

heid van het model was deze nauwkeurigheid noodig.

15. Snelheden en stroombanen.

De stroombanen kunnen op eenvoudige wijze zichtbaar worden gemaakt door het water te bestrooien met papiersnippers, zaagsel of dergelijke voorwerpen, die de oppervlaktestromen aangeven, terwijl de bodemstromen zich het beste afteekenen wanneer kristallen kaliumpermanganaat op de bodem worden geworpen.

Om de gemiddelde snelheid over de geheel diepte aan te geven, zijn drijvers met groote diepgang gebruikt. Deze bestonden uit afgeknotte kegels van paraffine, aan de breede zijde zoodanig verzwaard, dat het platte puntje juist boven de oppervlakte drijft. Dit puntje was witgelakt.

Voor het verkrijgen van een globale indruk kunnen de banen worden geschetst en de snelheden zoo noodig worden geschat. (figuur 19).

Voor het nauwkeurig vastleggen van de stroomen is gebruik gemaakt van fotografische opnamen. Op een van de loopwagens werd het fototoestel geplaatst met horizontaal matglas (figuur 20). Met een plaat van 13 x 18 cm kon een gebied worden gefotografeerd dat in de werkelijkheid ongeveer $2\frac{1}{2}$ km² groot is. Inplaats van een enkele opname wordt een aantal malen na elkander *belicht*erd. Op het rythme van een metronoom wordt elke seconde de sluiters van de lens even geopend, zoodat alle voorwerpen, die onder het toestel doordrijven op de plaat een stippellijn geven. Door de afstand van de opeenvolgende stippen uit te meten, is de stroomsnelheid af te leiden, terwijl de stippen tezamen de afgelegde baan aanduiden.

Voor de oppervlaktestromen geven de papiertjes, die over het model met de cementen bodem drijven, voldoende duidelijke afdrukken (figuur 21); daarentegen worden de foto's onduidelijk, wanneer de bodem onder het toestel uit bims bestaat. Men kan dan beter het geheele model donker doen maken en de stroombanen doen aangeven door brandende kaarsjes (waxinelichtjes, figuur 22). Er moet dan natuurlijk worden zorg gedragen voor het afzonderlijk belichten van het model, daar anders het opmeten van de stroombanen niet mogelijk is.

Stokdrijvingen zijn het moeilijkst te fotografeeren; zij

geven in de regel slechts kleine merken op de foto; een vergroting van het bovenwateroppervlak ^{van de drijvers} bleek om verschillende redenen niet goed uitvoerbaar. Op de foto van figuur 20 is het maken van een foto met stokdrijvers in beeld gebracht. De fotograaf zit op de loopwagen bij zijn toestel en zijn metronoom. Een serie stokdrijvers wordt vanuit een andere loopwagen te water gelaten door middel van een loodrecht op de stroomrichting geplaatste lat. Bij de uitloop worden de drijvers weer opgevischt. De belichting wordt verkregen door middel van een lamp van voldoende groote lichtsterkte, die zoodanig wordt vastgehouden, dat de reflex niet in de lens valt (figuur 20).

Bij het fotografeeren van de bodemstroom is het niet mogelijk de snelheid te bepalen; men moet zich tevreden stellen met het fotografeeren van de paarse strepen, die van ~~de~~ op de bodem liggende kristallen uitgaan en die zich in de stroom uitstrekken (figuur 23). Bij alle fotos zorgt het ruitennet voor de bepaling van plaats en schaal; oorspronkelijk was aan iedere coördinatendraad op verschillende plaatsen een papiertje met zijn volgnummer bevestigd, later werd deze aanduiding verlaten. Voor de orienteering van de foto werd op een der kruispunten van de draden een blad gelegd, waarop de verschillende gegevens waren verzameld. De plaats van de foto werd aangeduid door een wit vak op een eenvoudig schetskaartje van het model. Zoo is de foto van figuur 21 genomen aan de raamzijde van het model, dicht bij de uitloop. Natuurlijk werd bovendien bij het nemen van elke foto de plaats van het fototoestel genoteerd.

De nauwkeurigheid van de methode is alleszins voldoende. De maatgevende fout is die in het tijdstip van het openen en sluiten van de lens. Het uitmeten van de fotolijn met behulp van een schaallatje veroorzaakt practisch geen fout. Ook de parallax heeft geen waarneembare invloed, daar de draden slechts een enkele centimeter boven de waterspiegel zijn gespannen.

De onzekerheid zetelt geheel in de strooming zelf. Deze is namelijk niet volkomen stationair, doch vertoont voortdurend onregelmatigheden, zoowel in richting als in snelheid. Twee foto's, die na elkander op dezelfde plaats, bij volkomen dezelfde instelling genomen, geven dan ook steeds een ietwat verschillend beeld. Afwijkingen in snelheid van 5 tot 10 pro-

cent zijn regel. Vaak komen nog grotere verschillen voor, soms tot 20 procent en meer. Uit de stroomdiagrammen, die uit de stroomfoto's zijn gemaakt, mag dan ook geen conclusie worden getrokken, die gebaseerd is op kleine verschillen van de stroom. Slechts dan mag worden besloten tot een belangrijke verandering van stroom door het uitvoeren van een bepaalde verbouwing wanneer de stroombeelden in belangrijke mate van elkander verschillen.

In de werkelijkheid komen dergelijke onregelmatigheden in de stroom eveneens voor. Uit op zee verrichte stroommetingen volgt, dat hun relatieve intensiteit zeker niet minder is, dan in het model.

De stroommetingen zijn aanvankelijk verricht toen het geheele model van een gladde cementen bodem was voorzien. Nadat in deze toestand een aantal verbouwingen waren onderzocht, is overgegaan tot het maken van een bimsbodem in de nabijheid van de mond. De stroomlijnen, die na deze verandering werden vastgesteld, weken eenigszins af van de overeenkomstige, die bij een gladde bodem waren verkregen. Ontegengesteld speelt de ruwheid van de bimsbodem hier een belangrijke rol: de stroom wordt plaatselijk sterker geremd dan vroeger op de cementen bodem het geval was. Zoo was bijvoorbeeld bij verlenging van het zuiderhoofd met ongeveer 2 km met de gladde bodem de stroomsnelheid bij de bocht van het zuiderhoofd zoo groot, dat de richtingverandering aldaar niet gemakkelijk was (toestand W XII en XIII). Na het aanbrengen van de ruwe bimsbodem werd het water bij de kop van het zuiderhoofd echter zoo sterk tegengehouden, dat het beter en regelmatiger de mond van de Waterweg instroomde (toestand 4). Bij de bimsfoto's moet er dus rekening mede worden gehouden, dat hier door de veel grotere ruwheid dan met de werkelijkheid overeenkomt, een geringe fout wordt gemaakt. Is een bepaalde stroom gefotografeerd, zoowel bij cement- als bij bimsbodem, dan zijn de in het eerste geval gemaakte opnamen juist.

16. Vervorming van de bodem.

Bij de metingen, waarbij de beweging van het bodemmateriaal werd onderzocht, bestond een deel van de modelbodem, in figuur 11 door een streeplijn omrand, uit puimsteenkorrels

Handwritten notes:
 In de...
 belang...
 Com...
 Hogen...
 Jans...

(bims). Onder deze korrels, op een peil overeenkomend met 24 m - N.A.P., bevond zich weder een vaste cementbodem.

Het bims werd uitgezeefd, de korrelgrootte lag tusschen 1 en 5 mm. De reden, waarom bims reeds door kleine stroomsnelheden wordt meegevoerd, ligt in het geringe soortelijk gewicht. Dit is omstreeks 1,25 dus onderwater 0,25, wat een zeer groot verschil is met het zand, dat onder water nog een dichtheid van ongeveer 1,4 heeft. Dientengevolge wordt een bimskorrel bewogen door een waterstroom van een snelheid die minder is dan de helft, die noodig is om een zand- of grintkorrel van dezelfde afmetingen mee te nemen.

Bimskorrels op een cementbodem worden reeds door stroommen van omstreeks 10 cm/sec getransporteerd; voor korrels, die boven een dikke puimsteenlaag uitsteken bedraagt de grenssnelheid 15 tot 20 cm/sec, terwijl nog grotere snelheden noodig zijn om beweging te veroorzaken in een bimsbodem, waarvan de korrels elkander steunen en die geen uitstekende punten meer heeft.

Deze laatstgenoemde snelheden zijn nog te groot; zij komen overeen met 63 tot 84 cm/sec in de werkelijkheid. Bij de metingen, waarbij de werkelijke beweging zoo goed mogelijk moet worden nagebootst werd de bewegelijkheid van de bims vergroot door het in werking stellen van de golfopwekker. Wanneer de golven klein zijn hebben zij op de bewegingsrichting van de korrels weinig invloed. Eenige neiging van de bims om zich in de voortplantingsrichting van de golven te bewegen schijnt wel te bestaan. Erger wordt dit, wanneer de waterdiepte afneemt en de golven gaan branden. Zij werpen dan de korrels omhoog en vormen zodoende banken, die boven de ingestelde waterspiegel uitsteken, wat zonder golven natuurlijk onmogelijk zou zijn. Deze banken zijn een aanwijzing voor het ontbreken van stroom van eenige beteekenis ter plaatse, anders zou hun ontstaan door het stroomende water zijn belet. Om modeltechn. redenen is de golfopwekker in het Zuidwesten geplaatst. De hieruit voortvloeiende golfrichting heeft geen bijzondere beteekenis. Bij een groot aantal metingen werd gebruik gemaakt van de bimsverdeeler op om bepaalde plaatsen van het model materiaal toe te voeren.

Bij het uitvoeren van een meting over het bodemtransport werd eerst in het bimsvak de bodem van het droogstaande model gelijkmatig afgestroken. De grootste diepte, ruim 10 cm, werd in de vaargeul gehouden. De bodem liep glooiend op, zoo-

danig, dat hij goed aansloot aan de vaste cementbodem rondom het bimsvak.

Nadat deze uitgangsligging was vastgelegd werd water in het model ingelaten, zoo voorzichtig, dat geen bims werd verplaatst. Was het peil van 75 cm + N.A.P. bereikt, dan werd geleidelijk meer water aan de inloopzijde toegevoerd tot de volle hoeveelheid was bereikt. De uitloopschuiven hadden meestal reeds een zoodanige stand, dat de normale stroomverdeling intrad en het juiste peil gehandhaafd bleef; was dit niet het geval, dan moest met die schuiven worden bijgeregeld.

Eerst werd eenige uren gestroomd zonder golf- en bims-machine in werking te stellen. Nadat de daardoor ontstane wijzigingen in de bodem waren vastgelegd, volgden in de regel nog een of meer stroomperioden, waarbij golven werden gemaakt, en soms bovendien nog bims werd toegevoerd.

Figuur 24 geeft een overzicht van het model gedurende het stroomen met golven en bimstoevoer.

De totale stroomtijd bedroeg zoo nodig eenige tientallen uren voor dezelfde toestand.

Het opnemen van de bodemligging geschiedde op de volgende wijze. De watertoevoer wordt afgesloten en de afvoer door het bijna sluiten van de schuiven zeer klein gemaakt. De waterspiegel wordt dan horizontaal en daalt langzaam. Aan de peilnaald K, waar de diepte het grootst is en die dus het laatst van alle droogvalt, wordt het dalen van het peil gevolgd. Wanneer een geheel aantal meters onder N.A.P. is bereikt wordt de waterafvoer tijdelijk geheel afgesloten en een witte wollen draad gelegd langs de grens van het deel van het model, dat nog onder water staat. Zoodoende is een dieptelijn zeer snel en nauwkeurig vast te leggen. Op de foto (figuur 25) wordt de lijn van 6 m - N.A.P. geplaatst. De waarnemer bevindt zich tusschen zijn voorraad draden en stelt zich zoodanig op, dat de weerspiegeling van een helder verlicht voorwerp, in dit geval een venster, juist aan de rand van het water ligt. De baksteen en zijn neergelegd om den waarnemer de mogelijkheid te geven het geheele te bewerken gebied te bereiken, zonder in de bims of in het water te stappen. Op de achtergrond controleert een hulpwaarnemer de stand bij peilnaald K.

Is de lijn geplaatst, dan laat men het water dalen tot de

volgende meter en herhaalt daar de bewerking. Bij elke lijn worden kaartjes gelegd met het dieptecijfer.

Aldus worden de in het model uitgeschuurde kuilen omzoomd met lijnen. In het laboratorium is voor de bewerking de afkorting "mukol" in gebruik gekomen; dit woord en samenstellingen ervan zullen in het vervolg ook kortheidshalve worden gebezigd.

Het gemukolde model, waarvan figuur 26 een overzicht geeft, wordt van de loopwagen af gefotografeerd, waardoor een dieptekaart ontstaat. Meestal zijn telkens drie van zulke mukolfoto's (figuur 27) noodig.

Wat de nauwkeurigheid aangaat; in het peil, waarbij een mukolfoto wordt gelegd, kan $\frac{1}{2}$ tot 1 mm fout schuilen, overeenkomend met 10 cm in de werkelijkheid, dus vergelijkbaar met de fout, die bij het peilen in de werkelijkheid wordt gemaakt. Het neerleggen van de lijn zelf is volkomen nauwkeurig; voorts komt nog de parallax in aanmerking, die echter alleen aan de rand van de plaat bij de diepste lijnen een groote invloed heeft (grootste hoogteverschil tusschen draad en dieptelijn 10 cm, optisch middelpunt van de lens 213 cm boven de draden, halve breedte van de plaat bijna 1100 meter werkelijkheid, waaruit volgt grootste parallax ongeveer 50 meter werkelijkheid). Zoo noodig zou voor de parallax een correctie kunnen worden aangebracht; dit is niet geschied.

Figuur 27 is een mukolfoto op de oorspronkelijke grootte; het coördinatennet (kilometers) is op de mukolfoto's nauwelijks te zien, omdat scherp wordt gesteld op de dieper liggende mukoldraden.

17. Beweging van bims.

De bims in het model beweegt zich niet op dezelfde wijze als het zand van de werkelijkheid (par. 10). Doordat de korrels zoo groot zijn, hebben de verticale waterstroomen, die zeer plaatselijk voorkomen, geen kracht genoeg om ze omhoog te voeren. Het bimstransport in het model geschiedde dan ook bijna uitsluitend rollend. Alleen op de plaats, waar de turbulentie van het water het krachtigste is, namelijk tusschen de lage dammen binnen de kop van het noorderhoofd, kon men waarnemen, dat de bimskorrels een eindweegs omhoog werden ge-

slingerd.

Overal elders blijven de korrels, die door de een of andere oorzaak in beweging zijn geraakt, rollen tot zij in een gebied komen, waar de stroomsnelheid minder is, bijvoorbeeld doordat de diepte toeneemt. Daar blijven ze liggen; er achter ontstaat een stroomverlamming, zoodat de volgende korrels, die over de eerste heen rollen, eveneens blijven liggen. Geregeld werkt de bank in stroomrichting uit, de benedenstroomsche kant komt te staan onder het natuurlijk talud van bims onder water, dat ongeveer 45 graden is, dus zeer steil, zelfs wanneer men in aanmerking neemt dat de modelbodem door de samengetrokken schaal een sterker bodemrelief heeft, dan de werkelijkheid.

Bij het werkelijke zand kunnen de banken niet zoo steil afloopen, daar de zich neerzettende korrels telkens weer worden opgewerveld en zodoende een veel vlakker beloop doen ontstaan.

Een tweede fout van de modelbanken is deze, dat zij in veel sterkere mate dan in de werkelijkheid neiging hebben om hoger te worden. Van de korrels die komen aanrollen zijn er eenige die toevallig zoodanig tusschen reeds aanwezige terecht komen, dat de stroom er verder weinig vat op heeft. Deze korrels blijven liggen en geven aan de daarna komende op hun beurt kans op beschutting. De bank wordt langzamerhand hoger, terwijl de kruin ook meestal in de stroomrichting gezien, nog oploopt. Dit gaat door, tot de stroom door het kleiner worden van het beschikbare profiel, zooveel sterker wordt, dat in toenemende mate reeds tot rust gekomen korrels worden medegesleept.

Iets dergelijks gebeurt op plaatsen, waar het profiel zich verbreedt, bijvoorbeeld achter een dam, die scheef wordt aangestroomd (figuur 28). Bij de kop van een dergelijke dam A is meestal materiaal in beweging; dit geraakt ten deele in de luwte en vormt daar een bank G. De van de dam afgekeerde zijde van deze bank wordt eveneens zeer steil, de helling D benadert soms het natuurlijk talud. Toch wijst dit niet op uitwerken van de bank: de stroom loopt evenwijdig aan de dieptelijnen en de korrels doen dit ook. Achter deze bank geraakt een deel van deze korrels in de stroomverlamming en zal dan blijven liggen. De stroomzijde van de bank E, groeit sneller

dan de damzijde F, waar minder korrels komen: de achterkant wordt dus eenigszins haakvormig, wat op een aantal mukolfoto's is te zien. Wellicht speelt ook de achter de bank aanwezige neerstroom in dezen een rol. De steile zijkant en de haak zullen in de werkelijkheid veel minder geprononceerd zijn, daar het springende en gesuspendeerde zand vervlakkend werkt.

Resumeerend kan dus worden gezegd, dat de modelbanken te hoog zijn en te steile achter- en zijkanten hebben. Banken tegen een dam hebben veela een haak, die in de werkelijkheid niet, of in veel mindere mate, voorkomt.

De kuil bij de kop van een dergelijke dam ontstaat door het feit, dat de splitsing van de stroomen, die naar links en naar rechts gaan, niet precies bij de kop ligt. De stroom trekt dus om de kop en wel des te sterker, naarmate deze minder is afgerond. De snelheid is plaatselijk al spoedig zoo groot, dat een begin van een kuil wordt gevormd. Op het talud B van deze kuil (figuur 28) liggende korrels worden door een groot aantal krachten aangegrepen. De zwaartekracht veroorzaakt de reactie van de bodem, waarvan de horizontale component overblijft.

Het stroomende water oefent een stuwdruk in de stroomrichting uit, het verhang van de waterspiegel veroorzaakt statische krachten, die ook in dwarsrichting werken, daar de gekromde stroombanen een dwarsverhang met zich brengen.

Bij de beweging van de korrel ontstaat weerstand, die tegengesteld is aan de bewegingsrichting en bovendien een centrifugaalkracht loodrecht daarop, omdat ook de korrels in het algemeen gebogen banen beschrijven.

Het resultaat van een en ander is, dat de korrel uit de kuil wordt geslingerd; hij volgt niet precies de waterdeeltjes maar verwijdert zich ~~tengevolge van de grootere centri-~~ fugaalkracht wat meer van de dam.

De kuilen, die bij de aangestroomde scherpe punt van een dam ontstaan, brengen zeer groote hoeveelheden materiaal in omloop. Om dit te voorkomen moet de dam met een groote straal worden afgerond.

Zoover kan worden nagegaan, komt de vorming van de kuilen in het model vrijwel overeen met wat in de werkelijkheid geschiedt. Slechts zal de werkelijke kuil wat geleidelijker

in het omringende terrein overgaan dan de modelkuil, die veelal een min of meer scherpe rand bezit.

Een andere oorzaak van het vormen van deze zeer actieve verdiepingen is een wervelstraat. Deze komt voor, wanneer twee stroomen met ongelijke snelheid naast elkander bestaan, zooals onder andere meestal geschiedt bij het benedenstroomsche eind van een dam. Door de draaiende beweging ontstaat een onderdruk in het midden van elke wervel; wellicht zal in verband daarmee daar een sterke opwaarts gerichte stroom voorkomen, die bodemmateriaal meeneemt. Doordat de dichtheid van dit materiaal grooter is, dan dat van water, wordt het naar buiten geslingerd; het zet zich dan vooral neer aan die zijde van de wervelstraat, waar de kleinste stroomsnelheid heerscht. Daar ontstaat dus een bank, terwijl in het gebied van de staartwervels zelf uitschuring zal optreden. De mogelijkheid is niet uitgesloten, dat de bank in de werkelijkheid in veel mindere mate zal ontstaan. Door de hevige turbulentie zal het opgewoelde materiaal zich over groote oppervlakken verspreiden.

18. Toevoeren van bims.

De beweging van water in het model kan alleen met de werkelijkheid overeenkomen als aan de randvoorwaarden is voldaan, d.w.z. als over elk element van de modelbegrenzing evenveel water stroomt, als met de werkelijkheid overeenkomt. Strikt genomen geldt voor de beweging van het bodemmateriaal hetzelfde. Men zou dus aan de instroomkant bims moeten toevoeren en het aan de uitstroomzijde weer verwijderen.

Deze werkwijze is echter niet mogelijk. In de eerste plaats is van de zandbeweging in zee niet genoeg bekend. Voorts zou voor het model een bodemmateriaal moeten worden gekozen, dat zich op volkomen analoge wijze beweegt als het zand in de werkelijkheid. Aan deze voorwaarde voldoet bims niet, zooals in par. 17 is uiteengezet. Men zou kunnen trachten met een ander materiaal de werkelijkheid dichter te benaderen, doch de ideale toestand kan dan toch niet worden verkregen. Daarvoor zou ook weer de bodemligging moeten worden nagebootst, die tijdens de ondervloed en de eb voorkomt. In die perioden kan immers neiging bestaan tot het weer op-

ruimen van bij vloed opgeworpen banken of tot het opvullen van door de vloedstroom uitgeschuurde kuilen.

In het model is daarom niet gestreefd naar een volledige weergave van de bodembeweging, doch slechts getracht zoo ~~e~~ een goed mogelijke inzicht te verkrijgen in de wijze waarop de plaatselijke kuilen worden gevormd en in de wegen, die het uitgeschuurde materiaal aflegt.

Hiertoe leent de bims zich goed. In het gebied van de normale stroomen worden alleen de meest blootgestelde korrels meegevoerd. Wanneer die zijn verdwenen keert daar de rust terug. Het uitwoelen van de putten op de plaatsen, waar de stroom gestoord is, daarentegen, komt in de bimsbodem goed tot zijn recht. Bij het beoordeelen van het afzetten van de uitgeschuurde bims moet worden gelet op de fouten van de modelbanken, die in de vorige paragraaf zijn vermeld.

Wordt het stroomen eenige tijd voortgezet, dan zullen tenslotte de kuilen zoo diep worden, dat de stroom er niet meer in voldoende mate indringt. Ook worden de beloopten te steil, zoodat aan de uittocht van bims paal en perk wordt gesteld. Door het maken van golven kan men de kuil nog dieper krijgen, maar ten slotte komt er toch een eind aan de bimsbeweging: men zou kunnen spreken van een statisch evenwicht.

In de werkelijkheid is de toestand anders, omdat gedurende het grootste gedeelte van elke getijperiode de uitschurende stroom niet loopt en dus zand naar de kuilen kan worden toegevoerd, hetzij rollend, hetzij doordat het uit hogere waterlagen bezinkt. Elke vloedperiode zal dit zand weer uit de kuil worden opgewoeld, zoodat de vorming van banken steeds kan doorgaan.

Om dit in het model na te bootsen is in de kuilen bims toegevoerd. Zoodoende kwam er op de duur zooveel materiaal beschikbaar, dat de banken konden worden opgebouwd.

Een moeilijkheid is gelegen in de bepaling van de hoeveelheid bims, die moet worden toegevoerd in elke kuil, die gedurende de eerste stroomperiode is ontstaan. Oorspronkelijk was het de bedoeling om deze hoeveelheid te kiezen evenredig aan de oppervlakte van de kuil, omdat men misschien mag aannemen, dat de in werkelijkheid afgezette massa's per oppervlakte-eenheid niet ver zullen uiteenloopen. Het bleek echter, dat de activiteit van de verschillende kuilen sterk uiteenloopt.

Dezelfde binstoevoer per eenheid van oppervlak, die door de eene kuil gemakkelijk kan worden verwerkt, is voldoende om een andere in korte tijd dicht te maken. Daarom is op de duur de binstoevoer zoodanig geregeld, dat de kuilen een diepte van enkele meters behouden¹⁾. Bij die diepte stelt zich evenwicht -dynamisch evenwicht- in tusschen aan- en afvoer.

Gedurende de tijd, gedurende waarin naar de kuilen van het stroomende model bims wordt toegevoerd, breiden de banken van uit de kuilen komend materiaal zich uit. Aan dit uitbreiden komt eerst een eind, wanneer aan de benedenstroomsche kant het materiaal weer wordt weggesleept doordat daar groote stroomsnelheden heerschen. Dit geschiedt meestal eerst na zeer lange tijd, in het model tientallen uren, soms is deze eindtoestand in het geheel niet bereikt.

Zooals reeds is opgemerkt, mag uit de ligging van de banken in het model niet worden besloten dat in de werkelijkheid dezelfde toestand zal voorkomen. Daarvoor zijn de verschillen tusschen model en werkelijkheid te groot. Toch kunnen uit de opgemeten dieptelijnen van het model verscheidene conclusies worden getrokken.

Is ergens in het model een neiging tot geulvorming, dan zal op de overeenkomstige plaats in de werkelijkheid zeker een geul ontstaan. Waar aangevoerd materiaal in het model weer gemakkelijk door de stroom wordt meegenomen, zal zeker geen bank, althans geen hoge bank, zijn te verwachten.

Een bank in het model zal meestal ook op een bank in de werkelijkheid duiden, doch de vorm en vooral ook de hoogte, kan geheel anders zijn. Deze laatste zal in het model veelal belangrijk te groot zijn. De belangrijkste aanwijzingen zijn de richting van aangroeiing en het voorkomen van randen, die door de langsgaande stroom worden afgeslepen. Een goede beoordeeling kan uitsluitend plaats hebben, wanneer de mukol-foto's in verband met de stroomdiagrammen worden beschouwd.

Een gegeven, waarmee de activiteit van de kuilen enig-

1). De diepte van deze kuilen staat uiteraard in geen enkel verband met de diepte die in de werkelijkheid kan worden verwacht.

zins kan worden beoordeeld, is de hoeveelheid bims, die per tijdseenheid kon worden toegevoerd.

19. Indeeling van een bimsmeting.

Oorspronkelijk stond men temelijk sceptisch tegenover de in het model te verkrijgen uitkomsten omtrent de beweging van het bodemmateriaal. De eerste proeven in deze richting werden daarom zonder vast programma uitgevoerd. Toen echter bleek, dat bij de bestaande vorm van de dammen de in het model gevormde banken en kuilen zeer veel beter met de werkelijkheid overeen kwamen, dan verwacht werd, is men ertoe overgegaan om de meetmethode verder te ontwikkelen. De eerste golven werden uit de hand gemaakt; door de wisselende hoogte was een goede vergelijking van de verschillende metingen niet mogelijk; dit werd bebet bij de machinaal opgewekte golven.

Bims werd aanvankelijk op goed geluk in de kuilen gebracht.

Na deze periode van zoeken en tasten werden de definitieve metingen als volgt uitgevoerd:

- U. De te onderzoeken situatie van dammen en hoofden wordt ingebouwd, de bims wordt vlak afgestreken, waarna de hoogteligging wordt opgemeten. Het resultaat is de mukolfoto U (uitgangsligging).
- A. De stroom wordt door het model geleid, zonder golven of bims toevoer. De na eenige uren (meestal 3 tot 6) ontstane bodem wordt gemukold; het resultaat wordt met A aangeduid.
- B. Bij het verdere stroomen wordt de golfmachine in werking gesteld. In de kuilen, die bij A zijn ontstaan, wordt bims toegevoerd met de bimsverdeelers. De beweging van het uit deze kuilen komend bims wordt intensiever. Ook eenig los materiaal van de zeebodem zet zich in beweging, doch dit vindt spoedig beschutting in kleine gaatjes in de bodem, zoodat de beweging daar spoedig ophoudt.

Wanneer de toestand zich heeft afgeteekend wordt het water stilgezet en de bodem, als geval B, opgenomen.

- C. Vervolgens wordt de stroom weer in gang gezet en wederom eenige uren gehandhaafd. Zoodoende komt men tot het geval C.

D. Bij nog langer stroomen kan de eindtoestand worden bereikt. Deze kenmerkt zich daardoor, dat op elk punt van het model de afvoer van bodemmateriaal gelijk is aan de aanvoer; de kuilen en banken veranderen dan niet meer. Het model wordt voor het laatst gemukold; het resultaat is de foto D.

Niet bij alle situaties van de dammen is de volledige serie doorgemeten. Soms is niet doorgegaan tot de eindtoestand D, ook ontbreekt C wel eens, zoodat tusschen het in werking stellen van de bimsverdeeler en de eindtoestand slechts één tusschenvorm wordt vastgelegd.

Behalve de dieptekaarten, uit de mukolfoto's afgeleid, waarvan er dus hoogstens vijf aanwezig zijn, is van elke situatie bekend hoe lang is gestroomd en hoeveel bims is toegevoerd, tot het bereiken van elk der bodemliggingen A - D.

20. Verschillen tusschen model en werkelijkheid.

De belangrijkste punten, waarin het model verschilt van de werkelijkheid, zijn in het voorgaande vermeld; hieronder volgt een overzicht van deze punten.

- a. Door de kleinere waarde van het getal van Reynolds is de turbulentie minder (eigenschap van alle modellen).
- b. De samengetrokken schaal veroorzaakt een te sterk bodemrelief en in het algemeen een overdrijven van alle verticale afstanden en verticale bewegingscomponenten.
- c. De toestand in het model is stationair en niet, zooals in de werkelijkheid, met de tijd veranderlijk.
- d. Ebstroom en ondervloed zijn in het model weggelaten.
- e. Bij de bimsproeven is plaatselijk de bodem relatief te ruw en dus de wrijving te groot.
- f. De bewegelijkheid van het bodemmateriaal is te klein; beweging met sprongen en in suspensie komt bijna niet voor.
- g. De grootte van de aanvoer van bodemmateriaal in de kuilen moet afwijken van die in de werkelijkheid, daar deze laatste onbekend is.

+++++

V. Overzicht van de verrichte metingen.

21. Indeeling van de metingen in perioden.

In het begin waren de metingen nog tamelijk gebrekkig. De stroomverdeeling in zee was nog slechts globaal gelijk gemaakt aan de werkelijkheid, zoodat hetgeen zin had eenigszins nauwkeurige metingen uit te voeren. De beweging van het bodemmateriaal was geheel en al uitgeschakeld, daar de bodem van het model over de volle oppervlakte van cement was. Stroommen werden op het gezicht beoordeeld; na eenige tijd werden de eerste proeffoto's gemaakt, aan de hand waarvan de wijze van vastleggen van de stroommen werd ontwikkeld.

In deze waarnemingsperiode werden eenige belangrijke resultaten bereikt. Ten eerste bleek het dat het stroombeeld van het model behoorlijk met de werkelijkheid overeenstemde; de kenmerkende verschijnselen, die in paragraaf 1 zijn beschreven, kan men alle in het model terugvinden.

Voorts werd globaal nagegaan, of de gedachte wijzigingen van figuur 3 verbetering zouden geven. Dit is niet het geval, daarom werd eenige dagen in verschillende richtingen gezocht naar de wijze, waarop de verbetering wél kon worden bereikt.

De periode, die met I is aangeduid, werd afgesloten met het corriogeeren van de zeestroommen, door betere regeling van inloop en uitloop van het model.

Toen het in bevredigde mate was gelukt de stroommen van het model in zee in snelheid en richting te doen overeenkomen met de waarnemingen ter plaatse, konden de nauwkeurige metingen van stroommen in de omgeving van de mond, zoowel bij de bestaande toestand als bij de gewijzigde toestanden, beginnen. De in deze meetperiode II met geheel vlak model uitgevoerde stroommetingen zijn de meest betrouwbare van alle. Zij zijn fotografisch verricht en dus meer dan voldoende nauwkeurig, terwijl de bodem van het model nog steeds overal uit cementspecie bestond en daardoor de juiste gladheid had. Dit bleek uit de opnemingen van de waterspiegel, waaruit de wrijvingscoëfficiënt kon worden berekend.

Bij de mond werden nog stroommetingen gedaan met de Ja-
daarvan werden nog D en R en een groote serie, die onder de

cobsen-stroommeter.

Een enkele meting werd in deze periode verricht, waarbij de stroom, die de Waterweg intrekt, opzettelijk flink wat sterker dan normaal was genomen.

In de volgende periode III was de cementbodem bij de mond vervagen door puimsteenkorrels, zoodat daar de beweging van het bodemmateriaal kon worden nagegaan.

Deze eerste bimsproeven waren uiteraard minder systematisch opgezet, dan de latere. De golven werden in deze periode nog uit de hand gemaakt; bims werd bij schepjes tegelijk ingebracht. Door deze metingen werd de ondervinding opgedaan, die noodig was, om de definitieve bimsproeven te organiseren. Het oppervlak van het bimsvak was wat klein voor de toestanden, waarbij dammen ver in zuidwestelijke richting waren verlengd. Stroomen werden alleen bij de oppervlakte gemeten, en wel met behulp van brandende kaarsjes. De stokdrijvers teekenden zich niet voldoende tegen de bimsbodem af, terwijl het kaliumpermanganaat tusschen de korrels natuurlijk geen scherpe streepen vormde.

Bij eenige metingen in deze periode werd de Waterweg geheel afgesloten.

In periode IV zijn de definitieve proeven omtrent de verplaatsing van bodemmateriaal uitgevoerd volgens het programma van paragraaf 19. Ook hierbij werden de stroomen alleen bepaald met oppervlaktemetingen.

De perioden hebben alle eenige maanden geduurd, namelijk

Periode I van 1 October tot begin December 1930,

Periode II begin December 1930 tot 20 Februari 1931,

Periode III van 20 Februari tot begin April 1931 en

Periode IV van begin Mei tot eind September 1931.

22. Onderzochte toestanden.

Allereerst is onderzocht de bestaande toestand, die overeenkomstig het in het laboratorium heerschende gebruik, wordt aangeduid met het cijfer 0 (nul).

In de eerste periode werd een aantal wijzigingen ingebouwd, die met letters waren aangegeven. A, B en C (figuur 29) waren de eerst te probeeren wijzigingen van figuur 3, daarna kwamen nog D en E en een groote serie, die onder de

verzamelletter W valt.

De situaties, die in de overige perioden zijn doorgemeten, zijn met Arabische cijfers genummerd 1-17.

Bij al deze toestanden zijn twee hoofdgroepen te onderscheiden, namelijk die, waarbij de leidam is verlengd, en die, waarbij een , los van de overige dammen, aangebrachte stroomgeleider een rol speelt. Tot de eerste behooren reeds de toestanden A, B en C, waarbij de gedachte verlenging niet de juiste bleek te zijn.

Een stroomleidam werd het eerst geprobeerd in het begin van de tweede periode, en wel bij toestand 3. De verbetering, die daardoor was verkregen, werd nog meer geprononceerd toen de juiste stand van een dergelijke leidam was opgezocht.

Een aantal situaties behoort noch tot de eene, noch tot de andere hoofdgroep. Zij zijn meestal, in het begin onderzocht een tweetal nog op het laatst. Bij één van deze toestanden werd de invloed nagegaan van het dichten (opzinken) van de put vóór de leidam (toestand 1), en andere vertoonden een vernauwing van de mond, of verlengingen aan het noorderhoofd.

Een geheel afzonderlijke positie neemt de situatie in, die -1 is genoemd. Daarbij is getracht, de stroomen te reproduceeren, die vóór het aanleggen van de leidam, waarmee in 1909 is begonnen, hebben geloopt.

Tabel 4 bevat een opsomming van de metingen, die in elke toestand zijn verricht. De opschriften van de kolommen hebben in deze tabel de volgende beteekenis:

Periode I

W = Waarnemen van stroomen

O = Fotografeeren van oppervlakte-stroomen

S = Fotografeeren van gemiddelde stroomen

B = Fotografeeren van bodemstroomen.

Periode II.

O = Fotografeeren van oppervlakte-stroomen

S = Fotografeeren van gemiddelde stroomen

B = Fotografeeren van bodemstroomen

Q_{ww} = Versterkte stroom door de Waterweg.

J = Jacobsen-stroommetingen bij de mond

P = Peilschaalwaarnemingen.

Periode III.

O = Fotografeeren van oppervlaktestromen

M_a = Beweging van de bodem zonder bimsaanvoer

M_b = Beweging van de bodem met bimsaanvoer

Q_{ww} = Waarnemingen zonder stroom door de Waterweg.

Periode IV.

W = Waarnemingen van stroomen

O = Fotografeeren van oppervlaktestromen

M_u = Uitgangsligging gefotografeerd.

M_a = *Stroomen zonder bimsaanvoer.*

M_b = *Stroomen met bimsaanvoer.*

M_c

M_d

op gemiddeld in de streek waar het verloop van de leiding door landbouw strand van de boer is de snelheid ongeveer de helft van die in see.

Van de uitlaatlijden zijn de gegevens uit de werkelijkheid, vooral bij de kust, minder volledig. De drijving van 13 Juni 1936 vertoont daar een zeer groote snelheid; die bij de drijving van 20 Juni is nog niet de helft van de eerste genoemd. Deze zal door getij (springtij) en wind (NNO, 8 m/s) abnormaal groot zijn geweest; ook het feit, dat het hier een oppervlaktedrijver van slechts 1,50 m lengte betreft wijst aan, dat de snelheid groter dan de gemiddelde is.

Overeenkomstig de elders lange de kust opgevoerd onderzocht, is ondersteld dat ook hier de snelheid in een enkele kilometer breede strook langs de kust landwaarts gelijkelijk afneemt. De eindsnelheden zijn gesteld in overeenstemming hiermee.

De afmetingen in het model zijn aanvankelijk met drijvers van verschillende bepaald; de richtingen werden op het oog waargenomen. Deze laatste vertoonden een goede overeenstemming met de werkelijkheid, wat trouwens niet anders dan te verwachten was, omdat de afmetingen langs de modelgrenzen waren vastgelegd (paragraaf 7).

Na het eind van de waarnemingsperiode 1 zijn de stroom

VI. De bestaande toestand.

23. Aanpassing aan de zeestroomen.

Dadelijk, nadat voor de eerste maal water in het model was ingelaten, werd begonnen met het regelen van in- en uitlaat. Daarbij werd er naar gestreefd in een raai, loopend van Zuidoost naar Noordwest, ongeveer 2000 meter ten Zuid, westen van de leidam, een stroomverdeling te verkrijgen, overeenkomend met de drijvingen van figuur 9. Deze raai valt samen met de ordinaat 25 van het model.

Door het varieeren van de ingelaten hoeveelheid kon de gemiddelde stroomsterkte worden ingesteld, daarna werd door het verschikken van de spijltjes van de stroomverdeeler gezorgd voor het benaderen van de goede stroomverdeling: de grootste snelheid langs de zeezijde, een uiterst langzaam afnemen van deze snelheid naar de wal toe; de afname wordt meer geaccentueerd in de streek waar het verlengde van de leidam door loopt. Dicht bij het strand van de Beer is de snelheid omstreeks de helft van die in zee.

Aan de uitlaatzijde zijn de gegevens uit de werkelijkheid, vooral bij de kust, minder volledig. De drijving van 11 Juni 1930 vertoont daar een zeer groote snelheid; die bij de drijving van 20 Juni is nog niet de helft van de eerstgenoemde. Deze zal door getij (springtij) en wind (ZZO, 8 kg/m^2) abnormaal groot zijn geweest; ook het feit, dat het hier een oppervlakedrijver van slechts 1,30 m lengte betreft wijst aan, dat de snelheid grooter dan de gemiddelde is.

Overeenkomstig de elders langs de kust opgedane onderzinking, is ondersteld dat ook hier de snelheid in een enkele kilometers breede strook langs de kust landwaarts geleidelijk afneemt. De eenschuiven zijn gesteld in overeenstemming hiermede.

De stroomsnelheden in het model zijn aanvankelijk met drijvers en stophorloge bepaald; de richtingen werden op het oog waargenomen. Deze laatste vertoonden een goede overeenstemming met de werkelijkheid, wat trouwens niet anders dan te verwachten was, omdat de stroomrichtingen langs de modelgrenzen waren vastgelegd (paragraaf 7).

Aan het eind van de waarnemingsperiode I zijn de stroom-

men door het model fotografisch opgenomen, zoowel met oppervlakedrijvers (papiertjes) als stokdrijvers. Daarbij bleek, dat de stroomverdeeling over het algemeen inderdaad goed was, maar dat er in details nog wel viel te verbeteren. De snelheden langs de zeewaartsche grens (raamzijde) waren iets te klein; in landdwaartsche richting nam de snelheid aanvankelijk iets toe, zoodat bij de coördinatendraad 6 de snelheid 20, aan de oppervlakte zelfs 21 cm/sec was, in de werkelijkheid dus 84, resp 88 cm/sec. Op de Maasvlakte waren de snelheden weer iets kleiner, dan gewenscht was.

Met deze onjuiste stroomverdeeling zijn dus de eerste metingen gedaan. Daar het slechts orienteerende metingen betreft, waren de betrekkelijk geringe fouten niet van veel belang. Voor de definitieve stroommetingen werd het daarentegen noodig geacht de stroomverdeeling te corrigeeren.

Het was een lastig en tijdroovend werk de laatste onjuistheden op te heffen en de ideale toestand werd dan ook niet verkregen. Het bereikte resultaat werd fotografisch vastgelegd; met behulp van de stroomfotos werd het overzicht samengesteld, dat is weergegeven in figuur 30 (oppervlakte-stroomen) en 31 (gemiddelde over de geheele diepte). In deze figuren zijn, evenals in alle volgende stroomfiguren, geteekend de stroombanen en de lijnen van gelijke diepte en gelijke snelheid.

Na het bereiken van deze toestand is aan de inloop nooit meer iets veranderd. Met de eindschuiven moest wel worden gemaneuvreerd (namelijk bij het leggen van mukoldraden, paragraaf 16), doch er werd steeds voor gezorgd, dat zij bij het begin van elke proef weer in de juiste stand werden geplaatst.

24. Stroomen bij de mond.

Om de stroomen bij de mond te beoordeelen, moet worden gebruik gemaakt van de metingen, die in periode II zijn uitgevoerd, die zocals reeds is gezegd, het meest betrouwbaar zijn. De uitkomsten zijn verwerkt in de figuren 32, 33 en 34, die resp. de stroomen bij de oppervlakte, gemiddeld over de geheele diepte, en langs de bodem voorstellen.¹⁾

1). Figuren 32 en 33 zijn gedeelten van de figuren 30 en 31 op groote-re schaal.

Deze stroomen zullen allereerst met die uit de werkelijkheid worden vergeleken. Daartoe kunnen worden gebruikt de metingen van 1915-1917 (figuur 7 en 8).

Voor zoover de oppervlakte betreft, is er wel overeenkomst, maar toch ook verschil van beteekenis. Zoowel in de werkelijkheid, als in het model wordt de stroom bij het eind van de leidam krachtig zeewaarts uitgeworpen. Het water trekt daarna vrijwel evenwijdig aan de kust op de kop van het noorderhoofd aan, vóór het dicht bij de lichtenlijn met een vrij korte bocht de mond binnentreedt. Bij de kop van het noorderhoofd is een sterke concentratie van stroomlijnen. De intrekende stroom is slechts smal en neemt nog niet de helft van de breedte van de Waterweg in beslag. Zuidelijk van de lichtenlijn houdt de strook van sterke instrooming spoedig op; het wordt aan die zijde begrensd door een gebied met weinig stroom.

De verschillen tusschen model en werkelijkheid zijn drieërlei. Ten eerste maakt het bij de oude drijvingen de indruk, dat de Waterweg nog minder trekt, dan in het model. Dit kan zeer goed in verband staan met een vergrooting van het vermogen van de rivier sinds 1917, maar ook werkt de aanwezigheid van een drijving (die van 18 Juni 1917) storend. Deze drijver is blijkbaar te laat in het water gelaten, zoodat het noorderhoofd eerst werd bereikt 1 uur 48 minuten na hoogwater, tóen het intrekken, althans aan de oppervlakte grootendeels was afgelopen.

Het opnemen van een feitelijk te laat uitgevoerde drijving accentueert ook het tweede verschilpunt: het feit, dat ver in zee en benoorden de lichtenlijn de model, stroomlijnen een meer oostelijke richting hebben, dan de drijverbanen van 1915 - 17. Eén van de drijvers (20 Augustus 1916) wijkt sterk zeewaarts af van de andere; de kentering was habij, wat blijkt uit de geringe snelheid van deze drijver en ook overeenkomt met de lange tijd, die na hoogwater was verlopen.

In 1930 (fig.9) is er met zorg op gelet, dat alle drijvingen omstreeks hoogwatergeschiedden. Het sterke naar zee trekken komt bij die drijvingen dan ook niet voor.

Toch blijft het een feit, dat de stroom in het model na het passeeren van de lichtenlijn meer op de wal was gericht, dan de drijvingen ter plaatse aangeven. Vermoedelijk is de

meest landwaartsche eindschuij wat te ver open geweest.

Het derde verschil in richting vindt men bij het eind van de leidam, vooral aan de strandzijde daarvan. Het uiterwerpen om die hoek van de dam geschiedt in de werkelijkheid iets forscher, dan in het model, waar het water in de hoek tusschen de leidam en zuiderhoofd bijna stilstaat. Wellicht moet dit verschil worden geweten aan de geringe grootte van het getal van Reynolds ter plaatse in het model, waardoor het water hier niet in voldoende mate turbulent is.

Een ander punt, dat niet uit vergelijking met de figuren 7 en 9 blijkt, doch dat aan kenners van de plaatselijke toestand opvalt, is de aanwezigheid van de neer, die in figuur 32 in de mond is geteekend. Het bestaan van een dergelijke neer was niet bekend. Wel weet men, dat op het ondieper gedeelte bij het zeeëinde van de lage dam vrijwel stilstaand water voorkomt, doch een duidelijk neer is niet waargenomen. Nu is een dergelijk zwakke neer uiterst moeilijk te constateeren en bovendien zal reeds een geringe storing door de wind voldoende zijn om de intrekende stroom langs het zuiderhoofd tegen te houden. Ook is het mogelijk, dat er in de werkelijkheid geen tijd beschikbaar is voor het ontstaan van de neer. De vloedperiode van 4 uur komt in het model met één minuut overeen, een tijd, die te kort was om een evenwichtstoestand te bereiken. De toestand, zooals die is gefotografeerd, had enkele minuten noodig om zich te ontwikkelen, eerst dan trad de, uiterst langzaam draaiende, neer op.

Wat de snelheden betreft, de waarnemingen in zee geven hier minder houvast, doch, voor zoover valt na te gaan, is er overeenstemming. Zoowel in de werkelijkheid als in het model komen de grootste snelheden voor op de bult ten noorden van de bocht bij het zuiderhoofd. Bij gemiddeld tij schijnt de snelheid hier 115 tot 125 cm/sec te zijn, wat goed overeenkomt met het model, waar een klein gebied is met snelheden boven 28 cm/sec, dus 118 cm/sec in de werkelijkheid. In tegenstelling met wat men zou verwachten, is de snelheid langs de binnenzijde van het noorderhoofd veel geringer; zoowel in het model, als in de werkelijkheid is hier slechts ongeveer 80 cm gemeten. Van het water, dan de mond intrekt, gaat slechts een klein gedeelte door de bovenste waterlagen.

$L = \frac{1}{2} \pi r^2$
240
afleiding?

van de

De stokdrijvers vertoonen in het model een loop, die zeer veel gelijk op die van de oppervlakedrijvers. Het in-trekken van de Waterweg is iets geleidelijker, de richtingsverandering bij de kop van het noorderhoofd daardoor iets minder plotseling. In de werkelijkheid is dit verschil meer geprononceerd, en het resultaat daarvan is, dat de banen van de stokdrijvers in model en werkelijkheid elkander vrijwel volkomen dekken. Ook de snelheden komen weer goed overeen. Het maximum bevindt zich op dezelfde plaats als bij de oppervlaktestromen, langs het noorderhoofd is de snelheid weer tot omstreeks 80 cm/sec gedaald.

Bij het beoordeelen van het beeld van de bodemstromen van figuur 34 moet in het oog worden gehouden, dat deze figuur is samengesteld uit stroomen, die op zeer verschillende diepten voorkomen. Op de bult is de diepte nog slechts eenige meters, terwijl in de omgeving van de lichtenlijn de stroomen van tien en meer meters diepte moesten worden geteekend.

Over een groot deel van het gebied wijkt de stroomrichting langs de bodem in belangrijke mate af van die in hogere lagen. De grootste hoek, omstreeks 60° , komt voor in de vaargeul, even buiten de mond. Een strook, ter breedte van omstreeks 300 m, trekt in bijna zuidoostelijke richting de Waterweg binnen. Een groot deel van de $4400 \text{ m}^3/\text{sec}$, die het vloeddebiet van de rivier uitmaakt, moet aan deze beweging deelnemen. De snelheid van de beweging is uit de kaliumpermanganaat-fotos niet af te leiden, doch door het uitvoeren van metingen met een Jacobsen-stroommeter kwam vast te staan, dat men ook hier met snelheden van omstreeks 80 cm/sec, wellicht meer, heeft te doen. Ook blijkt uit deze laatste metingen, dat in de diepe geul op eenige afstand van de bodem de richting reeds sterk van de bodemstroom afwijkt.

Bijna al het water, dat langs de bodem de mond binnentrekt, is afkomstig van dat deel van de doorgaande zeestroom, dat een kilometer en verder van de koppen der hoofden voortbijtrekt. Het buigt om de bult heen en heeft daardoor een groote ruimte beschikbaar om zijn richting te veranderen. Deze verandering is zoo volledig, dat de stroom niet de richting van de hoofden verkrijgt, maar ten opzichte van deze

terug
 schuin vloopt. Zoodoende trekt de bodemstroom sterk om de kop van het noorderhoofd en veroorzaakt daar vermoedelijk de groote uitschuring. Verder binnenwaarts komt het diepe water aan de Zuidwal terecht; het is daar tengevolge van de afnemende diepte gedwongen om op te stijgen en zoo ontstaat de toestand, dat de stroomen, die bij de koppen van de hoofden boven elkander lagen, bij het worteleinde ervan naast elkander loopen; de watermassa is als het ware een kwart slag naar links getordeerd.

Alleen in het diepe gedeelte langs de lichtenlijn komt de zoo juist beschreven zelfstandige diepe stroom voor; overigens is de beweging in elke verticaal meer homogeen. Wel wijkt op verschillende plaatsen de richting van de bodemstroom nog af van die van de oppervlaktestroom, maar daar heeft men te doen met het ook elders veelvuldig waargenomen verschijnsel, dat de bodemstroom door zijn kleinere snelheid in de bochten sterker is gekromd, dan de snellere stroom bij de oppervlakte. Duidelijk is dit binnen de leidam en ook ten noorden van het noorderhoofd. In groote trekken echter volgt de bodemstroom die in hogere lagen.

Het gevolg hiervan is, dat de ZW-NO loopende stroom over de bult buiten de leidam over de oostgaande stroom door de diepe vaargeul heengaat. Het is niet mogelijk in figuur 34 een stroomlijnenfiguur zonder discontinuïteiten te teekenen; de van de leidam komende lijnen botsen tegen de andere, het water wordt hier van de bodem afgelicht. Duidelijker is nog de lijn te vinden, waar de bodem weer wordt bereikt, hij strekt zich van de kop van het noorderhoofd in noordwestelijke richting uit; de naar het badstrand gaande stroomlijnen beginnen voorbij de laatste stroomlijn, die de mond intrekt.

Op een tegenlicht-opname (figuur 35) zijn eenige gebieden te zien, waar het wateroppervlak discontinu is. Bij de bezonken dam is een plooi, die wordt veroorzaakt door het plaatselijk zeer groote verhang, dat noodig is om het water bij het passeeren van deze dam te versnellen. De grootere lichtplek in de vaargeul buiten de mond hangt samen met de sterke kromming van de stroombanen daar ter plaatse, waarmee een sterk dwarsverhang gepaard gaat. Bovendien moet het richtingsverschil tusschen de stroomen op verschillende

niveaux de turbulentie van het water vergrooten, wat zich door een oneffen oppervlak kenbaar maakt.

Ook het over het noorderhoofd stroomende water veroorzaakt een reflex. Het laatste deel van dit hoofd ligt niet geheel op hoogwater, zoodat eenige stroom plaats vindt aan de noordzijde, waar het niveau hooger is, naar de zuidkant, waar een lagere waterstand voorkomt. Van veel beteekenis is dit overstroomen niet, wat ook bleek uit metingen met een geheel boven water opgehoogd noorderhoofd. Deze metingen vertoonden geen meetbaar verschil met de oorspronkelijke, waarbij het hoofd de juiste hoogte had. Bij alle latere metingen met gewijzigde toestanden, in de meetpunten III en IV ook bij de bestaande toestand (toestand 0) is de kruin van het geheele noorderhoofd steeds watervrij geweest.

Interessant is nog een vergelijking van de figuren 32-34 met de uitkomsten van de Haagsche modelproeven van 1907. Bij deze proeven zijn drijvingen uitgevoerd bij de toentertijd bestaande toestand en met de voorgestelde leidam. De eerste, die volgens het verslag goed met de werkelijkheid overeenkwamen, vertoonen stroomlijnen, die van de kop van het zuiderhoofd uitgaande, aanvankelijk nog minder neiging hebben om de Waterweg binnen te trekken, dan thans het geval is.

De sterke kromming van de stroomlijnen bij de kop van het noorderhoofd was daardoor nog meer geprononceerd. Bij de proeven van 1907 met leidam was de instrooming veel meer geleidelijk geworden en de stroomlijnen gaan dan ook veel mooier naar binnen, dan thans in de werkelijkheid het geval is en dus ook, dan bij de nieuwe modelproeven in toestand 0 geschiedt.

Dit is dan ook zeer verklaarbaar, want in 1907 is ge-experimenteerd met een leidam van 700 m lengte, terwijl slechts 370 m is uitgevoerd. Zocals later (bij de bespreking van toestand 13) zal blijken, zijn de in 1907 te 's-Gravenhage waargenomen stroomlijnen in volkomen overeenstemming met die, welke in 1931 te Delft werden gevonden bij een slechts ^weinig grootere lengte van de leidam, namelijk omstreeks 800 m.

In 1907 is één enkele meetserie verricht met een leidam

van 350 m lengte, namelijk serie 54. Bij deze meting was de toestand vergelijkbaar met de thans werkelijk bestaande en dus ook met toestand 0 van de proeven van 1931. Het verschil in lengte (20 m) van de leidam kan geen waarneembare afwijking veroorzaken, evenmin als de aanwezigheid van de bezonken dam. Deze beïnvloedt het stroombeeld niet noemenswaard, wat ook blijkt uit de drijving nr. 47 van 1907. Daarbij had de leidam een kruinshoogte van 3 M - N.A.P., dus nog hoger, dan die van de bestaande bezonken dam.

In 1907 zijn ook eenige drijvingen gedaan met een leidam lengte van 1050 m (de volgnummers 55 en 56). De stroombanen zijn daarbij nog iets gunstiger, in overeenstemming met de in Delft verrichte metingen met lange leidam (toestanden V en 4).

Bodemstromen zijn in het model van 1907 niet bij een leidam van 350 m lengte gemeten; die zonder leidam en met een leidam van 700 m lengte doen het kruisen van de bodem en bovenstroom zien, dat in de vorige paragraaf is beschreven.

Uit een en ander blijkt, dat de modelproeven van 1907 en die van 1931 goed met elkander overeenstemmen en dat de resultaten van eerstgenoemde niet tegenstrijdig zijn met de werkelijkheid. Dat de verbetering, die van het leggen van de leidam werd verwacht, niet ten volle is bereikt, wordt hierdoor veroorzaakt, dat niet de geheele aanbevolen leidam van 700 m is gemaakt, doch slechts een gedeelte ervan. Daardoor moest niet de gewenschte toestand intreden, doch die van meetserie 54, wat ook inderdaad is geschied.

26. Zandbeweging.

De verplaatsing van het zand moet worden afgeleid uit de in het model waargenomen beweging van de puimsteenkorrels. Daarbij doen zich de bezwaren voor, die in de paragrafen 17 en 18 zijn besproken. In de derde waarnemingsperiode is met deze toestand gestroomd, eenmaal zonder en de tweede keer met golven en bimsaanvoer.

De metingen zijn van weinig belang, daar de systematische metingen van de vierde periode veel beter waren. Deze omvatten een meting A (paragraaf 19) zonder aanvoer of golven, verder een meting B, waarbij gedurende 7 uur met golven werd gestroomd en in die tijd 10 liter bims in de put bij de

leidam werd gestrooid. Daarna werd C verkregen door nogmaals 5 uur te stroomen en de bims-hoeveelheid met 10 liter te vermeerderen. Totaal werd dus in 12 uur 20 liter bims toegevoegd dus gemiddeld 1,7 liter per uur.

De ligging van de bodem, waarvan werd uitgegaan (ligging U) is die van figuur 36. De bims is zoo geleidelijk mogelijk afgestreken, kleine onregelmatigheden in de dieptelijnen zijn grotendeels het gevolg van het klinken van de bims bij het voor de eerste maal onder water zetten.

Door het stroomen zonder golven of bimsaanvoer ontstond na 5 uur toestand A (figuur 37). Door het vergelijken van de dieptelijnen van deze figuur met die van figuur 35 kan het volgende worden opgemerkt:

1. De gewone zeestroom transporteert blijkbaar zeer weinig materiaal. In het gedeelte van het model, dat zich op groote afstand van de hoofden bevindt zijn de dieptelijnen van de ligging A bijna dezelfde als in de ligging U. Eenige verdieping in de linker bovenhoek wijst op het feit, dat er toch eenig transport heeft plaats gehad. Dit transport is echter uitsluitend afkomstig uit het eerste deel van de proef. Zoo-dra de meest blootgestelde korrels zijn verdwenen, is geen beweging meer waar te nemen.

Ook bij de lichtenlijnen is de bodem een weinig verdiept. De sterke bodemstroom is hier blijkbaar in staat eenig bims-materiaal te verplaatsen.

2. De kuil bij de kop van het noorderhoofd is in zijn volle omvang gevormd. Vergelijking met de peilingen uit de werkelijkheid van figuur 5 doet zien, dat bij de 12 meter-lijn de kuil ongeveer een meter diep is, in het midden heeft het model een diepte van 24 meter, wat zeer belangrijk meer is dan de diepte van ruim 18 meter onder N.A.P., die in de werkelijkheid daar voorkomt. De plaats van de grootste diepte komt in het model overeen met die in de werkelijkheid. Ook de vorm van de kuil blijkt goed te zijn.

Waarom de diepte, die in het model zooveel te groot is, kan niet gemakkelijk worden uitgemaakt. Directe waarnemingen doen zien, dat de puimsteenkorrels hier niet allen worden meegeëleppt, maar ook worden omhoog gevoerd door de zeer sterke turbulente stroom (Het is hier de eenige plaats in het model waar dit geschiedt).

Het feit, dat de bewegelijkheid van de bims minder is dan die van het zand uit de werkelijkheid, zal door een en ander juist hier ter plaatse een geringe rol spelen, terwijl het mogelijk is, dat ook in de werkelijkheid wel een neiging aanwezig is om de put op grotere diepte te brengen, doch dat gedurende een der niet voorgestelde fasen van het getij weer eenige aanzanding plaats vindt.

Het uit de kuil gevoerde bodemmateriaal gaat grotendeels langs de lichtenlijn de Waterweg in. Slechts een klein gedeelte van het uitgestroomde materiaal gaat in de richting van de bodestroom tegen de zuidwal op; op figuur 37 bevindt zich een detail, waarvan de kruin op 0 meter = N.A.S. ligt. Men zou verwachten, dat een oploopen tegen de zuidwal door het uit de kuil stroomende materiaal in veel sterkere mate zou voorkomen, dan het model vertoont. Wellicht is het voor de bimskorrels niet mogelijk om het talud op te rollen. Het feit, dat het model een samengetrokken schaal bezit, waardoor het talud zeer steil is, heeft hier ^{steil} een storende werking.

3. Buiten de bezonken dam ontstaat de put, die ook in de werkelijkheid aanwezig is. Hier klopt de diepte volkomen met de peilingen te Hoek van Holland, doch dit zal waarschijnlijk het gevolg zijn van twee fouten, die elkander opheffen. Eener zijds is de beweging van de bims bepaald te klein. Beweging met sprongen komt hier niet voor, alle korrels rollen langs de bodem. Daarentegen ontbreekt ook hier een mogelijke ophoogende werking van de andere fasen van het getij en zoodoende is toevallig de diepte van de put de juiste.

De richting, waarin de put zich uitstrekt, wijkt een weinig af van die in de werkelijkheid. In het model wijst de as van de put te veel naar het noorden. Het verschil is ongeveer 10 graden.

Het uit de put komende materiaal beweegt zich niet geheel langs de stroombanen maar wordt eerst door een schroefvormige beweging van het water langs de bezonken dam in de richting van de leidam gevoerd. Deze schroefvormige waterbeweging is de resultante van een neer langs de bodem, die optreedt nadat het water de door de bezonken dam gevormde drempel is gepasseerd, en de algemeene waterbeweging, die

hier naar het noordoosten is gericht. Dientengevolge vormt zich een verondieping aan de noordoostelijke zijde van de kuil, die zich geleidelijk in de richting van de lichtenlijn uitbreidt.

Van de zadelvormige bodemligging, die in de werkelijkheid voorkomt tusschen de dieptelijnen van 90 en 100 decimeter onder laagwater, is in het model niet veel te ontdekken. De bodem ligt hier eenige meters hoger dan met de werkelijkheid overeenkomt.

Nadat door het model gedurende vijf uur stroom was gevoerd, werd de beweging van bmskorrels zeer veel minder. Blijkbaar nadert men hier de evenwichtstoestand, waarbij de taluds van de kuilen en banken zoo steil worden, dat de bmskorrels ze niet meer kunnen beklimmen.

De metingen, die in de waarnemingsperiode III waren uitgevoerd en onder overeenkomstige omstandigheden zijn verricht geven een beeld, dat slechts zeer weinig van figuur 37 afwijkt.

De met B aangeduide proef duurde 7 uur. Gedurende die tijd werden golven gemaakt, terwijl ook regelmatig bms werd toegevoerd in de put bij de leidam. Aan het eind van de proef was 10 liter bmskorrels verbruikt.

Het resultaat is het complex van dieptelijnen, dat in figuur 38 is weergegeven. De kenmerkende punten van deze figuur zijn de volgende.

1. De zeebodem buiten het gebied van de discontinuïteit is practisch niet veranderd. Dit wijst er dus op, dat ook de golven niet in staat zijn om het bms in dit gebied zooveel te bewegen, dat het door de stroom kan worden meegevoerd. Ook in de strook langs de lichtenlijn is nauwelijks eenige verandering merkbaar.
2. De kuil bij het noorderhoofd is practisch niet gewijzigd. Hier heeft zich dus een evenwichtstoestand ingesteld: het profiel is door de voortgaande verdieping zooveel verruimd, dat de bodemstroom zonder al te groote snelheden te bereiken, de Waterweg kan binnentreden. Ook de ligging van het uit de kuil komende materiaal is nog dezelfde als bij toestand A.
3. De put buiten de leidam is daarentegen belangrijk ver

anderd. Blijkbaar is de stroom niet in staat geweest om bij de diepte van 13 meter al het ingestrooide materiaal te verwerken. In het begin van de meting nam daardoor de diepte van de put af, tot hij niet grooter meer was dan omstreeks 9 meter. Toen het eenmaal zoover was gekomen, ontstond weder een evenwichtstoestand. De hoeveelheid materiaal, die door de stroom uit de kuil werd gesleept, was praktisch gelijk aan die, welke er werd ingestrooid. Dit materiaal breidde de bank, die bij A reeds zeewaarts van de leidam lag, in belangrijke mate uit. De hoogte van het hoogste punt nam daarbij slechts weinig toe. Nabij de bocht van het zuiderhoofd werd echter een peil van 1 m + N.A.P. bereikt, dat is eenige centimeters hoger dan het niveau van de waterspiegel. Dit kan alleen worden verklaard door het verschijnsel, dat de golven het bims opwerpen tot boven de waterlijn.

In figuur 40 is schematisch de beweging van het bims-materiaal aangegeven. De pijlen zeewaarts van de bocht van het zuiderhoofd stellen in richting en grootte de bimsbeweging daar ter plaatse voor. De grootste neiging voor het aangroeien van bims bestaat op eenige afstand van de mond, zeewaarts van de modelcoördinaat 7. Dit is ook de plaats, waar in de werkelijkheid het meest moet worden gezogen. Landwaarts van de coördinaat 7 vormt zich de in paragraaf 17 besproken steile helling. Deze wijst op het aangroeien van de bank. In de werkelijkheid wordt dit aangroeien gekoerd door het geregeld zuigen, dat hier geschiedt. Dit zuigen is de oorzaak van het grootste verschil tusschen het beeld van de dieptelijnen, zooals ze in werkelijkheid voorkomen en zooals ze in het model ontstonden.

Na de hierop volgende strooming C, waarbij in 5 uur tijds wederom 10 liter bims in de put is gebracht, vormt zich het beeld van figuur 39. Hieromtrent kan het volgende worden opgemerkt:

1. Ook ditmaal is de zeebodem zelf niet veranderd.
2. de kuil bij het noorderhoofd heeft zich naar buiten wel iets uitgebreid, maar het verschil is zoo gering, dat men kan zeggen, dat de evenwichtstoestand nog vrijwel bestaat.

3. De put bij de leidam heeft nog ongeveer dezelfde vorm als bij B. Er is dus nog steeds evenwicht tusschen aan- en afvoer.

4. De bult is nog een weinig hoger geworden, doch groot is het verschil niet. Hij heeft zich zeewaarts niet meer uitgebreid, doch groeit in noordoostwaartsche richting aan. De voet van het steile beloop heeft de lichtenlijn bereikt. *De* 20 liter bims, die in het model zijn toegevoerd, zijn in de bult opgeborgen. Verdere uitbreiding *vis* echter niet meer mogelijk, omdat de bodemstroom, die de Waterweg intrekt, reeds onmiddellijk langs de bult een zoodanige sterkte bezit, dat al het materiaal, dat het talud afrolt, wordt meegenomen. Ook hier is dus een evenwichts toestand ingetreden: ~~groter dan in figuur 30 kan de bult niet worden.~~ Het verdere materiaal, dat uit de put bij de leidam komt, moet de Waterweg worden binnengevoerd.

Daar overal evenwicht is bereikt, kunnen de proeven worden gestaakt. Een stroombeeld D is daarom ook niet meer opgenomen.

27. Conclusies.

Door de bimsproeven is bewezen, dat de situatie van de uitgeschuurde plekken en banken, zooals die in de werkelijkheid aanwezig is, hoofdzakelijk wordt beheerscht door de hoogwaterperiode. Immers, de toestand, die bij deze periode optreedt, geeft in het model globaal de zelfde situatie als te Hoek van Holland aanwezig is.

Met vrijwel absolute zekerheid kan worden gezegd, dat het bodemmateriaal, dat gedurende de maatgevende periode van het getij wordt verplaatst, zijn oorsprong vindt op twee plaatsen. Deze twee bronnen van verzanding zijn de kuil bij de kop van het noorderhoofd en de put bij de leidam. Uit de eerste komt het zand, dat de verondieping in de mond en in de doorgraving veroorzaakt, terwijl de tweede de oorsprong is van het ontstaan van de bult buiten de mond zuidwaarts van de lichtenlijn.

Bij de verbouwing van de mond zal er met voordeel naar gestreefd kunnen worden, dat zoowel de kuil als de put zich

in mindere mate zullen vormen dan thans het geval is. De sterke verdieping bij het noorderhoofd zal kunnen worden gered door de contractie van de stroom in deze omgeving te verminderen, dus door het water meer over de volle breedte verdeeld de mond te laten doortrekken.

Het ontstaan van de put hangt, zooals in paragraaf 17 (18) is uiteengezet, samen met de beëindiging van de leidam. Vermindering kan hier worden verkregen op drie wijzen, namelijk in de eerste plaats door de zeebodem ter plaatse te verdedigen, voorts door het eind van de leidam een zoodanige vorm te geven, dat mind^{er} beweging van bodemmateriaal daar ter plaatse voorkomt (kopkrul) en ten slotte door het eind van de leidam zoover van de mond te verwijderen, dat het uit de put komende materiaal niet storend werkt voor het opdieptehouden van de vaargeul.

Dat de kuil en de put jarenlang groote hoeveelheden materiaal kunnen leveren, is alleen mogelijk, wanneer ook nu en dan zand zich daarin neerzet. Dit moet geschieden gedurende de niet beschouwde periode van het getij, waarschijnlijk de ebstroom. Wanneer welke eb een zandlaag van 4 mm in de put deponeert, beteekent dit over het geheele oppervlak van 100.000 m^2 400 m^3 , dat is over de 706 getijden van een geheel jaar bijna 300.000 m^3 . De hoeveelheid komt overeen met het kwantum dat jaarlijks buiten de mond ongeveer wordt gezogen, zoodat een aanzanding van de vermelde grootte voldoende is om de put in staat te stellen geregeld nieuw materiaal te leveren. Ook de kuil bij het noorderhoofd zal een dergelijke hoeveelheid bij welk^{eb} tij ontvangen.

Bij het ontstaan van de kuil spelen de groote stroomsnelheden langs de bodem, die het gevolg zijn van de kleine ruimte tusschen bult en noorderhoofd, een belangrijke rol. Wanneer de kuil zoo diep is dat voldoende ruimte voor bodemstroom aanwezig is zal de neiging tot verdieping belangrijk verminderen. Op het ontstaan van de kuil heeft echter ook invloed de groote turbulentie van het water na het omtrekken van de kop van het noorderhoofd, die zelfs in het model was te bemerken.

Bij de put zeewaarts van de leidam komen groote snelheden niet voor. Hier is de ontgronding uitsluitend het ge-

volg van de turbulentie van het water, dat over de bezonken dam is gestroomd. Deze turbulentie neemt af, naarmate de afstand tot de oorsprong daarvan groter wordt, zoodat ook de neiging om het bodemmateriaal te verplaatsen minder wordt, ~~men~~ ^{marmak}men verder van de leidam af komt. Het gevolg is dan ook, dat het zand zich betrekkelijk snel gaat neerzetten, en zoodoende de bult vermt, ofschoon de snelheden daarover belangrijk groter zijn, dan in de omgeving van de put zelf. De verondieping gaat door, tot de kop van de bult zoo hoog gekomen is, dat de stroomsnelheid toeneemt boven de grens waarbij zandbeweging plaats vindt, ook zonder overmatige turbulentie. De top van de bult ligt dan op 4 à 5 meter - N.A.P. de snelheid gedurende de hoogwaterperiode is ter plaatse in dit geval omstreeks 120 cm/sec (paragraaf 24). Deze snelheid is zeker groot genoeg om zand met fijne en matige korrels mee te nemen.

Door de ongunstige stroomrichting wordt een groot deel van het zand, dat uit de put bij de leidam komt, nadat de bult tot zijn evenwichtshoogte is aangegroeid getransporteerd naar de strook waar de verondieping hinderlijk voor de scheepvaart is (figuur 41). Om de gedachte te bepalen is aangenomen dat deze strook ligt tusschen het noorderhoofd en een lijn, die 150 meter zuidwaarts van de lichtenlijn, evenwijdig daaraan loopt. De meest zeewaartsche stroomdraad, die deze vaarstrook nog raakt is in figuur 41 met een punt-streep-lijn aangegeven. Practisch al het zand, dat zeewaarts van deze lijn over de bodem wordt bewogen, komt in de vaarstrook terecht, alleen een zeer kleine hoeveelheid gaat voorbij het noorderhoofd in de richting van het badstrand. Dat dit zand het grootste deel uitmaakt van de totale verplaatste hoeveelheid, is af te lezen uit de intensiteitskromme van de zandbeweging in figuur 41. Deze kromme kon niet door een exacte meting worden vastgelegd, doch werd door waarneming zoo goed mogelijk bepaald. De sterkste bodembeweging blijkt voor te komen een weinig zeewaarts van de modelcoördinaat 7, juist in het gedeelte vanwaar het zand naar het midden van de vaarstrook wordt gevoerd. Het gearceerde deel van de intensiteitskromme stelt voor het zand dat voor de scheepvaart hinderlijk zal worden. Dit blijkt belangrijk meer dan $\frac{2}{3}$ van al het

zand te zijn, Het getal 1,7, dat is ingeschreven op de bezonken dam en boven de intensiteitskromme duidt erop, dat een evenwichtstoestand werd bereikt, bij een toevoer van bims in het model van 1,7 liter per uur. Bij de overeenkomstige situatie voor andere toestanden is het oppervlak van de intensiteitskromme steeds evenredig gehouden met dit getal.

In figuur 41 zijn nog aangegeven een tweetal profielen, loodrecht op de hoofden, voor de aanvang van de proef (streeplijn) en na het beëindigen daarvan (getrokken lijn). De bovenste vertoont het aangroeien van de bult en de onderste de vorming van de kuil.

28. De toestand tijdens kentering in de Waterweg.

Tijdens de waarnemingsperiode III is gestroomd met de zelfde stroomsnelheid in zee, die bij de normale proeven aanwezig was, maar met een gesloten uitlaat in de Waterweg. Daar stond het water dus stil; alleen in de mond kon door het langs stroomende zeewater eenige beweging voorkomen.

De stroomen worden nu van het eind van de leidam veel verder zeewaarts uitgeworpen, dan wanneer de Waterweg trekt. De hoofdstroom blijft in het midden voor de mond verscheidene honderden meters buiten de verbindingslijn van de koppen van de hoofden; meer naar binnen neemt de stroomsnelheid spoedig af. Een en ander is in overeenstemming met waarnemingen te Hoek van Holland. Ook ^{bij} de modelproeven van 1907 is eenige malen gestroomd met een afgesloten Waterweg, daarbij werden practisch dezelfde banen als thans gevonden. Er is van afgezien de stroomlijnen te fotografeeren.

De beweging van bims leverde een verrassing op. Bij het ontbreken van golven viel namelijk van een bimsverplaatsing al heeft weinig te bespeuren. Een begin van uitschuring ontstond zeewaarts van het eind van de leidam, maar de ^Vput viel niet te vergelijken met die van figuur 37. Verder bleef de bodem in rust, afgezien van de bekende verplaatsing van enkele ongunstig gelegen korrels bij het begin van de proef.

De intensiteit van de beweging van bodemmateriaal is dus in sterke mate afhankelijk van de kracht, waarmee het

V. grote vande

water over de bezonken dam stroomt: op het gezicht is die bij afgesloten Waterweg niet duidelijk minder dan bij volle vloed in de Zoorgraving. De kromming van de stroombanen is echter flauwer, wat wijst op een minder groot dwarsverhang, dat op zijn beurt een kleinere sleepkracht op het bodemmateriaal veroorzaakt. Ook kan hierdoor de turbulentie van het water minder zijn, terwijl tenslotte de schroervormige beweging van het water tegen de dam zal worden vervangen door een gewone bodemmeer, die het zand wel in beweging brengt, doch niet over groote afstanden verplaatst.

Door het maken van golven kan meer verplaatsing van bims worden verkregen. De bewegingsinrichting is dan dezelfde als die van de stroom, dus vrij veel verder zeewaarts dan omstreeks hoogwater het geval was. Hieruit volgt, dat de bult tijdens de kentering in de Waterweg neiging heeft om zich zeewaarts uit te breiden. Daarmee zal ook de lengteas van de put iets naar buiten draaien. Beide feiten dragen er toe bij om een verklaring te geven voor de niet geheel juiste ligging van de put en van de buitenrand van de bult in de mukolfoto van toestand 0.

De toestand van de bodem na het stroomen met afgesloten Waterweg is niet fotografisch vastgelegd.

29. Peilschaalwaarnemingen.

Door bij stilstaand water de peilnaalden een groot aantal malen af te lezen, werd de hoogteligging van hun nulpunten bekend; de middelbare fout daarin was slechts enkele tientallen microns, in de werkelijkheid dus minder dan een centimeter.

Vervolgens is de bodemhoogte onder elke peilnaald gecontroleerd; alleen bij E (figuur 11) was dit niet mogelijk, daar deze peilnaald in een afzonderlijk bakje was opgesteld, dat een verbinding met het eigenlijke model had door een boven de bodem gelegen buisje. Het resultaat is, dat de bodem minder dan een millimeter (werkelijkheid 15 cm) van de juiste afweek bij de naalden A, B, C, F en K. Bij L is de diepte 1,7 mm (25 cm) te groot geweest; een dergelijke afwijking kwam voor bij H, terwijl de diepte bij G 1,80 m - N.A.P. was, terwijl hier strand moest zijn.