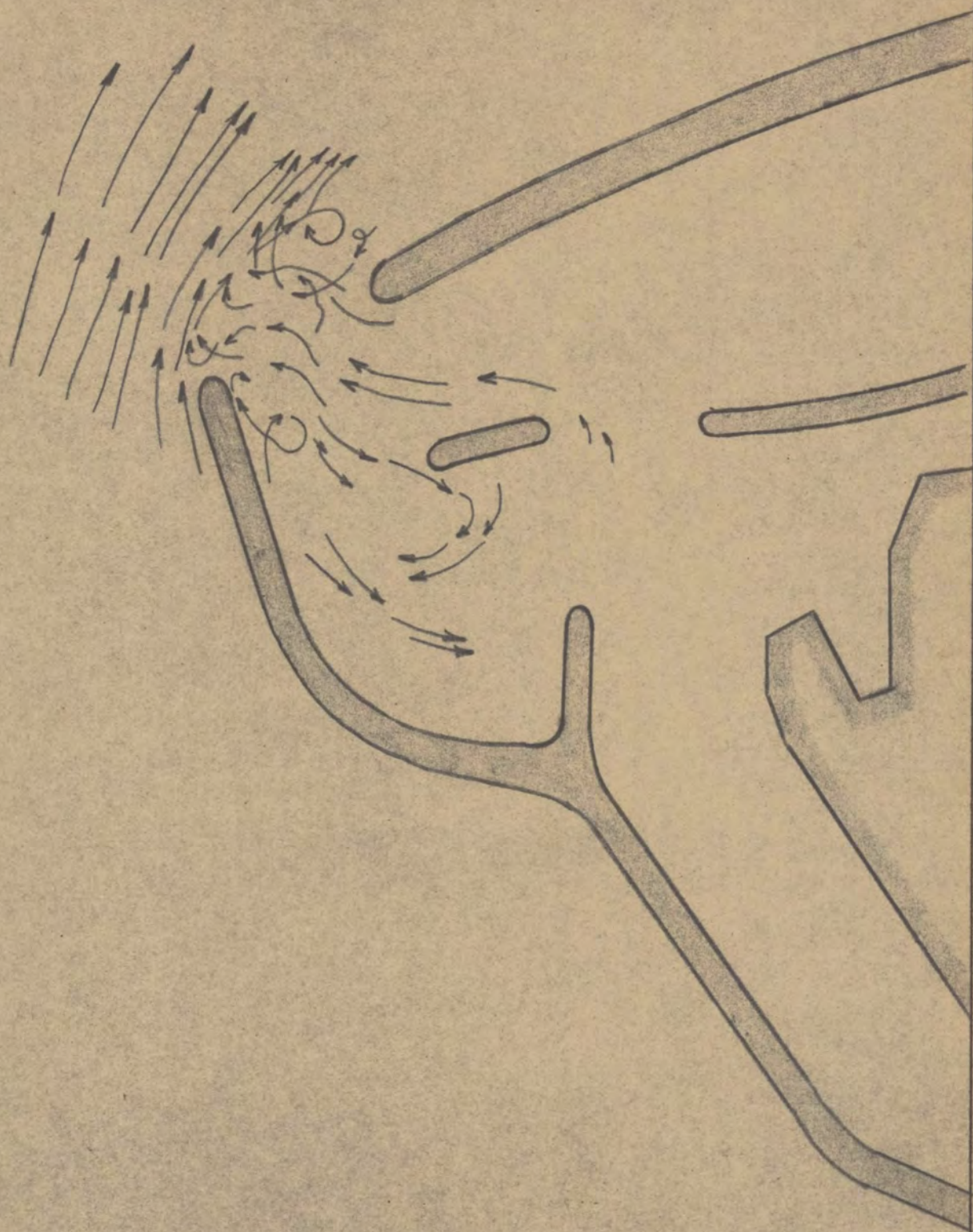
53. Stroommeting zuidgaande stroom.



snelheden in m/sec
 schaal 1:5000

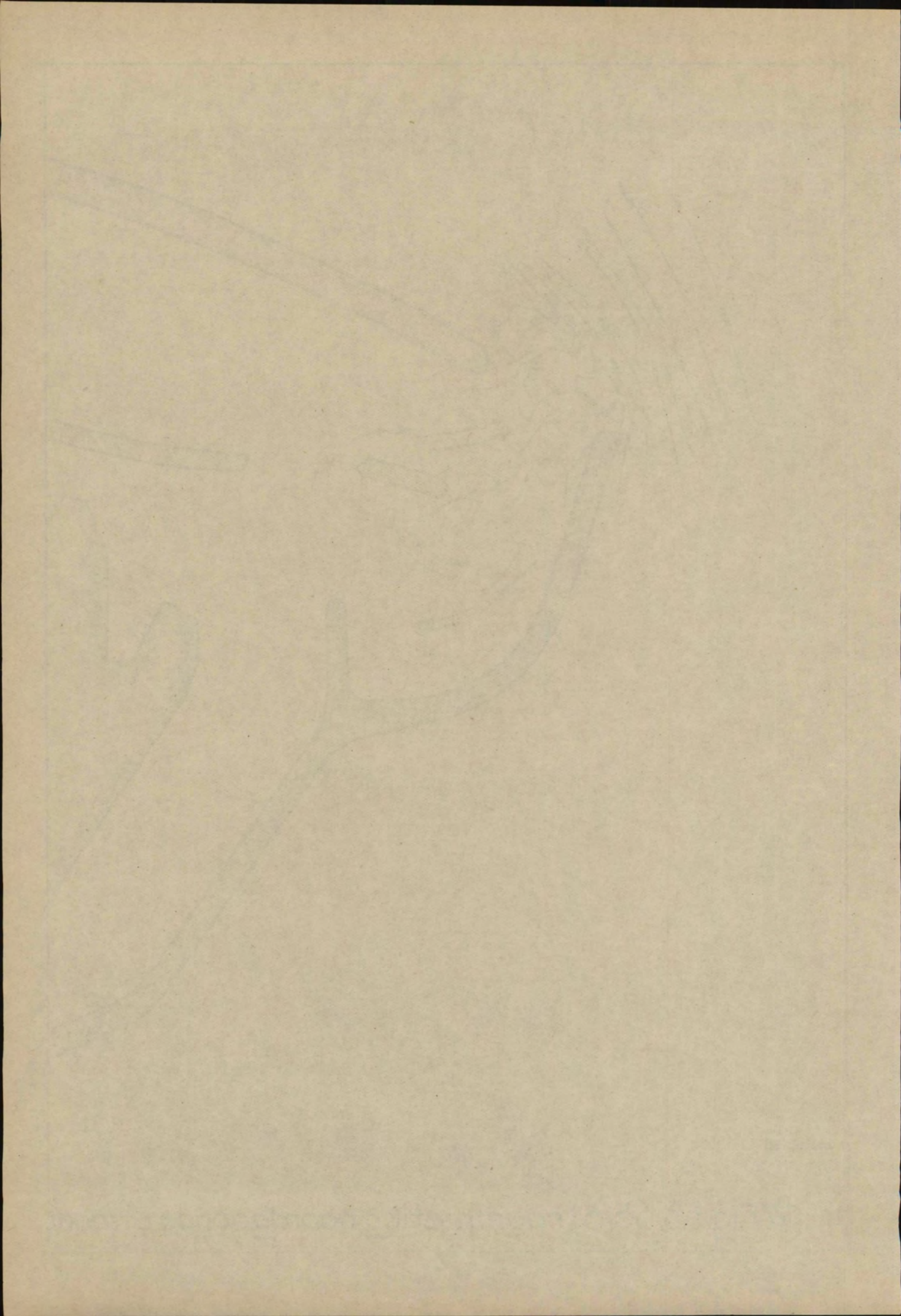
M.167. Fig. 52. Stroommeting noordgaande stroom.

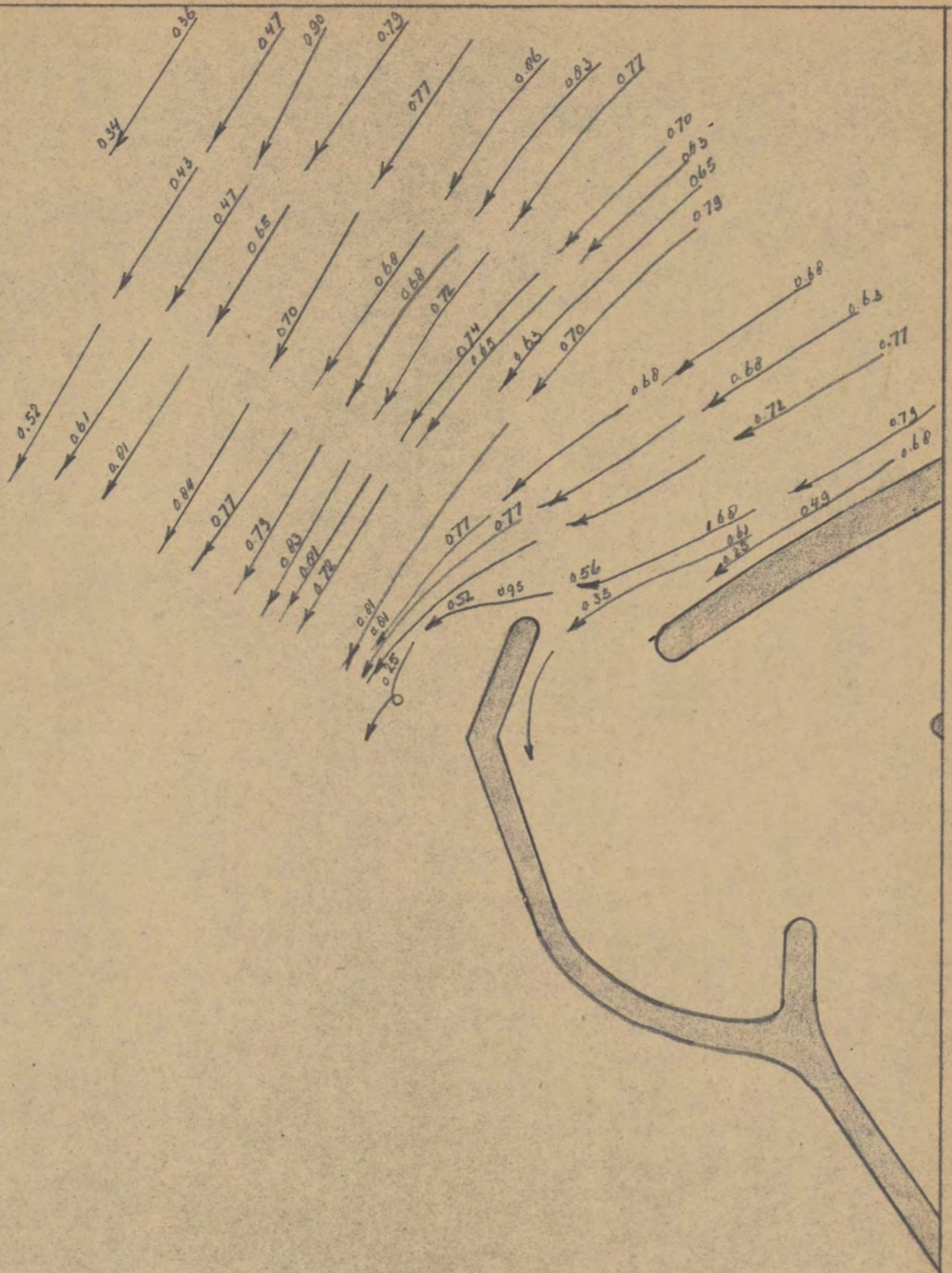




schaal 1:5000

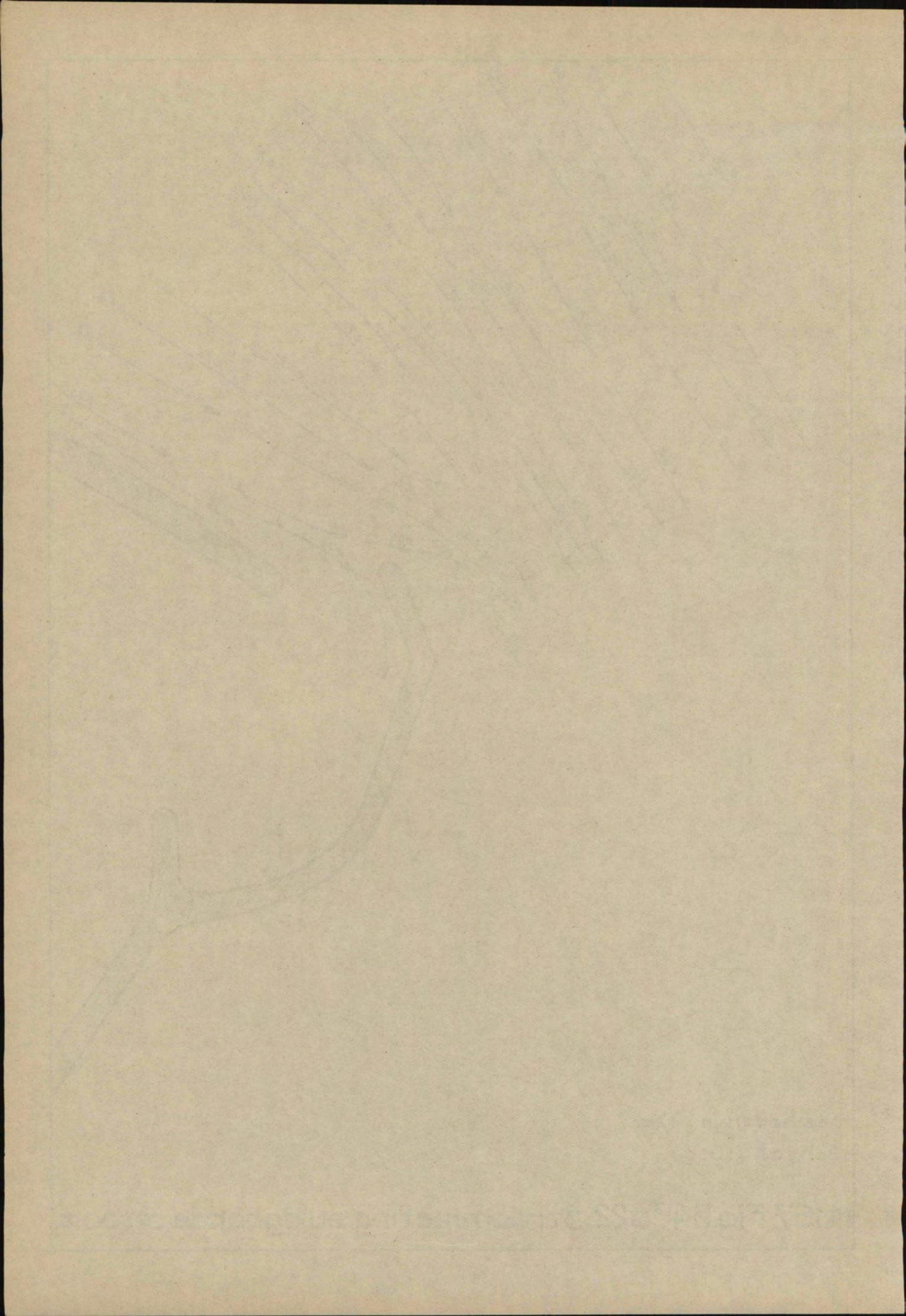
M.167.Fig.53.55.5 stroommeting noordgaande stroom

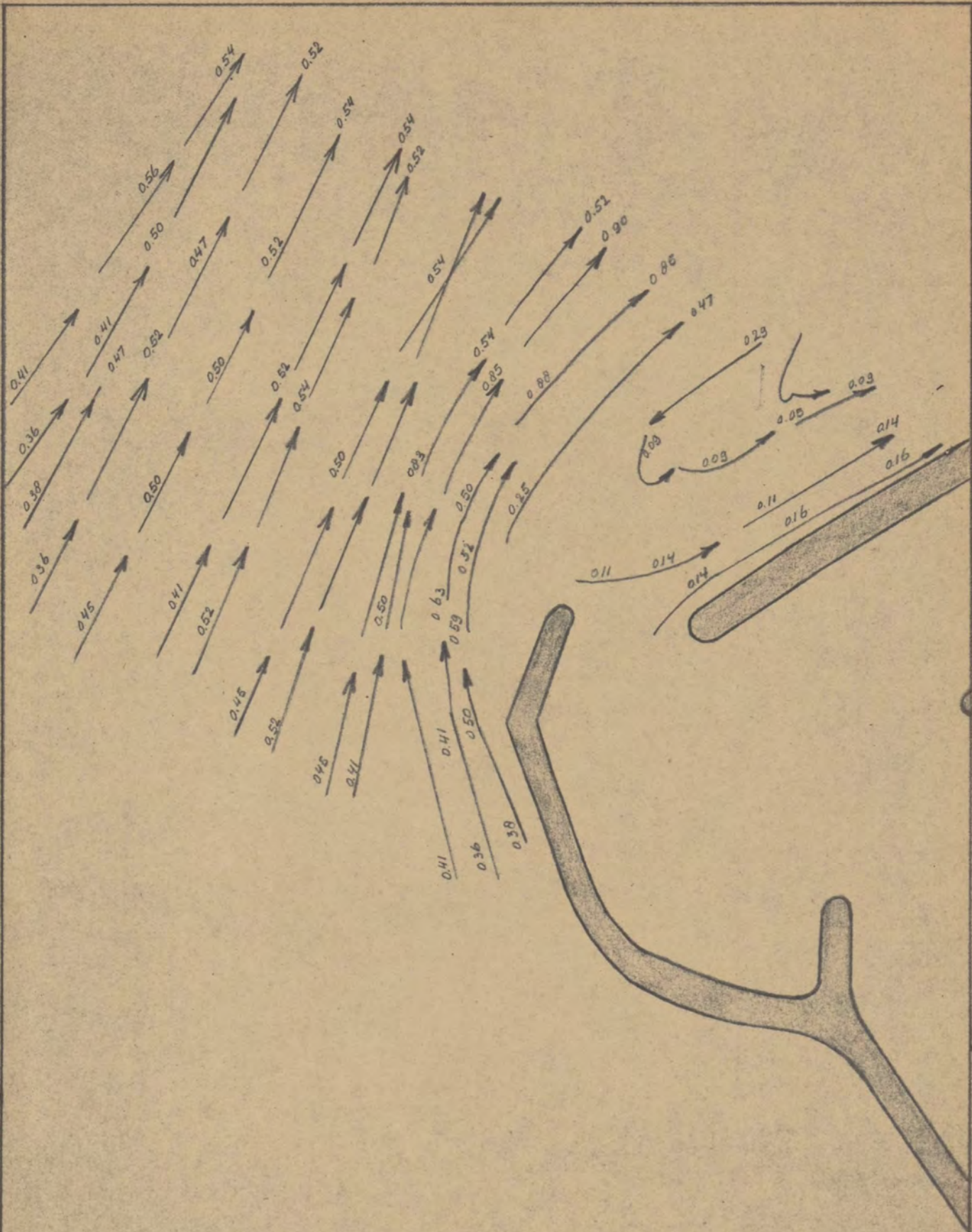




snelheden in m/sec.
 schaal 1:5000.

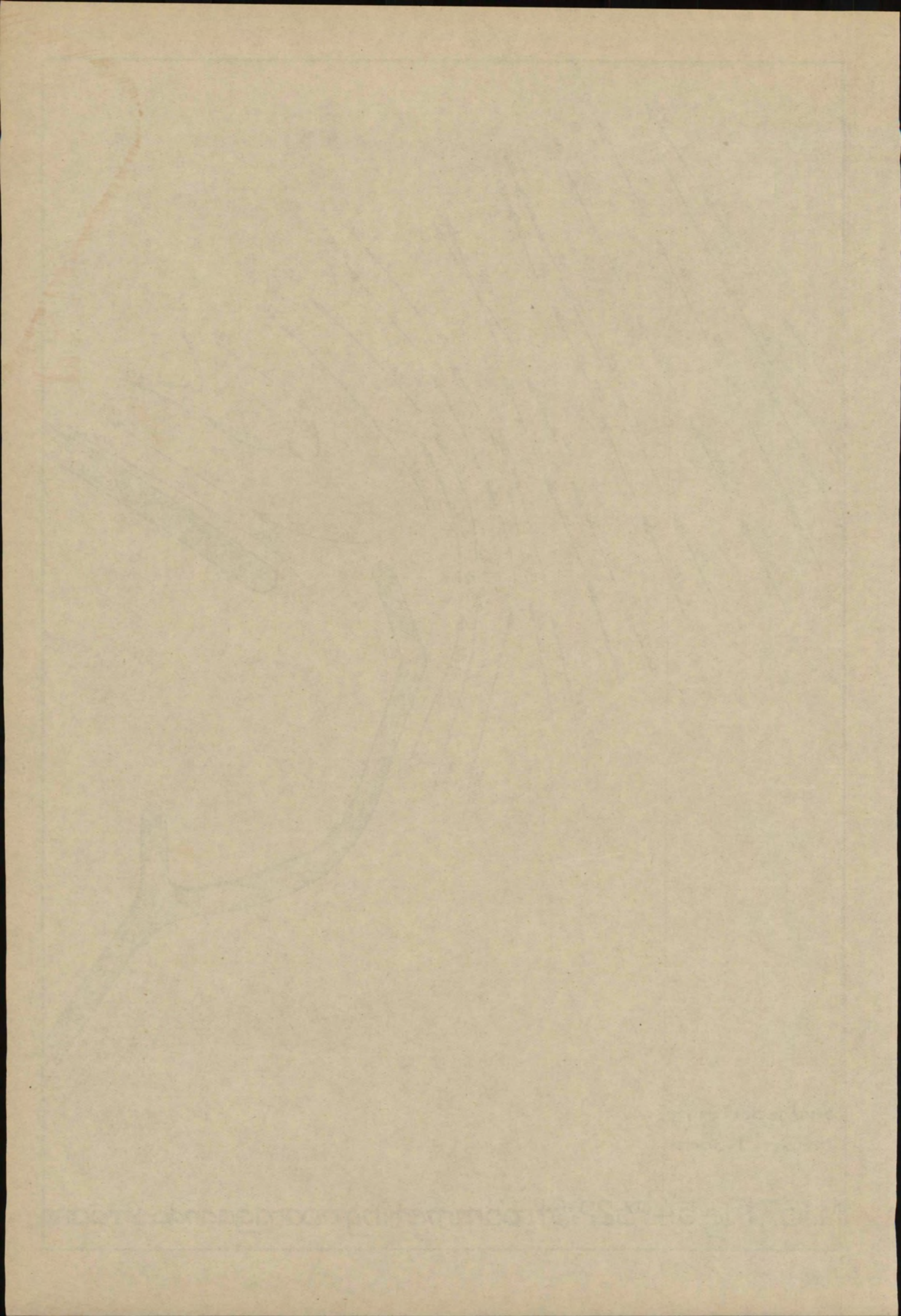
M.167. Fig. 54^a. 522. Stroommeting zuidgaande stroom

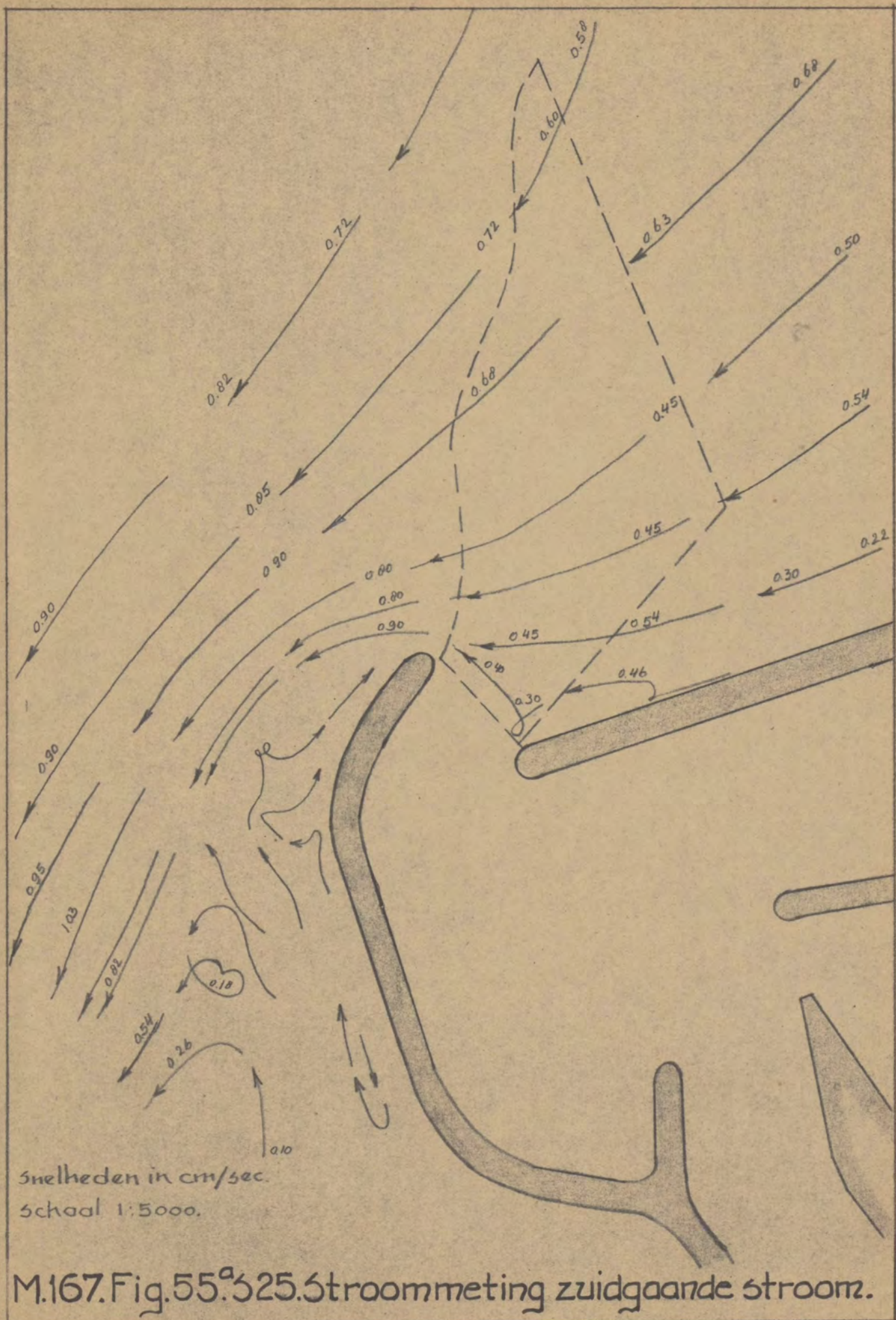


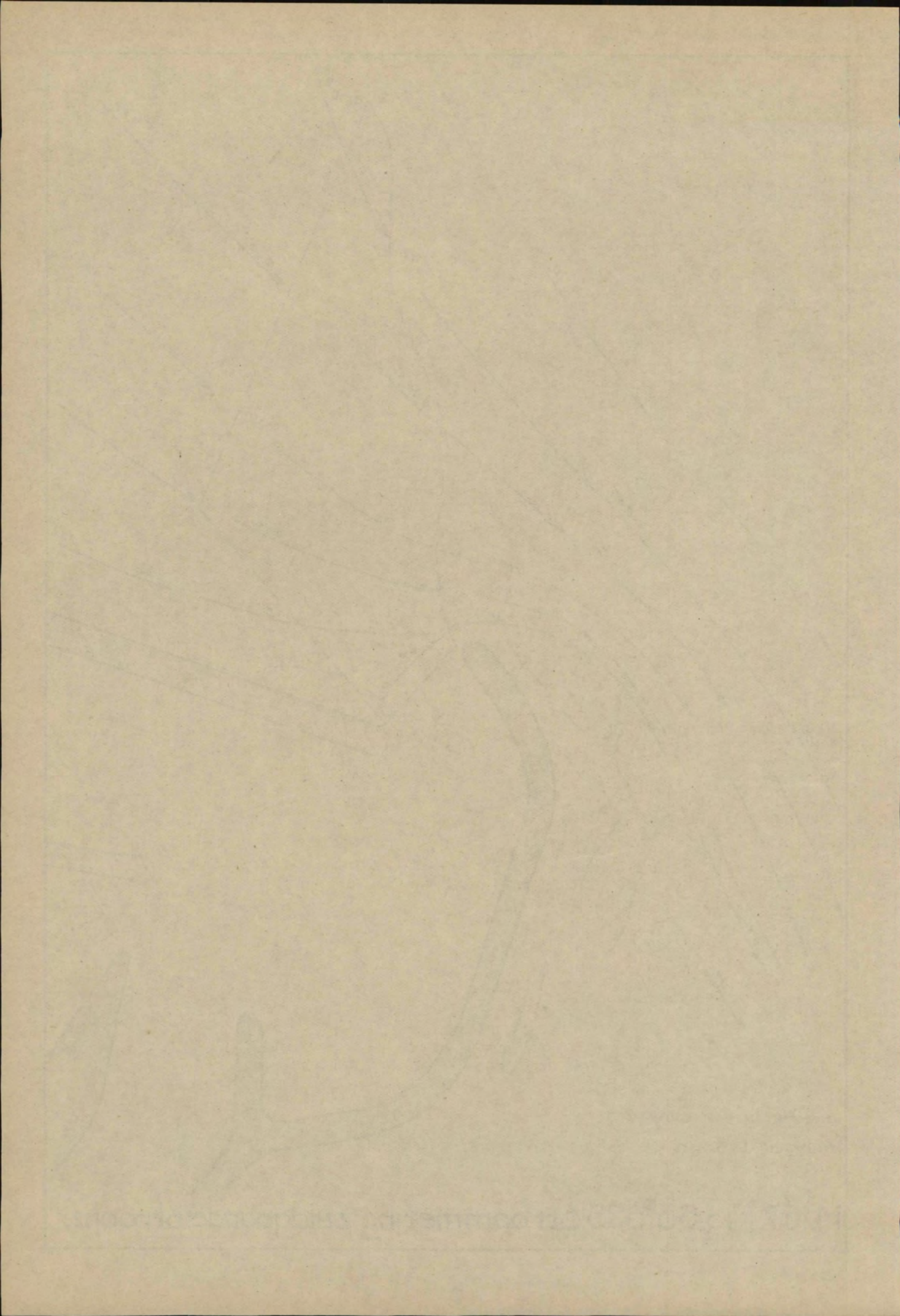


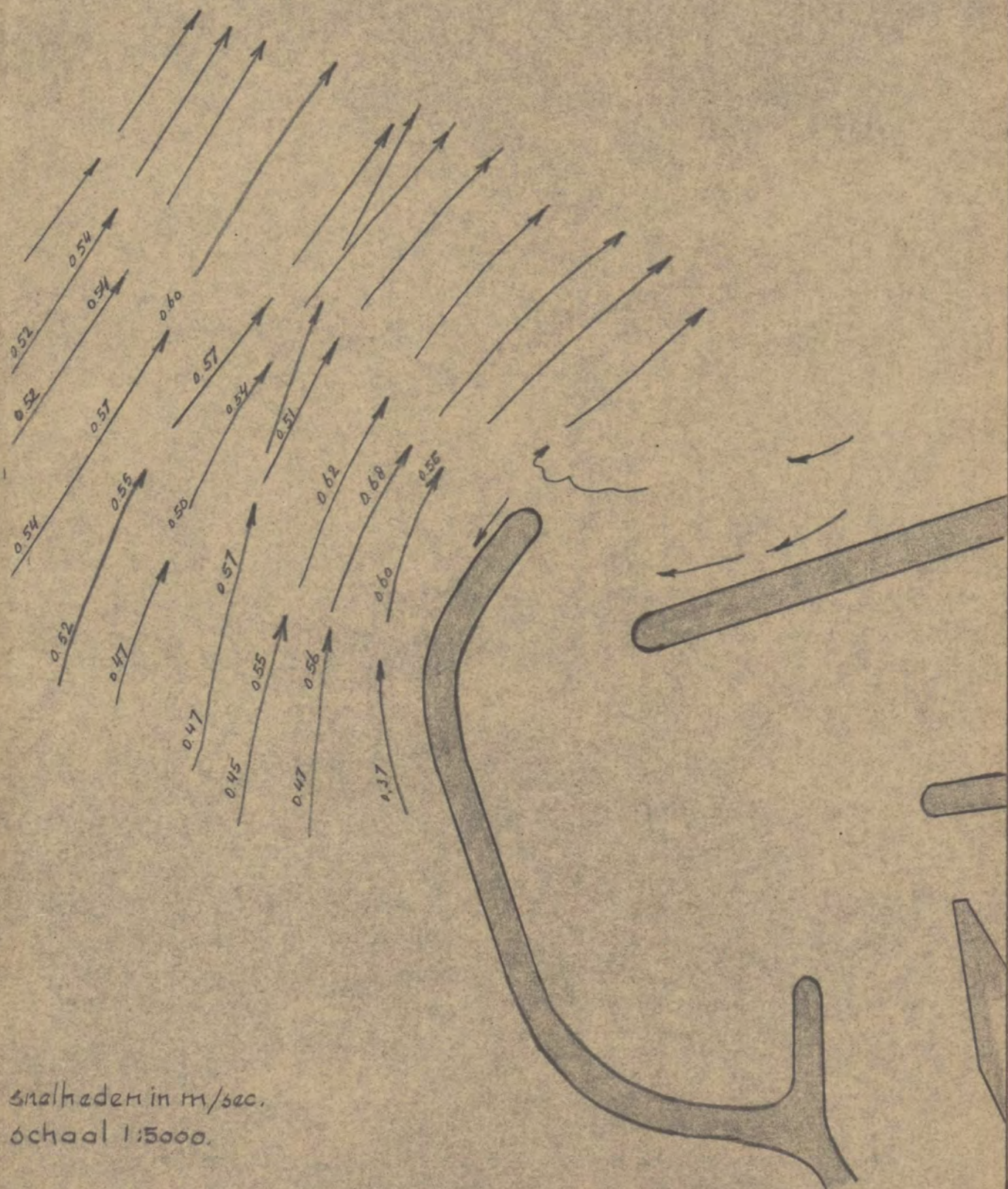
snelheden in m/sec.
 schaal 1:5000

M.167. Fig. 54^b. 522.5 stroommeting noordgaande stroom



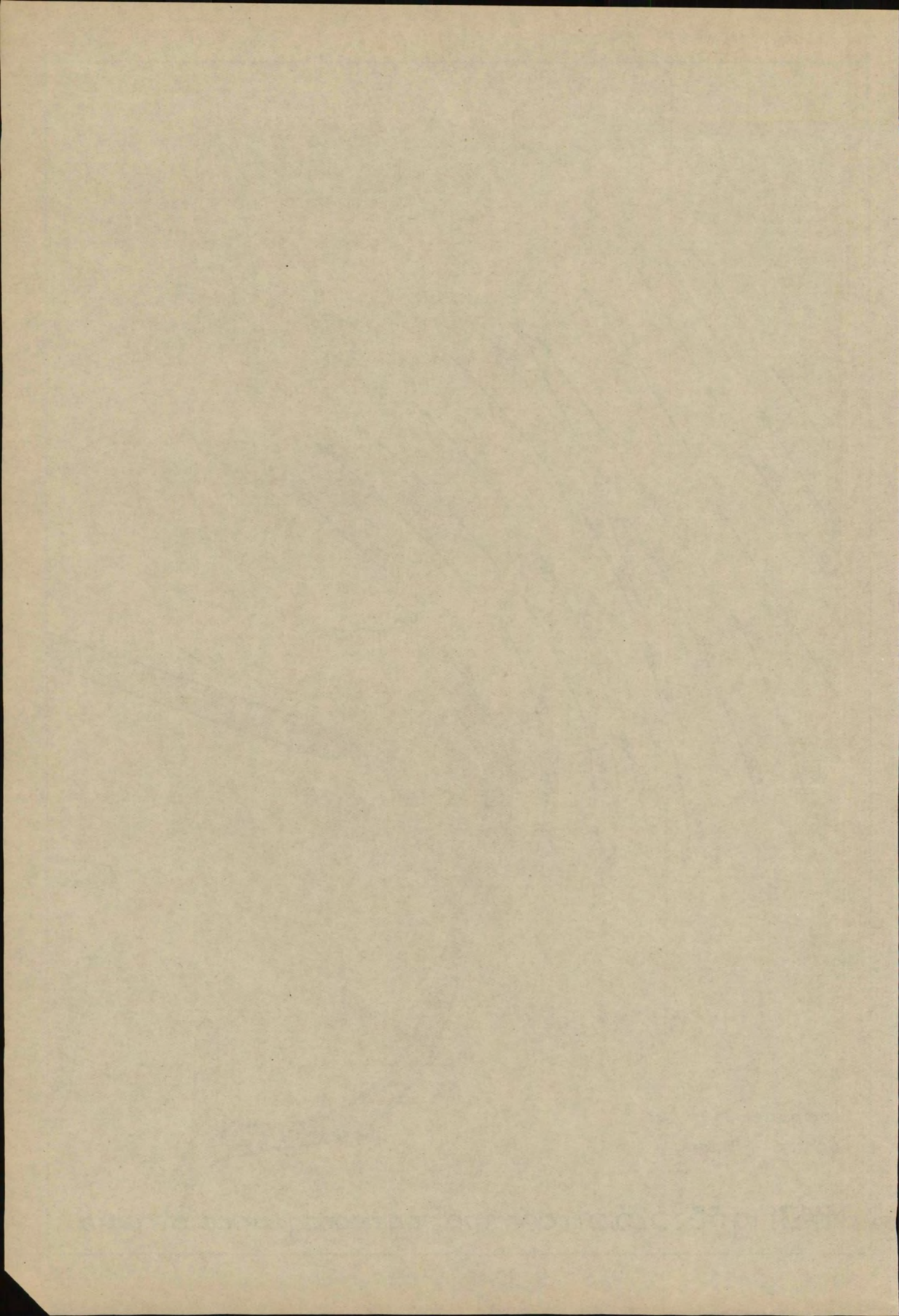


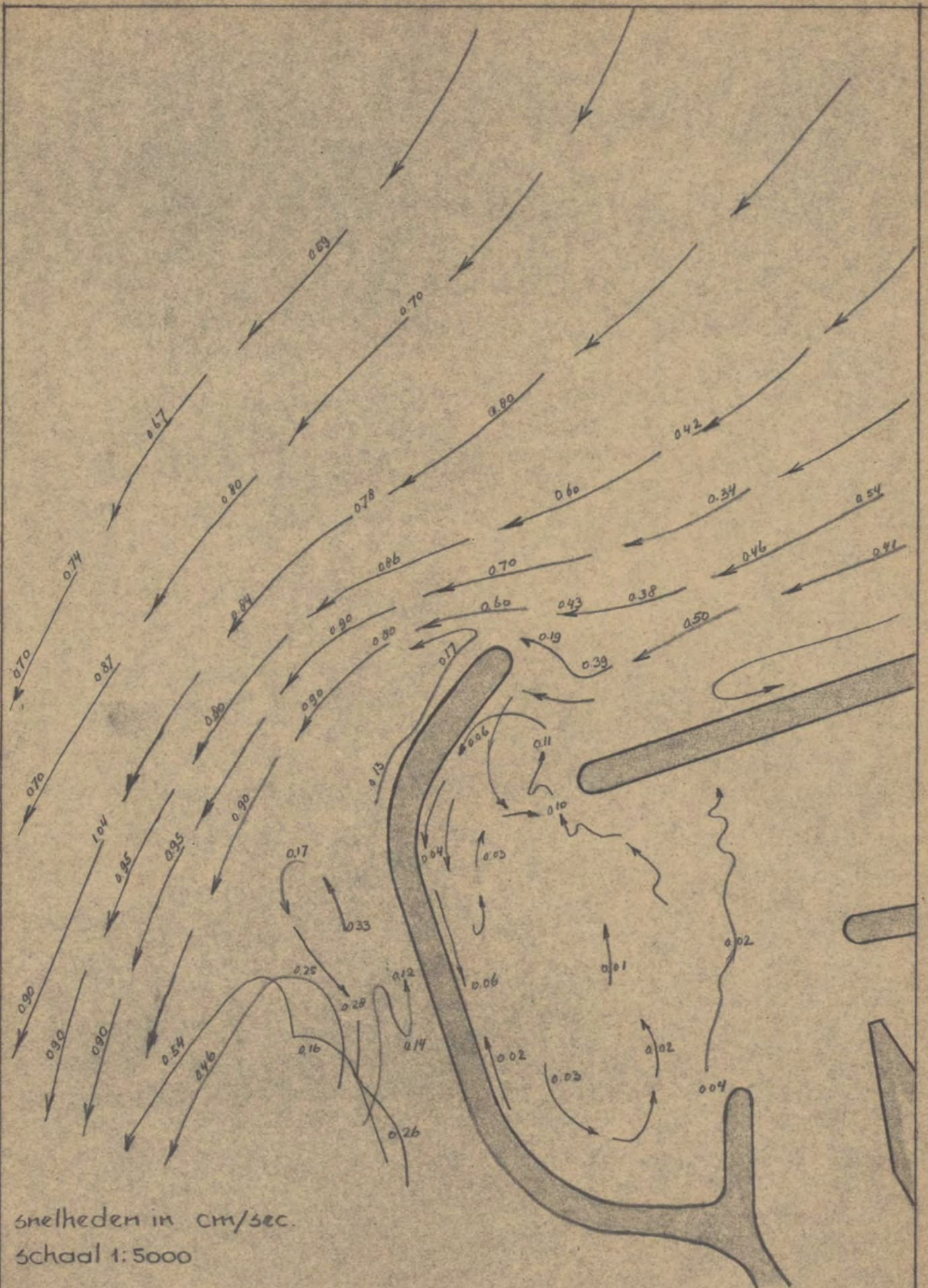




snalheden in m/sec.
 schaal 1:5000.

M.167.Fig 55.^b 25.5 stroommeting noordgaande stroomz.





snelheden in cm/sec.
 schaal 1:5000

M.167.Fig.56^a.532.5 stroommeting zuidgaande stroom.

