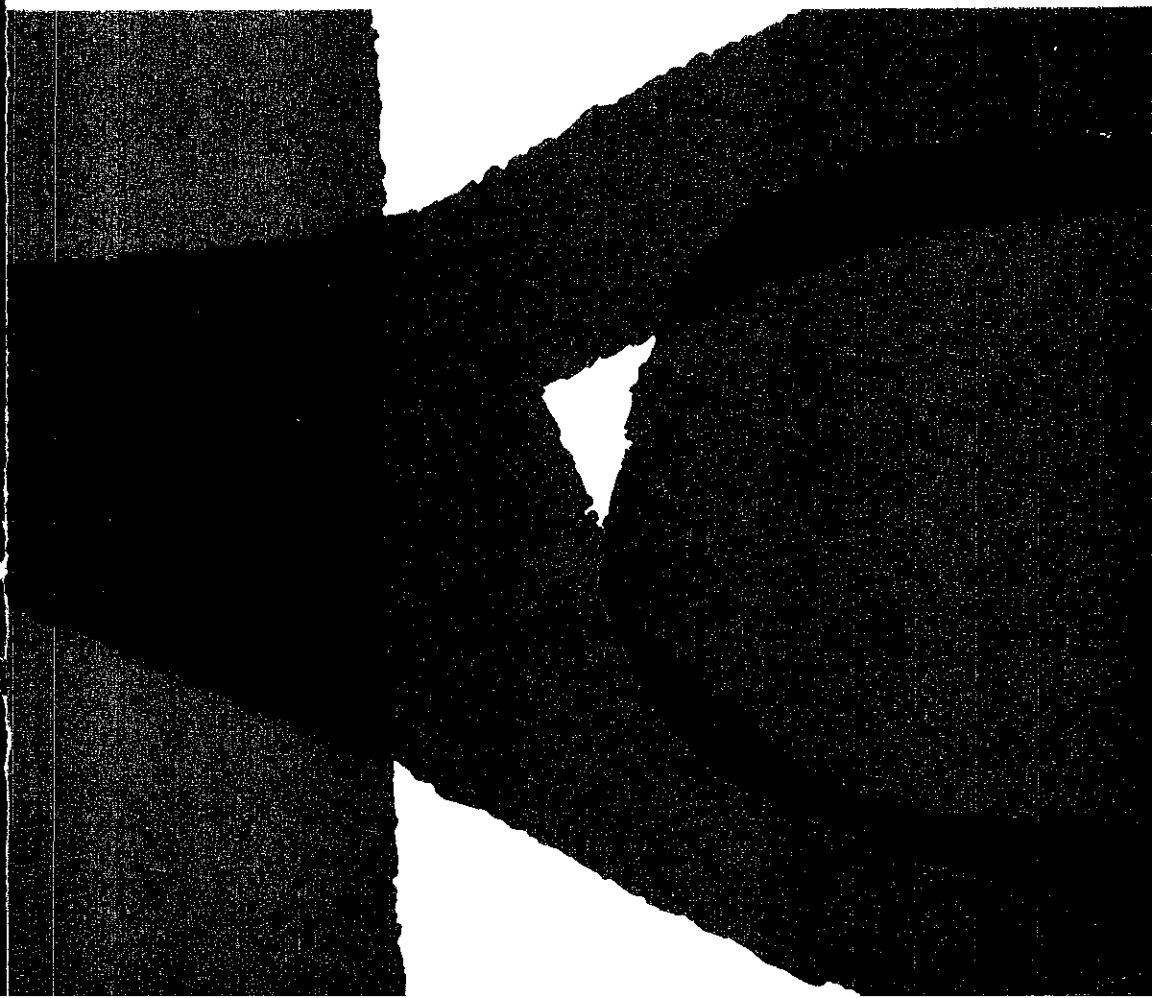


deltawerken

mei 1968 nummer 44



deltawerken

REDACTIE : DELTADIENST
VAN HOGENHOUCKLAAN 60,
'S-GRAVENHAGE

ABONNEMENTEN,
VERKOOP LOSSE NUMMERS:
STAATSUITGEVERIJ, CHR. PLANTIJNSTRAAT - 'S-GRAVENHAGE

De prijs bedraagt f 8,- per jaar of f 2,25 per nummer

A. De werken van het Deltaplan

- 171 De meetdiensten in het Deltagebied
- 182 Automatische verwerking van peilgegevens
- 188 Het opruimen van de ringdijk in het Haringvliet
- 193 De beëindiging der stortebedden aan de zeezijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
- 198 Gestrekt zinken

B. De werken langs de Westerschelde, Zuid-Beveland en Schouwen

- 205 Verhogen en verzwaren van de zeedijk van de Hellegatpolder

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

- 208 Veranderingen van de zeebodem door de uitvoering van de Lauwerszeewerken
- 216 **Vorderingen**

De Deltadienst staat voor de taak om in een aan de werking van het getij onderworpen estuarium met beweeglijke zandbodem waterbouwkundige werken van zeer grote omvang tot stand te brengen in zo kort mogelijke tijd, daarbij strevend naar de grootst mogelijke beperking van de noodzakelijke risico's. De risico's vloeien voornamelijk voort uit de grote omvang van de werken, die steeds weer noopt tot extrapolatie van de tot nu toe opgedane ervaring en kennis tot ver buiten het gebied waarin de geldigheid en de betrouwbaarheid ervan konden worden bewezen. Vanwege de onontkoombare extrapolatie is het noodzakelijk gebleken eerst de kleinere werken uit te voeren, en gaandeweg steeds grotere afsluitingen ter hand te nemen, zodat bij elk volgend werk de extrapolatie ten opzichte van het vorige slechts beperkt behoefde te zijn.

Het tot stand brengen van de werken omvat de voorbereiding, het ontwerp en de uitvoering. In de eerste plaats moet een uitgebreide en nauwkeurige terreinverkenning plaatsvinden, waarbij het vooral gaat om de afmetingen en ligging van geulen en banken, en om de wijzigingen die zich daarin voordoen. Voor het opzetten van het ontwerp is het nodig dat men kan beschikken over hydraulische ervaring, in het bijzonder op het gebied van de getijbeweging, zodat men in staat is, zich de belangrijkste waterloopkundige consequenties van de in aanmerking komende oplossingen duidelijk voor ogen te stellen. Ten behoeve van getijberekeningen en getijstudies moet een uitgebreid programma van waterloopkundige waarnemingen, dus van waterstanden, waterdiepten, stroomsnelheden en stroomrichtingen, in het Deltagebied worden uitgevoerd. Voor de bewerking van de verzamelde gegevens kan de Deltadienst beschikken over een elektrische analogon-rekenmachine en een snelle digitale rekenmachine van de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging. Daarnaast dient, onder meer om de werkbaarheid tijdens de uitvoering te bepalen, een nauwkeurige studie te worden gemaakt en vele waarnemingen te worden verricht met betrekking tot de golfbeweging. Er worden voorts metingen verricht inzake het zandtransport door stroom en golven, om met behulp daarvan inzicht te verkrijgen in het mogelijk verloop van de kustlijn na de afsluiting der zeegaten. Deze waarnemingen en berekeningen zijn behalve voor de afsluitingswerken ook nodig om de richtlijnen te verschaffen aan de hand waarvan bijvoorbeeld straks onder alle mogelijke combinaties van omstandigheden met de Haringvlietstuinen moet worden gemanipuleerd. Zij bevatten tevens de gegevens voor de bestudering en de behartiging van de belangen van de waterhuishouding. Alleen al het belangrijke vraagstuk van de

verziltling maakt een groot aantal waarnemingen nodig, in de eerste plaats met betrekking tot het chloorgehalte van het rivierwater, doch ook van het grondwater.

Naast het waterloopkundig onderzoek is ook een nauwkeurig onderzoek van de bodemgesteldheid in het gebied van de afsluiting noodzakelijk. De daarbij te verzamelen gegevens zijn onder meer nodig om het mechanisme en de omvang van de tijdens de sluitingsoperatie te verwachten erosie te bepalen. Om een verantwoord plan te kunnen maken voor een afsluiting moet men de nodige kennis bezitten van de ondergrond, *teneinde het gedrag ervan onder toenemende druk te kunnen voorspellen*. Kennis van de grondwaterspanningen is hiertoe een eerste vereiste.

Het spreekt wel vanzelf dat bij de werken in ruime mate gebruik wordt gemaakt van hydraulische modellen, waarin onder andere de plaats, de vorm en de wijze van uitvoering van een sluiting worden onderzocht. Om het model aan de werkelijkheid te laten beantwoorden is ook weer een groot aantal metingen en waarnemingen in de natuur nodig. Al deze metingen en waarnemingen worden uitgevoerd door de meetdiensten van de Deltadienst.

Met de Stichting Waterbouwkundig Laboratorium bestaat nauwe samenwerking betreffende de hydraulische modellen (Waterloopkundig Laboratorium) en het grondmechanisch onderzoek (Laboratorium voor Grondmechanica).

Organisatie

De uitgestrektheid van het Deltagebied noopte ertoe om binnen de Deltadienst de voorbereiding, het ontwerp en de uitvoering van de afsluitingswerken te verdelen over twee afdelingen: Noord en Zuid. Om dezelfde redenen en ter bevordering van een nauwe samenwerking met de uitvoerende diensten werd de meetdienst, die belast is met de uitvoering van peilingen en metingen, net zo in tweeën gesplitst.

De twee diensten zijn ondergebracht respectievelijk te Hellevoetsluis en te Zierikzee.

De werkgebieden van de twee meetdiensten vertonen onderling karakteristieke verschillen. Binnen het werkgebied van de meetdienst te Hellevoetsluis zijn de beneden-rivieren minder breed – nooit meer dan 4 km – en minder diep. Het tijverschil voor de kust is hier kleiner dan meer naar het zuiden, zodat in de diepere geulen minder frequent grote snelheden optreden. De uitstroming van het Rijnwater via de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet schept een afzonderlijke problematiek. Daardoor kunnen namelijk de stroomsnelheden belangrijk worden vergroot, met het gevolg dat gedurende het getij grote verschillen voorkomen in het chloorgehalte van het water tussen oppervlak en bodem. Deze zoet- en zoutwatersverschillen treden niet alleen op in het mondingsgebied van het Haringvliet, maar ook in het Volkerak. Chloorgehalteverschillen bemoeilijken *de reproductie van metingen op modelschaal in waterloopkundige modellen*. Het meten van het chloor- en slibgehalte van het water in het noordelijke meetgebied vormt een wezenlijk onderdeel van de taak van de meetdienst te Hellevoetsluis, die in verband met deze taak over een laboratorium beschikt.

De zeearmen in het werkgebied van de meetdienst te Zierikzee zijn 4 tot 8 km breed; hierin komen uitgestrekte zandplaten en slikken voor. In de mond ervan vindt men over grote lengten diepe tot zeer diepe stroomgeulen, waarin tot op grote diepte aanzienlijke stroomsnelheden kunnen optreden. In dit gebied speelt de problematiek van de zout- en zoetwaterbeweging slechts een ondergeschikte rol. De slibbelasting is gering, hetgeen zich uit in de opvallende helderheid van het water. Bij de meetdienst in Zierikzee is een afzonderlijke boordienst ondergebracht, die haar werkzaamheden verricht in het hele

Deltagebied. Monsters van de grondboringen worden onderzocht in het laboratorium te Hellevoetsluis.

De meetdiensten in het Deltagebied hebben elk ruim 100 personeelsleden, onder leiding van een hoofdingenieur.

Voor de uitvoering van peilingen en metingen worden als regel rijksvaartuigen gebruikt. De meetdiensten beschikken elk over een aantal vaartuigen van het type motorvlet, alsook over enkele boten voor meer speciale doeleinden: een kotter voor de uitvoering van metingen en lodingen buiten de kust, een aluminium peilvlet voor gebruik in ondiep water, een pontonniersvlet voor peilingen in de brandingszones, en enkele roeiboten voor het transport van personeel en materieel naar platen en slikken. Het totale vaartuigenpark bestaat uit 22 motorvaartuigen van uiteenlopende grootte.

Voor het peilen is ruim de helft van de motorvaartuigen uitgerust met een registrerend echolood in semi-permanente opstelling. Nagenoeg alle zijn voorzien van davits en lieren. Met een davit kunnen meetinstrumenten buiten boord worden gebracht, terwijl een lier ervoor zorgt dat de instrumenten op elke gewenste meetdiepte tussen wateroppervlak en bodem kunnen worden gehangen. Slechts op een paar vaartuigen zijn vaste davitopstellingen met elektrische lierbediening aanwezig; op de meeste schepen moet de lier met de hand worden bediend. Aangezien niet alle schepen even groot zijn en even goed uitgerust, wordt bij een meting aan elk schip een taak toegewezen in overeenstemming met zijn accommodatie, aantal davits en zeewaardigheid. Meestal slagen de meetdiensten erin de hun opgedragen metingen uit te voeren met hun eigen materieel. In enkele gevallen wordt bij een zusterdienst om assistentie met vaartuigen, personeel en instrumenten aangeklopt, en ook worden er wel vaartuigen bijgehuurd. Grote metingen vereisen de aanwezigheid van een verbindingsvaartuig; bij meting in een uitgestrekt gebied zijn zelfs twee of drie verbindingsvaartuigen gewenst, voor de meetleider en voor het beschikbaar houden van reserve instrumenten. Voor het transport van personeel en meetinstrumenten beschikt elke meetdienst over een paar auto's.

Een meetvaartuig kan men omschrijven als een veelzijdige, mobiele meetopstelling. Maar de beweeglijkheid van het vaartuig is in zekere zin ook een nadeel: ze beperkt de werkbaarheid. Met name de golfbeweging, de scheepvaart en de temperatuur stellen grenzen aan de werkbaarheid met vaartuigen voor het peilen en meten.

De golven mogen bij een snelheidsmeting niet hoger zijn dan 30 cm, en bij een loding niet hoger dan 50 cm. Niet de veiligheid van het meetvaartuig, maar de nauwkeurigheid van de peiling of meting staat hier op het spel. Op druk vaarwater kan alleen worden gewerkt na het treffen van een aantal veiligheidsmaatregelen, zoals het verankeren der schepen op kettingen, waardoor ze in noodgevallen snel kunnen uitwijken. Ook dient een waarschuwing aan de scheepvaart uit te gaan. Metingen op drukke vaarwaters worden dan ook meestal uitgevoerd tijdens het weekeinde, aangezien het scheepvaartverkeer dan aanzienlijk minder druk is. Wanneer de temperatuur daalt tot bij het vriespunt, kunnen er geen lodingen of metingen meer worden uitgevoerd, daar de gevoeligheid der meetinstrumenten daarvan te lijden heeft. Bovendien worden de dekken der schepen door ijsafzetting levensgevaarlijk.

Bij lodingen is men niet afhankelijk van de duur van het getij, zodat men de werkperiode zelf kan kiezen; maar aangezien metingen bij voorkeur gedurende een heel getij worden voortgezet, worden van het personeel lange werktijden en veel inspanning gevraagd, zeker als men bedenkt dat er veelal een grote afstand ligt tussen haven en meetgebied, niet zelden twee uur varens. Werktijden van 15 à 17 uur zijn regel, en derhalve kan men zelfs bij aanhoudend gunstige weersomstandigheden per week niet meer dan twee of drie metingen van enige omvang uitvoeren.



Peilingen worden alleen in raaien verricht; snelheidsmetingen en dergelijke kan men verrichten in één punt, of in een aantal punten die liggen op een vooraf gekozen rechte of gebogen lijn; metingen kunnen zich ook uitstrekken over een bepaalde oppervlakte. Om een puntmeting uit te voeren laat men het meetinstrument op een bepaald punt in het water zakken, waar het op verschillende diepten, meestal zowel van boven naar beneden als in omgekeerde richting, een meting verricht. Deze puntmetingen krijgen een wijdere betekenis wanneer ze liggen op een meetraai. De raaien staan als regel haaks op de stroomrichting of de rivieras. Soms wordt bij peilingen gewerkt volgens een boograai. De beide oevers van het water vormen meestal de natuurlijke begrenzing van de meetraai; aan beide uiteinden wordt gedurende de meting het verloop van het verticale getij van daar geplaatste peilschalen afgelezen. Door langs wiskundige weg de meetresultaten te middelen, kan men met behulp van raaimetingen de afvoer van water, zout en sediment door een bepaald profiel op een gegeven ogenblik vaststellen. Met behulp van een dertienuursmeting, die een heel getij duurt, kan de afvoer per getij bepaald worden. Metingen worden veelvuldig verricht ten behoeve van modelonderzoek. Hiervoor zijn ook vaak de plaatselijk gemeten snelheden van belang.

Werkwijze

Waterpassen en peilen is op zichzelf eenvoudig werk; de plaatsbepaling is een punt van voortdurende zorg, omdat hierbij grote nauwkeurigheid vereist is. De kundigheid van de schipper om in de raai te blijven varen, dwars op stroom, is een belangrijke voorwaarde. Elke waterpasploeg en ieder peilvaartuig treedt als een zelfstandige eenheid op. Een goede planning is vereist van het geheel van deze werkzaamheden, waarbij de samenhang der werkgebieden en de kans op onwerkbaarheid erin, in het oog moeten worden gehouden.

De uitvoering van een gecombineerde snelheids-, zout- en slibmeting vereist, vooral als het een grote is, waaraan tien tot vijftientig boten deelnemen, een veel uitgebreidere voorbereiding en organisatie.

De vaststelling van een meetdatum en van een uitwijkdatum voor het geval de weersomstandigheden de meting onmogelijk maken op de oorspronkelijk vastgestelde dag, geschiedt met behulp van een getijtafel. In de wintermaanden spelen de tijden van op-

Stroommeting in het tracé van afsluiting van het
Rak van Scheelhoek. Foto d.d. 11 mei 1967. Op de
achtergrond het strand van Voorne

komst en ondergang van de zon een belangrijke rol, omdat metingen bij duisternis vaak gevaarlijke situaties voor schepen en bemanning opleveren. Een meting wordt bij voorbaat begonnen rond het tijdstip van de stroomkentering, zodat het voor anker leggen van de schepen vlak voor de operatie geen moeilijkheden oplevert.

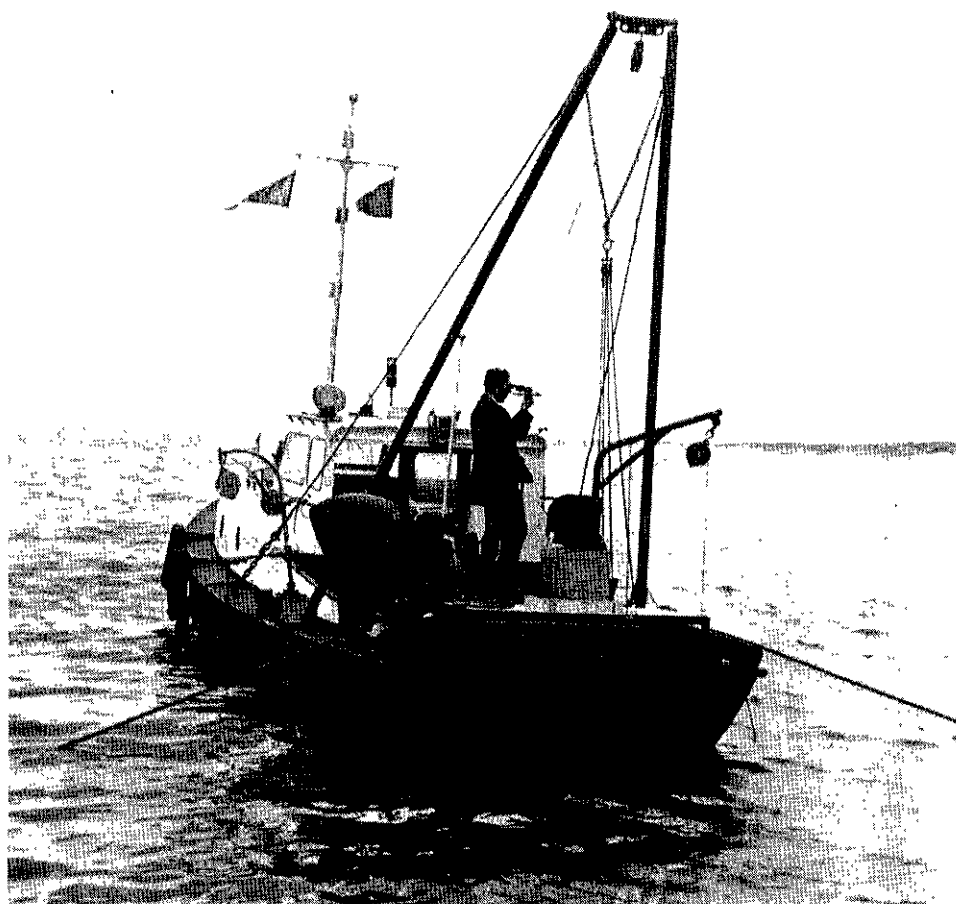
Hoe een meting wordt opgezet, wordt bepaald door het doel waartoe ze moet dienen en de overwegingen die tot de aanvraag hebben geleid. Tegen deze achtergrond worden, aan de hand van de meest recente peilkaarten van het gebied, de meetraaien gekozen, alsmede de plaats en het aantal van de visueel af te lezen peilschalen. Slechts in een enkel geval kan worden volstaan met de gegevens van de beschikbare vaste registrerende peilschalen.

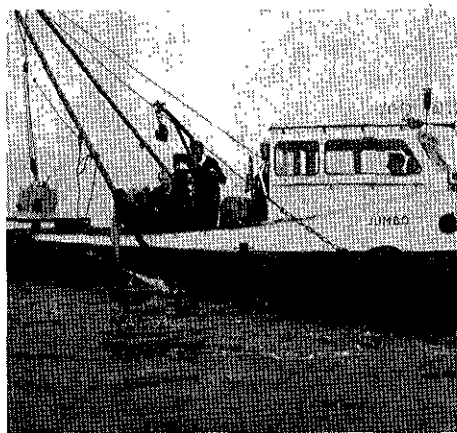
Het eerste werk buiten vormt de plaatsing van peilschalen en het overbrengen daarop van het N.A.P.-peil. Gelijktijdig peilt men het bodemprofiel volgens de meetraaien. De vorm van deze bodemprofielen, namelijk de er eventueel in voorkomende grote verschillen in diepte en de steilte der onderwatertaluds, zijn bepalend voor het aantal en de plaatsing der meetpunten in elke raai. Naar rato van de bodemdiepte worden voor elk meetpunt de meetdiepten tussen wateroppervlak en bodem vastgesteld. Deze maatregelen dienen om de uitvoering van een meting in een vertikaal heen en terug op dezelfde diepten binnen een half uur mogelijk te maken; gezien de snel wisselende stroomsnelheden in het Deltagebied mag die tijdsduur onder geen beding langer zijn, wil de vertikaal nog als momentopname kunnen gelden. De aldus gekozen positie van elk meetpunt wordt op kantoor in Decca-coördinaten bepaald of met behulp van berekende hoeken gerelateerd aan vaste punten op de wal. Meteen bij het begin van de meting kan elk vaartuig dan zijn plaats opzoeken.

Een dag of tien voor de meting plaatsvindt gaat zo nodig een waarschuwing aan de scheepvaart uit. Voor het geven van aanwijzingen aan de scheepvaart kan de assistentie van een haven- of riviermeester, en zelfs de hulp van een radarpost noodzakelijk zijn. Hiertoe moeten tijdig de nodige afspraken worden gemaakt. De seinvoering aan boord van de tijdens de meting ten anker liggende schepen dient van te voren te worden geregeld.

Elk vaartuig wordt bemand met een meetploeg onder leiding van een ploegleider. Enkele personen worden als reserve aangewezen voor het geval er op het laatste moment iemand uitvalt.

Positiepeiling met behulp van de sextant van een vlet die radio-actief tracermateriaal gaat plaatsen





Een Ott-stroomsnelheidsmeter wordt over boord gezet

Het doel van de meting geeft aanwijzingen voor de te meten grootheden, zoals stroomsnelheid, stroomrichting en chloorgehalte. Op grond hiervan wordt bepaald welke meetinstrumenten zullen worden gebruikt. Aangezien de praktijk leert dat gedurende de uitvoering storingen in de apparatuur kunnen optreden, dient ieder vaartuig bij voorkeur een tweede exemplaar van elk der te gebruiken instrumenten aan boord te hebben. Het contact onderling en zo nodig met de vaste wal moet door het meenemen van mobilfoon- of marifooninstallaties of van portofoons worden gegarandeerd.

Voor de opzet van een meting is dus behalve meettechnische ervaring ook een uitgebreide lokale bekendheid vereist.

Inmiddels wordt het meetgebied, met meetraaien en meetpunten, in tekening gebracht. In een afzonderlijke schets wordt de plaats van elk meetpunt met Decca-coördinaten of berekende hoeken ten opzichte van de vaste wal ingetekend, en de naam van het vaartuig vermeld dat dit meetpunt voor zijn rekening neemt.

Behalve het doel van de meting en het meetprogramma wordt de indeling van alle meetploegen, de seinvoering, de verbindingen en dergelijke, in een 'draaiboek' vastgelegd. Op de dag die aan de meting voorafgaat krijgt elke ploegleider een exemplaar van dit draaiboek, plus de nodige meetformulieren. Op deze wijze kan men er zeker van zijn dat tijdens de meting iedereen nauwkeurig op de hoogte is van hetgeen van hem wordt verwacht.

Naarmate met meer instrumenten en meer schepen wordt gewerkt, zal de oogst aan gegevens groter zijn. De uitwerking ervan tot voor het gestelde doel bruikbare resultaten en het in tekening brengen ervan vergt veel tijd. Bij grote metingen kan er zelfs een aantal maanden voor nodig zijn, maar een week tot tien dagen is wel het minste waar men op moet rekenen. Een reden hiervan kan zijn, dat in de uitwerkperiode doorgaans al weer andere metingen moeten worden voorbereid en uitgevoerd.

De werkzaamheden van de meetdiensten in het Deltagebied dragen een operationeel karakter: peilingen en metingen moeten frequent worden uitgevoerd, en de resultaten dienen snel ter beschikking te komen, teneinde met behulp daarvan een slagvaardig beleid te kunnen voeren bij voorbereiding, bouw en bewaking van de werken. Zoveel mogelijk zullen de meetdiensten dan ook hun methoden voor het uitwerken van de gegevens standaardiseren.

Het is niet mogelijk vanaf schepen of meetopstellingen aan de wal alle facetten van de

waterbeweging op ieder willekeurig punt in de brede benedenrivieren en zeearmen van het Deltagebied te meten. Met name het verloop van de waterstand gedurende het getij en de golfbeweging kunnen op deze manier niet adequaat worden waargenomen. Bij het meten van de golfbeweging gaat het vooral om het verkrijgen van gegevens omtrent de hoogste golven, die, bij gezamenlijk optreden met een hoge waterstand, de grootste bedreiging vormen voor de waterkeringen aan de kust.

Voor het meten van deze waterbewegingen komen twee soorten meetopstellingen in aanmerking: de vaste en de drijvend verankerde.

Ten opzichte van een verankerde opstelling heeft de vaste opstelling, dus op een paal of vakwerkstelling, het bezwaar dat hij duurder is, en bij grote waterdiepten zelfs onredelijk duur. De verankerde opstelling kan goedkoper geplaatst worden, waarbij de waterdiepte de kosten niet tezeer beïnvloedt, en is zeer gemakkelijk te verhalen. Beide soorten meetopstellingen moeten voor de scheepvaart met lichten worden gemarkeerd. Aan deze meetopstellingen worden registrerende instrumenten bevestigd, die dienen voorzien te zijn van een energiebron waardoor ze lange tijd onafgebroken – of, al naar de opdracht van het instrument luidt, zogenaamd onderbroken continu – achtereen kunnen werken. De vaste meetopstelling is kwetsbaar voor golfaanval en ijsgang, terwijl de verankerde opstelling in het bijzonder gevoelig is voor stroom. Aan een vaste meetopstelling kan het registrerend gedeelte van het instrument hoog boven water worden bevestigd, maar wanneer men een instrument verankert, moet het registrerend gedeelte zo goed mogelijk schokvrij in het waterdichte meetlichaam opgenomen zijn.

Enkele van de instrumenten die voor deze metingen en registraties werden ontwikkeld, zijn de golfamplitudeschrijver, de elektrische stappenbaak en de getijschrijver.

Voor operationeel gebruik heeft men aan de langdurige registraties van deze meetinstrumenten nog niet veel wanneer ze pas ter beschikking komen na afloop van de meetperiode op zee. Liever zou men meteen over de opgenomen gegevens beschikken. Het onderzoek naar mogelijkheden in deze richting is de laatste jaren met succes bekroond. De momentane gegevens die de elektrische stappenbaak verzamelt over het verloop van het getij en de golfhoogte worden thans vanaf een vaste meetopstelling radiografisch naar de vaste wal overgeseind om daar te worden geregistreerd.

Sinds kort is een drijvende en verankerbare golfhoogtemeter voor continue meting operationeel geworden; ook dit instrument zendt zijn gegevens radiografisch naar de wal. Voor een beschrijving van de hier genoemde registrerende meetinstrumenten wordt verwezen naar Driemaandelijks Bericht nr. 36 (mei 1966).

De grote hoeveelheid meetgegevens die deze instrumenten produceren levert echter bij de uitwerking problemen op. Pas de komst van de computer redde de meetdiensten van een dreigende fatale tijdnood. Ter bewerking door een computer moeten de gegevens echter wel in een daartoe geschikte vorm, hetzij op een pons- of een magneetband, worden vastgelegd. Het is nu mogelijk gebleken, de gegevens van de elektrische stappenbaak voor onmiddellijk gebruik in geschreven vorm, en tegelijk voor latere bewerking door een computer ten behoeve van studiedoelinden in geponste vorm te verkrijgen. De hier geschetste ontwikkeling is inmiddels ook niet voorbijgegaan aan de meetinstrumenten waarmee men vanouds vanaf schepen metingen verrichtte. Het veelzijdige, mobiele, maar al te beweeglijke meetstation dat een schip is, kan niet in alle opzichten de ideale verzamelaar van meetgegevens worden genoemd. Met name de golfbeweging beperkt de werkbaarheid vanaf vaartuigen. Hoe verder men zeewaarts komt, hoe minder werkbare dagen er overblijven: in de periode 1957–1965 bedroeg het percentage van de tijd, dat de kritieke golfhoogte van 30 cm voor metingen niet werd overschreden, jaarlijks te Willemstad 97%, bij de bouwput voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet

80% en op de Maasvlakte 30%. Ook voor het meten van grootheden zoals stroomsnelheid en -richting, en chloorgehalte, die men vroeger bepaalde met een instrument dat vanaf een schip te water werd gelaten, zijn registrerende apparaten in gebruik gekomen. Het toekomstig eindstadium zal ook hier de presentatie zijn der resultaten in een voor computers bruikbare vorm.

Bij het peilwerk ziet men dezelfde ontwikkeling. Aangezien de meetdiensten in het Deltagebied jaarlijks meer dan 10 000 km – een kwart van de aardomtrek – raaien peilen, werd mechanische verwerking van de peilgegevens een dringende behoefte. Voor een beschrijving van het ontwikkelingswerk dat dienaangaande wordt verricht, verwijzen wij naar het artikel 'Automatische verwerking van peilgegevens' in dit nummer.

Overzicht van het instrumentarium

Lodingen werden vroeger met een slaggaard of handlood uit de hand verricht. Nog wordt de slaggaard in brandingszones en dergelijke gebruikt, maar het werk ermee is zeer tijdrovend. Al in 1937 kwam het registrerend echolood in gebruik. In de loop der jaren is aan dit instrument nog veel verbeterd. Bovendien zijn op basis van hetzelfde principe – de voortplantingssnelheid van ultra-sonore geluidsgolven – uit dit toestel weer andere meetinstrumenten als transit sonar en golfhoogtemeter ontwikkeld. Met het echolood kan de bodemligging snel volgens vooraf uitgezette raaien worden opgenomen. Het maximale rendement van het toestel werd pas verkregen toen een radiografisch plaatsbepalingssysteem in het Deltagebied was ingemeten. Voor een beschrijving van deze 'Decca-chain' wordt verwezen naar de nrs. 5 en 7 (augustus 1958 en februari 1959) van het Driemaandelijks Bericht. Een peilvlet die op Decca vaart haalt een driemaal zo grote produktie als een soortgelijk vaartuig dat zich niet op de radiobakens kan oriënteren. De opnamecapaciteit wordt thans bepaald door de snelheid van het vaartuig.

Voor het waterpassen van slikken en platen wordt nog wel gebruik gemaakt van de klassieke waterpastoestellen, waterpasbakken en meetbanden. Zoveel mogelijk wordt dit tijdrovende waterpaswerk echter vervangen door echoloodpeilingen bij hoog water.

Om de resultaten van het peilen – waarbij de bodemligging wordt bepaald ten opzichte van het wateroppervlak – te kunnen herleiden tot N.A.P. is het noodzakelijk het verloop van de waterstand gedurende het peilen te meten. Hiertoe wordt zowel gebruik gemaakt van visueel afleesbare peilschalen als van peilschrijverstations, waarvan er in het Deltagebied vele aanwezig zijn. In deze stations wordt de waterstand opgenomen door een mechanisch registrerende getijschrijver waarvan de werking berust op het vlotterprincipe. In vele peilgebieden kan worden volstaan met de gegevens van deze peilschrijvers, zonder dat van visueel af te lezen peilschalen gebruik hoeft te worden gemaakt; natuurlijk bespaart men hier mankracht mee.

Voorheen werden de golfhoogten op verschillende wijzen visueel gemeten. Afgezien van het feit dat dit moeizaam werk was, liet de nauwkeurigheid van de meetgegevens, vooral bij meting vanaf een vaartuig, te wensen over.

Na veel ontwikkelingswerk kwam omstreeks 1940 een mechanisch registrerende golfhoogtemeter in gebruik, thans bekend onder de naam golfamplitudeschrijver. De meetgegevens van dit instrument waren niet meteen aan de wal beschikbaar, maar behoudens dit operationele bezwaar heeft het instrument zeer waardevolle bijdragen geleverd voor de bepaling van de frequentie van het optreden van golfhoogten op één bepaalde plaats. De elektrische stappenbaak, die rond 1960 ter beschikking kwam, maakte het mogelijk om aan de vaste wal onmiddellijk gegevens te verkrijgen over de op bepaalde

plaatsen in het Deltagebied optredende golfhoogten. Vroeger bestond de kans dat vaartuigen die voor een peiling of meting waren uitgevaren, onverrichterzake moesten terugkeren omdat ze in hun werkgebied te grote golfhoogten hadden aangetroffen. Thans kan, met behulp van de gegevens van de stappenbaak, aan de wal worden beslist of de op het ogenblik optredende golfhoogten in een bepaald gebied het uitvoeren van een peiling of meting toelaten. Men weet waar men aan toe is, nog vóór een schip de haven heeft verlaten.

Meermalen is men bij de uitvoering van waterstaatkundige werken geïnteresseerd in de golfrichting, die optreedt ten gevolge van windrichting en -snelheid. De golfrichting kan worden vastgesteld met behulp van een radaropstelling – men fotografeert dan het radarbeeld –, of door middel van luchtfotografie.

Voor de bepaling van stroomsnelheid en stroomrichting werden voorheen steeds twee gescheiden instrumenten gebruikt: een Ottmolen voor het opnemen van de stroomsnelheid en de Jacobson-stroomrichtingsmeter. De nieuw ontwikkelde Elmar-stroommeter, die men kan beschrijven als een Ottmolen waarin een gyrotol voor de bepaling van de stroomrichting is ingebouwd, maakt het thans mogelijk de beide samenhangende grootheden gelijktijdig te meten. De stroomrichting blijkt met het nieuwe instrument nauwkeuriger te kunnen worden bepaald dan voorheen met de Jacobson-stroomrichtingsmeter het geval was. De besparing aan mankracht die uit de combinatie voortkomt, kan men zich voorstellen.

Stroommetingen kunnen vanaf voor anker liggende schepen alleen worden verricht bij betrekkelijk mooi weer. De stroomsituatie bij ruw weer is echter zeker niet minder interessant. Om ook in deze situaties op de hoogte van de toestand te kunnen blijven is vorig jaar een in Duitsland ontwikkelde Flachseestrommesser in gebruik genomen, waarmee zowel de stroomsnelheid als de stroomrichting op een bepaald punt, waar het wordt verankerd, op één meetdiepte 28 dagen achtereenvolgende kunnen worden gemeten. De meetgegevens worden elke vijf minuten fotografisch op een smalfilm vastgelegd.

Een ander stroommeetinstrument is de koppelstokdrijver. Hij wordt gebruikt om binnen een bepaald gebied de gemiddelde stroomsnelheid en -richting te meten over een zekere diepte vanaf het wateroppervlak. De drijvers kunnen namelijk telkens met halve meters worden verlengd; aan de bovenzijde is een boei bevestigd, terwijl onderaan een gewicht hangt, zodat de drijver nagenoeg vertikaal in het water staat. De posities van een drijver dienen zo dikwijls mogelijk te worden gemeten, hetzij vanaf de wal, hetzij vanaf een vaartuig in de buurt, met behulp van het Decca-systeem.

Het is voor uiteenlopende doeleinden bij herhaling nodig om te beschikken over gegevens betreffende het chloor- en/of sedimentgehalte van het water waarvan de stroomsnelheid en -richting worden opgenomen. Vroeger werden daarvoor altijd watermonsters genomen, die in het laboratorium werden onderzocht. De bepaling van het chloorgehalte geschiedde door titratie en het slibgehalte werd vastgesteld door afslibbing in Atterbergcilinders. Ofschoon de bepaling van het chloorgehalte middels titratie tamelijk snel verloopt, was het onderzoek van een watermonster toch een tijdrovende zaak. Maar sinds 1965 beschikken de meetdiensten over draagbare geleidendheidsmeters, waarmee meteen op het schip of later in het laboratorium – er bestaan twee weinig verschillende uitvoeringen van – op eenvoudige en snelle wijze het chloorgehalte kan worden bepaald. Een andere versie van de geleidendheidsmeter is geschikt om aan vaste meetopstellingen te worden bevestigd, waar hij het chloorgehalte van het water op verschillende diepten niet alleen meet, maar ook in getallen uitdrukt. Ook met dit meetinstrument wordt reeds enkele jaren praktisch gewerkt.

Ook in de bepaling van het sedimentgehalte van een watermonster deden zich nieuwe ontwikkelingen voor. Allereerst werd door de meet- en studiediensten van de Rijks-waterstaat overeengekomen, dat de grens tussen zand- en slibbestanddelen door allen zou worden gelegd bij 50 micron. Daardoor werden de meetgegevens van de verschillende diensten onderling beter vergelijkbaar. Op basis van deze afspraak werd vervolgens te Hellevoetsluis het slibscheitoestel ontwikkeld, waarin een watermonster onder vacuüm wordt gebracht, en vervolgens door een paar filters geleid die het versneld afslibben naar zand- en slibbestanddelen. Sluit men verscheidene slibscheitoestellen in serie aan op één vacuümpomp, dan kan de produktiviteit van dit laboratoriumwerk nog aanzienlijk worden opgevoerd. In een bescheiden laboratorium kunnen thans, naast al het andere werk, per maand 700 tot 1000 watermonsters op hun zand- en slibgehalte worden onderzocht.

Uit peilingen kunnen de hoogten van de door de stroombeweging opgewekte ribbels worden bepaald, terwijl de ribbelrichting kan worden vastgesteld met de eerdergenoemde transit sonar.

Het door de stroom opgewekte zandtransport wordt als regel gemeten met behulp van een zogenaamde Delftse Fles. Dit meetinstrument werd jaren geleden ontwikkeld door het Waterloorkundig Laboratorium te Delft; sedertdien is het enkele malen op grond van de ervaring verbeterd. Het zandtransport tot 10 cm boven de bodem wordt gemeten met een bodemfles, terwijl voor het zwevend zandtransport een daaraan beantwoordende zwevende Delftse Fles wordt gebruikt. Voor de meting van het zandtransport langs de bodem kan men echter ook gebruik maken van radio-actief gemaakt greensand of natuurlijk zeezand, dat in beperkte hoeveelheden met het bodemmateriaal wordt gemengd. Met een detector, die op een slee achter een vaartuig aan over de bodem wordt gesleept, kan men dan de verplaatsing van het radio-actieve materiaal volgen. Betrouwbare absolute cijfers worden langs deze weg niet verkregen; het blijft bij een bepaling van de orde van grootte van het zandtransport; de richting van het zandtransport is met deze methode beter vast te stellen. Voor de nauwkeurige meting van zwevend zandtransport is een instrument ontwikkeld, dat thans in het beproevingsstadium verkeert, en 'zandtransportmeter' wordt genoemd. Het zand bevattend water wordt er, zonder dat dit de hydraulische omstandigheden beïnvloedt, in opgevangen, van zand ontdaan en weer geloosd.

Wil men onder water bodemmonsters nemen, dan staan daartoe bodemgrijpers ter beschikking. Voor de fundering van grote werken is het vaak nodig inzicht te verkrijgen in de opbouw van dieper gelegen grondlagen. Dan worden er boringen verricht door de Boordienst te Zierikzee, die geroerde of ongeroerde bodemmonsters kan bovenbrengen. De ongeroerde monsters worden verpakt in plastic buizen naar het laboratorium te Hellevoetsluis overgebracht. Na het uitdrukken van de buis kan het monster in twee helften worden gesneden; van de ene helft wordt een fotografische opname of een lakprofiel gemaakt, terwijl aan de andere helft grondmonsters worden ontleend ter bepaling van de slib- en de zandfractie, en van de korrelgrootteverdeling binnen de zandfractie.

Windsnelheid en windrichting worden aan boord van schepen gemeten met een handanemometer en met behulp van het scheepskompas. Registrerende windmeters van het K.N.M.I. staan opgesteld te Zierikzee en te Hellevoetsluis. In twee zeegaten zal binnenkort op een reeds aanwezige meetpaal een windmeter worden geplaatst. De meetgegevens van deze windmeter zullen radiografisch naar de wal worden geseind om daar te worden geregistreerd.

Het instrumentarium dat bij de meetdiensten in gebruik is, wordt beheerd en onderhouden door de Werktuigkundige Dienst van de Waterloorkundige Afdeling.

Bij de meetdiensten van de Rijkswaterstaat, die gezamenlijk per jaar 50 000 km — meer dan de aardomtrek! — aan raaien peilen, is na de oorlog een sterke behoefte ontstaan aan automatisering, niet alleen van de verwerking van peilgegevens, maar ook bij het opnemingswerk.

In het Driemaandelijks Bericht nr. 35 (februari 1966) werd reeds een beschouwing gegeven over de voorbereidingen die werden getroffen om te komen tot automatische verwerking en opneming van peilgegevens. Sindsdien is het automatiseringsproject verder uitgewerkt. In overleg tussen de Rijkswaterstaatsdiensten en de fabrikanten is proefapparatuur ontwikkeld, waarmee de meetresultaten aan boord van de opnemingsvaartuigen automatisch worden vastgelegd.

Deze apparatuur, afgeleverd in de periode van juni tot en met september 1967, is aan boord van een lodingsvlet gemonteerd voor het verrichten van proeven waaruit de deugdelijkheid der nieuwe instrumenten zou moeten komen vaststaan, en ook hun geschiktheid om bij alle soorten lodingswerk te worden ingeschakeld. Hoewel deze proeven nog niet beëindigd zijn is toch reeds een behoorlijk inzicht verkregen in de mogelijkheden. De gegevens die bij het opnemingswerk worden verkregen, worden als regel vastgelegd in peilkaarten waarop de diepten ten opzichte van een bepaald vergelijkingsvlak, b.v. N.A.P., als functie van hun plaats staan weergegeven.

Aan boord van een peilvlet worden diepte-, plaats- en tijdsbepalingen verricht, terwijl van peilschalen gegevens over de waterstanden worden ingevoegd, en waar nodig nog later correcties worden aangebracht op de radioplaatsbepaling. De factor tijd is onmisbaar om bij de verwerking deze gegevens in hun juiste samenhang te kunnen brengen en ze te kunnen herleiden.

Bij de huidige methodes worden de gegevens als volgt verkregen. Het echolood geeft op papier een registratie van de diepte, waarop de waarnemer door merkstrepen de relatie met de plaatsbepalingen legt. De plaatsbepaling geschiedt met behulp van de radiosystemen zoals decca, hi-fix of radiolog, die hun meetresultaten respectievelijk op wijzerplaten en telwerken weergeven, terwijl het radiolog tevens de papiersnelheid van het echolood regelt en daarbij door automatisch aangebrachte merkstrepen de relatie met de plaatsbepalingen legt. Ook wordt de plaats wel bepaald met optische instrumenten zoals sextant en afstandmeter.

De waarnemer leest de tijd af op zijn horloge.

Het echolood en de radioplaatsbepalingssystemen verrichten hun metingen langs elektronische weg; de optische instrumenten en horloges moeten door waarnemers worden afgelezen.

Automatisering van de opneming houdt in, dat de tijdens de opneming verkregen meetgegevens langs automatische weg in een voor de computer geschikte vorm worden vastgelegd op een ponsband.

De boordapparatuur moet hiertoe worden uitgebreid en aangepast. Aan de hand van de figuur, waarop de algemene opzet in principe staat weergegeven, zal dit worden toegelicht. De meetsignalen van de elektronische meetapparaten, het echolood en het radioplaatsbepalingssysteem worden doorgegeven naar een afzonderlijke 'digitale eenheid' voor elk apparaat, en daar omgezet in een bepaalde getalcode, of, zoals men zegt, gedigitaliseerd.

Ter wille van de computer is de code gebaseerd op het tweetallig stelsel. Elk gedigitaliseerd signaal wordt bewaard in een elektronisch geheugen, dat zich in de betrokken digitale eenheid bevindt, tot het volgende meetsignaal komt; bij het echolood duurt dat ongeveer 1/10 seconde; bij continue signalen zoals decca en hi-fix die uitzenden, wordt elke verandering van de meetwaarde als een nieuw gegeven beschouwd. Tussen de digitale eenheden en de ponsers, die de ponsband vervaardigt, bevindt zich de 'survey logger'. Dit apparaat selecteert en regelt de stroom van meetgegevens uit de digitale eenheden volgens een vooraf opgesteld en ingebouwd programma.

Bij elk gegeven dat het doorstuurt voegt het een herkenningsteken in ter identificatie door de computer. De survey logger voegt bovendien gegevens in als tijd, de administratie- en serienummers in gedigitaliseerde vorm en voorziet ook die van bijbehorende identificatietekens. Tenslotte voegt de logger waar nodig een 'parity bit' in.

Een korte toelichting op enkele punten lijkt hier op zijn plaats.

Het ponsprogramma van de meetgegevens luidt als volgt: voor plaats en tijd wordt door decca of hi-fix 1 x per 5 sec. een gegeven geleverd. De radiolog meldt zich 1 x per 10 m of 5 m. Door optische plaatsbepaling wordt één serienummer per waarneming verkregen. De diepte wordt 2 x per sec. geregistreerd. Hiermede zijn dus de tussenpozen bepaald waarmee de logger de in de geheugens van de digitale eenheden tijdelijk neergelegde meetwaarden telkens opvraagt. De logger voorziet elk meetresultaat van een letter ter herkenning door de computer: a, b of ac of bc voor decca of hi-fixwaarden, d voor de diepte, h voor de tijd, l voor de afstand, m voor het serienummer. Elke lodingsraai wordt op de ponsband geopend en afgesloten met door de logger aangebrachte administratieve gegevens. Deze gegevens bevatten in code naast de datum en de begin- en eindtijd informatie over de dienst, het lodingsblad, de gebruikte plaatsbepalingmethode, enzovoort. Deze bevat onder meer noodzakelijke informatie voor het computerprogramma en sluit bovendien verwisseling van ponsbanden uit. Het serienummer is een hulpmiddel om optisch verkregen meetresultaten op de ponsband vast te leggen. Bij de computerverwerking worden deze serienummers vervangen door de optisch verkregen meetresultaten.

De ponsband bevat acht kanalen; vier daarvan zijn gereserveerd voor meetwaarden, drie voor een herkenningsteken en één voor de parity bit. Elke letter, elk cijfer of teken wordt voorgesteld door een combinatie van gaatjes in 1 of meerdere kanalen. De organisatie van de computer eist dat het aantal gaatjes per cijfer, letter of teken even is. Zo nodig wordt hiertoe door de survey logger in het daarvoor bestemde kanaal via Op bladzijde 186 vindt men een tweetal voorbeelden waaruit de samenstelling van de gegevens op een ponsband blijkt.

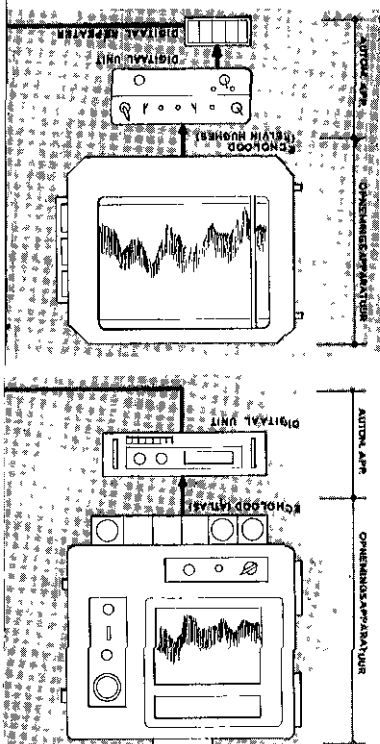
voortdurende controle nodig op de juiste werking. De Mathematisch Fysische Afdeling heden met zich brengt, wanneer men eenmaal met de bediening vertrouwd is. Wel is Verder is gebleken dat het werken met deze instrumenten geen bijzondere moeilijk-

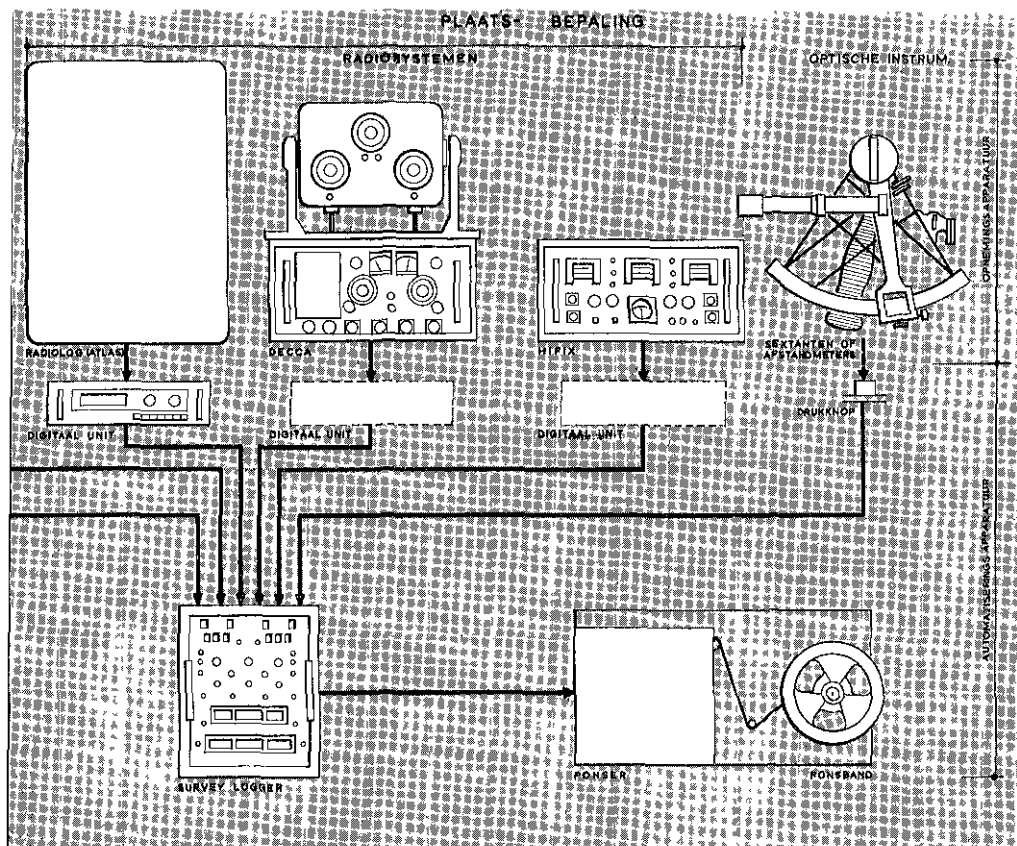
omstandigheden gebruikt kan worden. reeds aangegeven, dat de apparatuur voor alle voorkomende opnemingsstechnieken en van de beschreven apparaten bij allerlei soorten van loodingswerk. De proeven hebben Thans worden nog proevenseries uitgevoerd die voornamelijk gericht zijn op het gebruik

later operationeel gebruik onvermijdelijk zullen blijven voorkomen. ervaring is opgedaan met het ontdekken en opsporen van defecten en storingen die bij het stadium bereikt dat de kinderziekten praktisch gesproken overwonnen zijn. Veel struminten kwamen onvolkomenheden voor. Hoewel het nogal tijd heeft gekost, is thans praktisch enkele tekortkomingen. Ook in de samenwerking tussen de afzonderlijke in- *De afzonderlijke, door verschillende fabrieken vervaardigde apparaten vertoonden in de* Tijdens de proeven aan boord van de pelivlet zijn verscheidene storingen opgetreden.

Schematisch overzicht van de boordapparatuur

Diepte





van de directie Waterhuishouding en Waterbeweging van de Rijkswaterstaat heeft het omvangrijke computerprogramma in ontwikkeling dat de peilgegevens op zijn snelst zal kunnen bewerken.

In grote lijnen is de opzet van het programma voltooid. Met het bij de proeven verkregen ponsbandmateriaal wordt dit programma getest en verder uitgebouwd.

Het zal duidelijk zijn, dat de kwaliteit van de bereikte resultaten staat of valt met de kwaliteit van de ponsband.

Nu zijn er een aantal foutenbronnen die deze kwaliteit in meer of mindere mate kunnen aantasten. Het is dus noodzakelijk geweest door het gehele systeem van opname en uitwerking heen een systeem van opsporing, beoordeling en opheffing van fouten in te bouwen. Aan boord zijn de volgende controles aanwezig:

Het echolood onderkent valse echo's, veroorzaakt door in het water aanwezige zwevende voorwerpen, luchtballen en dergelijke, en geeft voor deze valse dieptes het cijfer 0. Alle informatie die naar de survey logger gaat wordt in getalvorm weergegeven; maar

1012/23067/000/615/100

h101214a34687c08026d1265d1255d1255d1265d1255d1240d1240d1250d1255d1240
h101219a34688c08026d1230d1220d1220d1215d1215d1220d1230d1230d1230d1230
h101224a34680c08026d1220d1195d1205d1185d1175d1165d1190d1185d1170d1175
h101229a34689c08023d1175d1180d1165d1165d1165d1165d1175d1175d1170d1170
h101234a34680c08022d1175d1180d1185d1205d1205d1200d1200d1195d1200d1195
h101239a34690c08021d1215d1190d1185d1190d1170d1175d1160d1155d1170d1155
h101244a34691c08020d1165d1170d1155d1165d1165d1175d1180d1175d1170d1165
h101249a34690c08020d1165d1170d1165d1165d1165d1165d1160d1160d1150d1155
h101254a34692c08018d1150d1155d1155d1160d1160d1155d1160d1160d1160d1185
h101259a34692c08017d1180d1185d1185d1190d1200d1205d1205d1210d1225d1205

enz.

h101744a34625c97918d1000d1000d1010d1010d1005d1010d1010d1035d1010d1010
h101749a34625c97916d1010d1030d1015d1020d1020d1020d1020d1015d1020d1020
h101754a34626c97914d1015d1015d1015d1015d1020d1020d1020d1020d1025d1025
h101759a34626c97913d1025d1025d1025d1025d1025[] [1018/23067/000/615/100]

Echolood met optische plaatsbepaling

1145/23067/000/685/100

h114527m0002d0890d0900d0900d0895d0910d0905d0910d0915d0915d0915d0905d0905
d0900d0910d0900d0895d0890d0885
h114536m0003d0885d0885d0880d0875d0870d0865d0865d0865d0865d0860d0855d0855
d0855d0855d0855d0850d0865d0835d0840d0845d0845d0840
h114547m0004d0840d0835d0835d0825d0830d0830d0830d0830d0825d0825d0825d0825
d0830d0820d0825d0830d0830
h114555m0005d0825d0825d0825d0825d0830d1550d0825d0830d0830d0835d0830d0820
d0825d0830d0835d0835d0835d0835d0835d0835d0855d0840d0860d0840
h114607m0006d0845d0840d0845d0840d0840d0845d0850d0850d0850d0850d0855d0855
d0855d0855d0860d0880d0865d0865d0865d0870d0875

enz.

h114836m0020d1165d1170d1165d1170d1170d1170d1170d1160d1150d1135d1135d1140
d1125d1100d1100d1100d1095d1095d1090d1090d1090d1090d1090d1085
d1085d1080
h114849m0021d1060d1045d1035d1035d1050d1030d1035d1040d1035d1050d1030d1030
d1015d1000d0995d0980d0975d0975
h114858m0022d0985d0980d0980d0975d [] [1149/23067/000/685/100]

Gedeelte van een ponsbandregistratie in de door de survey-logger verstrekte code

tegelijk wordt er een aantekening van gemaakt op de normale registratie. Het radiolog, dat de afstand tot de wal meet, geeft een waarschuwing met een rood licht wanneer de verbinding met het walstation onderbroken wordt. De waargenomen afstanden worden in getalvorm weergegeven. De plaatsbepalingsgegevens van het schip, die van de decca of hi-fix ontvanger via de survey logger naar de ponser worden gevoerd, kunnen op de survey logger worden gecontroleerd door vergelijking met de meetresultaten, die worden weergegeven op de ontvanger. De tijd is eveneens controleerbaar op de survey logger. Het is onmogelijk dat de voor de computer noodzakelijke administratie vergeten wordt, doordat ze automatisch gekoppeld is aan de start- en stopknop. Ook is een globale visuele beoordeling van de ponsband mogelijk.

Op het computercentrum wordt de ponsband door een speciaal testprogramma beoordeeld op ongeveer 18 punten. Zo wordt bijvoorbeeld gecontroleerd of de ordening der meetgegevens op de juiste wijze heeft plaats gevonden, of de meetgegevens voorzien zijn van de juiste identificatie, of er geen meetgegevens geheel of gedeeltelijk zijn weggelaten en of er geen onwaarschijnlijke meetwaarden zijn geponst. Deze controle geeft tevens voldoende informatie over de werking van de boordapparatuur. In het eigenlijke computerprogramma voor de verwerking van de ponsband zijn verder ook vele controles van het waarnemingsmateriaal ingebouwd. Wanneer fouten worden ontdekt worden ze geëlimineerd, terwijl in vele gevallen correctie door interpolatie plaats vindt. Gebleken is dat in een aantal gevallen de nauwkeurigheid van de eindresultaten groter is dan bij de conventionele methodes. Dit kan worden verklaard doordat bij de automatisering meer meetgegevens worden vastgelegd en bij de uitwerking worden betrokken dan tot nu toe mogelijk was. Zo zal het in gevallen waarin de plaatsbepaling met decca, hi-fix of 2 sextanten gebeurt, mogelijk worden de werkelijk gevaren route op de kaart weer te geven. Tot nu toe werd dit om praktische redenen niet of zelden gedaan. Ook de invloed van menselijke fouten is goeddeels uitgesloten. Deze fouten hebben een veel willekeuriger karakter dan de mogelijke fouten in de apparatuur en de computerverwerking, en zijn daardoor moeilijker op te sporen.

Op grond van het voorgaande kan worden gesteld dat de invoering van de automatisering van ladingen vanuit technisch standpunt gezien uitvoerbaar is, en dat het voornaamste doel ervan – verkorting van de verwerkingstijd en besparing van mankracht – er mee kan worden bereikt.

Het opruimen van de ringdijk in het Haringvliet

In de afgelopen jaren werd ongeveer tweederde gedeelte van het stortebed aan de zeezijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet binnen de bouwput in den droge aangelegd. Voor het overblijvende derde gedeelte was binnen de ringdijk geen ruimte meer, zodat de uitvoering daarvan uitgesteld moest worden totdat de bouwput was volgelopen en de ringdijk doorbaggerd. In nr. 38 (november 1966) van het Driemaandelijks Bericht is in het algemeen over het opruimen van de bouwput en het maken van de resterende stortebedgedeelten geschreven. Thans zullen we de afgraving van een ringdijkgedeelte aan de zeezijde en de constructie van de stortebed-beëindiging aan die kant van de sluis nader bezien.

Aan beide kanten van de sluis verhinderde de aanwezigheid van de bouwputdijk de complete uitvoering van het stortebed. Aan de rivierzijde besloot men het stortebed te voltooien wanneer de ringdijk volledig is weggebaggerd; aan de zeezijde echter gaf men er de voorkeur aan, nog een deel van de ringdijk als bescherming van het werk te laten staan. Zinkwerk kan moeilijk nauwkeurig worden uitgevoerd onder de directe aanval van wind en golven vanuit zee. Was het dus aan de ene kant een gelukkige omstandigheid dat er een dijk voorhanden was in de beschutting waarvan het zinkwerk kon plaatsvinden, niet minder waar was het, dat die dijk voor een gedeelte juist daar lag, waar de bezinking moest komen. Uit deze contradictoire situatie was alleen een uitweg te vinden, wanneer men de ringdijk aan de zeezijde in twee fasen zou afgraven. Eerst zou de binnenzijde van de ringdijk worden opgeruimd om de nodige ruimte te scheppen voor het aanbrengen van de zinkstukken. Daarbij moest de kruin van de dijk worden verlaagd van de oorspronkelijke hoogte op N.A.P. + 8 m tot N.A.P. + 4 m. De oorspronkelijke buitenbermen van de ringdijk op N.A.P. + 3,50 à + 4 m werd de nieuwe kruin.

Aangezien een hoogte van N.A.P. + 4 m niet voldoende was om de golven tijdens storm te keren was het noodzakelijk op de nieuwe kruin een tijdelijke kering aan te brengen om golfslag en daarmee ernstige aantasting van het overgebleven dijkgedeelte aan de binnenzijde tegen te gaan. Voor deze tijdelijke kering werden verschillende alternatieve oplossingen overwogen. Onder meer werd overwogen om een kade van zware stortsteen op de nieuwe kruin aan te brengen. Tenslotte werd echter zowel om technische als financiële redenen besloten de golven te weren met behulp van een damwand.

Er werd dus een damwand van 6 m lengte ingeheid over een diepte van 4 m zodat 2 m ervan boven de kruin bleef steken. Teneinde de golfklappen op deze steile wand te verminderen, werden aan de zeezijde op het met asfaltbeton beklede talud van de ringdijk twee rijen betonnen tetraëders geplaatst, die later op de stortebedden zullen worden aangebracht.

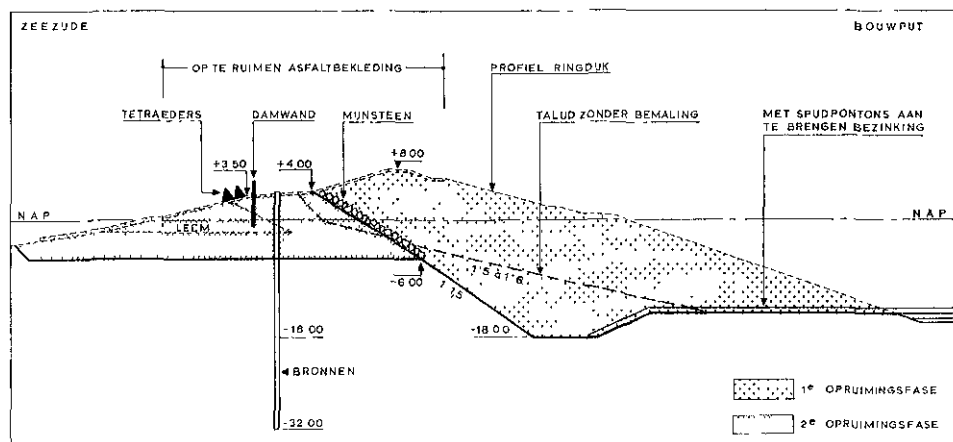
Deze tetraëders zorgden ervoor dat de golven veel minder geconcentreerd op de damwand sloegen doordat ze voordien uiteen werden geslagen en meer als verwaaid stuifwater dan als geconcentreerde opspuitende waterzuilen over de damwand sloegen. Het was aanvankelijk de bedoeling voor het opruimen van het eerste gedeelte van de ringdijk aan de zeezijde een cutterzuiger te gebruiken. Het bleek echter al spoedig dat met een cutterzuiger niet het steile talud kon worden gemaakt dat noodzakelijk was om het werk goed uit te voeren. Wilde er voldoende ruimte vrijkomen om de zinkstukken van de stortebedden aan te kunnen brengen, terwijl toch een voldoende groot deel van de ringdijk overbleef om met behulp van de damwand de golfaanval te keren, dan moest de taludhelling aan de binnenzijde ongeveer 1 : 1½ bedragen.

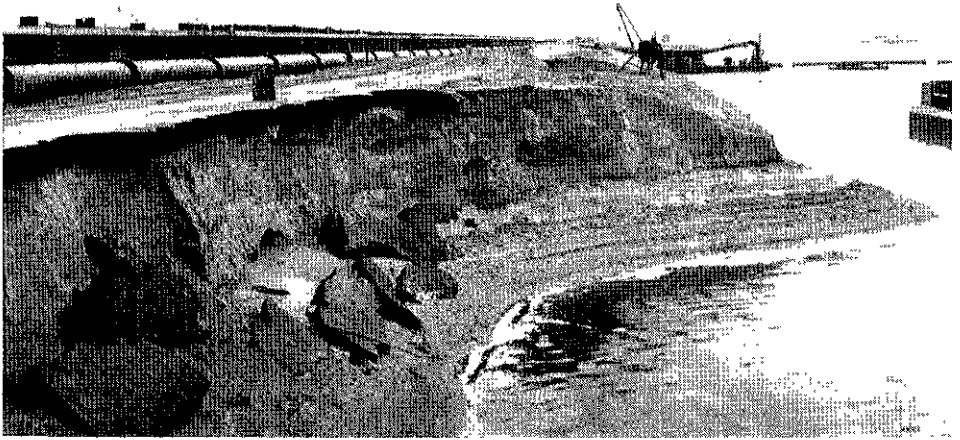
Op grond van de bijzondere bodemsamenstelling, namelijk afwisselende laagjes zand en klei, spekkoeklagen dus, bestond de verwachting dat dit steile talud kon worden bereikt. Toen de cutterzuiger echter geen voldoende resultaat bereikte, werd getracht het profiel te baggeren met een baggermolen. Ook met deze wijze van ontgraven kon men geen talud van de vereiste steilheid krijgen. Beneden het niveau van N.A.P. - 6 m werd geen steilere helling dan 1 : 5 à 1 : 6 bereikt. Wanneer getracht werd toch steiler te gaan, vonden afschuivingen plaats waardoor de dijk ernstig werd aangetast. Omdat de vereiste 'zinkruimte' toch moest worden vrijgemaakt, heeft men vervolgens getracht het talud steiler te maken door de stabiliteit van de bodem kunstmatig te verhogen.

Na uitvoerig beraad bleek de enige doelmatige oplossing het plaatsen van een bronbemaling.

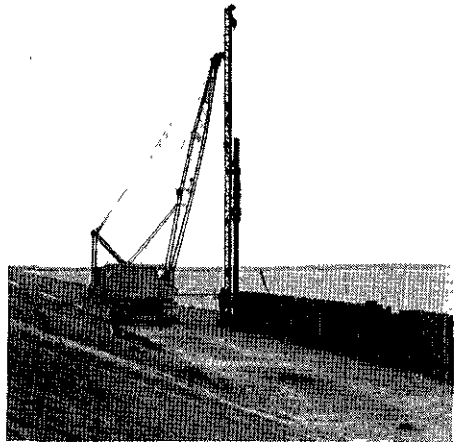
Na advies te hebben ingewonnen bij het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening en het Laboratorium voor Grondmechanica besloot men een bronbemaling te plaatsen met

Doorsnede van de ringdijk aan de zeezijde van de bouwput met de fasen van de opruiming en de toegepaste werkwijze





Afkalving van het binnentalud



Als tijdelijke bescherming werd een damwand ingeheid. Daarna werd de kruin links op de foto weggegraven



Tetraeders voor de damwand

bronnen op verschillende diepte. Om de 60 m werden bronnen geplaatst op een diepte van N.A.P. - 32 m, terwijl tussen elk paar van deze bronnen nog drie bronnen op een diepte van N.A.P. - 18 m werden geplaatst.

De onderlinge afstanden h.o.h. bedroegen dus 15 m; alle bronnen waren geplaatst in houten filters met een inwendige diameter van 22 cm.

De diepe pompen hadden een capaciteit van 60 m³/h; de ondiepe van 20 m³/h. De aandrijving geschiedde met elektromotoren van 5 pk en 4 pk.

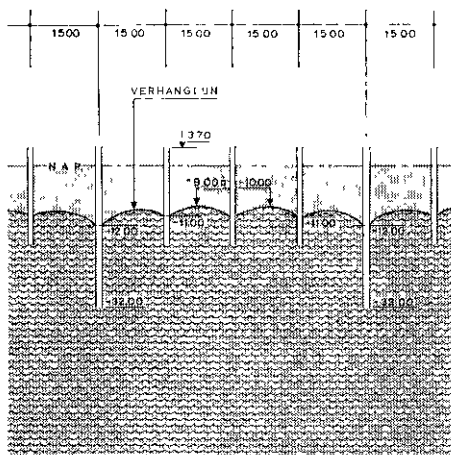
De elektrische stroom werd betrokken van het net van Goeree-Overflakkee. Onder een spanning van 12 000 Volt werd de stroom naar een aantal op de dijk geplaatste trans-

Opspuitend water tegen de damwand op een punt waar geen tetraëders geplaatst waren. In het opspuitend water is de vorm van de damwand te zien

Verwaaiend water. De koppen van de tetraëders zijn net boven de damwand te zien



De globale verhanglijn van de waterspiegel in het vlak van de bronbemaling



formatoren gevoerd en vandaar onder 380 V naar de pompen. De kabel liep over enige afstand langs de damwand en was diensgevolge nogal kwetsbaar. Om zeker te kunnen zijn van de bemaling en daarmee van het instandhouden van het talud, ook wanneer de kabel bij storm weg zou slaan, werd een noodaggregaat opgesteld dat zonodig de stroomvoorziening kon overnemen.

De verhanglijn van het water zoals die zich onder invloed van de bronbemaling instelde bleek niet goed te controleren omdat door kleinere afschuivingen langs het binnentalud van de dijk vrijwel alle geplaatste peilfilters onbruikbaar werden. Slechts in de lijn van de bronnen zelf kon de waterspiegel goed gemeten worden. Daarbij ontstond globaal de lijn die de bovenstaande figuur aan geeft.

Deze globale verhanglijn werd bepaald uit diep geplaatste peilfilters. In de bovenlagen was dit beeld verstoord door de gelaagde bodemopbouw. Door de bemaling ontstond een waterstroom naar de bron toe die op de korrels van het binnentalud een naar de dijk gerichte stromingsdruk uitoefende, waardoor een grotere wrijving kon worden opgenomen. Doordat de stabiliteit op deze wijze was vergroot, kon het talud van 1 : 1½ toch worden gerealiseerd.

Door de speciale bodemgesteldheid lukte dit slechts beneden N.A.P. - 6 m. Boven dit niveau had de bemaling een veel geringer effect. Bovendien werd het dijklichaam in de tijzone en ook daarboven ernstig aangetast door de golfwerking en door overslaand water. Om verdere aantasting te voorkomen werd daarom tot N.A.P. - 6 m een laag mijnsteen tegen het talud aangebracht, waarmee het bezwaar inderdaad grotendeels werd ondervangen.

Het installeren van de bronbemaling betekende een stagnatie van het werk, die tot gevolg had dat de bezinking in een ongunstiger seizoen moest worden uitgevoerd dan aanvankelijk was voorzien.

Hoewel dus het besluit een gedeelte van de ringdijk te laten staan om de bezinking in de beschutting ervan te kunnen uitvoeren, onvoorziene moeilijkheden en extra kosten heeft veroorzaakt, wordt die beslissing ook thans nog juist geacht.

Het alternatief immers zou zijn geweest de dijk in zijn geheel te verwijderen, hetgeen waarschijnlijk tot gevolg zou hebben gehad dat het aanbrengen van de uiterst belangrijke bezinkingen, onbeschermd tegen wind en golven, niet had kunnen geschieden met die mate van nauwkeurigheid in plaatsing en afwerking, als gewenst is.

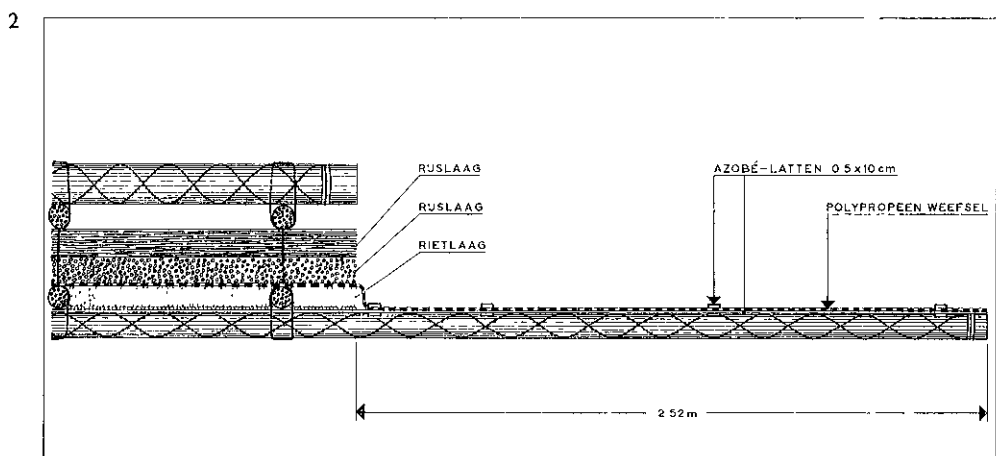
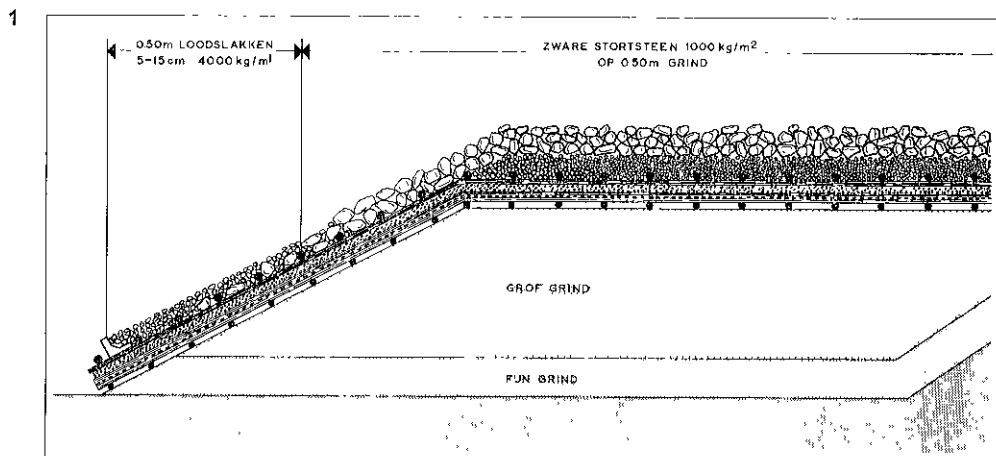
De beëindiging der stortebedden aan de zeezijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

Het laatste derde gedeelte van de stortebedden aan de zeezijde van de uitwateringssluizen vormt de overgang tussen het reeds eerder gereedgekomen, als filterconstructie uitgevoerde deel van het stortebed, en de onverdedigde bodem van de mond van het Haringvliet.

Deze constructie moet in de eerste plaats bestand zijn tegen de spuistroom. Maar ook de golfbeweging zal haar invloed hier doen gelden. Tengevolge van terugkaatsing tegen de schuiven van de uitwateringssluizen kunnen zogenaamde staande golven ontstaan die langs de bodem zulke grote variaties in druk veroorzaken, dat een gewoon zinkstuk er geen weerstand meer aan kan bieden: het zand wordt er gewoonweg doorheen gezogen. Hoewel de laatste tijd zinkstukken met een grotere zanddichtheid in ontwikkeling zijn gekomen, en ook door laboratoriumonderzoek enig inzicht is verkregen in de eisen en mogelijkheden ten aanzien van de zanddichtheid van nieuwe bodembeschermingsmatten, werd het nog niet verantwoord geacht, de beëindiging van het stortebed aan de zeezijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet al met zulke nieuwe stukken uit te voeren. De keuze werd voor deze verdediging bepaald op een laag fijn grind 2-5 mm ter dikte van 50 cm, met daarop zinkstukken die waren opgebouwd uit één laag riet en twee lagen rijshout. Om te voorkomen dat de rietlaag, die aan de onderzijde van het stuk ligt, tijdens het transport gedeeltelijk verloren zou gaan, werd daarvoor nog een laag kippegaas aangebracht. Deze onderste laag riet was dus bestemd om de bovenste laag van de filterconstructie op zijn plaats te houden. Het zinkstuk zou op zijn beurt worden afgedekt met een laag grof grind 3-20 cm ter bescherming tegen aantasting door de paalworm, en een laag stortsteen 60-300 kg, waarvan per m² 1000 kg zou worden gestort.

Om een praktisch naadloze aansluiting der zinkstukken te verwerkelijken, stak bij elk der stukken aan één zijde een dunnere zool uit, waarop het aansluitende stuk kon worden gelegd, zonder dat dat verdikkingen in de bescherming opleverde. Niet alleen worden op deze manier hydraulische oneffenheden vermeden, maar ook is deze manier van aansluiten nog goedkoper dan gewoon overlappend zinken, waarbij de aansluitende stukken dus gedeeltelijk in hun volle dikte over elkaar heenvallen.

Aan de beëindiging van de bezinking is bijzondere aandacht besteed. Uit het voorafgaand modelonderzoek was gebleken, dat de verdediging moest worden beëindigd onder een helling van 1 : 2, dan zou de stroom loslaten en dus een ontgrondingskuil



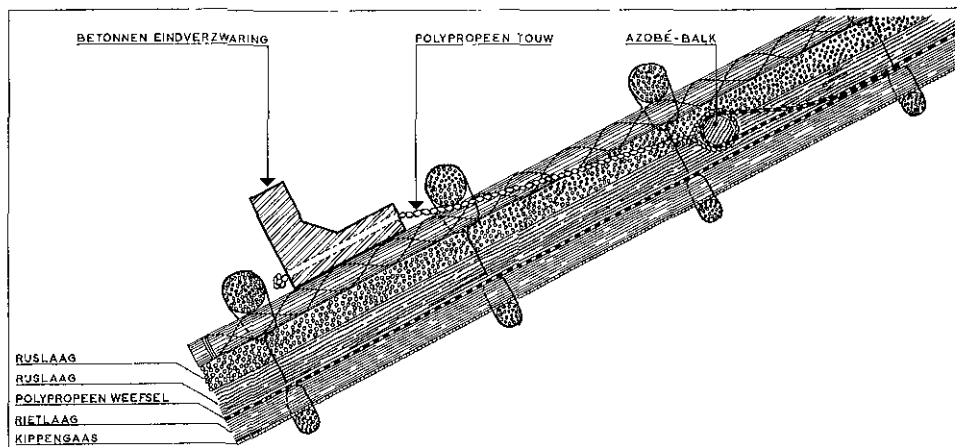
- 1 Doorsnede van de beëindiging van het stortebed aan de zeezijde
- 2 Het zinkstuk met de eronder uitstekende zool
- 3 De eindverzwaring wordt op het stuk gebonden
- 4 Detail van de opbouw van het zinkstuk

vormen met een flauwe aanzethelling. De helling van dit beloop, die van groot belang is voor de grondmechanische stabiliteit, zou naar het modelonderzoek uitwees nog verder kunnen worden verflauwd door het plaatsen van tetraëders nabij de rand van de bezinking. De beëindiging van het bezinkveld is zo ontworpen dat de constructie zo lang mogelijk in samenhangende vorm blijft, zelfs indien de ontgrondingskuil door plaatselijke verstoringen van het stromingsbeeld, of door welke oorzaak dan ook, toch een zo steile aanzethelling zou krijgen, dat de stabiliteit verloren zou gaan. Voordat de schade aan de bodembescherming een te grote omvang had aangenomen, zou men in elk geval tot herstelwerkzaamheden kunnen overgaan.

In de eerste plaats is hiertoe onder het einde van de bezinking een grindpakket aangebracht, bestaande uit grof grind op een filterlaag van fijn grind. In de tweede plaats zijn de stukken aan de rand van het bezinkveld over de laatste 25 meter versterkt met een laag polypropreenweefsel, dat in banen van 2,20 m breed op de rietlaag werd genaaid. Dit weefsel heeft een breuksterkte van 7 ton per meter breedte; het is samengesteld uit monofilamenten. Zelfs wanneer de rand van de bezinking door ontgroning vrij in het water zou komen te hangen, zal hij door deze voorzieningen niet van het stuk scheuren.

Met azobé-balkjes en polypropreen touwen is voorts een aaneensluitende rij betonementen op het doek bevestigd; deze betonrand verhindert de ballast van het stuk te rollen, zodat de mat in elk geval op het talud blijft rusten, en niet gaat klapperen, waardoor hij wellicht uiteen zou vallen. Om de rand niet al te hoog te moeten maken, heeft men besloten deze uiterste stukken te bestorten met loodslakken.

In verband met de belangrijke, permanente functie van de stortebedbeëindiging werd bij de uitvoering van de zinkmanoeuvres een grote nauwkeurigheid geëist. De toelaatbare afwijking werd zowel in de lengte- als in de breedterichting gesteld op 50 cm. Deze eis, en het feit dat op korte afstand van het zinkwerk nog een deel van de ringdijk stond, maakte het onmogelijk op traditionele wijze te zinken. Wegens het ontbreken van plaats voor verankering was de aangewezen oplossing het gebruik van *spudpontons*. Dat zijn pontons met strekbare poten eronder, waarmee ze zich, zoals booreilanden plegen, vastzetten op de bodem. Wanneer een ponton met behulp van zijn spuds eenmaal op de juiste plaats is vastgezet, is de juiste plaats van het stuk dat hij meevoert althans aan de kopzijde ervan verzekerd. Er is bij deze gelegenheid gewerkt met de



Gestrekt zinken

De verschillende typen bodembescherming die in het Deltagebied worden toegepast kunnen in twee hoofdgroepen worden verdeeld al naar ze wel en niet waterdoorlatend zijn; niet waterdoorlatende bodembeschermingen, zoals asfaltmastiek, zijn ook meteen zanddicht, maar bij waterdoorlatende beschermingen spreekt het niet vanzelf dat het erdoor stromende water geen zand meeneemt. Een goed steenfilter zal aan deze eis beantwoorden. In het uit rijshout opgebouwde klassieke zinkstuk komen echter openingen voor die vele malen groter zijn dan de onder het zinkstuk aanwezige zandkorrels. Zodra het door een zinkstuk stromende water in staat is de zandkorrels te doen opwervelen en mee te voeren, is er sprake van zandverlies en schiet het zinkstuk in zijn bodembeschermende taak te kort.

Bij het beschikbaar komen van zinkstukken van het zogenaamde semi-klassieke type (zie voor de beschrijving daarvan Driemaandelijks Bericht nr. 41, aug. 1967), is in het Waterloopkundig Laboratorium een onderzoek verricht naar de filtereigenschappen van eventueel toepasbare materialen die ook onder ongunstige omstandigheden een voldoende bodemafsluiting zouden bewerken.

Het ging er bij deze proeven om, de grens vast te stellen waarbij het bodemzand door de beschermingsconstructie heen begint weg te stromen. Al spoedig bleek dat bij grote stroomsnelheden en hoge turbulentie, zoals die optreden in sluitgaten, de zanddichtheid van het klassieke zinkstuk inderdaad niet voldoende was. Wanneer de maaswijdte van het filterdoek in het semiklassieke stuk echter kleiner is dan de diameter van de onderliggende zandkorrels, worden de korrels door het doek vastgehouden en is de constructie zanddicht. De plaats van het doek in het zinkstuk is daarbij niet van belang. Nu is het zand in het Deltagebied over het algemeen fijn van korrel. De voor het filterdoek gekozen maaswijdte varieert dan ook tussen 0,1 mm en 0,05 mm. Het fijne weefsel van dit doek kan echter door in het water aanwezig slib verstopt raken, waardoor het ook geen water meer doorlaat, en dat is veelal een bezwaar. Bij toepassing van een filterdoek met grotere maaswijdte neemt de kans op verstopping af, maar tegelijkertijd krijgt het zand de kans om door het meer open doek te verdwijnen.

Na enig experimenteren besloot men een kunststofweefsel van grotere dikte, een soort kokosmat, onder gelijke omstandigheden te onderzoeken. In deze kunststofmat komen tussen de draden weliswaar openingen voor die groter zijn dan de zandkorrels, maar toch bleek hij onder ongunstige omstandigheden nog voldoende zanddicht te zijn.

Bij toepassing van zo'n kokosmat is ook de plaats van de mat in het zinkstuk van belang. Het beste resultaat wordt bereikt wanneer de mat helemaal onder in het stuk wordt aangebracht en dus direct op het zand drukt. Het water krijgt dan niet of nauwelijks de gelegenheid om tussen de mat en het zand te stromen en het zand wervelt bovendien veel moeilijker op, omdat het onder het gewicht van het zinkstuk met zijn steenbestorting een zekere voorspanning heeft gekregen.

In verband hiermee moet het zinkstuk soepel zijn zodat het de onregelmatigheden van het zandoppervlak goed kan volgen. In het semiklassieke stuk kan men dus gerust een minimum aan hout verwerken. Dit vermindert de zanddichtheid niet omdat die immers geheel door de kunststofmat wordt bepaald. Bij een klassiek zinkstuk daarentegen wordt de zanddichtheid groter naarmate er meer hout in wordt verwerkt.

Een nevenverschijnsel dat bij de proeven aan het licht trad, is dat de doelmatigheid van de constructie in sterke mate afhankelijk is van de dichtheid der naden, temeer naarmate de waterdoorlatendheid van het stuk zelf afneemt.

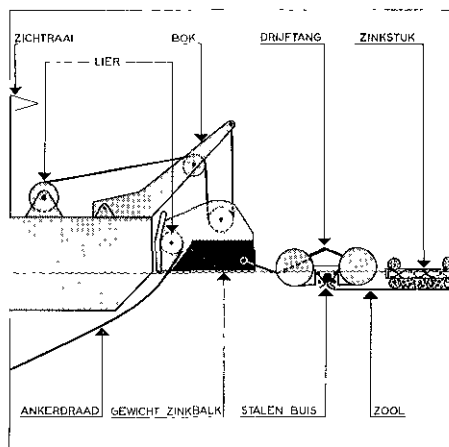
Een zijwaarts uitstekende zool waarop het aansluitende stuk komt te rusten, kan hier een goede uitkomst bieden, mits het afzinken met de nodige nauwkeurigheid geschiedt. Door de vroeger wel toegepaste stroomzinkmethode, die al eerder in het Driemaandelijks Bericht werd beschreven, kan deze zekerheid niet zonder meer worden verkregen. Daarom is deze werkwijze verder ontwikkeld tot de methode van het 'gestrekt zinken'. Bij deze methode wordt het — in vergelijking met het klassieke — in alle richtingen zeer slappe stuk tussen ankerdraden aan kop en staarteinde tijdens het zinken gestrekt gehouden door middel van een trekkracht van 5 à 6 ton; een kracht die voldoende bleek om het stuk recht en nauwkeurig te geleiden. Pas na het ballasten wordt deze spankracht weggenomen. In het algemeen zal het strekken geschieden tussen ankerdraden die via aan de omstandigheden van bodemgesteldheid en op te nemen krachten aangepaste ankers hun reactie in de bodem vinden. De verankerpunten worden om begrijpelijke redenen waar mogelijk buiten het bezinkveld gekozen.

Houvast kan echter ook worden gevonden op vooraf volgens een vast stramien in de bodem aangebrachte vaste punten, in de vorm van geheide, stalen palen, die met een boei worden gemarkeerd. Er kunnen zich evenwel omstandigheden voordoen waarin de ruimte ontbreekt om de ankerdraden voldoende lengte te geven. Dit was het geval in de bouwput van de Haringvlietssluisen, waar het stortebed nog binnen de bescherming van de ringdijk door een bezinking werd uitgebreid. Hier werd verankerd op spudpontons, terwijl verticaal geleide palen, onderaan de pontons speciaal hiertoe gemonteerd, werden gebruikt om het stuk naar de bodem te drukken. De lengte van de drukpoten, die met het oog op de erap uitgeoefende krachten toch wel beperkt is, bepaalt de maximale diepte waarop deze vrij kostbare zinkinstallatie gebruikt kan worden. Een meer uitvoerige beschrijving van dit werk vindt men in het artikel 'De beëindiging der stortebedden aan de zeezijde van de uitwateringssluisen in het Haringvliet', elders in dit nummer. Algemene toepassing kan de methode vinden waarbij het stuk tussen ankerdraden wordt gespannen en daardoor praktisch onafhankelijk is van de waterdiepte waarop gezonken moet worden. Ook deze werkwijze vereiste echter het ontwerpen van nieuw gereedschap.

Apparatuur

Allereerst is een 'drijftang' ontworpen, waarmee de uitwendige krachten in regelmatige verdeling op het stuk kunnen worden overgebracht. Hij bestaat uit twee buizen met daartussen rails. In vergrendelde stand houden deze rails het door middel van stalen buizen

Schematische voorstelling van de werking van de drijftang



verdikte uiteinde van de zool vast. De vergrendeling, die bestaat uit een staaldraad achter de rail, is dubbel uitgevoerd, zodat de tang op de bodem op twee manieren kan worden ontgrendeld.

Op twee plaatsen zijn aangrijpingspunten voor de anker- of bevestigingsdraden aangebracht.

De stijfheid van de stalen constructie garandeert een zeer gelijkmatige verdeling van de trekkrachten op het stuk over het gehele doek waaruit de zool bestaat. De buizen drijven, en fungeren als trekelement zowel wanneer het stuk van de zate wordt gesleept als bij het varen naar de zinkplaats.

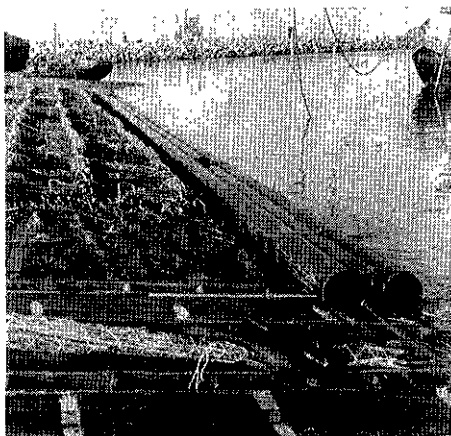
Omdat de zinkstukken niet alleen in zijdelingse richting maar ook in de langsrichting nauwkeurig moeten sluiten, dient de uitlegapparatuur zodanig te worden uitgerust dat ook een nauwkeurige ligging van de kop van het stuk verzekerd kan worden. Daartoe is de elektronische plaatsbepalingsapparatuur uitgebreid met een tweede detector die aan een eveneens horizontale arm is bevestigd, die loodrecht op de eerste staat. Bovendien is aan de zinkbalk of zinkbuis een pneumatisch bediende verhaalapparatuur gemonteerd, waarmee het mogelijk is de aan de kop van het stuk bevestigde ankerdraden naar behoefte te verkorten of te verlengen tot vlak voordat de voorkant van het stuk op de bodem aanlandt.

Proefzinken

Om na te gaan of de werkwijze en de daarvoor ontworpen apparatuur aan de verwachtingen voldeden, zijn op de drempel van het sluitgat in de zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavensche Gat bij wijze van proef een viertal stukken gezonken. Drie van deze stukken waren uitgevoerd met een 'sandwichzool', waarin dus afwisselend lagen van verschillend materiaal waren verwerkt, en één stuk met een enkelvoudige zool van het kokosmatttype waarin Z-filterdoek was verwerkt.

De stukken zijn gezonken op diepten tot N.A.P. - 24 m.

Bij deze proef is nog niet gewerkt met vaste punten, maar met aangepaste ankers. Aan de wijze van verankering bleken wel enige bezwaren te kleven. Een nadere beschouwing zal nodig zijn om te bepalen of bij de definitieve uitvoering het plaatsen van vaste punten wellicht de voorkeur verdient.

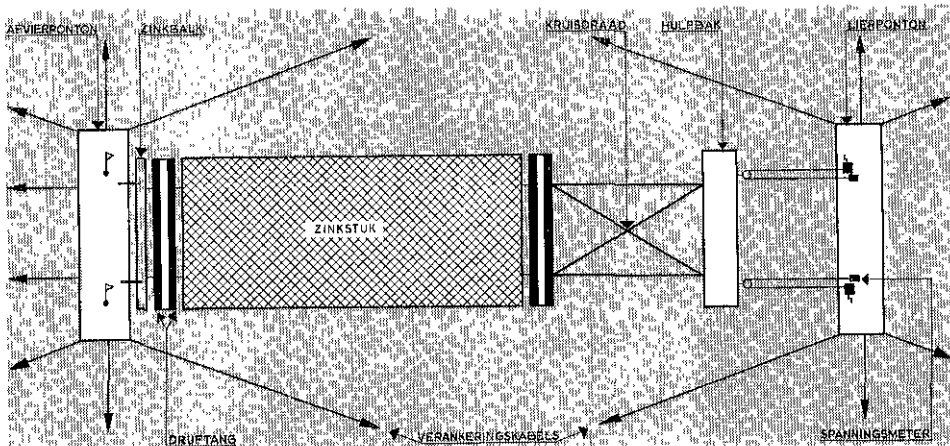


Bij hoog water wordt de drijftang op de zate gebracht en aan het stuk gekoppeld. Vooraan een van de kabels waarmee de tang gelost kan worden

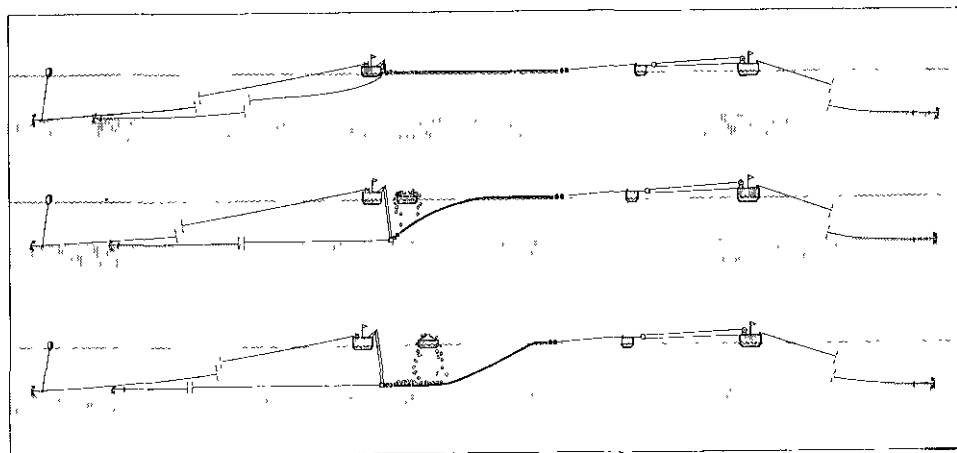
1 Schema van de opstelling voor de zinkmanoeuvre

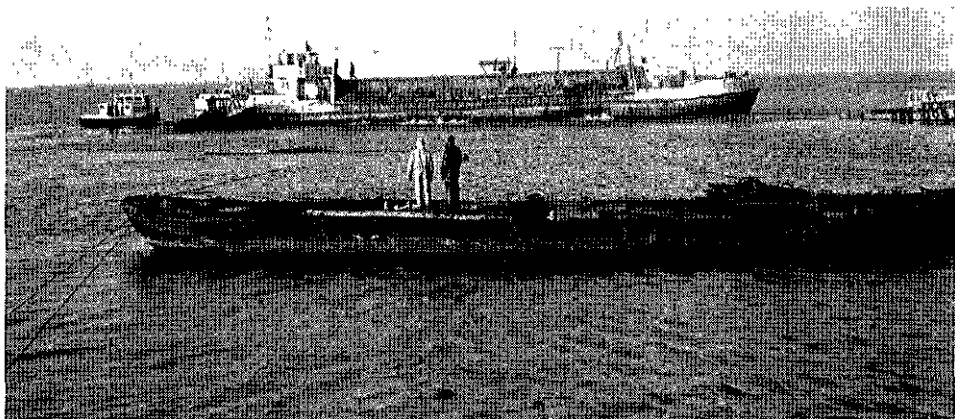
2 Het stuk wordt op de bodem gebracht en bestort

1



2





Het stuk wordt bestort. Op de voorgrond de bak die dient voor het in de goede richting houden van het stuk

De proeven vonden plaats in de winter, een voor dit werk bijzonder ongunstig jaargetijde; reeds gereedgekomen stukken moesten door weersomstandigheden tot 4 weken lang in het water drijvende wachten om gezonken te worden. Ondanks hun geringe opdrijving (minder dan 15 kg/m^2), of misschien wel juist daardoor, werd van deze wachttijd, waarbij vaak stormen optraden, geen nadeel ondervonden. Beide soorten filterzool doorstonden de stormen even goed.

De constructie van de stukken maakt het noodzakelijk dat ze op een langshelling worden vervaardigd. In de werkhaven 'den Osse' was echter alleen maar een dwarshelling aanwezig met een rollenbaan die passend was voor de dwarswiepen van een klassiek stuk. Door het aanbrengen van trapvormig naar beneden aflopende eiken latten werd een langshelling geïmproviseerd; hinderlijke oneffenheden werden overbrugd zodat het stuk ongehinderd naar beneden kon worden getrokken. De zate was namelijk niet breed genoeg om de hele lengte van het stuk in één keer te maken. Wanneer 20 à 25 m van het stuk was gereedgekomen, moest dat van de zate getrokken worden om ruimte te scheppen voor de verdere delen van het stuk. De hiertoe benodigde kracht, die bleek te schommelen tussen 6 en 10 ton, werd geleverd door een lierpontoon of een sleepboot.

Bij het maken van de stukken is gebleken dat de ten opzichte van een sandwichzool hogere materiaalkosten van een enkelvoudige zool meer dan goedgemaakt worden door de veel eenvoudiger bewerking en de daardoor verkorte arbeidstijd. Daar een sandwichzool bovendien gevoeliger is voor mechanische beschadiging, meer kans geeft op fouten bij de vervaardiging en ook eerder zal dichtslibben, wordt aan de enkelvoudige zool de voorkeur gegeven.

Hoewel het varen met deze slappe stukken, die soms $3\frac{1}{2}$ maal zo lang zijn als breed, de nodige zorgvuldigheid vereist, bleek dit toch geen bijzondere moeilijkheden op te leveren, noch bij het uit- en invaren van havens, noch bij het in positie brengen tussen de werkpontons. Bij het varen werd het stuk met de drijftang aan het staarteinde tegen een hulpbak gesjord. De draden tussen drijftang en hulpbak, die tijdens het varen tijdelijk waren ingekort, hadden een lengte gelijk aan $1\frac{1}{2} \times$ de diepte waarop gezonken moest worden.

Op de zinkplaats werden vooraf twee werkpontons in positie voor anker gelegd.

De ponton aan het kopeinde van het stuk was voorzien van lieren om de zinkbalk verticaal te kunnen bewegen. Tevens was de ponton uitgerust met een compressorinstallatie

ter bediening van de verhaalapparaatuur. Er was ook nog een lichte davit opgesteld om het frame met de detectorspoelen te kunnen plaatsen en afnemen.

De andere ponton lag ruim achter het staarteinde eveneens op eigen verankering en diende om de benodigde strekkracht op het stuk uit te oefenen. De strekkracht moest dus via de achterankers van deze ponton op de grond worden overgedragen.

Aan de zinkbalk waren verstelbare kopankerdraden bevestigd. Alvorens het stuk tussen de beide pontons te varen werden de kop- en staartankers door tijdelijk aangebrachte polypropeen trossen tussen zinkbalk en achterponton met nagenoeg het dubbele van de te verwachten ankerkracht in de grond getrokken, zulks met de bedoeling om te voorkomen dat de ankers tijdens het zinken zouden gaan krabben. Hierna werden de polypropeen trossen verwijderd.

Terwijl het stuk voor de stroom tussen de pontons werd getrokken werd de hulpbak met de trekpontons verbonden. In de verbindingsdraden, die om goed te functioneren evenwijdig moeten lopen, waren elementen opgenomen om de trekkracht te kunnen meten en ze door het manipuleren met de lieren op de voorgeschreven grootte te kunnen houden. Na het tot stand komen van deze verbinding werd de sjorring van het staarteinde van de hulpbak afgevierd tot de genoemde lengte van $1\frac{1}{2}$ x de waterdiepte en werden de kruisende draden, die dienden om dwarsbeweging van de kop ten opzichte van de bak te voorkomen, strak gezet.

Door vervolgens de trekdraden af te vieren bracht men de kop van het stuk met de eraan bevestigde drijftang tegen de aan de ponton hangende zinkbalk zodat hij eraan kon worden gekoppeld. Vervolgens werd het stuk onder de vereiste 5 ton trekspanning gezet. Na de kentering kon de zinkbalk en daarmee de kop van het stuk naar de bodem worden gebracht. Even voor het stuk de bodem raakte of nadat het zo nodig weer even van de bodem was opgehaald, kon de kop door de verhaalmotor in de lengterichting van het stuk in de juiste positie worden gebracht.

In dwarsrichting mag bij een goed neergelegde ponton geen afwijking geconstateerd worden. Met kruisdraden, die diagonalen vormen in de rechthoek ponton-zinkbalk-hijsdraden, kan een correctie van geringe omvang worden gegeven.

Lag de kop goed, dan werd ook het laatste stukje afgevierd en kon met bestorten worden begonnen.

De eerste bestorting, bedoeld om het stuk aan de grond te houden, bestond uit grof grind dat met behulp van een steenstorter in hoeveelheden van 100 kg/m^2 werd aangebracht. Voor deze eerste bestorting is grind gekozen, omdat dit regelmatig in een dunne laag kan worden aangebracht en de goede werking van het filter nauwelijks zou storen indien het onverhoopt ook gedeeltelijk op de uitstekende zool zou vallen.

Nadat het gehele stuk door de grindbestorting aan de grond gedrukt was, werd de spanning van de draden aan kop- en staarteinde teruggenomen en kon door het uittrekken van de vergrendelde staaldraden, die door een boei boven water bereikbaar bleven, de drijftang worden losgekoppeld. De tang aan het staarteinde dreef op, die aan de kop kwam nog gekoppeld aan de zinkbalk bij het ophijsen hiervan aan het wateroppervlak. Bij controle van de ligging door een duiker werden geen openliggende naden gevonden.

Krachtenspel bij het zinken

Bij de dimensionering van het materieel diende rekening te worden gehouden met de krachten die bij de verschillende handelingen kunnen optreden en waaraan dus weerstand geboden moet worden.

Allereerst diende de minimale zwaarte te worden vastgesteld van het gewicht dat de kop van het stuk naar de bodem moet drukken en dat naar de bovenstroomse zijde moet worden verankerd.

Zodra het zinken begint dient de horizontaal gerichte kracht aan de staartzijde van het stuk aan te grijpen, en deze kracht moet zoals gezegd gedurende de gehele zinkmanoeuvre in stand worden gehouden. Ze moet zo groot zijn dat een voldoende groot deel van het stuk diep genoeg onder water verdwijnt om een steenstortor boven het stuk te kunnen brengen.

Welke hoek het stuk in het water moet aannemen om de voor de steenstortor nodige ruimte vrij te maken, hangt af van de waterdiepte. De krachten waarmee het stuk aan de kopzijde op de bodem moet worden gedrukt, zijn afhankelijk van het opdrijvend vermogen en de breedte van het stuk, alsook van de waterdiepte. Wil men het stuk onder een hoek van 45° in het water brengen, dan moet een even grote trekkracht in horizontale richting op het staarteinde worden uitgeoefend. De maximaal in het stuk op te nemen trekkracht neemt in dat geval van staart naar kop toe met een factor 1,5. Om een idee te geven van de orden van grootte van de genoemde krachten: voor een stuk van 30 meter breedte met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m^2 dat gezonken moet worden in 30 m diep water, is een zinkbalk nodig die onder water een gewicht heeft van 30 ton. Ook de ankerkracht zal minstens 30 ton moeten bedragen. Voor het opnemen van deze krachten zijn geen hanteerbare ankers voorhanden; in zo'n geval moet worden gewerkt met ankerpalen. Aan het kopeinde van het stuk, juist achter de drijftang, zullen in ons voorbeeld dus krachten optreden van 45 ton. Filterdoek zoals werd gebruikt bij de proeven in het Brouwershavensche Gat heeft een treksterkte van 25 à 30 ton per strekkende meter. Neemt men een tweevoudige zekerheid aan, dan mag men dit doek belasten met 12,5 à 15 ton per meter.

Nu gelden de aangegeven relaties bij stilstaand water. Aangezien zinkwerk echter vrijwel steeds zal worden uitgevoerd terwijl er stroom staat, moet ook de stroom in rekening worden gebracht. De krachten die de stroom op het stuk uitoefent, zijn evenredig met het aangestroomde oppervlak van het stuk en met het kwadraat van de stroomsnelheid. Elk stuk stelt zich afhankelijk van zijn opdrijvend vermogen en zijn ruwheid in op een bij de overtrekkende stroom behorende evenwichtsstand. Bij lage stroomsnelheden en in verhouding tot de lengte van het stuk geringe waterdiepte zal het stuk aanvankelijk van de bodem tot het oppervlak reiken. Bij toenemende stroomdruk komt het stuk steeds flauwer te staan, en op den duur wordt ook de staart ervan onder water gedrukt. Vanaf dat ogenblik gaan de krachten op het stuk minder snel toenemen, aangezien nu de aangestroomde oppervlakte van het stuk voortdurend afneemt. Een voorbeeld: bij een stuk met een lengte van 80 meter dat gezonken moest worden op een diepte van 15 meter liep de stroomkracht per meter breedte van het stuk op tot 200 kg bij een snelheid van $0,52 \text{ m/sec}$. Toen de staart onder water verdwenen was, liepen de krachten op tot 300 kg, bij een snelheid van 1 m/sec .

De in het Brouwershavensche Gat uitgevoerde proeven hebben de berekende relaties in het algemeen op bevredigende wijze bevestigd.

Verhogen en verzwaren van de zeedijk van de Hellegatpolder

De Hellegatpolder is gelegen aan de Westerschelde op ongeveer 8 km ten oosten van Terneuzen. Men denke dus niet aan enig verband met het Hellegatsplein in het Volkerak; het is niet meer dan natuurlijk dat de omwonende bevolking een zeegat onder de indruk van zijn dreiging 'Hellegat' noemt, zonder zich af te vragen of in andere streken de naam wellicht al in gebruik is. In vroeger tijden was het Hellegat voor de steden Hulst en Axel de toegang naar de zee. Door aanzanding en aanslibbing van dit vaarwater ontstonden grote schorren, welke in de loop der tijden werden ingepolderd. In het jaar 1926 werd het laatste gedeelte van het voormalige Hellegat ingepolderd en ontstond de Hellegatpolder, welke geheel voor agrarische doeleinden werd gebruikt.

Op de urgentielijst voor de verbetering van de hoogwaterkeringen langs de Westerschelde komt deze dijk voor in de categorie van de hoogste urgentie.

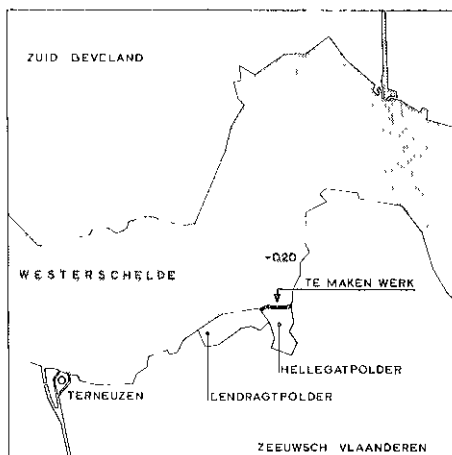
De bestaande dijk heeft een lengte van 1350 m. De kruinhoogte van de dijk varieert van N.A.P. + 6 m tot + 5,50 m; de breedte van de kruin bedraagt 1,5 m. Het buitenbeloop heeft over het algemeen een helling van 1 : 3. De buitenberm, op een hoogte van N.A.P. + 4,80 m, heeft een breedte van 7,5 tot 8 m. Het onder-

waterbeloop wordt slechts op het meest oostelijke gedeelte ter plaatse van het voormalige sluitgat verdedigd met een bestorting van Lessinische steen, onder een helling van 1:2. Voor het overige is geen verdediging aanwezig en heeft het beloop onder water een helling van ongeveer 1 : 5. Voor de dijk is een schor aanwezig die varieert in hoogteligging van N.A.P. + 1,70 m tot + 2,50 m. Het binnenbeloop van de dijk heeft een helling van 1 : 2. De binnenberm ligt op een hoogte van N.A.P. + 2 m en is 5 m breed; over de gehele lengte is deze berm van een 3 m brede wegverharding voorzien.

De nieuwe dijk

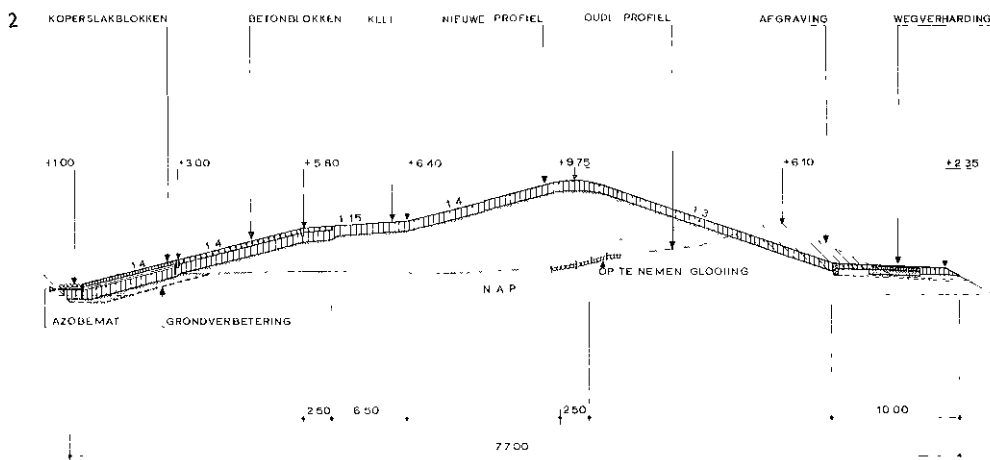
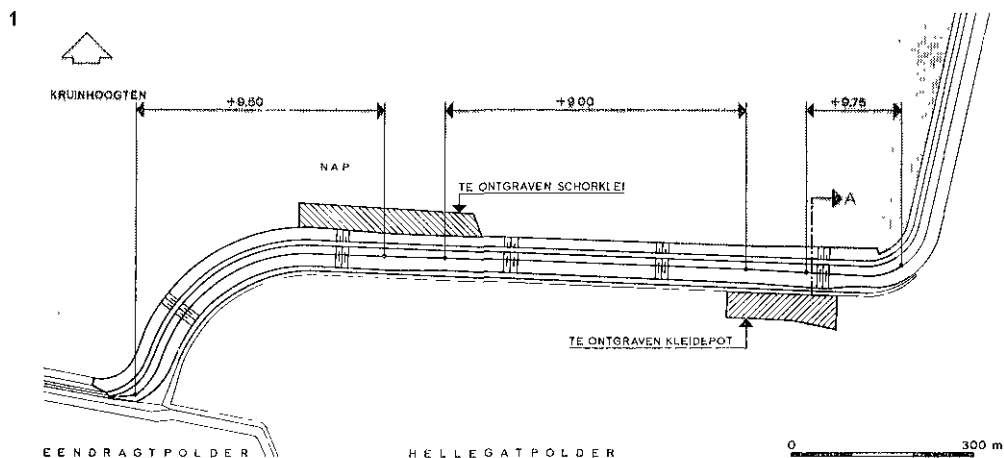
De verhoging en verzwaring van de zeedijk wordt aan de zeezijde van de bestaande dijk uitgevoerd en volgt het tracé van de bestaande dijk; slechts bij de aansluiting aan de zeedijk van de calamiteuze Eendragtspolder vindt een kleine bochtafsnijding plaats. De kruinhoogte van de nieuwe dijk zal niet overal dezelfde zijn; afhankelijk van de ligging van de dijk ten opzichte van de windrichting zal ze variëren van N.A.P. + 9 m tot + 9,75 m. De breedte van de kruin wordt 2,50 m. De dijk krijgt aan de buitenzijde belopen onder een helling van 1:4. De

Ligging van de Hellegatpolder in Zeeuwsch-Vlaanderen



1 Overzicht van het te maken werk

2 Profiel van de nieuwe dijk



buitenberm, onder een helling van 1 : 15. ligt met de voorrand op N.A.P. + 5,80 m en heeft een breedte van 9 m. Het binnenbeloop krijgt een helling van 1 : 3. De binnenberm, die met de voorrand op N.A.P. + 2,35 m komt, is 10 m breed. Op deze berm wordt een verharding aangebracht van 4 m breed.

In verband met de sterke afneming van de voorliggende schor wordt het waterbeloop verdedigd vanaf de teen tot N.A.P. + 3 m met een glooiing van koperslakkblokken van 20 cm dikte. Boven deze glooiing worden betonblokken van 20 cm dikte aangebracht, tot een hoogte van N.A.P. + 5,80 m. De verdediging wordt nog over 2,50 m voortgezet op de buitenberm, en deze bescherming dient dan tevens als rijstrook voor het onderhoud van de glooiing.

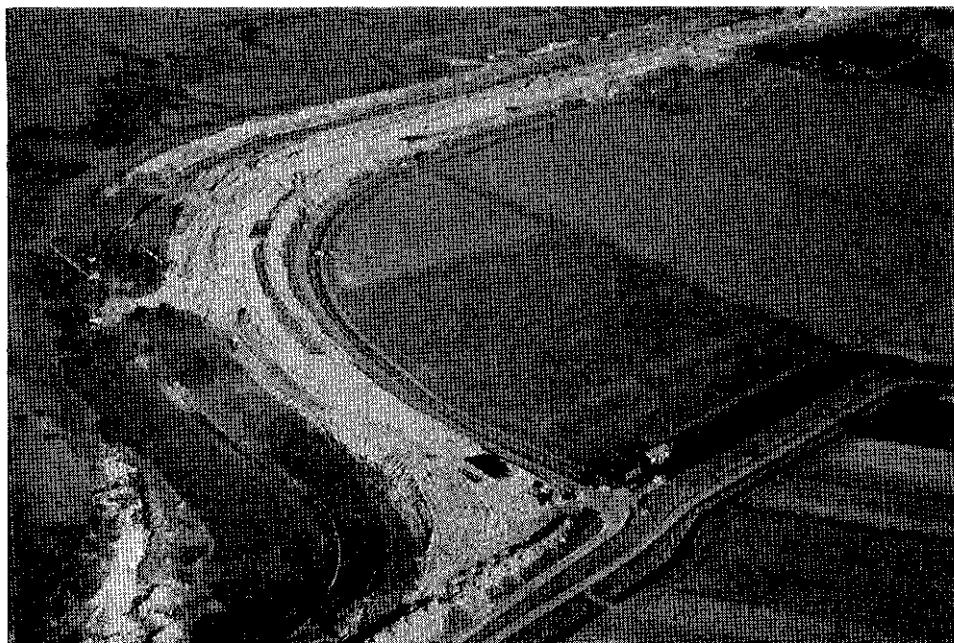
Onder de teen wordt over de gehele lengte een grondverbetering toegepast, om eventuele ongelijkmatige zettingen te voorkomen en om het achtergebleven perswater tijdens de uitvoering sneller te doen afvloeien.

De hoogteligging van de teen varieert van N.A.P. + 0,50 tot + 1,50 m. Aan de teen wordt een 2 m brede azobémat aangebracht, te bestorten met de uit de vroe-

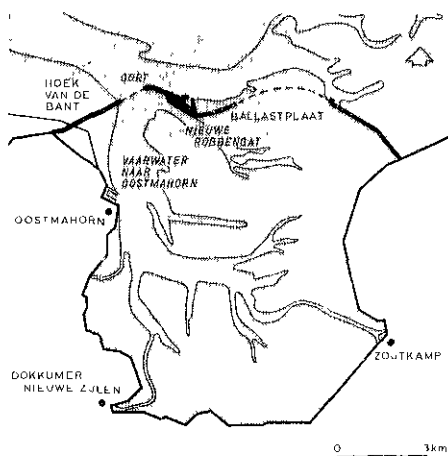
gere bescherming van het onderwaterbeloop vrijkomende Lessinische stortsteen. De koperslakkblokken worden gezet op twee vlijlagen en een spreidlaag van 5 cm bestaande uit gebroken Nederlandse steenslag 15-30 mm. De glooiing zal worden gesloten door perkoentegels met betonnen opsluitbanden. De klei voor de bekleding onder de glooiing wordt uit de bestaande schor gegraven, terwijl voor de buitenberm, het buitenbeloop en de kruin de klei uit een reeds tevoren aangelegd depot wordt aangevoerd. De klei voor het binnenbeloop komt van de bestaande dijk. De dikte van de kleibekleding bedraagt aan de buitenzijde en op de kruin overal 80 cm, en op het binnenbeloop 60 cm.

Het voorsomschreven werk werd door het bestuur van het waterschap Axeler Ambacht op 1 april 1967 voor een bedrag van f 2 468 000,- met verrekening van wijzigingen in lonen en sociale lasten, gegund aan de laagste inschrijfter, de Aannemingsmaatschappij Jac. G. van Oord N.V. te Utrecht. Met het werk, dat uiterlijk 18 maanden na de datum van aanvang voor de eerste maal voltooid moet worden opgeleverd, werd op 26 april 1967 begonnen.

De dijkverhoging in uitvoering, 26 oktober 1967



D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

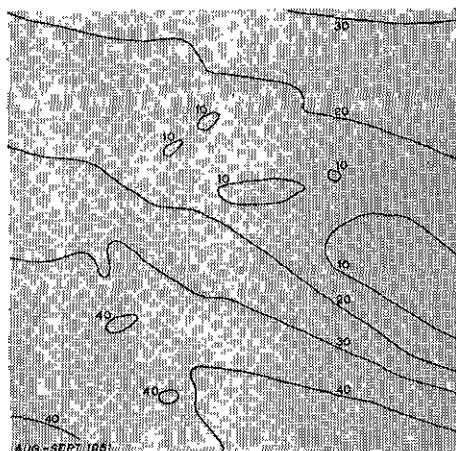


Situatie van de geulen in de Lauwerszee

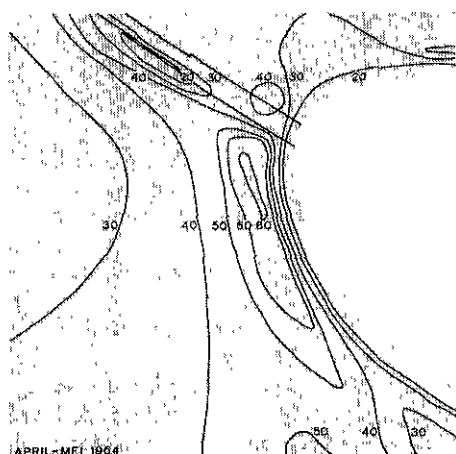
Veranderingen van de zeebodem door de uitvoering van de Lauwerszeewerken

Wanneer werken worden uitgevoerd in een gebied met een zo beweeglijke bodem als de Waddenzee, waarin bovendien voortdurend in richting en kracht wisselende waterstromingen voorkomen, dan kan het haast niet uitblijven dat deze werken een grote invloed uitoefenen op de zeebodem in de omgeving. Steeds bevinden zich hoeveelheden zand en slib in zwevende toestand in de zich bewegende watermassa's, en vooral nabij de bodem vindt er een flink materiaaltransport plaats. Door kleine onregelmatigheden in de stroom, zoals werveltjes, worden er telkens bodemdeeltjes plotseling van de bodem omhoog gewerveld om weer een eind verder tot bezinking te komen. Andere deeltjes rollen over de bodem en maken daarbij af en toe grotere of kleinere sprongetjes met de stroom mee. Behalve de stroom brengt ook de golfslag grote hoeveelheden bodemdeeltjes in beweging. Tijdens stormen is in de Waddenzee geconstateerd, dat het water grijs was van het opgewervelde zand en slib. Metingen van het materiaaltransport vanaf meetsteigers op de Waddenzee en in de Lauwerszee hebben dan ook bevestigd, dat het materiaaltransport tijdens stormvloed groter is dan bij rustig weer.

Gezien op korte termijn bevinden de geu-

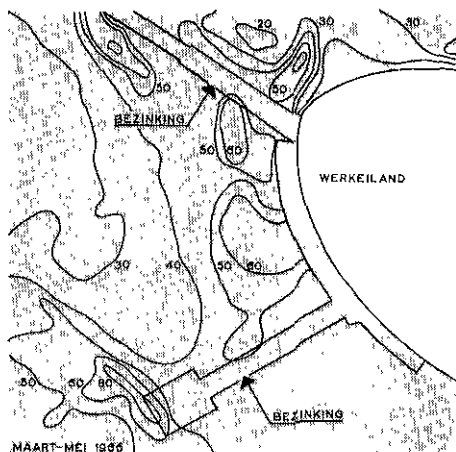


Ontwikkeling van het geulenstelsel rond de kop van het werkeiland

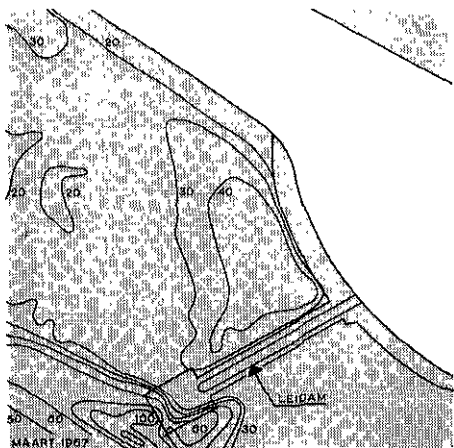
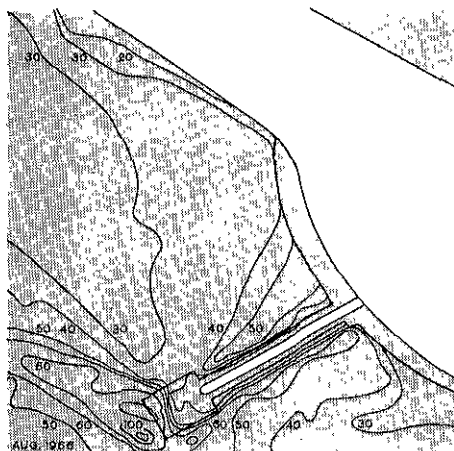


len van de Waddenzee zich in een dynamisch evenwicht. De ebstroom vervoert weliswaar zand- en slibdeeltjes zee- waarts, maar de vloedstroom brengt ze weer terug. Kleine verschillen tussen materiaaltransporten bij eb en vloed hebben na verloop van tijd wijzigingen tot gevolg van de bodem van de geulen en de aangrenzende zandplaten. Hierdoor verandert langzamerhand de waterbeweging ook zonder dat daarvoor duidelijk aanwijsbare invloeden van buitenaf bestaan, zoals het ingrijpen van de mens. Het is bijzonder moeilijk om in dit gehele gebeuren in de Waddenzee wetmatigheden te vinden of de oorzaken van wijzigingen op te sporen, omdat over dit uitgestrekte gebied nog zo weinig exacte gegevens beschikbaar zijn.

Een heel interessant voorbeeld van de veranderingen die van nature in een geulenstelsel kunnen optreden, vormt het gebied waar de beide hoofdgeulen van de Lauwerszee, het Vaarwater naar Oostmahorn en het Nieuwe Robbengat samenkomen met het Oort. Uit oude kaarten kan worden afgeleid dat de westelijke oever van de genoemde geulen, de Hoek van de Bant, voortdurend naar het oosten opdringt. Dit opdringen kan zelfs zo ver gaan, dat het Vaarwater naar Oostmahorn naar het oosten wordt weg-



Ontwikkeling van het geulensysteem rond de kop van het werkeiland



gedrongen en tenslotte via een vloed-schaar een nieuwe meer westelijk gelegen uitmonding naar het Oort tot stand brengt.

Dit verschijnsel heeft zich tussen 1850 en 1920 voorgedaan. Een overeenkomstig verschijnsel doet zich voor in de zee-gaten tussen de Noordzee-eilanden. Daar is het het gevolg van het zandtransport in oostelijke richting. De conclusie ligt voor de hand, dat ook in het Wadden-gebied ten noorden van de Lauwerszee een voortdurend transport van west naar oost optreedt.

Metingen, verricht sinds de dienst Lauwerszeewerken in 1955 werd opgericht, hebben trouwens uitgewezen, dat de Hoek van de Bant ook in onze tijd voortdurend verder in oostelijke richting op-dringt ten koste van het Vaarwater naar Oostmahorn.

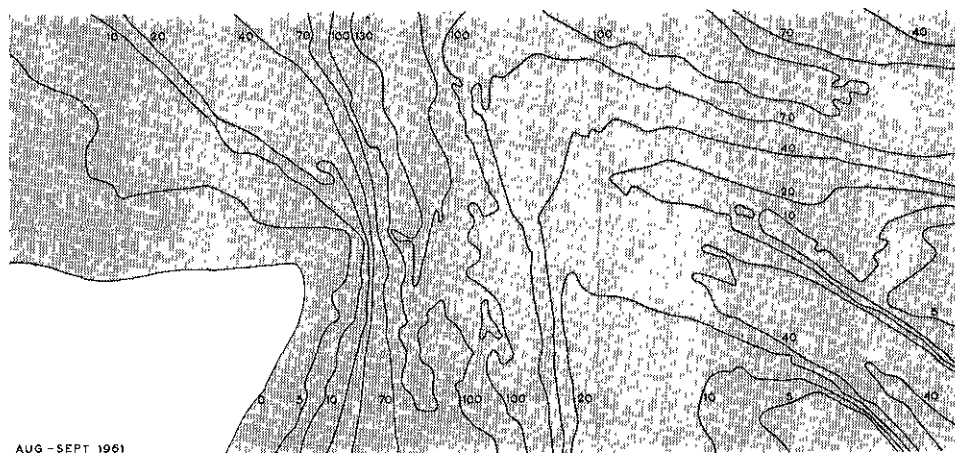
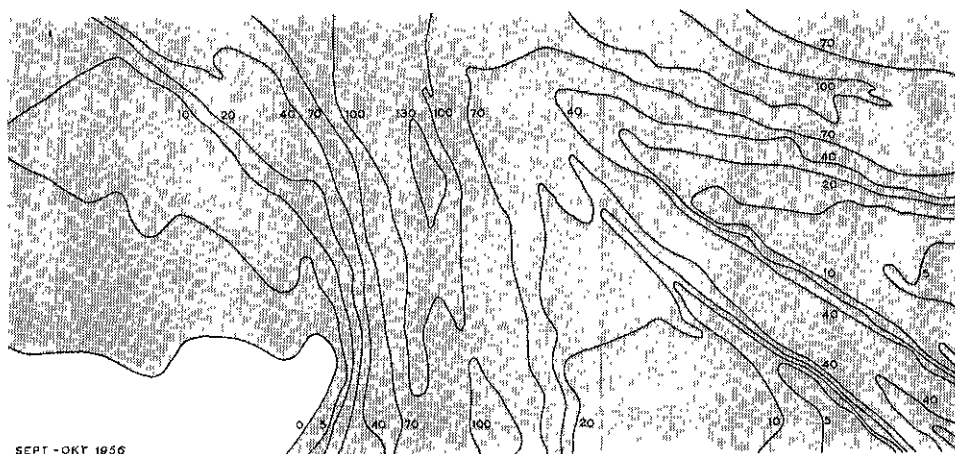
Zodra met de uitvoering van werken wordt begonnen, dat wil zeggen wanneer er op bepaalde plaatsen blijvende belemmeringen in de weg worden gelegd aan de natuurlijke stromen, nemen de stroomsnelheden plaatselijk sterk toe, en wordt het bodemtransport plotseling vele malen groter. Dit geldt des te sterker naar mate de werken worden aangelegd op plaatsen waar van nature een vrij sterke stroom aanwezig is en naar ge-

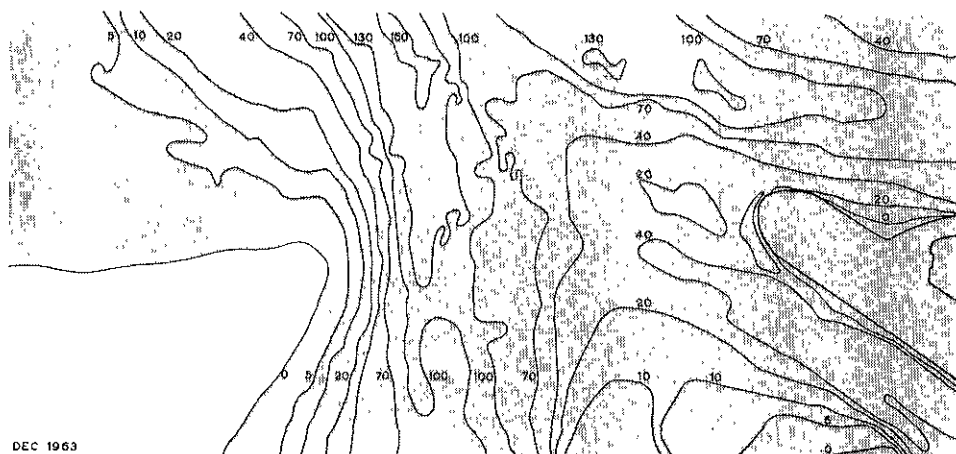
lang deze stroom verder uit zijn oorspronkelijke baan wordt gedreven.

De hogere stroomsnelheden rondom zulke werken brengen een verstoring teweeg in het daarvoor opgetreden dynamische evenwicht van materiaaltransport.

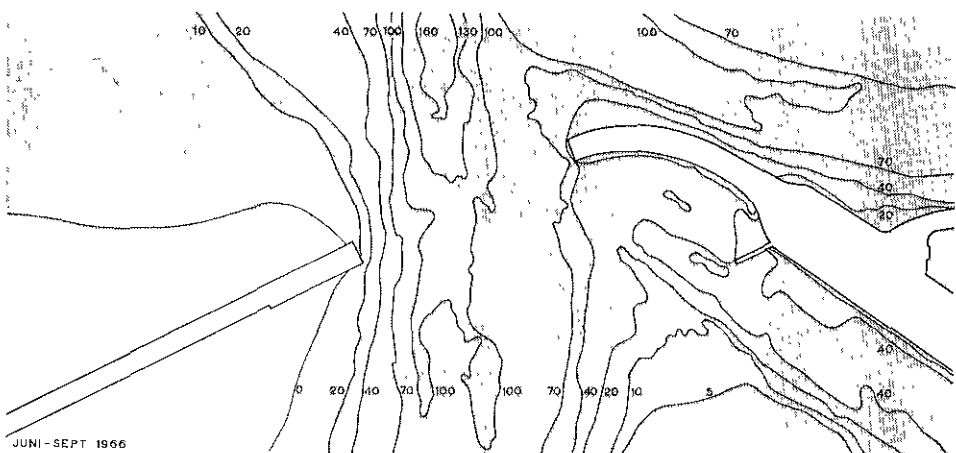
De sterkere stromen nemen bodemdeeltjes mee en laten deze elders weer tot bezinking komen. De daarop volgende stroming in tegenovergestelde richting doet hetzelfde, zonder evenwel nieuw bodemmateriaal naar de aldus ontstane verdieping aan te voeren. Zo ontstaat langzamerhand een nieuwe evenwichtstoestand, waarbij de eb- en vloedstromen

Ontwikkeling van de geulen ter plaatse van het sluitgat

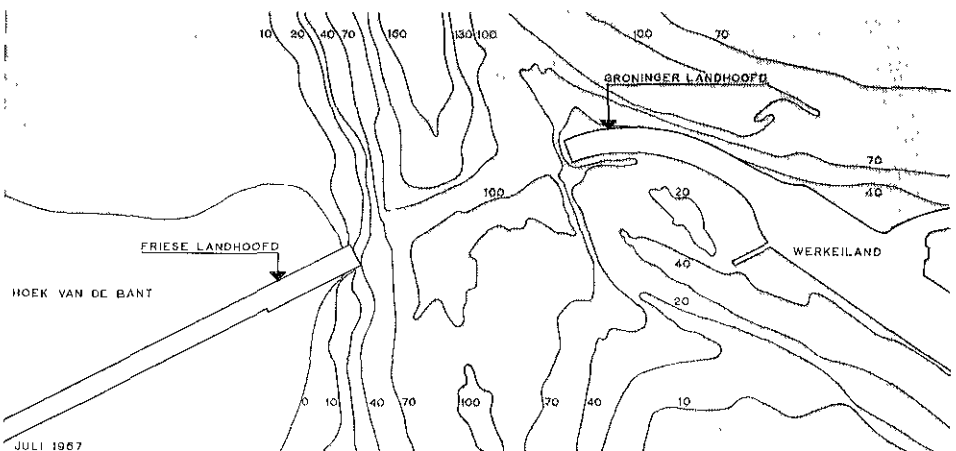




DEC 1963



JUNI-SEPT 1966



JULI 1967

Ontwikkeling van de geulen ter plaatse van het sluitgat

een zo ruime geul uitschuren dat de daarin optredende stroomsnelheden weer beneden de grens komen waarbij nog grote hoeveelheden materiaal worden meegeleurd. De geul rondom de westzijde van het werkeiland vormde een typisch voorbeeld van zo'n verdieping. De uiterst westelijke punt van de Ballastplaat waarop het werkeiland van de Lauwerszeewerken is gebouwd, was van een labiele bodemopbouw. Gedurende vrij korte perioden van het getij traden hier uitermate felle dwarsstromen op tussen het Oort en het Nieuwe Robbengat. Deze stromen zouden zonder twijfel de landtong allang hebben opgeruimd, wanneer hij niet steeds weer opnieuw in andere fasen van het getij door materiaaltransporten in de lengte van de beide geulen was aangevuld.

Dit evenwicht werd ruw verstoord door de bouw van het werkeiland. De overtrek van water ter plaatse van het werkeiland, een vrij langzame stroom van ca. 0,30 m/sec, moest nu geheel om de westelijke kop van het werkeiland worden geleid. Uit modelonderzoek was al gebleken dat de stroomsnelheden plaatselijk zouden kunnen oplopen. De in de werkelijkheid optredende stroomsnelheden bleken nog iets groter te zijn dan geraamd. Bij eb werden snelheden van

ongeveer 0,70 m/sec en bij vloed van 1,20 m/sec gemeten. De westelijke kop van het werkeiland was in het ontwerp geheel afgerond, omdat het niet zeker was in hoeverre de stroom hier zou bijdraaien en waar hij diens gevolge de kop zou raken.

De uitgeschuurde grond werd over een betrekkelijk kleine afstand vervoerd, zodat aanvankelijk alleen een gat ontstond op de plaats waar de stroomsnelheid het grootst was. Langzamerhand breidde de verdieping zich vervolgens naar de zij-kanten uit; in de verdieping zet zich geen nieuw zand meer af, maar daarbuiten wordt het materiaal steeds verder van de nieuw ontstane geul vervoerd totdat het tenslotte geheel buiten het bereik van de stroom is gekomen. Door het vrij grote verschil in transporterend vermogen van de stroom aan de westkop werd net zo lang materiaal naar het Nieuwe Robbengat gevoerd tot een vrij brede en diepe geul was ontstaan die in open verbinding stond met het Robbengat. Daarna trok deze geul hoe langer hoe verder naar het noordwesten en ontstond het gevaar, dat het Nieuwe Robbengat een nieuwe uitmonding naar het Oort zou vormen vlak langs het werkeiland. Inmiddels was de oude uitmonding naar het Vaarwater naar Oostmahorn volslagen door een zandbank afgesloten.

De ongewenste ontwikkeling van een geul dwars door het tracé van de afsluitdijk kon worden voorkomen door het leggen van een aantal kleine zinkstukken met een totale lengte van 265 m in het verlengde van de as van het werkeiland, hetgeen het doorschuren van de geul naar het Oort voorkwam. Uit deze gang van zaken is wel gebleken, dat het goed mogelijk is een eiland te bouwen op een sterk aan veranderingen onderhevige zandbodem, mits de wijzigingen in de zeebodem in de onmiddellijke omgeving van dit eiland door voortdurend peilen nauwlettend worden gevolgd en er steeds door het aanbrengen van bezinkingen voor

wordt gezorgd dat de teen van de glooiingen rondom het eiland niet kan worden ondermijnd.

Tevens blijkt dat men door het maken van een obstakel een bepaalde geul in de nabije omgeving als het ware naar dit obstakel toetrekt, waar hij dan ook blijft liggen.

Het is de vraag of het de voorkeur verdient de stroom een zekere geleiding te geven zoals bij het werkeiland is gebeurd, dan wel de stroom slechts op één punt op te vangen door middel van een vooruitstekende dam. Bij de eerste oplossing moet een verdediging over een grote lengte worden onderhouden, maar doordat de stroom op een soepele wijze wordt geleid zullen er geen onverwacht grote ontgrondingen ontstaan die het eigenlijke werk in gevaar kunnen brengen.

Bij de andere oplossing wordt de stroom als het ware een eind van het werk weggeduwd, maar bij de kop van de leidam zal dan een uitermate felle stroom ontstaan, die in enkele getijden zeer grote verdiepingen veroorzaakt. Het onmiskenbare risico van een ernstige ondermijning geldt hier alleen voor de gemaakte leidam, en niet voor het eigenlijke werk, tenzij de stroom de gehele leidam weer zou opruimen.

Bij verdere uitbouw van het werkeiland in westelijke richting tot aan het oostelijke, Groninger landhoofd van het sluitgat is gekozen voor de tweede methode; daar werd een leidam van ongeveer 180 meter lengte vooruit gebouwd. In enkele tijen ontstond een verdieping van meer dan 5 meter voor de kop van de leidam, waardoor hier een grote kuil tot ongeveer N.A.P. — 11 m werd gevormd. De vooraf aangebracht bezinkingen hebben deze verdieping goed kunnen volgen, vermoedelijk omdat het zand daaronder voor een deel als loopzand naar de diepte is gevloeid. Door deze gelukkige omstandigheid ligt de oever van de uitschuringskuil aan de zijde van de leidam nu

beschermd door een regelmatig hellende bezinking. De beide doelen die met het maken van de leidam werden beoogd, namelijk de westelijke uitbreiding van het werkeiland tijdens de bouw tegen al te sterke overtrekkende stromen te beschermen en de stromingen tussen het sluitgat en het Nieuwe Robbengat zo te richten dat een rustig stroombeeld ontstond, zijn volledig bereikt. Zelfs is het door de uitschuring van de kuil van de leidam vrijkomende zand voor een groot deel neergeslagen ter plaatse van de te bouwen dijk, waardoor een welkome besparing op de aanlegkosten werd verkregen. Met behulp van keileemdammen is de resterende dwarsstroom ter plaatse van dit dijkvak beteugeld. Eind 1966 was het Groninger landhoofd gereedgekomen en tevens de horizontale drempel over de volle lengte van het sluitgat op N.A.P. — 8,50 m gebracht. Deze ingrepen brachten grote veranderingen mee voor het gehele gebied rondom het sluitgat. De leidam aan het Nieuwe Robbengat richtte de ebstroom naar het sluitgat, geheel volgens de voorspellingen van het Waterloopkundig Laboratorium. De ontgrondingskuil voor de kop van deze dam breidde zich langzamerhand in westelijke richting uit; verwacht werd dat er in het sluitgatgebied een doorgaande geul naar het diepe water zou ontstaan. De vloedstroom werd echter sterker door het sluitgat beïnvloed dan uit het modelonderzoek viel af te leiden. Ondanks de breedte van het sluitgat werd het water door een sterke stroomconcentratie nabij het Groninger landhoofd in vrijwel zuidelijke richting gestuwd. Hierdoor werd het voor het Nieuwe Robbengat bestemde vloedwater, toch nog altijd ongeveer een zesde deel van de totale stroom door het sluitgat, ongeveer 400 meter voortgestuwd voorbij de plaats waar de geul uit het Nieuwe Robbengat het sluitgat bereikt. Tengevolge hiervan is in het mondingsgebied van het Nieuwe Robbengat een geulen-

systeem aan het ontstaan met een eb- en een vloed-schaar en daartussen een hoge oeverwal. Wanneer de stroom in het Nieuwe Robbengat in de komende maanden sterk wordt vergroot tengevolge van de afsluiting van het dijkvak tussen het werkeiland en de Groninger kust, zal dat zonder twiifel weer een belangrijke uitwerking hebben op dit mondingsgebied.

Door de lange horizontale drempel is het dwarsprofiel van de geul ter plaatse van het sluitgat van een gebogen in een rechthoekige vorm veranderd. De zandige geulbodem aan weerszijden van het met zinkstukken verdedigde gebied heeft zich in het afgelopen jaar sterk bij de rechthoekige vorm van het sluitgat aangepast. De hoofdstroom bij vloed ligt duidelijk aan de Groninger zijde van het sluitgat, waar ook uitgebreide verdiepingen zijn ontstaan tengevolge van sterke turbulentie. Bij eb blijft de hoofdrichting van de stroom ongeveer evenwijdig aan de as van het Vaarwater naar Oostmahorn. De sterkste stroom treedt hierbij op aan de Friese zijde van het sluitgat. Niettemin is hier aanzanding opgetreden, vooral langs de westelijke oever van het Vaarwater naar Oostmahorn aan de noordzijde van het in 1965 gebouwde dijkvak naar de Friese kust.

Na een stormachtige periode worden

hier grote hoeveelheden materiaal afgezet, het meeste op de oevergedeelten boven N.A.P. — 4 m. Aan de onderzijde wordt dezelfde oever steeds verder door de versterkte ebstroom ondermijnd, zodat hier in het afgelopen jaar een zeer steil oevergedeelte is ontstaan. Toch zal de oever vermoedelijk in stand worden gehouden door de vele kleilaagjes die hier in de bodem worden aangetroffen. Om de ebstroom in dit gebied te versterken is in de winter 1967–1968 een hoeveelheid specie van de oever weggezogen. Men hoopt door deze maatregel het over de zandplaat bij de Hoek van de Bant aangevoerde bodemmateriaal in voldoende mate te verwijderen om het sluitgat bij het Friese landhoofd een goede doorstroming te verschaffen. De versterking van de stromingen door het sluitgat tengevolge van de verhoging van de drempel tot N.A.P. — 6,50 m en de grotere aanvoer uit het Nieuwe Robbengat zullen hierbij ten gunste werken. Overigens kan worden gesteld dat de ontgrondingen tot dusver binnen het aanvaardbare bleven; vermoedelijk tengevolge van het brede sluitgatprofiel en het regelmatige stroombeeld.

In vergelijking met de 30 m diepe ontgrondingskuilen die voorkwamen bij de sluiting van het Veersche Gat, zijn de 16 m die bij de Lauwerszee zijn gemeten, bepaald niet verontrustend.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput

Het wegzuigen van de ringdijk aan de rivierzijde was begin februari zover gevorderd, dat de zuiger 'Gouda' kon worden afgevoerd; het werk wordt thans verder op de goede diepte gebracht met behulp van een baggermolen.

Nadat de stortebedden aan de zeezijde waren gereedgekomen, werd nog voortgegaan met het baggerwerk voor de stortebedden aan de rivierzijde. Het gebaggerde zand werd geklapt in het Haringvliet. Het gezogen zand werd geperst naar de duinaansluiting.

In de verslagperiode werd een begin gemaakt met het baggeren van de toeleidingsgeulen naar de sluizen. Hiervoor werden twee baggermolens aangevoerd, de 's-Gravenhage' met een emmerinhoud van 800 liter, en de 'Scaldis' met een emmerinhoud van 500 liter. Deze molens werden ingezet op de toeleidingsgeul aan de rivierzijde. De uitkomende specie werd in het Haringvliet geklapt. Voor het werk aan de zeezijde werd een cutterzuiger aangevoerd.

Het aan de zeezijde uitkomende zand wordt in een nieuw gemaakt stort ten zuiden van het buitenhaventerrein bij de

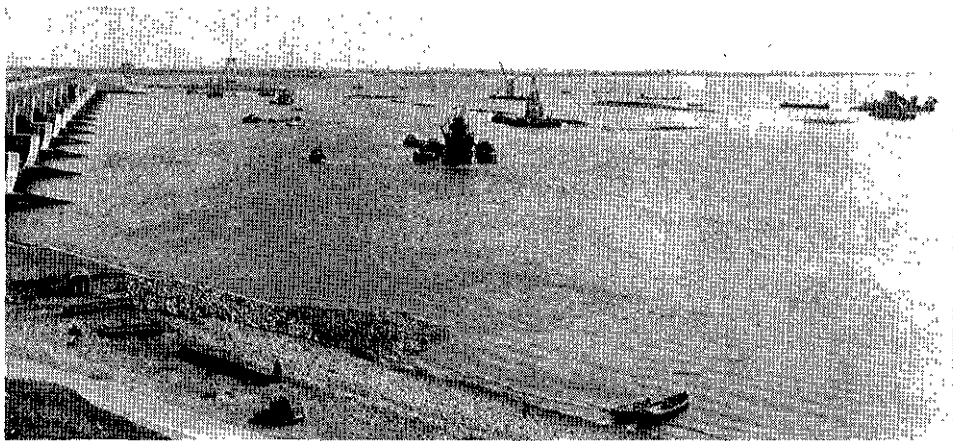
schutsluits geperst. Nadat het baggerwerk aan de zeezijde was gereedgekomen kon het zinkwerk binnen de ringdijk worden klaargemaakt. Met behulp van een drijvende kraan werden tetraëders op het uiteinde van het stortebed geplaatst. Begin maart was het baggerwerk aan de rivierzijde zover gevorderd, dat ook hier met zinken en afstorten van bodembeschermingen kon worden begonnen.

Van de duinaansluiting kwam het meest westelijke deel op de vereiste hoogte, waarna het werd geprofileerd en stuifvrij gemaakt.

Begonnen werd met het verwijderen van het damwandscherm en de bronbemaling op de buitenberm van de ringdijk aan de zeezijde.

In deze periode werd uit de bouwput 230 000 m³ zand gezogen en geperst, en 255 000 m³ gebaggerd en geklapt. Uit de toeleidingsgeulen werd 330 000 m³ gebaggerd en geklapt en 100 000 m³ gezogen en in depot geperst. Uit de haven-dammen werd 17 000 m³ stortmateriaal geladen en geklapt tegen de Voornse oever.

Gezonken werd 45 000 m² zinkstuk. In de grindkoffer en op de zinkstukken werd 45 000 ton grind en 41 000 ton stortsteen verwerkt. Er werden 720 tetraëders geplaatst.



Concentratie van materieel tijdens het opruimen van de ringdijk

Uitbreiding van de binnenhaven te Stellendam

Op 31 maart werd het werk geheel voltooid opgeleverd. In de verslagperiode werd nog 43 000 m³ zand, 1000 m³ klei en 4500 ton grind en steen verwerkt, terwijl 1200 m² glooiing werd aangebracht.

Volkerak

Caissonbouw

Dank zij de gunstige winterperiode en de voorzieningen die door de aannemer werden getroffen om in het koude jaargetijde door te kunnen gaan ook met het storten van beton, werd het hoge tempo van de werkzaamheden aan de caissons gehandhaafd.

Van de 13 te maken doorlaatcaissons kwamen 7 caissons compleet met aankleding van lierbordessen, lieren, schuiven en drijfschotten, bedrijfsvaardig gereed, terwijl van 3 caissons het betonwerk gereed kwam. Van de overige 3 caissons moeten de bovenbakken nog worden gestort. Van de 2 te maken landhoofdcassons kwam er één geheel en de andere voor de helft gereed.

Door derden werd begonnen met het

aanbrengen van de bekabeling en de verlichting van de doorlaatcaissons en met het aansluiten van elektromotoren op de lierwerken.

Het damvak over de plaat van Maltha; de stortsteendrempel in het sluitgat van het Volkerak

De opbouw van het zandlichaam van het damvak vordert goed. Begin februari kon de Geul van Maltha, die 150 m breed en tot N.A.P. — 4,50 m diep is, met zand worden afgesloten.

De zandwinning op de rivier werd vericht door de profielzuigers 'Ijmuiden II' en 'Holland VI' en de bakkenzuigers 'Anversoise' en 'Voorburg'. De gemiddelde weekproduktie bedroeg 50 000 m³. Direct na de sluiting van de Geul van Maltha werd begonnen met de opbouw van het zandlichaam voor de westelijke oprit van de overbrugging van de schutsluizen. Binnen de ring van het damvak is inmiddels de cutterzuiger 'Zwalm' begonnen met de ontgraving van de Plaat van Maltha tot N.A.P. — 4 m, waarbij een havenbassin met afmetingen van 230 x 250 m en een toegangsgeul met een bodembreedte van 50 m worden ge-

vormd. De specie wordt geperst in het damlichaam boven N.A.P. + 2 m.

Het damlichaam wordt thans met mijnsteen, grof grind en stortsteen bekleed. De ontgraving tot N.A.P. — 9,75 m in het sluitgat is voltooid.

Op de juist voltooide baggervakken bleek geulvorming te ontstaan doordat de stroomsterkte was toegenomen. Dit probleem kan worden ondervangen door zand in de uitgesleten geulen te klappen, waarna de bezinking verder kan worden aangebracht.

De bezinking over 80 m aan weerszijden van de drempel in het sluitgat is gevorderd tot het meest diepe gedeelte van het sluitgat aan de westzijde.

Alvorens dit gedeelte met zand op te klappen tot N.A.P. — 9,75 m wordt de krib aan de Hellegatdamzijde ongeveer 45 m ingekort en de oever aldaar geprofileerd onder een helling van 1 : 5 en met zinkstukken afgedekt; dit laatste om te voorkomen dat de sterke ebstroom, en in mindere mate de vloedstroom, door het wegbaggeren van de krib ernstige ontgrondingen zou kunnen veroorzaken in de onmiddellijke omgeving van het te maken westelijke landhoofd.

De baggermolen 'Port-Said' is begonnen met de baggerwerkzaamheden voor het verwijderen van de krib en het profileren van de oever.

De verdere opbouw van de drempel met grind 2–5 mm, grind 3–20 cm en zware steen 60–300 kg vordert goed.

Het aanbrengen van een asfaltdam in de Geul van Maltha door het asfaltschip 'Dorus Heymans' vordert gestaag; de drempel van zandasfalt reikt thans tot N.A.P. — 0,50 m. In totaal is reeds 17 000 ton zandasfalt verwerkt.

Bouwershavensche Gat

Bodembescherming in de zuidelijke stroomgeul

De werkzaamheden voor dit onderdeel zijn praktisch voltooid. In de verslagperiode werd in het diepe gedeelte van

de geul, op ca. N.A.P. — 24 m, als proef een drietal zinkstukken gezonken waarin een kunststofweefsel was verwerkt. De proef met deze zinkstukken van afwijkende constructie kan als geslaagd worden beschouwd. De aangebrachte proefstukken maken dan ook deel uit van de definitieve bodembescherming.

In de middenstrook van het bezinkveld is men begonnen met het aanbrengen van een 1 m dikke laag fijn grind, die zal worden afgedekt met zinkstukken.

Dok voor de bouw van de doorlaatcaïsons bij Nieuw Bommenede

De glooiingen, de kleiafdekkingen en de bestortingen op de kraagstukken kwamen gereed. Ook de wegverhardingen rondom de bouwput en op de op- en afritten zijn voltooid. Het werk is op 1 april 1968 voor de eerste maal opgeleverd.

Oosterschelde

Werkhaven 'Schelphoek'

De werkzaamheden aan deze werkhaven werden nagenoeg voltooid. Het baggeren cutterwerk in en buiten de haven kwam gereed, en een groot gedeelte van de uit grindasfaltbeton samengestelde werkwegen en de aansluiting daarvan op de provinciale weg werd voltooid.

Er werd een drijvende aanlegsteiger voor vletten aangebracht; het heiwerk voor de houten dukdalven en voor de lichtopstanden kon worden beëindigd. Thans rest nog het voltooiën van de grindasfaltbetonwerkwegen bij de persleiding, en enkele andere ondergeschikte werkonderdelen. Naar het zich laat aanzien zal omstreeks half april de eerste oplevering van het gehele werk kunnen plaatsvinden.

Het aanvoeren en lossen van stortsteen in de werkhaven Schelphoek

Op 8 januari werd een aanvang gemaakt met het aanvoeren en in depot lossen van zink- en stortsteen uit België. In totaal zal in 1968 270 000 ton van deze steen in onderwaterdepots worden opgeslagen.

De oeververdediging van Noord-Beveland

Op 19 maart 1968 vond de aanbesteding plaats van bestek DED-1008 voor het storten van 425 000 ton grof grind langs de noordelijke oever van Noord-Beveland. Dit werk zal in de jaren 1968 en 1969 worden uitgevoerd. Het werk is inmiddels gegund aan de laagste inschrijver, het Aannemingsbedrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam, voor een bedrag van f 1 556 000,-.

Werkhaven 'Sophia-polder'

Deze werkhaven is in het vorige Driemaandelijks Bericht besproken. De aanbesteding vond plaats op 6 februari 1968. Het werk werd gegund aan de laagste inschrijver, het Aannemingsbedrijf D. Verstoep te 's-Gravenhage, voor een bedrag van f 3 758 500,-. Omstreeks half maart zijn de voorbereidende werkzaamheden begonnen.

De verhoogde zeedijk tussen Fiemel (voorground) en Delfzijl (achtergrond)





C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en Fiemel

De zeedijk voorlangs het optieterrein van de Koninklijke Nederlandse Sodafabriek bij Delfzijl, een lengte van 450 meter, werd al in 1967 voltooid. Met de definitieve verhoging van de zeedijk tussen Heveskes en Oterdum over een lengte van 2200 meter werd een begin gemaakt; het werk is voor ongeveer 80% gereed gekomen. De sluis van het waterschap Duurswold te Farmsum wordt verbouwd en verhoogd, en de aansluitende dijkvakken aan de nieuwe situatie aangepast. Het maken van een onderhoudsweg op de binnenberm van de zeedijk tussen Farmsum en Heveskesvalge is gegund aan de laagste inschrijver, Smitjers Aannemingsmaatschappij voor de Wegenbouw te Schildwolde, voor een bedrag van f 254 400.

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en de Oostpolder

De zeedijk tussen Delfzijl en Nansum is thans over de gehele lengte verhoogd en verzwared; dit werk kwam nagenoeg gereed. De gemeente Groningen is bezig met de aanpassing van het dijkgedeelte ter plaatse van het persrioel ten noorden van Delfzijl.

Verhoging van de zeedijk langs de Groninger noordkust

De verzwaring van het dijkgedeelte van het waterschap Noordpolder ter plaatse van de kruising met de afvalwaterleiding Hoogkerk-Waddenzee ten noorden van Warffum is voltooid.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

In de verslagperiode is een aanvang gemaakt met de bouw van het dijkvak op de Zuidwal; dit is het gedeelte van de afsluitdijk dat het eerder gemaakte dijkvak ten oosten van het werkeiland zal verbinden met de 'Pier van Groningen', het dijkvak dat aansluit aan de Groninger kust. Hiertoe is aan de kop van elk der dijkvakken een zuiger gestationeerd, die zand in het tracé van de dijk perst en zo het zandlichaam naar het oosten, respectievelijk het westen uitbouwt. In de loop van de zomer zal dit dijkgedeelte ongeveer halverwege gesloten worden.

Men is begonnen met het verwijderen van de bouwputdijken rond de uitwateringsluizen en de schutsluis.

Een zuiger perst de uitkomende specie grotendeels in het dijkvak op de Zuidwal, en voor een kleiner deel in een depot ten oosten van het werkeiland.

Van de caissons zijn er 22 wat het betonwerk betreft gereed gekomen; de laatste 4 worden in de komende maanden afgewerkt. Inmiddels is een aanvang gemaakt met de bouw van zes eenheidiscaissons, die tevens samengekoppeld kunnen worden, en die een extra reserve in de sluitingsfase zullen vormen. In het sluitgat gaat men voort met het uitbreiden van de bezinking en het aanbrengen van de filterconstructie waarop de caissons bij de afsluiting komen te rusten.

De aanleg van het wegvak Anjum-Banthuis vordert in een snel tempo. Het betonwerk aan de tunnel voor plaatselijk verkeer is in uitvoering, terwijl ook al een begin is gemaakt met de aansluitingen van de bestaande wegen op het wegvak. Bij de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen wordt de zeedijk thans aangesloten op het betonwerk van de sluis, terwijl de bodembekledingen worden gereed gemaakt. Het baggeren van het aansluiten-de kanaalvak aan de binnenzijde van de sluis wordt voortgezet.

Het werkeiland in de Lauwerszee, februari 1968. Het bouwdoek voor de caissons is vol water gepompt

B. Opgave van de door het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken openbaar bestede

Nummer van het bestek	dienstjaar	Omschrijving van het werk
DED-945	1967—1968	Het onderhouden van beplantingen en het grasgewas, alsmede het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, bermen, steigers en meergelogenheden op en langs de terreinen van de werkhaven, het sluiscomplex en de in het eigendom van het Rijk zijnde terreinen van de buitenpolder Maltha, in de gemeenten Willemstad en Fijnaart en Heiningen
DED-947	1967—1968	Het maken van verdedigingen langs de Noordbevelandse oever en de oostzijde van de Goudplaat, met bijkomende werken, in de gemeenten Arnhemuiden en Wissenkerke

C. Opgave van door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zeeland (Waterschap De Brede Watering van Zuid-Beveland)	—	Het leveren en geheel bedrijfsvaardig opstellen van een bemalingsinstallatie in de te maken uitbreiding van het gemaal te Waarde
idem	—	Het leveren en opstellen van de mechanische krooshekininstallatie voor bovengenoemd gemaal
idem	—	Het leveren en opstellen van de persleiding voor bovengenoemd gemaal
idem	—	Het leveren van betonartikelen t.b.v. het verhogen en verzwaren van de zeedijk van de Van Citterspolder en de cal. Borsselepolder
Zeeland (Waterschap Walcheren)	—	Het leveren van basaltzuilen t.b.v. het verbeteren van de zeewering te Westkapelle tussen sp. 42 en dp. 0 van het zuiderstrand van de Noordwatering
idem	—	Het leveren van koperslablokken voor idem
idem	—	Het leveren van betonblokken voor idem
idem	—	Het leveren van staalraadnetten voor idem
Zeeland (Waterschap Het Vrije van Sluis)	—	De uitvoering van werken ter verzwarening en/of verhoging van de zeedijk langs de Westerschelde van de Elisabethpolder tussen de dijkpalen 3 + 77 m en 10 + 17 m en de aanleg van een aardebaan van weg nr. 39 ged. van het tertiair wegenplan tussen de dijkpalen 3 + 95 m en 10 + 17 m van bovengenoemde polder met bijbehorende werken in de gemeente Breskens
III-1966	1966	De verbetering van de hoofdwaterkering tussen de suikerfabriek en de voormalige schutsluis te Puttershoek
IV-1966	1966	De aanleg van een hevelinstallatie t.p.v. de gedichte schutsluis te Puttershoek

D. Opgave van door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zeeland (waterschap De Brede Watering van Zuid-Beveland)	6/1965	Het maken van een uitbreiding aan het gemaal te Waarde, een gewapend betonnen uitstroombak, een gewapend betonnen duiker en bijbehorende werken
idem	3/1966	Het verbreden en verdiepen van waterleidingen in de polders Waarde en Valkenisse in de gemeente Waarde
Zeeland (waterschap Axelers Ambacht)	5/1967—1968	Het verhogen en verzwaren van de zeedijk van de Hellegatpolder ter lengte van ± 1350 m aan de Westerschelde met bijkomende werken in de gemeenten Zaamslag en Vogelwaard
XVI-1964	1966	De vorsterking van de waterkering langs de oostzijde van de Waalhaven
VIII-1965	1966	De verbetering van de Lekdijk in de bebouwde kom van Krimpen a/d Lek, tussen hmp 183 en 185 + 63.
XII-1965	1967	De verbetering van de Lekdijk in de bebouwde kom van Krimpen a/d Lek, tussen hmp 177 + 70 en 183
I-1966	1967	De aanleg van de deltdijk te Schiedam, tussen Vijfsluizen en de spuilsuis Weserhaven

en gegunde werken

Aannemingssom	Aannemer
f 94 800,—	P. C. Klein te Willemstad
f 207 000,—	Aannemingsbedrijf 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee

gesloten ondershandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
f 168 500,—	Ken. Machinefabriek Gebr. Stork & Co N.V. te Hengelo
f 27 870,—	N.V. Landustrie
f 58 828,—	Bonna-Vianen
f 38 392,—	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes
f 262 500,—	Ir. J. C. de Looff te Rotterdam
f 143 276,—	Mavotrans N.V. te 's-Gravenhage
f 87 657,50	Pit-beton N.V. te Middelburg
f 52 820,—	Ir. J. C. de Looff te Rotterdam
f 830 000,—	A. J. van Haften N.V. 's-Gravenhage
f 671 650,—	Fa. Gebr. Hakkers en Schermers te Werkendam
f 42 080,—	Molenbouw Bosman N.V. te Piershil

openbaar bestede en gegunde werken

Aannemingssom	Aannemer
f 493 200,—	Fa. Gebr. J. en M. Moerland en Zonen te Sint Annaland
f 395 600,—	Fa. J. D. te Middelburg
f 2 468 000,—	Aannemingsmij. Jac. G. van Oord N.V. te Utrecht
f 252 745,—	N.V. Boele en Paans te Krimpen a/d Lek
f 172 200,—	N.V. Aannemingsbedrijf v/h D. A. v. d. Linden te 's-Gravendeel
f 187 800,—	N.V. Aannemingsbedrijf J. H. de Vos te Krimpen a/d IJssel
f 899 000,—	N.V. Boele en Paans te Krimpen a/d Lek

