Inhoud nr. 31

A. De werken van het Deltaplan

3 Het tijdschema voor de uitvoering van het Deltaplan

6 Het kabelbaanbedrijf bij de sluiting van de Grevelingen

14 Verandering in de getijden en stroomsnelheden gedurende de opbouw van de drempel in de Grevelingen

20 Het damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

25 De vormgeving en toepassing van geleidewerken bij duwvaart

33 De Haringvlietsluizen bij ijstoestand

28 Verwerking van asfaltbeton op dijktaluds met de verdeelafwerkmachine

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuwsch-Vlaanderen en Walcheren

44 Versterking van de zeedijk van de polder Hoedekenskerke van het waterschap 'de Brede Watering van Zuid-Beveland'

47 Vorderingen

Het tijdschema voor de uitvoering van het deltaplan

In het Driemaandelijks Bericht no. 2 van november 1957 werd een voorlopig tijdschema voor de uitvoering van de delta-afsluitingen gegeven.
In dat jaar waren enkele van de werken reeds in gang. Zo was de stormvloedkering in de Hollandsche IJssel in een vergevorderd stadium en de voorbereidende werken voor de afsluitingen van Veersche Gat en Zandkreek, zoals de werkhaven te Vrouwenpolder en de bouwput voor de schutsluis in de Zandkreek, waren in uitvoering.
Tevens was dit het jaar waarin de grote bouwput in het Haringvliet tot stand werd gebracht en waarin met de bouw van de werkhaven van Willemstad werd begonnen.
In de sindsdien verlopen 7 jaren is er ernstig naar gestreefd de verschillende werkonderdelen in een zodanig tempo voor te bereiden en uit te voeren dat de afsluitingen zouden kunnen worden voltooid op de daarvoor in het schema aangegeven tijdstippen. Dit geldt in het bijzonder voor de primaire afsluitdammen.
Wat de Hollandsche IJssel en het Veersche Gat betreft kon de voltooiing inderdaad worden verwezenlijkt in de daarvoor vastgestelde streefjaren.
De eerste vertraging werd zichbaar bij de aanleg van de Grevelingendam. Het tijdstip waarop deze secundaire dam gereed komt is echter niet van invloed op dat van de hoofdafsluitingen en derhalve ook niet op het moment waarop de grotere veiligheid, die de verwezenlijking van het deltaplan zal geven, zal zijn bereikt. Overigens was dit ook de reden waarom, zonder dat daarvan ernstige repercussies behoefden te worden gevreesd, juist bij de afsluiting van de Grevelingen het experiment met de kabelbaan en met andere nieuwe werkmethoden plaats vond.
Ten opzichte van het tijdschema is in dit werk een vertraging van ongeveer drie kwart jaar ontstaan als gevolg waarvan de aanleg van een weg over deze dam tussen Schouwen-Duiveland en Flakkee eerst in het voorjaar van 1965 zal kunnen gereedkomen in plaats van in juli 1964, zoals oorspronkelijk was verwacht.
Van wezenlijk belang voor de veiligheid zijn de tijdstippen waarop de afsluiting van het Haringvliet en die van de Oosterschelde zullen gereedkomen. Na voltooiing van de Haringvlietwerken, waaraan in ieder geval de afsluiting van het Volkerak moet vooraf gaan, zal het noordelijk deel van het deltagebied met de provincie Zuid-Holland en het noordwestelijk deel van Noord-Brabant beschermd zijn. Bovendien zal dan een belangrijke verbetering in de zoetwaterhuishouding tot stand zijn gebracht hetgeen onder meer een gunstige uitwerking zal kunnen hebben op de kwaliteit van het Rotterdamse drinkwater

en de zoetwatervoorziening van de tuinderijen in het Westland. Bovendien zal daardoor de mogelijkheid zijn geschapen tot het volledig in werking stellen van de Rijnkanalisatie welke weer verbeteringen van de vaardiepte op de Geldersche IJssel en de zoetwatertoevoer naar het noorden van ons land mogelijk zal maken.
Met de afsluiting van de Oosterschelde tenslotte zal een groot deel van Zeeland en Noord-Brabant veilig zijn gesteld en zal het Zeeuwse Meer als zoetwaterbassin en gedeeltelijk als massarecreatiegebied zijn gevormd. Als jaar van afsluiting van deze grootste van onze zeearmen is in het tijdschema 1978 gesteld. Het ziet er naar uit dat dit tijdstip wat de technische mogelijkheden betreft inderdaad nog steeds zal kunnen worden aangehouden. Wat het Haringvliet betreft was het streefjaar van de afsluiting op 1968 bepaald.
De bouwtijd van dit werk wordt in sterke mate beheerst door de aanleg van de grote uitwateringssluizen. Het betonwerk hiervan kon geheel in het vereiste tempo worden uitgevoerd. De constructie van de stalen schuiven evenwel ondervond reeds in den beginne een belangrijke vertraging.
Hiervan werd reeds mededeling gedaan in het 'Jaarverslag Deltawerken', behorende bij de Rijksbegroting 1963, waar werd gesteld:

> 'Het is daarom te betreuren dat reeds van de aanvang af in de constructie der stalen schuiven, waarvan de vervaardiging bij verschillende constructiewerkplaatsen in Nederland is ondergebracht, een belangrijke vertraging is ontstaan wegens het niet tijdig voorhanden zijn van het nodige materiaal, dat gedeeltelijk uit het buitenland wordt betrokken. Het laat zich thans aanzien dat met de montage van de schuiven eerst in de loop van 1963 zal kunnen worden begonnen en dat eerst in het begrin van 1966 alle 34 schuiven kunnen zijn aangebracht.
> Omdat de montage van de schuiven in de droge bouwput moet plaatsvinden, zal ook pas in de loop van 1966 de ringdijk kunnen worden doorgebaggerd.
> Bij handhaving van de oorspronkelijk gedachte constructie van de stortebedden, waarbij de bodem ter weerszijden van de sluis tot grote diepte in den natte zou worden uitgebaggerd en met zinkstukken verdedigd, zou deze ontwikkeling aanleiding geven tot een opschuiving van de voltooiing der Haringvlietafsluiting van 1968 naar 1969 of 1970.
> De resultaten van voortgezette modelonderzoekingen naar de vorm van de stortebedden in samenhang met het grondmechanisch onderzoek hebben evenwel geleid tot een gewijzigd plan voor de constructie van de stortebedden, waarbij deze op geringere diepte, nl. circa 15 m onder N.A.P. zullen worden gelegd. Deze omstandigheid maakt uitvoering der stortebedden in den droge mogelijk, waardoor een betere constructie kan worden bereikt.
> Een en ander is aanleiding geweest tot een wijziging in het werkschema, zodanig, dat reeds in 1963 met de aanleg van deze stortebedden zal worden aangevangen in de nog droge bouwput.
> Op deze wijze blijft het mogelijk het oorspronkelijk gefixeerde tijdstip van voltooiing der Haringvlietafsluiting in 1968 aan te houden'.

Door tegenslag bij het op gang komen van het vrij ingewikkelde samenspel der verschillende meewerkende constructiewerkplaatsen waardoor dit wat minder vlot verliep dan werd verwacht zal het vooruitzicht zoals dat in de passage uit het Jaarverslag Deltawerken werd getoond, niet kunnen worden verwezenlijkt. Het ziet er thans naar uit dat alle 34 schuiven niet in het begin van 1966, maar eerst aan het eind van dat jaar zullen kunnen zijn aangebracht. En gezien het vele werk dat daarna nog moet gebeuren, zoals het wegbaggeren van de ringdijk van de bouwput en het verlengen van de in den droge aangebrachte storte-

bedden, alvorens met de sluiting der hoofdgeulen kan worden begonnen, zal de afsluiting van het Haringvliet eerst in 1969 kunnen worden tegemoetgezien.
Omdat het minder wenselijk is het tijdstip van de Volkerakafsluiting meer dan één jaar te doen voorafgaan aan die van het Haringvliet, zal ook het tijdschema voor het Volkerak met één jaar worden uitgerekt.
Het tijdschema der Deltawerken ziet er thans als volgt uit:

	Sluiting	Voltooiing
Volkerak	1968	1969
Haringvliet	1969	1970
Brouwershavensche Gat	1971	1972
Oosterschelde	1977	1978

Het is thans nog niet mogelijk in een nabeschouwing van het werken met de kabelbaan reeds een complete analyse te geven van het gehele bedrijf. Daarom zal er ditmaal mee worden volstaan de hoofdzaken van de kabelbaansluiting aan een beschouwing te onderwerpen.

Verloop van de sluiting

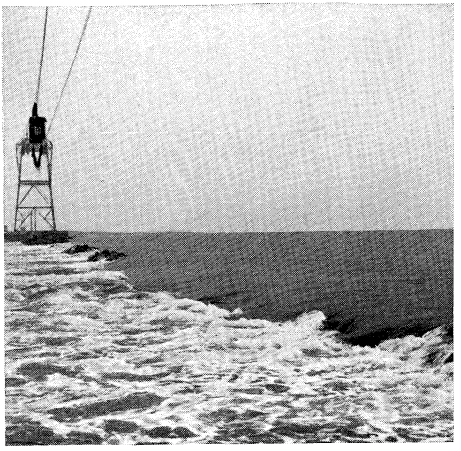
In de eerste plaats lijkt het interessant na te gaan hoe de sluiting is verlopen ten opzichte van het in nummer 29 van deze Berichten beschreven sluitingsprogramma. Daarin werden de volgende fasen onderscheiden:

1. Opstorten van de sluitdammen in de Krammer en de Bocht van Sint-Jacob tot N.A.P. – 3.00 m.
2. Dichtzetten van de Krammerplaat.
3. Opstorten van de dammen in de Krammer en de Bocht van Sint-Jacob tot N.A.P.
4. Voltooiing van de sluitdammen tot het peil van N.A.P. + 2,50 m.

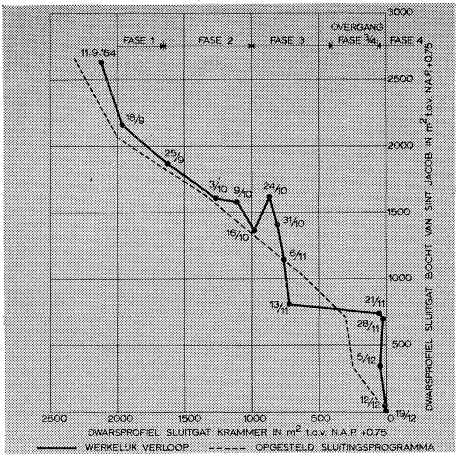
In een grafiek is de afneming weergegeven van de doorstroomprofielen van de beide sluitgaten Krammer en Bocht van Sint-Jacob. Deze grafiek kan als uitgangspunt dienen voor een toelichting op het verloop van de sluiting.
Het bleek goed mogelijk de sluiting te laten verlopen volgens het opgestelde plan. Waar van het plan werd afgeweken, gebeurde dit met opzet, hetzij om het werkelijke verloop aan te passen aan de gewijzigde omstandigheden, hetzij als gevolg van teleurstelling in de eigenschappen van de gestorte materialen.

Stortcapaciteiten

Bij het beoordelen van de resultaten die met de kabelbaan werden bereikt, is de stortcapaciteit een belangrijk aspect. De stortcapaciteit immers bepaalt het tempo waarmee de sluiting zich voltrekt en speciaal in de kritieke fase, waarin de stroomsnelheden grote waarden kunnen bereiken, is dit tempo van belang, o.a. met het oog op het gevaar van bodemaantasting. Uit de grafiek blijkt dat de capaciteit aan sterke schommelingen onderhevig is geweest, deels als gevolg van stagnatie door defecten of beschadigingen



De dam op N.A.P.-hoogte. Bij HW stort het water zich over de kruin



Verloop van de doorstroomprofielen van de Krammer en de Bocht van St. Jacob in de opeenvolgende fasen van de sluiting

van de kabelbaan of door weersomstandigheden en deels doordat een langere of kortere werkweek werd gemaakt dan normaal.
De weekcapaciteit en de daaruit afgeleide gemiddelde bruto uurcapaciteit over de betreffende week op basis van het totaal aantal theoretische werkuren geeft wel een beeld van de voortgang van de sluiting, maar niet van de resultaten van het bedrijf voor wat betreft de belading, het transport en het storten van de materialen.
Een beter inzicht in het verloop van het bedrijf geeft de netto capaciteit per uur, dat is de capaciteit over de uren waarin gewerkt werd; stagnatie-uren buiten beschouwing gelaten. Ook hierin komen nog vrij grote schommelingen voor als gevolg van tal van wisselende factoren tijdens de werkuren. De capaciteit hing voornamelijk af van het aantal gondels in bedrijf en van de wijze van rijden: in circuit dan wel op en neer op één of op beide kabels.
Een andere grafiek toont het verloop van de capaciteit per gondeluur; ze is in beperkte mate afhankelijk van het aantal in bedrijf zijnde gondels. Duidelijk blijkt de verhoging van de capaciteit op het moment dat het bedrijf overgaat op steen als enig stortmateriaal.

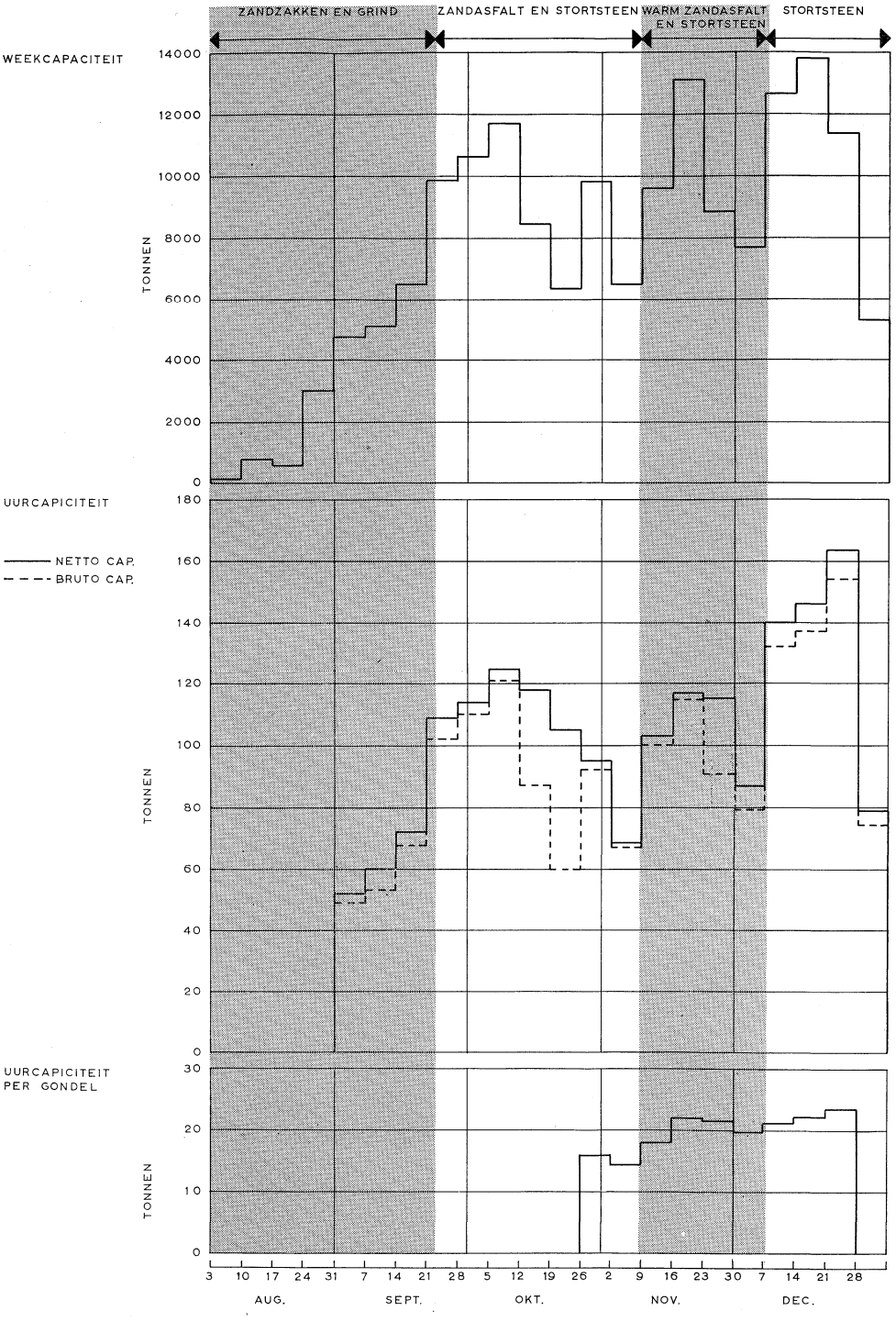
Het meer gelijkmatige karakter van dit werk levert een regelmatiger verloop op van de cyclus der gondels. Bij dit regelmatige werk reageerden de machinisten beter op de verkeerssignalen en lieten ze de opeenvolgende bewegingen met grotere nauwgezetheid op elkaar aansluiten.

Stortmaterialen en opbouw van de dam

Volgens de plannen zou de sluitdam worden opgebouwd uit verschillende materialen. Het programma zag er als volgt uit:

	Krammer	Krammerplaat	Bocht van Sint-Jacob
fase 1	grind	–	zandzakken
fase 2	–	stortsteen	–
fase 3/4	stortsteen	–	zandzakken gestab. zandzakken zand-asfaltkluiten

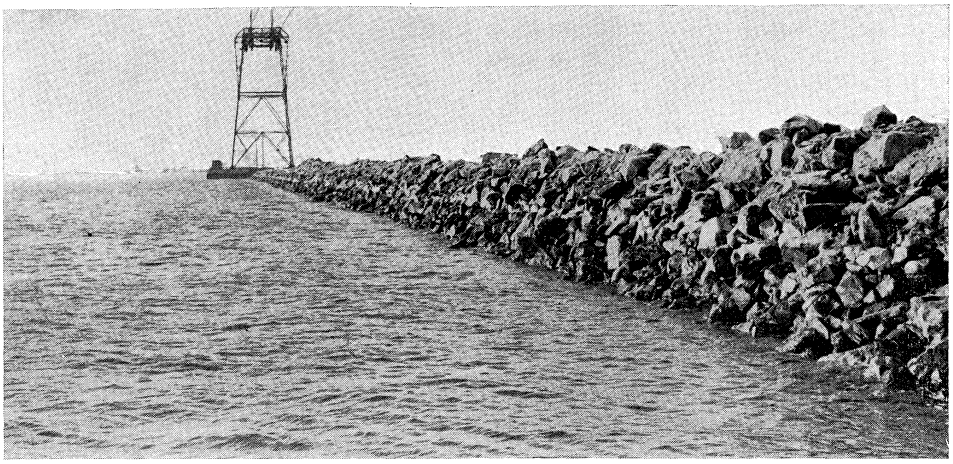
In de eerste en tweede fase werd dit stortplan nagenoeg aangehouden, met dit verschil, dat ook in de Bocht van Sint-Jacob een aanzienlijke hoeveelheid grind werd verwerkt, omdat de silo en bijbehorende transportkubels voor het zakkenbedrijf nog niet geheel bedrijfsklaar waren.
In de derde fase namen de stroomsnelheden geleidelijk toe. In de Krammer, waar de dam met stortsteen werd opgebouwd, deden zich met het stortmateriaal geen moeilijkheden voor. Hier waren het vooral de aantastingen van de bodembescherming, die noopten tot een wat vluggere uitvoering van de sluiting.
In de Bocht van Sint-Jacob deden zich door de toename van de stroomsnelheden eveneens moeilijkheden voor, die echter van geheel andere aard waren en betrekking hadden op de keuze van zandzakken als stortmateriaal.
Uit laboratoriumproeven was gebleken, dat gewone zandzakken hun stabiliteit behouden tot stroomsnelheden van ongeveer 2,5 m/sec; dit komt vrijwel overeen met de stabiliteit van grof grind. De praktijk bevestigde dit resultaat van de schaalproeven.
Toen door de voortgaande opbouw van de dam stroomsnelheden in deze orde van grootte gingen optreden en de zandzakken niet langer stabiel waren, moest men de stabiliteit ervan opvoeren door ze vormvast te maken. Dit gebeurde door aan het zand asfaltbitumen toe te voegen. Het asfalt werd in de vorm van een emulsie toegevoegd aan het zandwater-


ZANDZAKKEN EN GRIND
ZANDASFALT EN STORTSTEEN
WARM ZANDASFALT EN STORTSTEEN
STORTSTEEN
WEEKCAPACITEIT
TONNEN
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
UURCAPICITEIT
NETTO CAP.
BRUTO CAP.
TONNEN
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
UURCAPICITEIT PER GONDEL
TONNEN
30
20
10
0
3 10 17 24 31 7 14 21 28 5 12 19 26 2 9 16 23 30 7 14 21 28
AUG.
SEPT.
OKT.
NOV.
DEC.

De dam boven water vormde zich hier en daar met een zeer steil talud

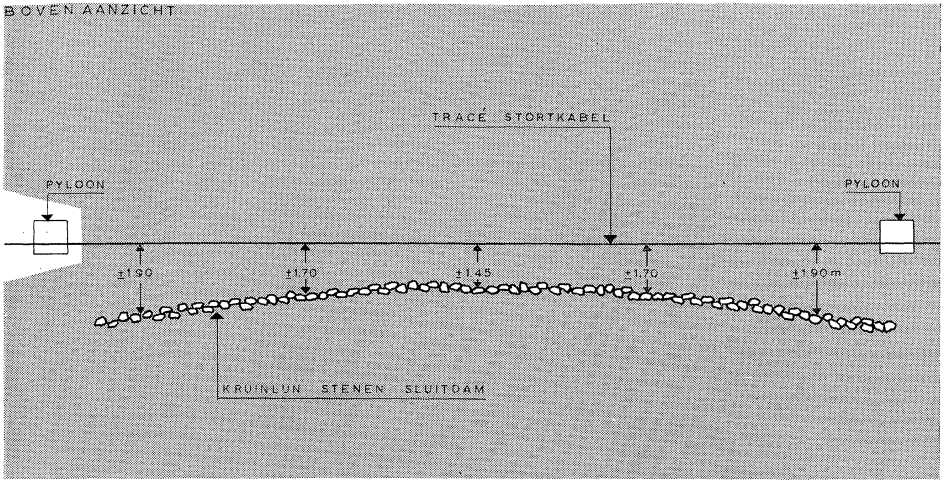
Ongelijkmatig komt de damkruin boven water. De zandzakken hebben onder invloed van de stroom een minimaal profiel aangenomen





mengsel, dat uit de voorraadsilo van de vulinstallatie in de zakken stroomde. De vulinstallatie bestond uit een stalen bak, waarin door een transportband zand werd gestort. Door pijpen in de bodem van de bak werd water naar binnen gepompt, waardoor een vloeibaar water-zand-mengsel werd verkregen. Door een viertal beweegbare uitstroomleidingen kon dit mengsel in de zakken stromen, waarbij al dan niet emulsie kon worden toegevoegd. Bij de voor dit doel ontwikkelde installatie traden herhaaldelijk storingen op, waardoor nogal eens stagnaties in het bedrijf ontstonden, die een aanzienlijke capaciteitsvermindering veroorzaakten. Daarom werd in de loop van oktober en november het stortvak voor de zakken steeds verder ingekort. Daarenboven bleek, dat het zand-asfaltprodukt van sterk wisselende kwaliteit was, o.a. doordat de zand-water-verhouding niet constant was. Door de wisselvallige samenstelling van het produkt werd een aanzienlijk deel van de zakken gevuld met een ondeugdelijk mengsel, hetgeen de stabiliteit nadelig beinvloedde. Tenslotte bleek het weefsel van de zakken bij grote stroomsnelheden niet zanddicht te zijn, waardoor de met zand gevulde zakken leegspoelden. Dit verschijnsel trad ook op bij de slechte stabilisatiemengsels. Door bovengenoemde oorzaken verminderde de hoogte van de opgestorte dam herhaaldelijk, vooral in perioden van grote stroomsnelheden, tijdens springtij of in het weekeinde, wanneer gedurende enkele dagen niet werd bijgestort. Overigens dient hierbij vermeld te worden, dat tevoren een regelmatig optredende – tijdelijke – kruinverlaging was voorzien, omdat erop gerekend werd dat de zeer steil opgebouwde zakkenwand gedeeltelijk zou omvallen. Van uit de transportkubels vallen de zakken immers als grote eenheden steeds in precies hetzelfde tracé en bouwen zodoende een zeer steile dam op. Indien door het telkens omvallen van de kruin de basis van de dam zich regelmatig zou verbreden, was dit een te accepteren opbouwmethode; in feite echter bleken de van de kruin verdwenen zakken niet aan de voet terug te vinden. Er kwamen kruinverlagingen voor van 1 à 1,5 m en zelfs van 2 m per weekeinde. Nadat het vak, waarin zakken met zandasfalt werd gestort, geleidelijk was ingekort, werd tenslotte eind november besloten, ook de Bocht van Sint-Jacob verder geheel met steen te sluiten.

De zogenaamde zandasfaltkluiten – met asfaltemulsie gestabiliseerd onverpakt zand – zijn vanwege de teleurstellende resultaten met de zakken niet meer beproefd. Wel is, zij het op kleine schaal, nog een proef genomen met warm zandasfalt als stortmateriaal.



Geschematiseerde voorstelling van de afwijking van de kruinlijn t.o.v. het tracé van de kabel

Indien dit zandafsalt te warm werd gestort, viel het uit elkaar, maar als men het mensel in een depot tot circa 80° C. liet afkoelen, konden samenhangende kluiten worden gestort; een kort damvak werd met zulke kluiten opgestort. In feite is deze proef niet goed tot zijn recht gekomen, daar dit vak naast het zakkenvak lag. Door de regelmatige kruinverlaging vormde dit zakkengedeelte in het gehele beeld van de overstromende dam eigenlijk een apart sluitgaatje. Hierin traden zeer grote snelheden op, waardoor ook het naastliggende warme zandasfalt een extra stroomaanval moest verduren, zodat het gedeeltelijk door de stroom werd meegevoerd.
Met het stortmateriaal steen werden geen moeilijkheden ondervonden.
In de kritieke fase, waarin grote stroomsnelheden – groter dan 3 m/sec – optraden, werden hellingen gemeten van 1 : 1¾ à 1 : 2.
In de laatste fase, waarin de dam verder werd opgebouwd zonder dat nog water over de kruin kon stromen, werd het talud veel steiler en bedroegen de hellingshoeken 1 : 1 à 1 : 1,2; plaatselijk vormden zich zelfs nog steilere hellingen tot 1 : 0,8.
Ten aanzien van de stenen dam kan nog worden opgemerkt, dat door het 'leegschenken' van de steennetten de steen iets zijdelings neervalt van de kabel, van waaraf gestort wordt. De afwijking tussen het tracé van de kabel en de kruinlijn van de opgestorte dam is afhankelijk van de storthoogte. Nabij de pylonen, waar de storthoogte groter is, bedraagt deze afwijking meer dan in het midden van een overspanning.

De kabelbaan als transportapparaat

Naast het optreden van gebreken in de mechaniek van de gondels was het ook de kabelbaaninstallatie zelf, die, vooral in de beginperiode van de sluiting, oorzaak is geweest van stagnaties.
Door het ontijdig leegstorten van een net met stenen, waardoor deze in een pyloon terechtkwamen, werd het windverband van die pyloon zodanig beschadigd, dat de reparatie ervan noopte tot stopzetting van het werk gedurende enkele dagen. Een andere keer trad schade op doordat een kubel zijn inhoud van zandzakken in de pyloon verloor. Door het vastraken van de scharnierende bevestigingspunten van de kabels aan de contragewichten werd eveneens stagnatie ondervonden. Met het verhelpen van het euvel was

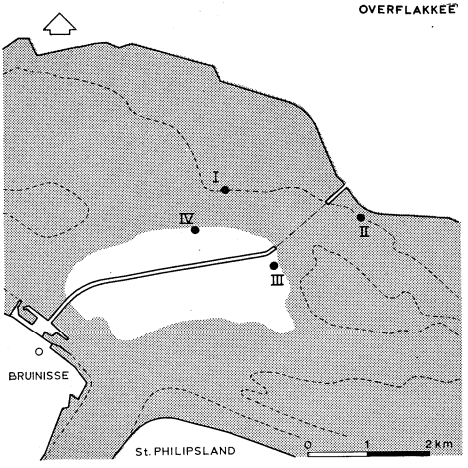
ongeveer een week gemoeid en in deze periode kon niet in circuit worden gereden maar moest over één enkele kabel heen en weer worden gereden.
Ook door defecten aan de gondels, vooral in de eerste periode van de sluiting, was het nogal eens nodig heen en weer te rijden over één of soms beide kabels.
Het garagespoor aan het eind van de baan bleek vooral in het begin te kort te zijn om alle gondels met mankementen een plaats te bieden. Soms moesten daarom ook defecte gondels op de werkbaan blijven, waardoor het circuit geblokkeerd werd. In de latere periode van het werk was dit veel minder het geval.
De moeilijkheden met de gondels waren van verschillende aard. Zo bleek het dat het systeem waarmee de aangedreven draagwielen waren geborgd op hun assen, niet voldeed. Daarom werden bij alle gondels nieuwe assen aangebracht met een gewijzigd borgsysteem.
Ook deden zich moeilijkheden en defecten voor die niet bij alle gondels optraden en ook niet steeds in dezelfde mate. Enkele worden hieronder genoemd.
In het begin vooral trad er nogal eens lekkage op in het systeem van hydraulische leidingen.
Een aantal tandwielkasten en ook een paar versnellingsbakken liepen ernstige schade op, zodanig zelfs dat ze moesten worden vervangen.
Het mechanisme voor het leegstorten van het net wordt aangedreven door een hydraulische motor (oliemotor). Van een aantal van deze oliemotoren moesten enkele onderdelen worden vervangen.
Omdat een maximale transportcapaciteit reeds werd bereikt bij het in bedrijf zijn van 7 of 8 gondels, werden deze twee voertuigen niet gerepareerd, maar aan de grond gezet. Zij hebben daarna verschillende onderdelen geleverd, noodzakelijk voor het herstellen van de in bedrijf zijnde gondels, en zijn dan ook niet meer op de baan teruggebracht.
Op de bijgaande grafiek is het aantal stortingen aangegeven dat door iedere gondel is verricht. Duidelijk is te zien dat hier grote verschillen optraden.
Eind december was het sluitingsprogramma overigens zover gevorderd dat vrijwel over de hele lengte van de stortdam de kruinlijn op N.A.P. + 2,50 m à 3,00 m lag. Het dag-en-nachtbedrijf werd daarom op 31 december beëindigd. Daarna is nog uitsluitend overdag gestort met slechts twee of drie gondels.

Conclusie

Na een aanvankelijk scepticisme, nog versterkt door de vele tegenslagen in de beginperiode, is het vertrouwen in de kabelbaan als werktuig tijdens de afgelopen maanden zeer bepaald gestegen. Het experiment heeft zeer waardevolle gegevens opgeleverd en de kabelbaan blijkt, zeker indien met stortsteen wordt gewerkt, een betrouwbaar en volwaardig hulpmiddel te zijn. Vooral dank zij het automatische bloksysteem, dat de baan in blokken verdeelt en door middel van verkeerslichten, kon ook bij duisternis en bij mist normaal worden doorgewerkt. Voor wind bleek de kabelbaan minder gevoelig te zijn dan was verwacht. Bij een windkracht 7 à 8 dwars op de baan kon nog worden gewerkt. Zelfs werd nog gereden bij windkracht 8 à 9, mits de wind stond in de lengterichting van de baan.
Het ligt in het voornemen met verdere ontwikkeling van de kabelbaan voort te gaan. Bij de sluiting van de ± 1000 meter brede stroomgeul tussen de uitwateringssluizen in het Haringvliet en de oever van Voorne – het Rak van Scheelhoek – zal waarschijnlijk wederom gebruik worden gemaakt van deze baan.
Binnen afzienbare tijd zal dan een beslissing kunnen en moeten worden genomen of en in hoeverre een kabelbaan bij de afsluitingen van Brouwershavensche Gat en Ooster Schelde zal worden toegepast.

Verandering in de getijden en stroomsnelheden gedurende de opbouw van de drempel in de Grevelingen

In het vorige nummer is een overzicht gegeven van de metingen die in het noordelijk sluitgat van de Grevelingendam ten behoeve van de afsluiting werden verricht. Er werden enkele resultaten gepubliceerd betreffende getijden en snelheden.
De laatste toen vermelde gegevens dateerden van 2 en 3 oktober 1964. Nadien is de sluiting met kracht voortgezet en bijgevolg zijn de verticale getijden ter weerszijden van het damtracé en de stroomsnelheden in de voortdurend kleiner wordende openingen aan veranderingen onderhevig geweest. Eind december was de afsluiting zover voltooid, dat de getijden aan weerskanten hun voorlopige eindvorm hadden gekregen. Daar de geulen ter weerszijden van de dam zich in de toekomst verder aan de nieuwe hydraulische situatie zullen aanpassen, zal wellicht ook de verticale getijbeweging ter plaatse nog enige verdere veranderingen ondergaan.
In de volgende nummers zullen meer gedetailleerde mededelingen worden gedaan over de waterloopkundige aspecten van de afsluiting van de Grevelingen. In dit nummer worden de geïnteresseerde lezer echter reeds enkele grafieken getoond, waaruit blijkt welke gevolgen de afsluiting van de Grevelingen op de getijbeweging heeft gehad. Ter inleiding zij nog het volgende opgemerkt. In verband met de geleidelijke opbouw van de dam is het logisch, dat het getij en de snelheden aanvankelijk het sterkst veranderden omstreeks het tijdstip van laagwater.
Bij de verdere opbouw van de dam, waarbij de drempel in de Krammer, de zuidelijke geul in het traject van afsluiting, steeds hoger lag dan die in de Bocht van St. Jacob, namen ook de snelheden vóór en na HW steeds meer toe. Hierbij waren dan de maximale vloedde snelheden – ongeveer ¾ uur voor HW – altijd lager dan de maximale ebsnelheden – ongeveer ¾ uur voor LW. Tenslotte, toen de dam hoger werd dan LW, kwamen alleen nog grote snelheden voor omstreeks HW.
Dit verloop stemde overeen met de verwachtingen, gebaseerd op berekeningen en modelmetingen. De maximale ebsnelheden, die gedurende de beginfase van de sluiting bij LW optraden, waren echter hoger dan was voorzien. Ter verklaring van dit verschijnsel wordt een nader onderzoek ingesteld.
Opgemerkt moet nog worden, dat afgezien van de hogere drempel in de Krammer, de ebsnelheden daar steeds ongeveer 20% kleiner waren dan die in de Bocht van St. Jacob. De verschillen bij vloed waren geringer.
Zoals in het vorige nummer reeds vermeld, verliep de kruinhoogte gedurende de opbouw van de drempel vrij onregelmatig, wat een onregelmatig snelheidsverloop langs de drempel ten gevolge had. De grootste snelheden kwamen voor op de diepste plaatsen en daar zijn dan ook de meeste snelheidsmetingen uitgevoerd.



Situatie van de peilschalen in het sluitgat van de Grevelingen

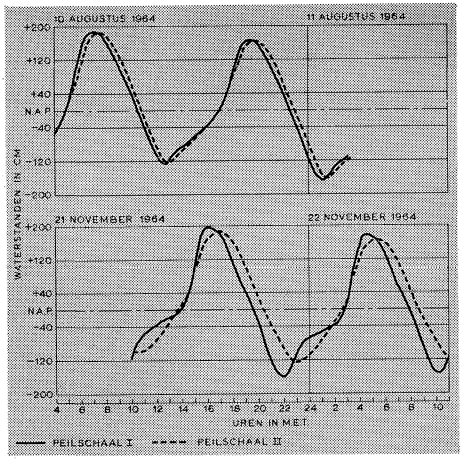
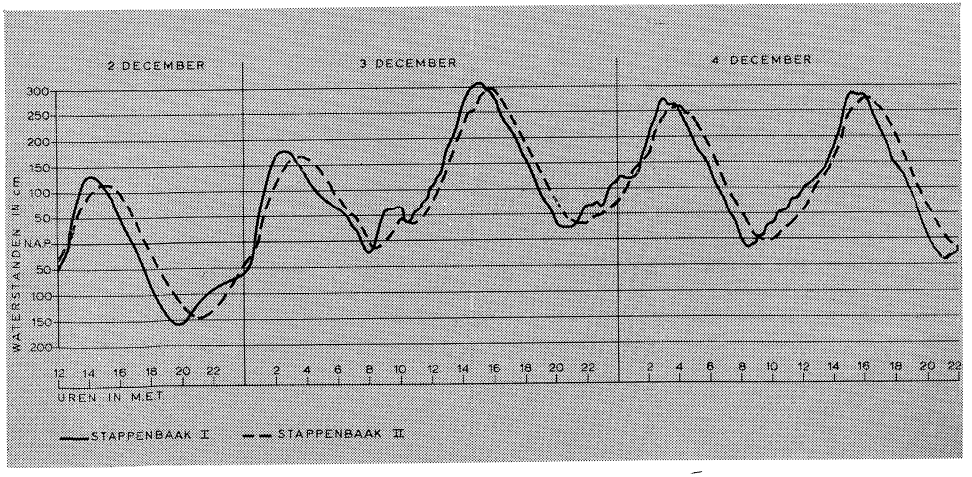


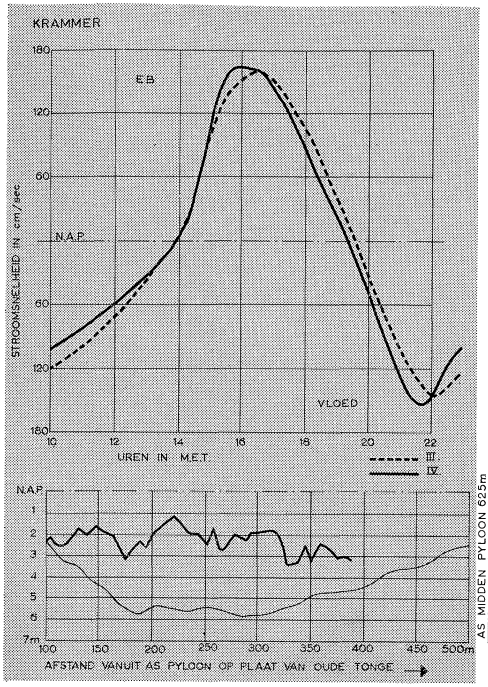
Fig. 1. Getijlijnen voor de Bocht van St. Jacob op resp. 10 augustus en 21 november 1964

Fig. 2. Verloop van de verticale getijden ter weerszijden van de dam op 2, 3 en 4 december 1964

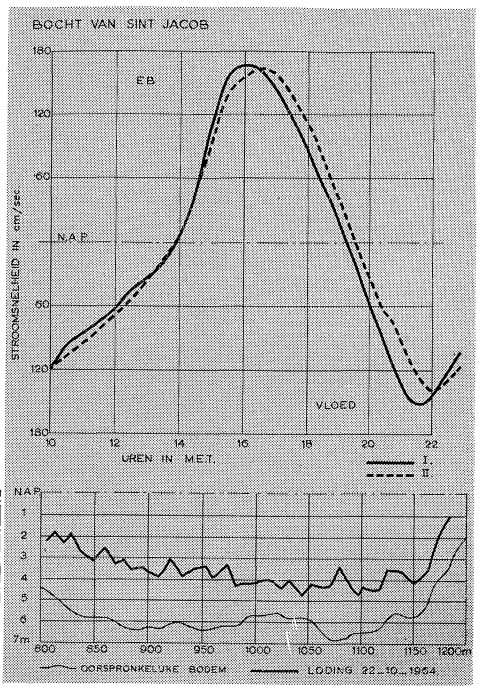
1



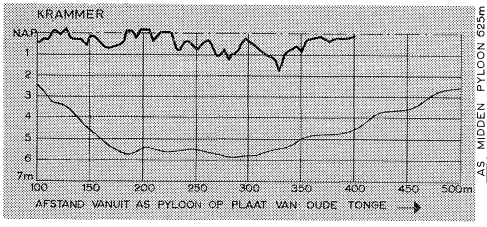
2



3



4



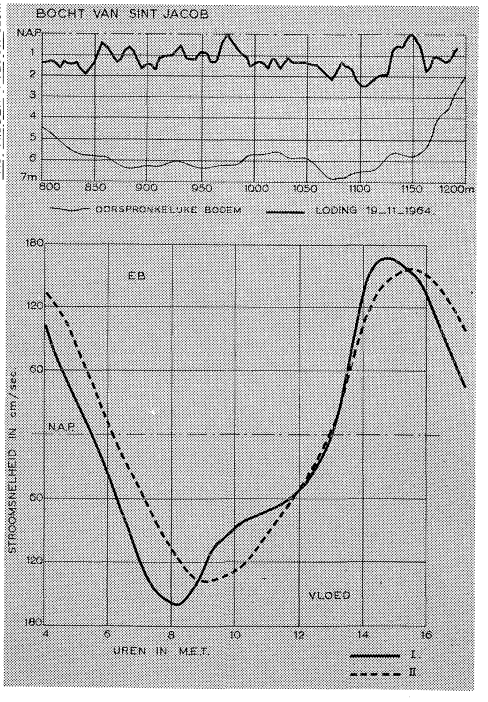
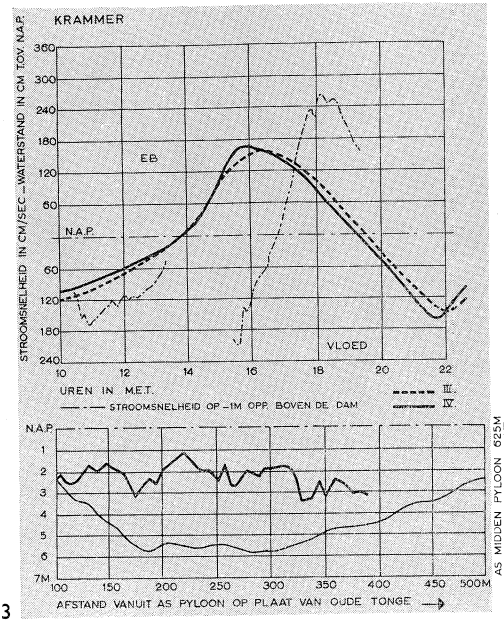
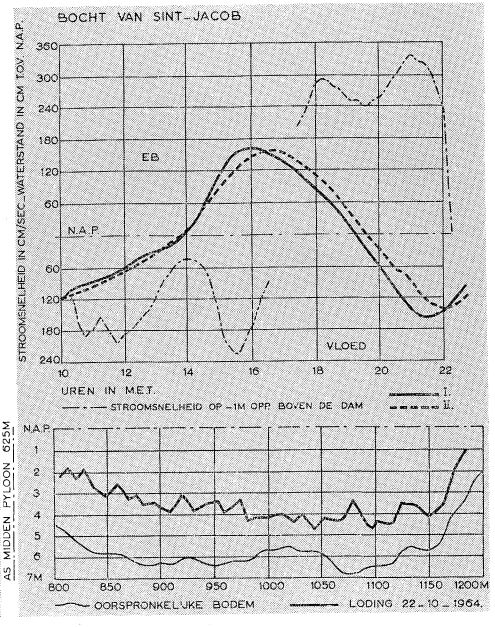


Fig. 3. Stroomsnelheidsmetingen in de Krammer en de Bocht van St. Jacob op 22 oktober 1964. Daaronder het verloop van het lengteprofiel der dammen

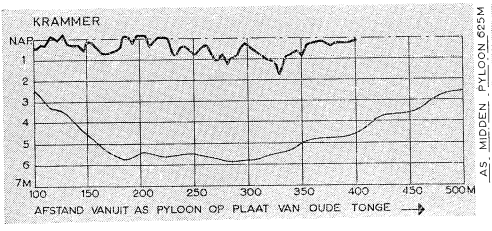
Fig. 4. Lengteprofiel van de dam door de Krammer en de Bocht van St. Jacob op 19 november 1964. Voor de Bocht van St. Jacob is ook de stroommeting weergegeven



3



4



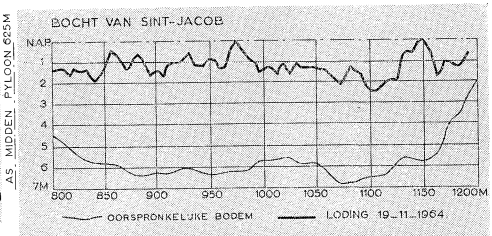


Fig. 3. Stroomsnelheidsmetingen in de Krammer en de Bocht van St.-Jacob op 22 oktober 1964. Daaronder het verloop van het lengteprofiel der dammen

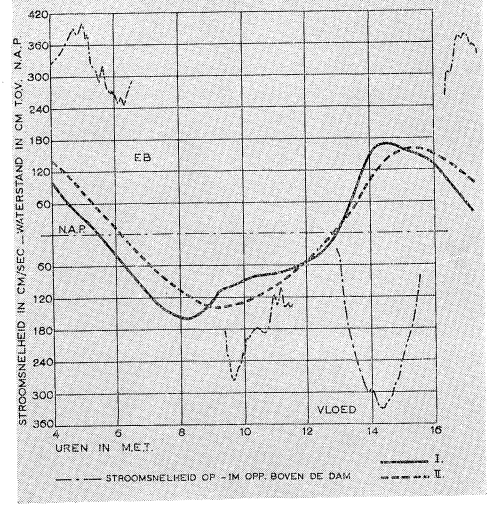


Fig. 4. Lengteprofiel van de dam door de Krammer en de Bocht van St.-Jacob op 19 november 1964. Voor de Bocht van St.-Jacob is ook de stroommeting weergegeven

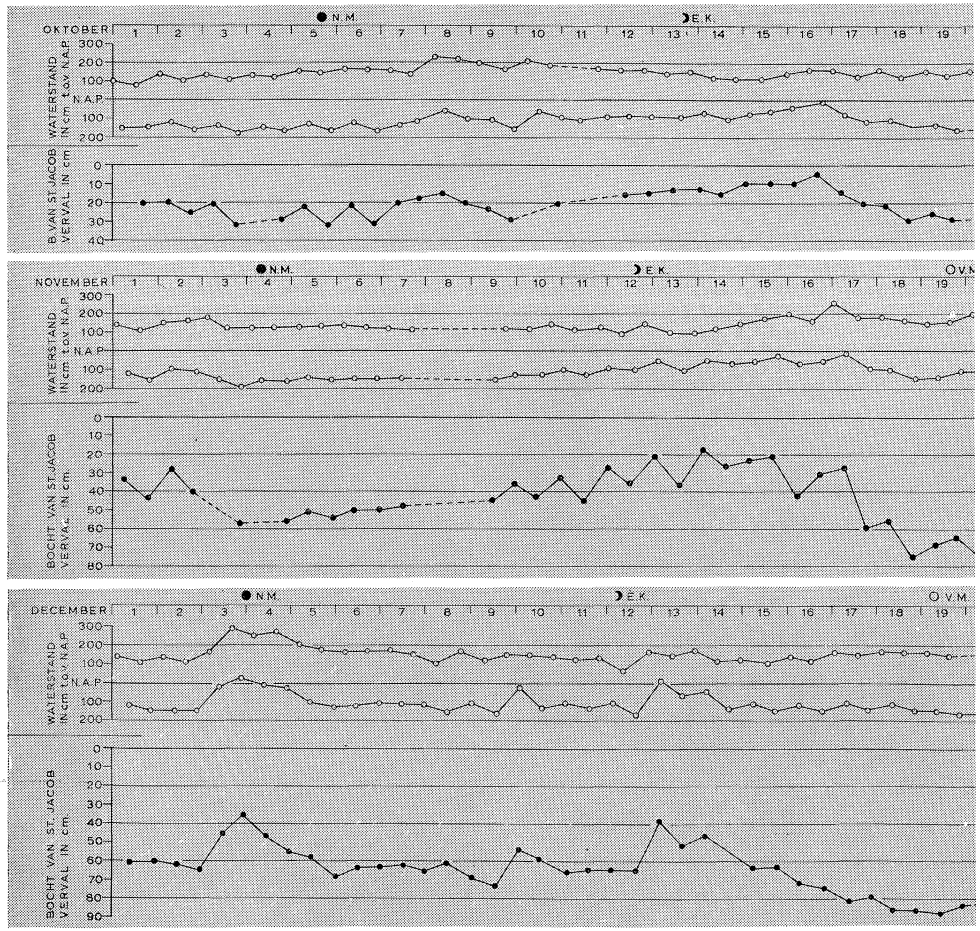
Op zaterdagen, als er niet gestort werd, zijn voorzover mogelijk simultane snelheidsmetingen verricht op verschillende plaatsen boven de drempel. Na november was dit in de Krammer niet meer mogelijk en werden nog alleen snelheidsmetingen boven de drempel verricht in de Bocht van St. Jacob, waar, zoals gezegd, de grootste snelheden voorkwamen. Hier werd vaak dagelijks, met behulp van een vlot waaraan een stroommeter was bevestigd, het verloop van de snelheid bepaald op 1 m beneden het wateroppervlak. Gedurende de gehele sluitingsperiode werden de waterstanden ter weerszijden van het sluitgat automatisch opgenomen, zoals beschreven is in nummer 30 van de Driemaandelijkse Berichten. Daar de vervallen over de drempel van zuid naar noord toenamen – in de Krammer waren ze dus kleiner dan in de Bocht van St. Jacob – zijn er twee peilschalen geplaatst ter weerszijden van het werkeiland en twee bij de Goereese oever. Uit de waargenomen getijlijnen kon dus het verloop van het verval zowel voor de Krammer als voor de Bocht van St. Jacob afzonderlijk worden bepaald en gecorreleerd met de waargenomen snelheden. Op deze correlatie wordt in een volgend artikel nader teruggekomen.
Na dit algemene overzicht worden hieronder in het kort enkele karakteristieke meetgegevens weergegeven.
Deze gegevens hebben met uitzondering van die in fig. 3 betrekking op de Bocht van St. Jacob. Zoals reeds gezegd waren de vervallen in de Krammer aanmerkelijk kleiner. De belangrijkste verschillen kwamen voor omstreeks LW; dan trad aan de Volkerakzijde van de dam een zo belangrijk dwarsverval op – gericht vanaf de Bocht van St. Jacob via de Krammer naar Bruinisse – dat langs de dam snelheden voorkwamen van 1,2 m/sec. De LW standen te Bruinisse en bij de Bocht van St. Jacob aan de Volkerakzijde, een afstand van slechts 4 km, verschilden bij springtij wel ongeveer 40 cm. In de toekomst zullen in dit gebied vermoedelijk belangrijke veranderingen in de ligging der geulen en platen plaats grijpen die de verschillen zullen nivelleren.
Uit fig. 1 blijken de veranderingen in de verticale getijden gedurende de sluitingsperiode. Op 10 augustus 1964 was de hoogte van de drempel nog zeer gering. Op 22 november bedroeg de gemiddelde drempelhoogte in de Krammer ongeveer N.A.P. – 0,5 m en in de Bocht van St. Jacob N.A.P. – 1,25 m; deze geulen waren dus reeds voor een belangrijk deel afgesloten. In de omgeving van LW was reeds de eindtoestand bereikt, omdat de gemiddelde drempelhoogte hoger was dan LW. Nadien zijn nog kleine wijzigingen opgetreden in de vorm van de getijlijnen nabij en boven N.A.P.; deze waren echter niet belangrijk. Dit blijkt ook uit fig. 2, waarop het verloop van de verticale getijden ter weerszijden van de dam op 2, 3 en 4 december 1964 is weergegeven. Deze laatste gegevens zijn interessant, omdat op 3 en 4 december een storm is voorgekomen, waarbij weliswaar geen bijzonder hoge waterstanden voorkwamen, maar die wel lang aanhield, nl. gedurende drie opeenvolgende getijden. Daar de opzet van de dam aan de zeezijde uiteraard iets sterker was dan aan de andere kant, zijn de maximale vervallen kleiner geweest dan normaal bij een springtij het geval zou zijn geweest; de hoogste gemeten ebsnelheid bedroeg 3,6 m/sec.
De stroomaanval op de dam is dus gedurende de storm zeer beperkt gebleven. Verder hebben, zoals uit het onregelmatige verloop van de getijlijnen blijkt, de buistoten aan de westelijke kant van de dam veel meer effect gehad dan die aan de oostzijde, waar ze zich over een veel grotere afstand via Oosterschelde, Keeten, Mastgat en Zijpe moesten voortplanten. Voor de storm begon reikte de dam in de Krammer tot N.A.P. + 1,5 m en in de Bocht van St. Jacob tot N.A.P.
In de figuren 3 en 4 zijn de resultaten van snelheidsmetingen en de respectievelijke getijlijnen op de dam, zowel in een punt van de Krammer als van de Bocht van St. Jacob weergegeven. In figuur 3 zijn de gegevens van 22 oktober 1964 – nabij springtij – getekend

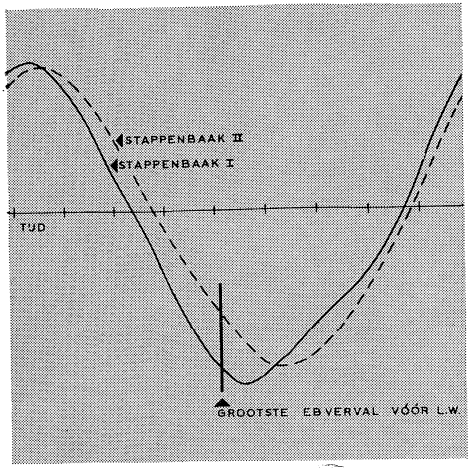
en in figuur 4 die op 19 november 1964, ook nabij springtij. Op deze laatste datum is alleen in de Bocht van St. Jacob gemeten. Het nogal onregelmatige verloop van de damhoogten op beide data is in de figuren weergegeven.
Op deze data waren de gemiddelde hoogten van de dam als volgt:

22 oktober	Krammer	:	N.A.P. – 2,75 m
	Bocht van St. Jacob:		N.A.P. – 4 m
19 november	Krammer	:	N.A.P. – 0,5 m
	Bocht van St. Jacob:		N.A.P. – 1,5 m.

De snelheidsmetingen zijn steeds uitgevoerd op 1 m beneden het wateroppervlak ter plaatse van een dieper gedeelte van de dam.
De volgende maximale waarden werden gemeten:

22 oktober	Krammer	:	ebsnelheid: 2,6 m/sec; vloedsnelheid 2,1 m/sec
	Bocht van St. Jacob:		ebsnelheid: 3,4 m/sec; vloedsnelheid 2,5 m/sec
19 november	Bocht van St. Jacob:		ebsnelheid: 4 m/sec; vloedsnelheid 3,3 m/sec.





Gemeten getijlijnen van het sluitgat

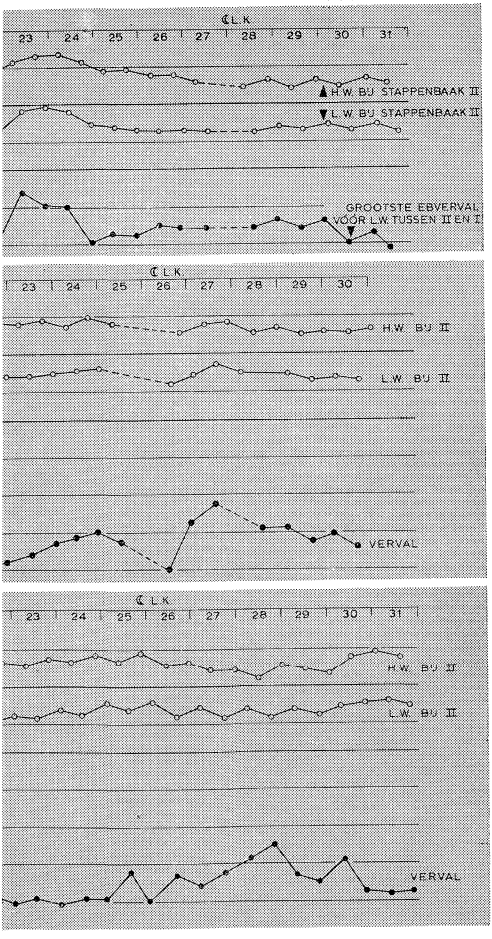
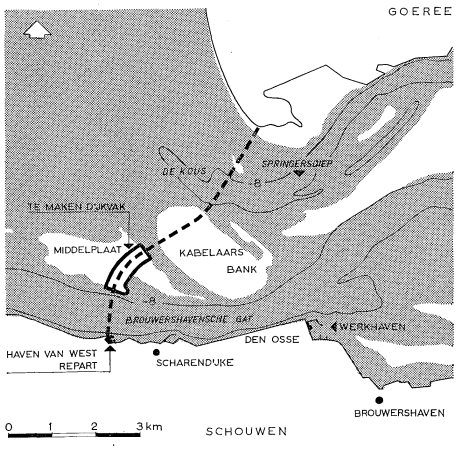


Fig. 5. Verloop van de grootste vervallen vlak voor laagwater over de periode 1 oktober–31 december 1964

Op deze laatste datum kon de ebsnelheid, die nabij laagwater voorkwam, niet meer gemeten worden vanwege de te hoge ligging van de dam.
Voor zover bekend zijn gedurende de gehele sluitingsperiode snelheden groter dan 4 m/sec nagenoeg niet voorgekomen.
Tenslotte is in figuur 5 het verloop getekend van de grootste vervallen, die per getij vlak vóór laagwater voorkwamen gedurende de sluitingsperiode van 1 oktober tot half december.
Gesuperponeerd op de variaties van deze vervallen van doodtij naar springtij, geeft deze figuur een regelmatige toename te zien, die belangrijk sterker werd na 17 november 1964.
Tenslotte hebben deze vervallen waarden bereikt van ongeveer 80 cm gedurende een hoog springtij.

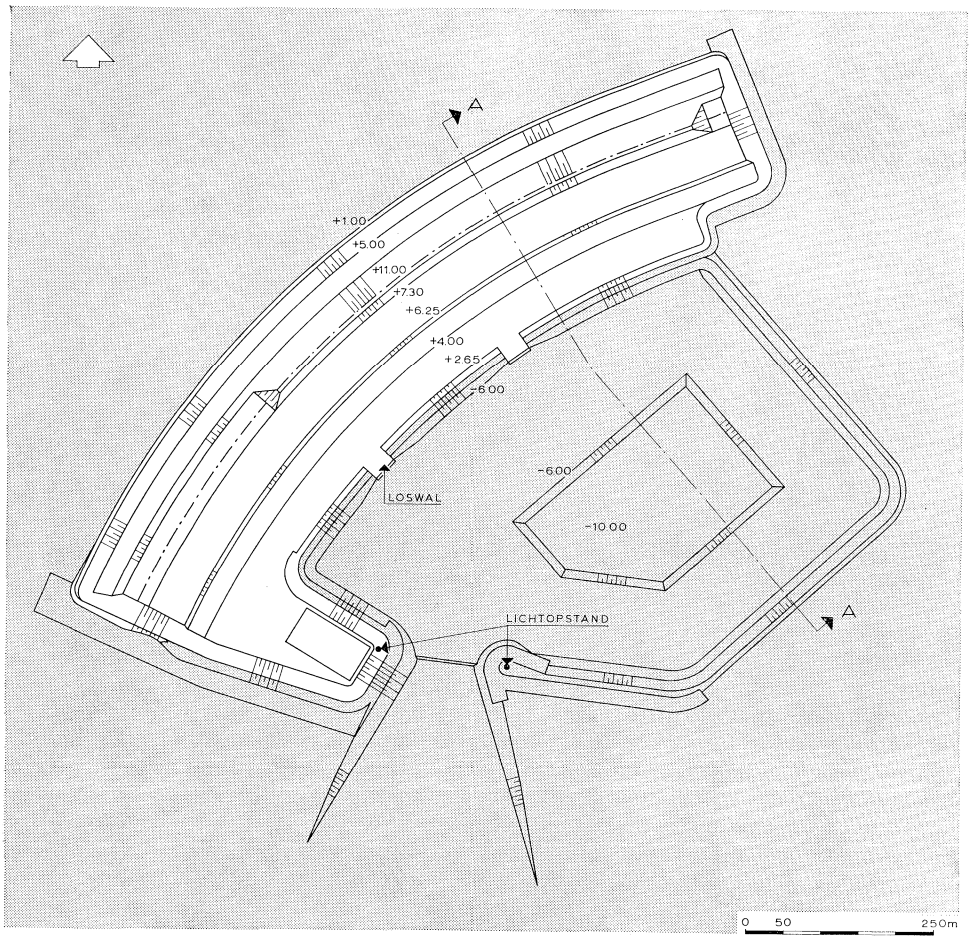
Het damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

In nummer 24 (mei 1963) van deze Berichten is de keuze van het tracé van de dam door het Brouwershavensche Gat gemotiveerd. Tevens werd het tracé van de dam nader beschreven. Uit de beschrijving blijkt dat de dam twee hoofdgeulen kruist:
het eigenlijke Brouwershavensche Gat in het zuiden en de Kous in het noorden van de zeearm, alsmede het tussen deze geulen gelegen zandplatengebied, de Middelplaat en de Kabbelaarsbank. Tussen deze twee platen stroomt een ondiep geultje. Het ligt voor de hand de aanleg van de afsluitdam bij de ondiepe gedeelten van de zeearm te beginnen. Eerst zullen daarom de damvlakken op het zandplatengebied worden aangelegd. Tevens zal dan het ondiepe geultje worden afgedamd.
De uiterste grenzen van deze damvakken werden vastgesteld aan de hand van modelproeven, waarbij is uitgegaan van de eis dat het stroombeeld in de naastliggende hoofdgeulen niet noemenswaard veranderd mag worden. Door deze bepaling wordt voorkomen dat in een te vroeg stadium voorzieningen moeten worden getroffen om de geulbodems tegen uitschuring te beschermen.
De aanleg van het damvak op het platengebied is dermate omvangrijk, dat de werkzaamheden over twee jaren zullen moeten worden gespreid. In het eerste jaar zal het damvak op de Middelplaat worden gemaakt, in het tweede jaar dat op de Kabbelaarsbank, bij welke laatste gelegenheid het tussen beide platen gelegen geultje zal worden gesloten.
In de sluitgaten moeten zeer grote hoeveelheden materiaal worden verwerkt. In verband met de beperkte transport- en produktiemogelijkheden en ter voorkoming van stagnaties tijdens de uitvoering, zal de aanvoer van steen en mijnsteen over een zo groot mogelijk aantal jaren moeten worden verdeeld; er zal dus zo vroeg mogelijk mee moeten worden begonnen. Daar de inmiddels reeds aangelegde, en voor overslag in het algemeen bestemde werkhaven 'Den Osse' (zie Driemaandelijks Bericht, nummer 18, november 1961 blz. 28 e.v.), niet voldoende opslagruimte biedt, zullen verscheidene havens nodig zijn. Deze zullen zo dicht mogelijk bij de sluitgaten moeten worden aangelegd, opdat de afstand tussen haven en sluitgat zo klein mogelijk zij. De platengebieden naast de damvakken lenen zich daartoe uitstekend. Bovendien kan het uit de havenkommen vrijkomende zand rechtstreeks in de damvakken worden verwerkt, waardoor de uitvoeringsmogelijkheden en de bouwkosten gunstig zullen worden beïnvloed. Het feit dat de werkhaven in de Middelplaat als eerste in aanmerking komt voor de opslag van de materialen welke moeten worden ver-

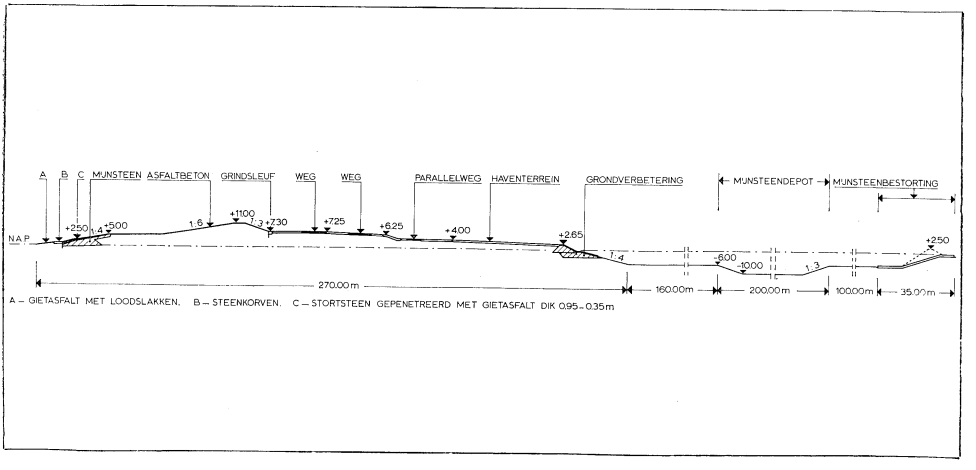


Situatie van het dijkvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

werkt in de zuidelijke hoofdgeul (de diepste en omvangrijkste) heeft ertoe geleid dat het dijkvak op deze plaat voorrang krijgt.
Algemene beschouwingen betreffende het ontwerp van een damprofiel kan men vinden in het artikel 'Het dwarsprofiel van de afsluitdam in de Lauwerszee' van het Driemaandelijks Bericht nummer 25, augustus 1963, blz. 256 e.v. Om het meest verantwoorde dwarsprofiel te bepalen zijn verschillende onderdelen van dit profiel nader bestudeerd en vele mogelijkheden met elkaar vergeleken. Zo is voor het buitenbeloop een onderscheid gemaakt tussen het gedeelte in het tijgebied (het tijbeloop) en het gedeelte van het beloop boven het tijgebied. De grens tussen beide gedeelten wordt enerzijds bepaald door uitvoeringstechnische redenen (bescherming van het zandlichaam tegen golfaanval tijdens de opbouw) en anderzijds door de onder de gesloten talud-bekleding optredende wateroverdrukken. De wateroverdrukken onder de bekleding zijn gemeten in een elektrisch model. Een scheiding op N.A.P. + 2,50 m bleek gunstig. Bij deze onderzoekingen werden verschillende taludhellingen en dichtheden van het in de teenkade te verwerken materiaal in beschouwing genomen. Voor de helling van het beloop bleek een talud van 1 : 4 het gunstigst. Wat de dichtheid van het tot perskade verwerkte materiaal betreft, de doorlatendheid van normale mijnsteen – die in het deltagebied voor de bouw van perskaden het meest in aanmerking komt – bleek een vrij dikke bekleding te vereisen. Proeven wezen uit dat een aanmerkelijke besparing kan worden verkregen indien het materiaal van de perskade geen hogere doorlatendheid heeft dan zand. Onderzocht wordt of een materiaal met lage permeabiliteit en gunstige verwerkingseigenschappen kan worden verkregen door menging van mijnsteen met zand. Tot nu toe zijn echter geen gunstige resultaten bereikt. In het gedeelte in het tijgebied zal de bekleding bestaan uit met asfalt ingegoten stortsteen. Met dit type bekleding zijn gunstige ervaringen opgedaan; het voldoet n.l. het meest aan de specifieke eisen en omstandigheden van de tijzone.
Een andere faktor die de dikte van de taludbekleding in de tijzone moet bepalen is het soortelijk gewicht van het bekledingsmateriaal. Om de dikte te verminderen onderzocht men de toepassingsmogelijkheden van steensoorten met een hoog soortelijk gewicht; een groot probleem blijkt daarbij het vinden van een materiaal met de juiste gradering.
Boven de tijzone zijn de wateroverdrukken niet meer maatgevend voor de dikte van de taludbekleding. Tot een hoogte van N.A.P. + 5 m moet de dikte van de bekledingslaag


A
+1.00
+5.00
+11.00
+7.30
+6.25
+4.00
+2.65
-6.00
LOSWAL
-6.00
-10.00
LICHTOPSTAND
A
0 50 250m

1


A B C MUNSTEEN ASFALTBETON GRINDSLEUF WEG WEG PARALLELWEG HAVENTERREIN GRONDVERBETERING MUNSTEENDEPOT MUNSTEENBESTORTING
N.A.P.
+250
+500
1:4
1:6
+1100
1:2
+730
+725
+625
+400
+2.65
1:4
-600
-1000
1:3
+250
270.00m
160.00m
200.00m
100.00m
35.00m
A – GIETASFALT MET LOODSLAKKEN. B – STEENKORVEN. C – STORTSTEEN GEPENETREERD MET GIETASFALT DIK 0.95 – 0.35m

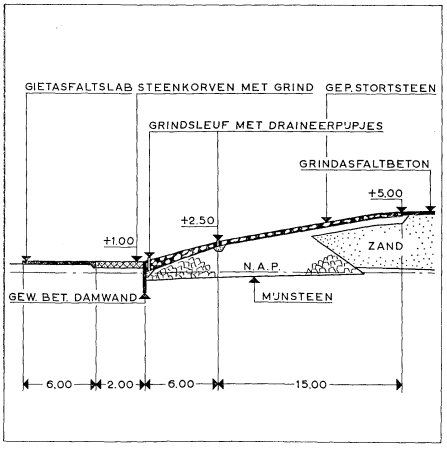
2

35 cm bedragen in verband met de zwaarte van de golfaanval; boven dit peil zal een dikte van 20 cm voldoende zijn. Overwogen is, het gehele talud boven het peil van N.A.P. + 2,5 m uit te voeren in asfaltbeton. Daar betwijfeld wordt of een in één laag van 35 cm dikte aangebrachte asfaltbetonbekelding wel voldoende kan worden verdicht en men bezwaar heeft tegen een aantal dunne lagen, is besloten over het gedeelte van het talud tussen N.A.P. + 2,50 m en N.A.P. + 5 m geen asfaltbeton te gebruiken, maar het te vervangen door een bekleding van gepenetreerde stortsteen.

De kruinhoogte van de dam hangt af van het stormvloedpeil en van de te verwachten golfoploop. De golfoploop is afhankelijk van de helling van het talud en van het al of niet aanwezig zijn van een buitenberm op stormvloedhoogte; men heeft een aantal gelijkwaardige dijkprofielen met zowel verschillende hellingen van het buitentalud boven de tijzone, als met en zonder berm onderling vergeleken. De voordeligste oplossing wat kosten en uitvoering betreft, wordt gevonden bij een helling van het buitentalud van 1 : 6, welke op stormvloedhoogte wordt onderbroken door een 25 m brede berm. Uitgaande van het door de Deltacommissie vastgestelde ontwerp-peil van N.A.P. + 5,35 m bij de aansluiting van de afsluitdam op Schouwen en van N.A.P. + 5,15 m bij de aansluiting op Goeree, behoort bij dit profiel van het buitenbeloop een kruinhoogte van N.A.P. + 11 m. Het gekozen profiel met de brede berm heeft bovendien het voordeel dat de berm dienstbaar kan worden gemaakt aan de recreatie.

Het binnentalud verkrijgt een helling van 1 : 3, de bekleding zal bestaan uit een laag asfaltbeton van 15 cm. Aan deze kant van de dam wordt eveneens een brede berm aangelegd. De berm ligt voor de afsluiting zo goed als stormvloedvrij en kan tijdens de uitvoering dienst doen als werkterrein en opslagplaats. Deze berm wordt zeer breed en biedt ruime mogelijkheden voor de aanleg van wegen en het opvangen van eventueel stuifzand. Het ligt in de bedoeling het snel- en het langzame verkeer van elkaar te scheiden door voor elk een gedeelte van de binnenberm te reserveren en daarbij de langzaam-verkeersweg op een ca. 3 m lager niveau te leggen dan de snelverkeerswegen. Om berijders van de snelverkeerswegen een onbelemmerd uitzicht op het Grevelingenbekken te geven, zal dit gedeelte van de binnenberm bovendien onder een dwarshelling worden aangelegd.

Het onderwaterbeloop aan de meerzijde en rond de koppen van het damvak wordt vanwege de lage ligging van de dijkteen (N.A.P. – 0,25 m) verdedigd met kraagstukken. Langs de hoger liggende buitenteen kan in verband met de houdbaarheid geen rijshout worden



3

1 Het dijkvak met de werkhaven

2 Dwarsprofiel van het dijkvak en de werkhaven

3 Detail van het dijkprofiel: de teen met de daarin verwerkte materialen

gebruikt; bovendien zou de op deze stukken aangebrachte bestorting vastgelegd moeten worden, om te voorkomen dat de losse stenen door golven over de asfaltbekleding van het talud rollen en schade veroorzaken. In dat geval zal de stortsteen wellicht moeten worden ingegoten met asfalt en zal vanwege de wateroverdrukken onder deze dichte constructie een bekleding van grote dikte nodig zijn. Indien het echter lukt een gedeeltelijke waterdoorlatende constructie te ontwerpen, dan zou de dikte van de gehele taludbekleding aanzienlijk geringer kunnen worden. Onderzoek naar deze mogelijkheid is gaande.
Het damvak op de Middelplaat wordt ca. 1100 m lang. Het ligt in de bedoeling het zuidelijk gedeelte van het damvak over ca. 350 m lengte voorlopig niet hoger op te trekken dan tot N.A.P. + 7,30 m, waardoor op die hoogte een ruim plateau wordt verkregen dat met het oog op de verdere afsluitingswerkzaamheden voor vele doeleinden bruikbaar zal zijn.
Aan het zuidelijk kopeinde van de dam wordt een verbreding gemaakt, bedoeld als werkterrein voor het asfaltbedrijf en het opstellen van de asfaltinstallties; deze verbreding geeft bovendien bescherming aan de haveningang.
Het terrein tussen de haven en de binnenberm van de dam komt te liggen op een hoogte van N.A.P. + 3 m, krijgt een breedte van ongeveer 50 m en zal vanuit de haven bereikbaar zijn via twee uit eenheidscaissons samengestelde loswallen.
De haven is in hoofdzaak bestemd voor de op- en overslag van steenachtige materialen; een groot gedeelte van het materiaal zal in onderwaterdepots worden opgeslagen.
Aan de oost-, zuidoost- en noordzijde zal de haven worden begrensd door dammen van stortsteen; deze doen tevens dienst als reservedepots. De steen van deze dammen zal uiteindelijk in de damvakken van de sluitgaten worden verwerkt.
De bodem van de haven zal op een diepte van N.A.P. – 6 m komen te liggen; in het midden zal hij over een bepaalde oppervlakte worden uitgediept tot N.A.P. – 10 m. In dit verdiepte gedeelte zal te zijner tijd mijnsteen in depot worden opgeslagen.

De vormgeving en toepassing van geleidewerken bij duwvaart

Inleiding

In het algemeen wordt het passeren van een schutsluis door de scheepvaart als hinderlijk ondervonden, daar het meestal enig oponthoud meebrengt.
Het totale tijdverlies dat bij het schutten van schepen optreedt, kan in de volgende onderdelen worden gesplitst:

wachttijd, dat is de tijd, die verloopt tussen de aankomst van het schip in de voorhaven bij de sluis en het moment waarop de schepen kunnen gaan invaren;

invaartijd;

sluitingsduur van de sluisdeuren;

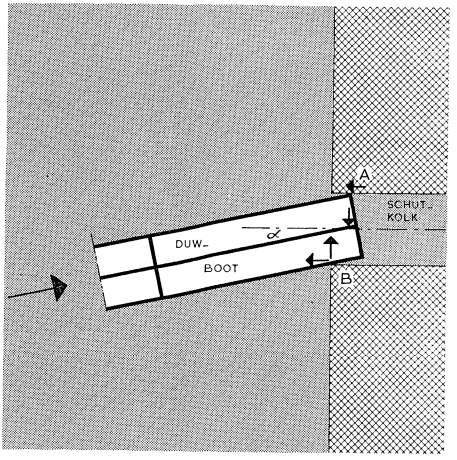
vul- en ledigingstijd van de kolk;

openingsduur van de sluisdeuren;

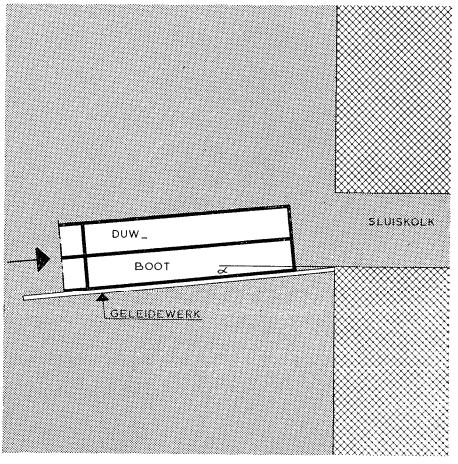
uitvaartijd.

Bij moderne sluizen duurt het omzetten van de kolk – het vullen of ledigen – tussen de 5 en 8 minuten. Op deze tijd kan nauwelijks enige winst meer behaald worden. Ook het openen en sluiten van de deuren met behulp van elektrische bewegingsmechanismen gaat snel. Alleen de tijd voor het invaren en uitvaren kan nog worden bekort en wel door een goede situering van de voorhavens met wachtplaatsen en geleidewerken. Geleidewerken kunnen, mits goed opgesteld, ook schadevaring aanzienlijk beperken.
Voor de conventionele binnenvaart is de keuze van vorm en constructie van de geleidewerken vaak een kwestie van ervaring en persoonlijk inzicht. Bij het bestuderen van een aantal sluizen in West-Europa ontmoet men dan ook een groot aantal verschillende oplossingen. Nu eens werden de geleidewerken over een grote lengte, dan weer over een kleine afstand aangebracht. Soms bestaan ze uit een verende constructie, terwijl men op andere plaatsen daarentegen zware, starre bouwsels aantreft. De tangent van de hoek die het geleidewerk maakt met de sluisas, varieert hierbij van 1 : 4 tot 1 : 8.
Enkele jaren geleden heeft de duwvaart in Europa haar intrede gedaan. Tot dan werd de duwvaart alleen in de Verenigde Staten uitgeoefend. De ontwikkeling in West-Europa verkeert nog in het beginstadium en het aantal duwboten is gering. Voor de toekomst wordt echter verwacht, dat de duwvaart een belangrijk percentage, misschien wel het grootste gedeelte van de binnenvaartvloot zal gaan uitmaken.

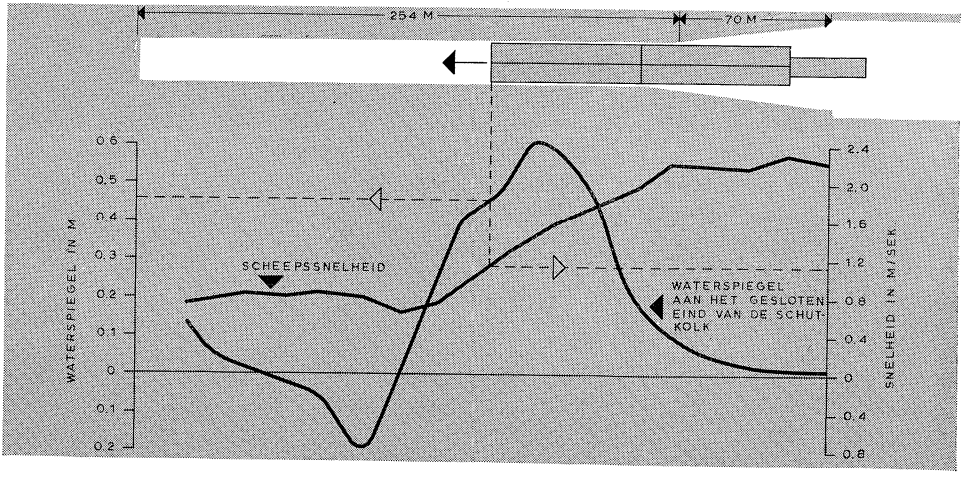
Geschematiseerde voorstelling van scheve en mislukkende invaart in een schutkolk zonder geleidewerken



Een enkelvoudig geleidewerk als hulpmiddel bij het invaren



Verband tussen snelheid en plaats van een invarend duwconvooi en de hoogte van de waterstand voor de gesloten sluisdeur

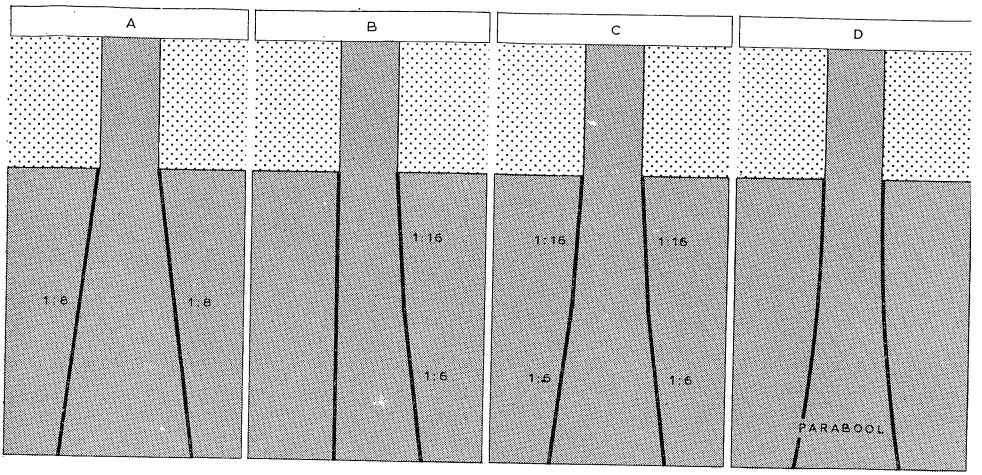


De totale waterverplaatsing van een duwvaartconvooi bedraagt 10 000 à 12 000 ton, hetgeen veel meer is dan die van het grootste conventionele binnenvaartschip. Het is dus duidelijk dat de duwvaart aan nieuw te bouwen sluizen en aan de geleidewerken geheel andere eisen zal stellen dan de conventionele vaart.
Ook bij de thans in aanbouw zijnde sluizen in het Volkerak dient dus met deze eisen rekening te worden gehouden.
Daar men in Nederland nog niet over ervaring beschikt en de ervaring in de Verenigde Staten met het schutten van duwvaartconvooien opgedaan niet volledig van toepassing is op de Europese omstandigheden, besloot de Deltadienst een uitgebreid modelonderzoek te doen verrichten waaruit onder andere ontwerpgegevens voor de vormgeving van de geleidewerken bij de Volkeraksluizen zouden moeten volgen.
In het navolgende zullen de resultaten en de conclusies van dit onderzoek worden besproken.

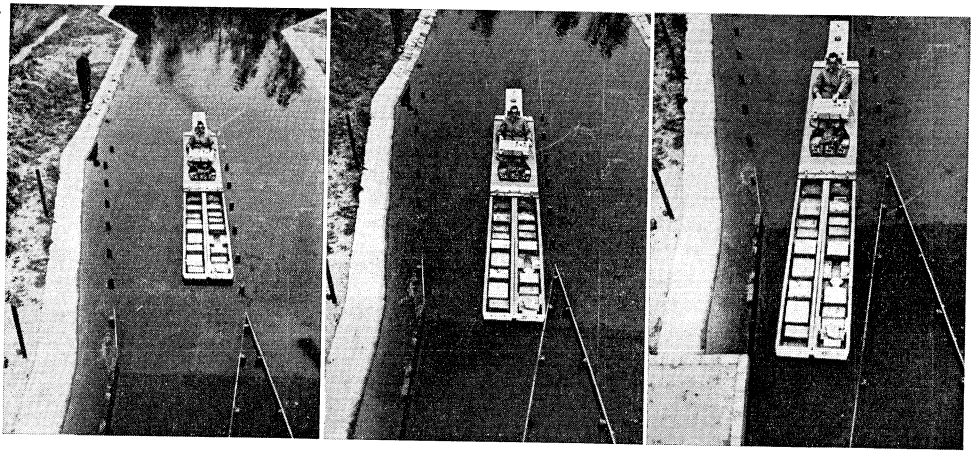
Het gedrag van een schip bij het invaren van een sluiskolk

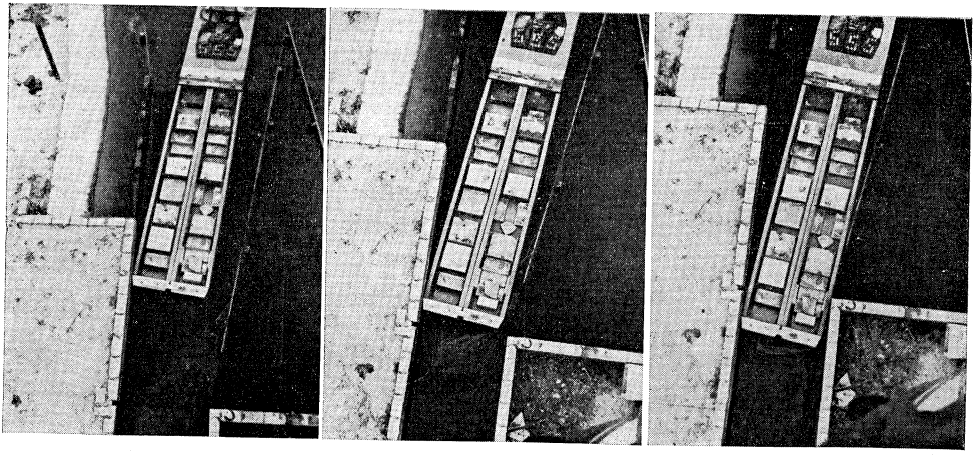
Op het moment, dat bij het invaren de boeg van een schip het sluisfront passeert, veranderen de condities voor de retourstroom, die tegenovergesteld aan de vaarrichting onder en langs het schip loopt. Het natte profiel van de sluiskolk, dat kleiner is dan het natte profiel vóór de sluis, wordt plotseling nog eens verkleind met de doorsnede van het schip onder de waterspiegel. Het gevolg hiervan is dat een translatiegolf voor het schip uit de sluiskolk inloopt. Door deze verhoging van de waterspiegel voor het schip en door de vergrote retourstroom zal de snelheid van het schip afnemen. Aan het eind van de kolk wordt de translatiegolf door de gesloten sluisdeuren teruggekaatst en ontmoet het inmiddels verder de kolk ingevaren schip; de snelheid van het schip neemt hierdoor nog meer af. In de figuur is een en ander grafisch weergegeven voor een duwboot met 4 duwbakken met een diepgang van 2,85 m.
Het groot spantoppervlak onder water van conventionele binnenvaartschepen is in verhouding met het natte dwarsprofiel van de sluiskolk meestal klein, zodat retourstroom en translatiegolf de scheepvaart weinig hinder zullen veroorzaken. Onder normale omstandigheden met weinig dwarswind zal de schipper zo spoedig mogelijk voor het invoeren zijn vaarrichting met de sluisas laten samenvallen en trachten het schip geheel vrij, zonder de sluiswanden te raken, de kolk in te varen. De geleidewerken dienen er dan voor om onverhoopte foute manoeuvres op te vangen en te corrigeren teneinde schadevaring te voorkomen.
Bij de duwvaart liggen de problemen anders. Door de grote breedte van het convooi, bijvoorbeeld 22,4 m – 2 bakken, ieder 11,2 m breed – en, zoals bij de Volkeraksluizen, een sluisbreedte van 24 meter, zal de retourstroom sterker zijn en grotendeels onder het schip door de kolk uitstromen; de translatiegolf kan daarbij, afhankelijk van de scheepssnelheid, enkele decimeters hoog worden. Als dan ook nog de waterstand bijzonder laag is, gaat het invaren van een duwconvooi veel lijken op de beweging van een zuiger in een cylinder. Het kan dan voorkomen, dat het schip geheel wordt afgeremd en zelfs achteruitgezet. Bovendien zal, gezien de kleine speling tussen schip en sluiswand, reeds een kleine fout bij het invaren een botsing met de sluiswand ten gevolge kunnen hebben. Door de grote massa van het schip zal de schade aan schip en sluiswand in een dergelijk geval aanzienlijk zijn.
In de bovenste figuur is schematisch aangegeven, welke krachten op het schip en de sluiswand worden uitgeoefend bij scheve invaart van een duwconvooi. Stel dat de boeg bij A de sluiswand raakt en het schip bij B tegen de hoek aangedrukt wordt, terwijl het schip nog een voorwaartse beweging heeft. De wrijvingskrachten zullen het schip afremmen,

1



2





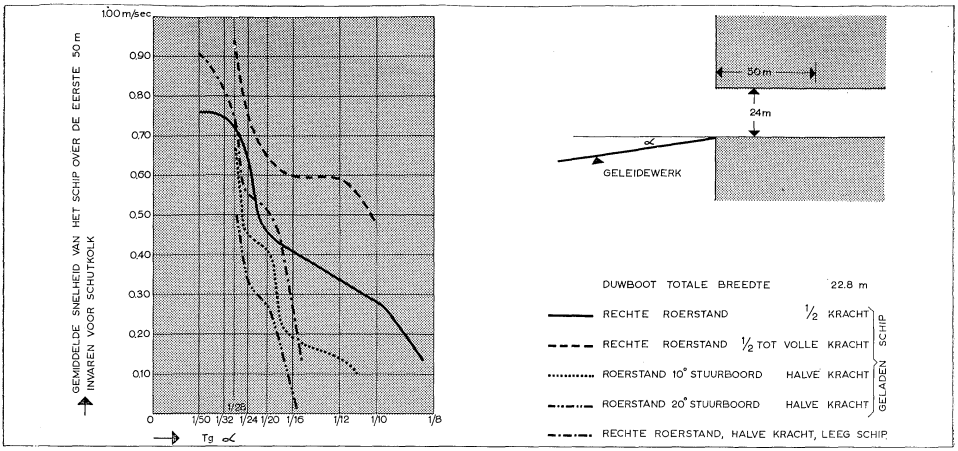
1 Geleidewerken van verschillende vorm en met verschillende aansluithoek

2 Invaartproeven met het model van een duwconvooi

terwijl de loodrecht op de muur gerichte krachten tezamen een koppel vormen, dat het schip draait en rechter voor de sluiskolk brengt. Door de grote breedte van het schip is de arm van dit koppel klein en door de grote traagheid van het schip zal recht invaren niet lukken: het schip loopt volkomen klem.
Bij het invaren van een duwconvooi, waarvan de totale lengte 200 m kan bedragen, dient men erop te rekenen, dat scheve invaart regel zal zijn, al zal de schipper trachten de hoek tussen vaarrichting en sluisas zo klein mogelijk te houden. Vrij invaren volgens de sluisas zal een uitzondering zijn, vooral als de wind dwars op het schip staat. Door middel van geleidewerken kan men de hoek tussen scheepsas en sluisas binnen bepaalde grenzen houden.

Vormgeving van geleidewerken bij duwvaart

In de Verenigde Staten, waar de duwvaart reeds gedurende enige decennia in het binnenscheepvaartverkeer domineert, heeft men de schutsluizen veelal uitgerust met een lange verticale muur in het verlengde van een der schutkolkwanden. Doordat de frequentie van de vaart in de Verenigde Staten geringer is dan in Nederland, behoeft men daar minder rekening te houden met een onderlinge beïnvloeding van opgaande en afgaande vaart. Mochten er al eens twee duwconvooien tegelijkertijd bij een sluiscomplex aankomen, dan wacht een van beide buiten het sluiscomplex op stroom totdat het andere convooi de sluis is gepasseerd. Een rechte, evenwijdige wand biedt voorts voordelen wanneer men moet overgaan tot 'double locking', het doorschutten van gedeelten van eenzelfde convooi, wanneer de lengte van de schutkolk geringer is dan de totale lengte van de duweenheid. Het convooi wordt dan langs de geleidewand gemeerd, in gedeelten gesplitst, geschut en aan de andere zijde van de sluis weer samengevoegd. De gunstige ervaringen die in Amerika met dit type geleidewerk zijn opgedaan, hebben ertoe geleid, dat het ook in Europa op verschillende plaatsen is toegepast. We noemen slechts de verschillende sluiscomplexen in het kortelings gereedgekomen werk tot bevaarbaarmaking van de Moezel. Ook voor de Volkeraksluizen is toepassing van dit soort geleidewerk ernstig overwogen. In een hydraulisch model op schaal 1 : 25 werd er een aantal vaarproeven mee gedaan.
Naast deze, zogenaamd asymmetrische oplossing werd in een aanvullend, uitgebreid



onderzoek ook een aantal symmetrische oplossingen bekeken, waardoor het inzicht in de problematiek van het in- en uitvaren belangrijk werd verdiept.
De uitkomsten van deze modelstudies kunnen als volgt worden samengevat.
Het is zeker mogelijk langs asymmetrische geleidewerken goede invaartmanoeuvres te verrichten. Als een schip evenwijdig aan de verlengde schutkolkmuur binnenvaart, worden er slechts geringe wrijvingskrachten opgewekt tussen de duwbakken en de schutkolkmuren, zodat de invaart vloeiend verloopt. Het geleidewerk tegenover de rechte evenwijdige geleidewand moet dan echter wel onder een geringe hoek met de sluisas aansluiten op de schutkolkmuur.
Nog nader onderzocht moet worden welke stromingskrachten dwars op de vaarrichting een duwconvooi ondervindt door de asymmetrische vorm van de beëindiging van het sluiscomplex, en of deze krachten een toelaatbaar maximum niet overschrijden. Hetzelfde geldt voor de invloed van dwarswind.
De proeven met een symmetrische vorm werden uitgevoerd met rechte zowel als met gebogen geleidewerken. Bij de rechte werd de hoek α tussen de geleidewerken en de sluisas steeds gevarieerd.
Hierbij bleek het volgende:

1. Is $\mathrm{tg}\alpha = 1/8$ dan loopt het schip bij scheve invaart volledig klem.
2. Is $\mathrm{tg}\alpha = 1/10$–$1/12$ dan wordt het schip wel sterk afgeremd, maar draait dan bij en vaart vervolgens de kolk in.
3. Is $\mathrm{tg}\alpha = 1/16$ dan heeft men met een overgangsgeval tussen 2 en 4 te maken.
4. Is $\mathrm{tg}\alpha = 1/20$ dan vaart de boot al schurend langs de wand de sluis in.

Uit dit onderzoek mag men dus concluderen, dat een geleidewerk met een kleine hoek – $\mathrm{tg}\alpha$ in de orde van grootte van 1/20 – het klemlopen van een duwconvooi kan voorkomen. Deze flauwe hoek van het geleidewerk brengt echter met zich dat de wachtplaatsen voor de te schutten schepen verder van de sluis komen te liggen. De invaartijd zal dus groter worden, hetgeen de sluiscapaciteit verkleint.
Dit nadeel nu kan ondervangen worden door het geleidewerk een paraboolvorm te geven. Bij het onderzoek van geleidewerken met een parabolische vorm bleek, dat deze vorm ongeveer dezelfde resultaten te zien geeft als een recht geleidewerk met $\mathrm{tg}\alpha = 1/20$.

De beweging van het schip is echter veel geleidelijker en verloopt geheel zonder schokken. Als voordelen van deze paraboolvorm kunnen worden genoemd:

1. $tg\alpha$ is in het kritieke gebied vlakbij de sluis zeer klein;
2. de arm van het koppel is groter, de krachten op het schip bijgevolg kleiner;
3. door de gebogen vorm heeft men, van het sluishoofd af gaande, spoediger een grote breedte ter beschikking dan bij de andere oplossingen; met andere woorden: de wachtplaatsen liggen dichterbij de sluis.

Tijdens het onderzoek kwam de vraag naar voren of de wrijvingskrachten die de sluiswand of het geleidewerk op het schip uitoefenen wel op schaal nagebootst waren. Om de invloed van een eventueel schaaleffect na te gaan werd een aantal proeven herhaald, waarbij de scheepshuid telkens met ander materiaal, zoals staal, koper en polyvinylchloride werd bekleed. Uit de resultaten bleek, dat de gegevens nauwelijks enige wijziging ondergingen; de invloed van het schaaleffect is dus niet noemenswaard. Uit het onderzoek bleek voorts, dat men dezelfde gunstige resultaten als bij de paraboolvorm kan bereiken door deze vorm met een aantal rechte stukken te benaderen.

De invloed van zijwind bij het invaren

In het model werd een windkracht tot 9 Beaufort loodrecht op de sluisas op schaal nagebootst. Onder deze omstandigheden werden bij een parabolisch en bij een recht geleidewerk met $tg\alpha = 1/20$ invaarproeven genomen.
Bij deze proeven werd van de volgende situaties uitgegaan:

a. het schip ligt stil aan het geleidewerk vlakbij de sluis en begint van hieruit de invaarmanoeuvre;
b. het schip vertrekt vanaf een wachtplaats 250 meter vóór de sluis vanuit het sluisfront gemeten;
c. verschillende combinaties van roerstanden en aantal omwentelingen per minuut van de schroef.

Uit het onderzoek volgde, dat in geval a bij een parabolische geleidewerk het aantal omwentelingen van de schroef 20% kleiner kan zijn dan bij een recht geleidewerk. Zowel

in geval a als b werd de snelheid van het schip tijdens het invaren niet noemenswaardig door de dwarswind beïnvloed. Ook hier bleek dat een parabolisch geleidewerk beter is dan enige andere symmetrische vorm. Het invaren verloopt vloeiend. Door het aanbrengen van windschermen kan de windinvloed op het schip worden gereduceerd.

Het onderzoek naar de optische eigenschappen van een geleidewerk

Naast de mechanische geleiding van het schip door middel van geleidewerken is ook de optische geleiding van belang. Daarom werd in samenwerking met het Instituut voor Zintuigfysiologie van R.V.O.-T.N.O., ook een onderzoek ingesteld naar de visuele geleiding, waarmee een bepaalde vormgeving van de geleidewerken de schipper van een duwconvooi kan helpen.
Bij dit onderzoek werden 4 verschillende typen van geleidewerken onderzocht.
Ieder type werd 3-maal achtereen beproefd door 8 verschillende personen, die enige ervaring hadden met het besturen van boten.
Tijdens het invaren van de sluiskolk vanuit de voorhaven werden vele waarnemingen verricht en vastgelegd. Zo werden de verschillende posities van het schip bij het invaren gefotografeerd en werden de roeruitslagen doorlopend geregistreerd. Aan iedere invaarmanoeuvre werd een bepaalde waarde toegekend, waarbij het invaren als minder succesvol werd beschouwd naarmate de afstand tussen het midden van de boeg en de sluisas groter was en de hoek tussen de scheepsas en de sluisas groter was. Verder werd aan de plaats van botsing met het geleidewerk een waarde toegekend, waarbij een volledige vrije invaart het hoogste aantal punten kreeg.
De geleiding bleek bij symmetrische vorm van de geleidswerken beter dan bij een a-symmetrische constructie. Uit het optisch onderzoek bleek nog:

- type C en D zijn beter dan type A of B.
- type C is iets, maar niet veel, beter dan type D.

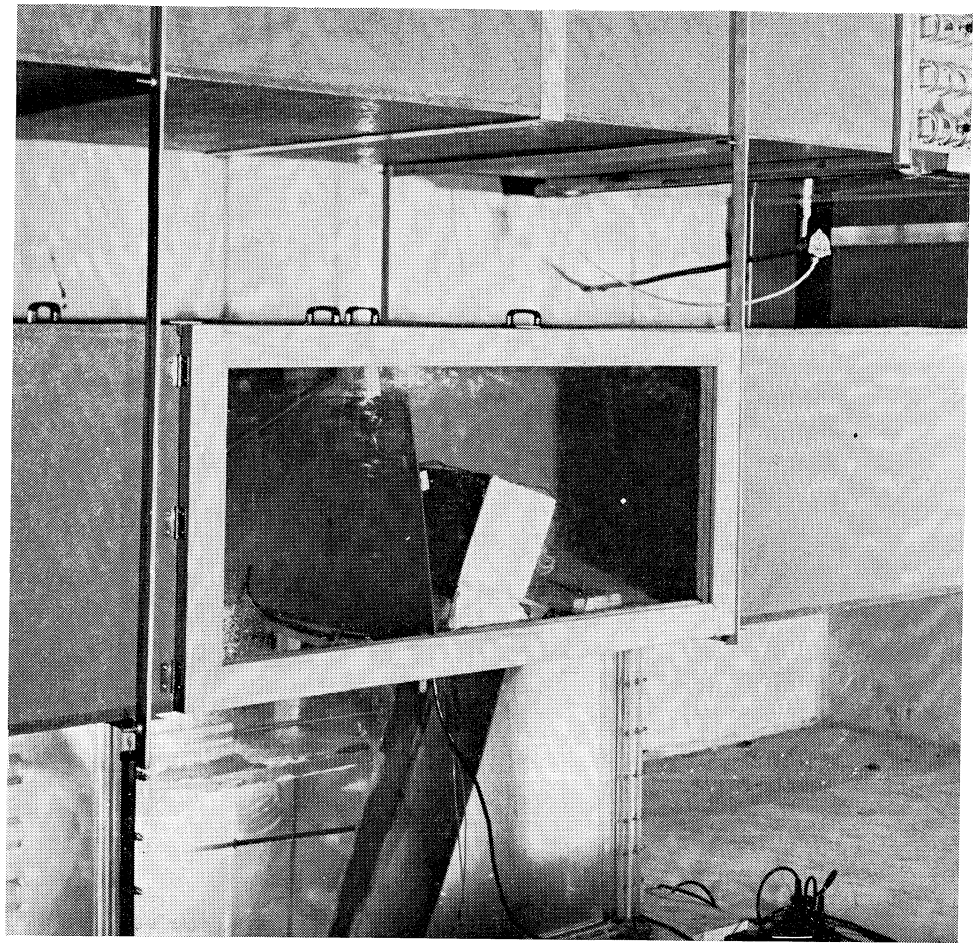
Tenslotte werd duidelijk, dat het aangeven van de sluisas door middel van lampen een goed hulpmiddel kan zijn.

Samenvatting

Uit het onderzoek volgt, dat geleidewerken bij het invaren van sluizen voor de duwvaart onmisbaar zijn. Bijzondere aandacht dient besteed te worden aan de vormgeving van het geleidewerk. Vooral vlakbij de sluis moet het een flauwe hoek maken met de sluisas. Een parabolische vormgeving van het geleidewerk heeft als voordeel, dat de totale lengte waarover het dient te worden aangebracht, kleiner is dan bij een recht geleidewerk, zodat de wachtplaatsen dichterbij de sluis liggen.
Het onderzoek tot dusverre heeft aangegeven aan welke criteria zowel symmetrische als a-symmetrische geleidewerken moeten voldoen om een goede geleiding voor duwvaart te verschaffen. De vorm die uiteindelijk zal worden gekozen moet zodanig zijn, dat ook aan de eisen van de gewone vaart volledig wordt voldaan.
Met betrekking tot de Volkeraksluizen wordt thans in het Waterloopkundig Laboratorium een gedetailleerd onderzoek verricht, waarbij de voor- en nadelen van de symmetrische en asymmetrische oplossing nauwkeurig tegen elkaar worden afgewogen. In een van de volgende uitgaven van dit Bericht zullen hierover nadere mededelingen worden gedaan. Tevens zal dan de vormgeving van de geleidende constructies worden beschreven.

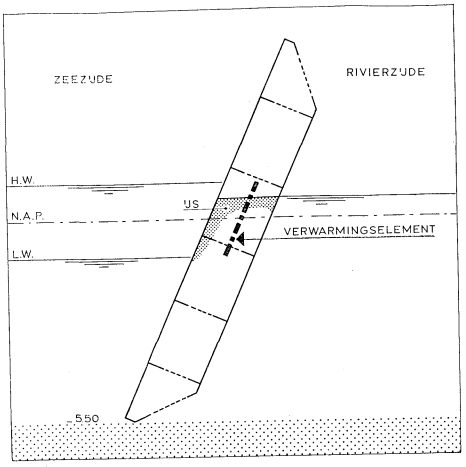
De Haringvlietsluizen bij ijstoestand

Na voltooiing van de eerste fase van het Deltaplan, door afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet, zullen voorzieningen moeten worden getroffen voor de afvoer van het ijs dat bij vorst op de benedenrivieren wordt gevormd of door het water van de bovenrivieren wordt aangevoerd. De noodzaak van die voorzieningen is voornamelijk een gevolg van het feit dat het Volkerak zijn functie van afvoerweg voor het drijfijs verliest. Er is dan ook bij het bepalen van de afmetingen van de uitwateringssluizen in het Haringvliet van uitgegaan dat er drijfijs moet worden afgevoerd. In nummer 26 van het Driemaandelijks Bericht (november 1963) worden drie mogelijkheden voor de afvoer van drijfijs door de Haringvlietsluizen genoemd. Twee kwamen er op neer dat regelmatig ijs werd afgevoerd, terwijl de derde bestond in het dichtlaten van alle sluizen tot aan het einde van de vorstperiode; pas dan zou men, bij toenemende waterafvoer van de bovenrivieren, het ijs van de afgelopen winter doorlaten. Hoe het ook zij, in alle drie de gevallen zullen de sluizen onder alle omstandigheden geopend en gesloten moeten kunnen worden. Het is namelijk alleen mogelijk de schuiven gedurende de gehele vorstperiode gesloten te houden, wanneer daarbij de opperwaterafvoer van de bovenrivieren steeds zo laag is, dat de Rotterdamse Waterweg die kan verwerken. Dit is nu wel dikwijls, doch zeker niet altijd het geval, zoals uit een recente studie is gebleken. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat in het gebied van de Boven-Rijn de dooi al intreedt en de waterafvoer dientengevolge toeneemt, terwijl het in onze streken nog vriest. De sluizen zullen dan nog tijdens de ijsperiode geopend moeten worden om de afvoer van de bovenrivier door te laten.
IJsvorming kan de beweegbaarheid van de schuiven der spuisluizen sterk belemmeren. De voorzieningen die men hiertegen denkt te treffen worden in het navolgende behandeld. Daartoe eerst iets over de constructie van de sluis.
De uitwateringssluis heeft 17 openingen, elk met een breedte van 56,50 m, die afgesloten kunnen worden met twee zogenaamde segmentschuiven, respectievelijk aan de zee- en aan de rivierzijde. De zeeschuiven hebben vooral een golfbrekende functie, terwijl de rivierschuiven ontworpen zijn als de eigenlijke waterkering. De schuiven zijn dubbelwandig. Zijn de rivierschuiven gesloten, dan vormt hun beplating aan de zeezijde de waterkerende wand, omdat de ruimte tussen beide wanden door openingen onderin de schuif in open verbinding staat met het water van het Haringvliet.
In de hoogterichting wordt de schuif door vijf hoofdliggers, die de eigenlijke steunconstructie vormen, in zes delen onderverdeeld. Deze delen staan door middel van openingen



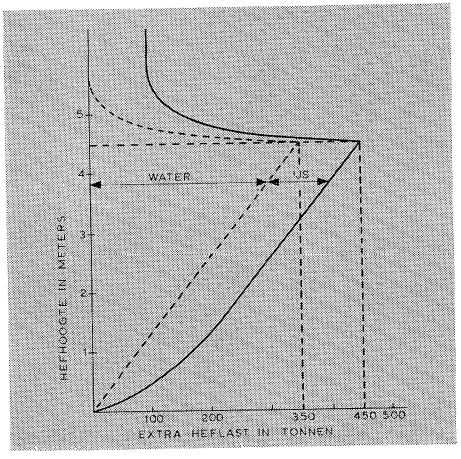
1

in de hoofdliggers in open verbinding met elkaar. De openingen dienen om het water te doen in- of uitstromen bij het laten zakken en heffen van de schuiven. In de lengterichting zijn de schuiven verdeeld in drie middenstukken en twee eindstukken. Verder is elke schuif ter plaatse van de vier armen waarmee hij aan de nabla-ligger is bevestigd over een lengte van ongeveer 4 meter door schotten waterdicht gemaakt. De aldus gevormde ruimten staan dus niet, zoals de rest van de schuif, in open verbinding met het Haringvliet. Door oppompen van de rubberbanden tenslotte, die aan de schuif zijn bevestigd, wordt een goede afdichting tussen de zijkant van de schuif en de pijler verkregen.
Veronderstellen we nu, dat de opperwaterafvoer een vrij constante lage waarde heeft, dat de rivierschuiven gedurende het gehele getij gesloten zijn, en dat we een vorstperiode ingaan. Aan de rivierzijde is de waterstand dan nagenoeg onveranderlijk, terwijl aan de zeezijde de normale getijbeweging heerst. Het water in de schuif zal nu, evenals dat van het Haringvliet, aan de oppervlakte gaan bevriezen ten gevolge van warmteverlies door straling en overdracht aan de lucht. Onder daarvoor gunstige omstandigheden – geringe waterstandsvariaties op het Haringvliet en strenge vorst – zal zich aldus in de schuif een



1 Opstelling van het model in de vriesruimte

2 Geschematiseerde doorsnede van een rivierschuif met inwendige ijsvorming

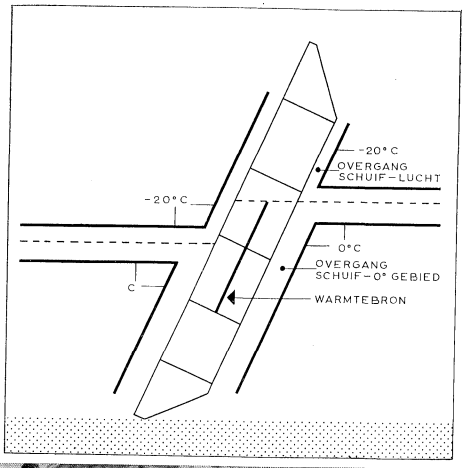


3 Extra heflast van een inwendig door ijs afgesloten schuif

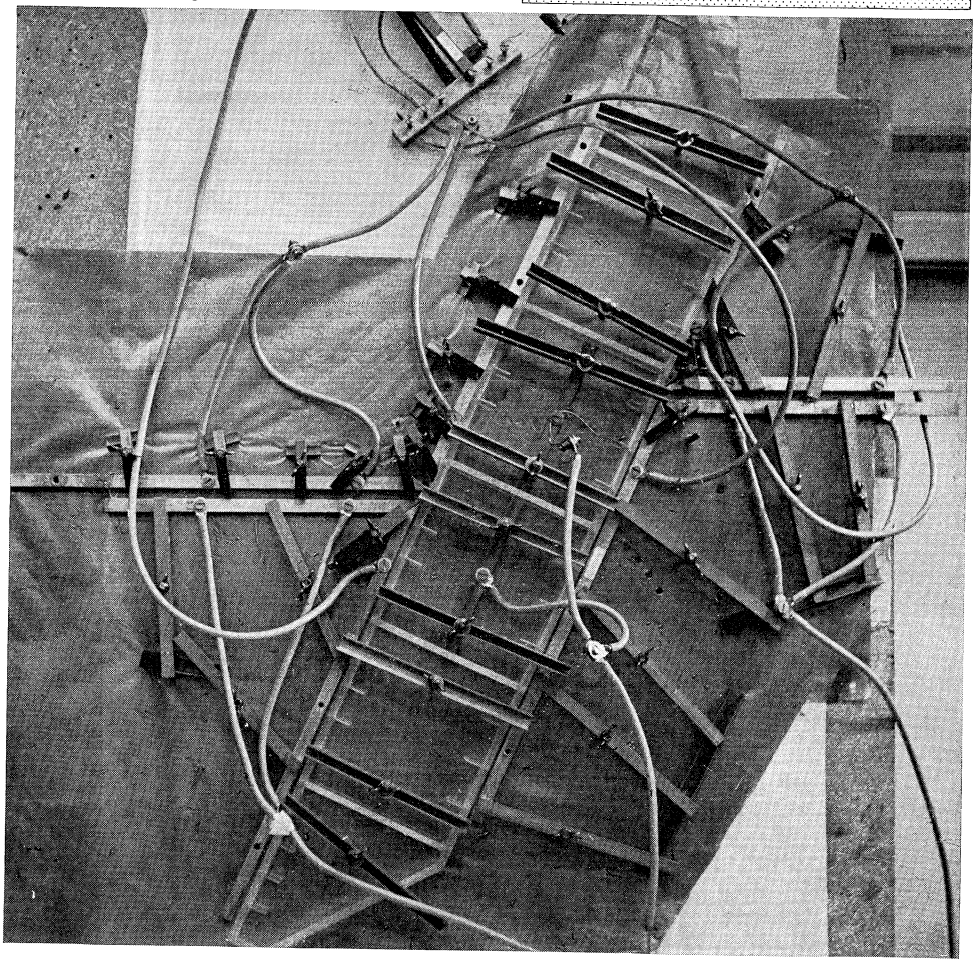
dikke afsluitende ijslaag kunnen vormen. De dikte ervan kan berekend worden als onder meer het verloop van de luchttemperatuur in de schuif bekend is. Dergelijke berekeningen hebben aangetoond dat na een zeer langdurige, strenge vorstperiode de ijsdikte wel 40 tot 50 cm zal kunnen bedragen. De juistheid van deze berekeningen kon worden geverifieerd aan de hand van een onderzoek bij de Technisch Physische Dienst van het T.N.O. en de Technische Hogeschool te Delft. Dit onderzoek omvatte een serie proeven met een model van een deel van een schuif in een waterbassin dat stond opgesteld in een vriesruimte.

Wordt de schuif met de afsluitende ijslaag geheven, dan kan er onder de ijslaag geen lucht toetreden, het water kan niet uitstromen en moet dus mede geheven worden. Berekeningen hebben uitgewezen, dat de onder het ijs gevormde onderdruk het ijs doet breken voordat de schuif geheel boven water is zolang de ijsdikte minder bedraagt dan ongeveer 20 cm. Bij grotere dikte blijft het ijs heel. In dat geval bedraagt de extra belasting van de hefwerktuigen maximaal 350 ton per schuif. Hierbij komt nog een bedrag van maximaal 100 ton voor op en in de schuif gevormd ijs, zodat de totale extra last per schuif

Schema van het elektrisch analogie-model



Het elektrisch analogie-model



450 ton bedraagt. Dit is meer dan toelaatbaar is voor de hefwerktuigen, zodat maatregelen nodig zijn om de extra last te reduceren.
De oplossing kan worden gevonden door in de schuiven ter hoogte van de waterspiegel elektrische elementen te monteren die door warmte-ontwikkeling zorgen voor openingen in de afsluitende ijslaag. Berekeningen hebben uitgewezen dat per sectie van een schuif een opening met een diameter van 5 centimeter ruim voldoende is om de lucht tijdens het heffen te doen toetreden. Aangezien de hoogte, waarop zich de ijslaag zich bevindt, afhankelijk is van de waterstand tijdens de vorming ervan, dient het element staafvormig te zijn, dat het in elk geval door de ijslaag steekt. Een lengte van 2 m is daarvoor voldoende.
Voor het bepalen van het benodigde vermogen van de elementen zijn eveneens door de Technisch Physische Dienst van het T.N.O. proeven en berekeningen uitgevoerd; daaruit bleek dat met 200 Watt per element een voldoend grote opening kan worden verkregen. Brengen we veiligheidshalve per sectie 3 elementen aan, dan betekent dit 15 elementen per schuif, dus voor 17 schuiven 255 stuks, met een totaal vermogen van ruim 50 Kilowatt. Zou men de schuiven inwendig over de gehele lengte nagenoeg ijsvrij willen maken, dan zou dat een vermogen vereisen van ongeveer 1000 Kilowatt voor 17 schuiven. Voor het bepalen van dit vermogen worden door de Technisch Physische Dienst T.N.O. eveneens onderzoekingen verricht met behulp van een elektrisch-analogie-model. De bij dit onderzoek gebruikte methode berust op de overeenkomst tussen warmtestromen en elektrische stromen. Warmtedoorgangsweerstanden worden daarbij voorgesteld door elektrische weerstanden, en temperaturen door elektrische potentialen. De uitkomsten van deze proeven werden geverifieerd aan de hand van geschematiseerde berekeningen.
Een ander probleem vormt het vastvriezen van de schuiven aan de pijlers en landhoofden. Lostrekken van de vastgevroren schuiven bij het heffen is ongewenst met het oog op de kans van vernieling van de rubberband. Als contactvlak tussen schuif en pijler kan men dan ook het best een aan het pijleroppervlak bevestigde stalen aanslagplaat gebruiken, die langs kunstmatige weg verwarmd wordt. Dit kan geschieden door middel van warme olie, die door buizen aan de achterzijde van de aanslagplaat wordt geleid, of door middel van elektriciteit. Het vermogen per m^2 verwarmd oppervlak dient dan volgens berekeningen en ervaringen in andere landen ca 500 Watt te bedragen. Omtrent de in dit geval meest wenselijke methode worden nog verdere onderzoekingen verricht.

Tenslotte is het denkbaar dat een zich vormend gesloten ijsdek op het Haringvliet bij een constant waterpeil vastvriest aan de gesloten schuiven. Wil men daarna de schuiven heffen, dan vormt het ijsdek een extra belasting voor de hefwerktuigen. Berekend is evenwel dat een gesloten ijsdek reeds losbreekt wanneer de schuiven nog maar enkele centimeters zijn geheven; de extra belasting op de hefwerktuigen is dan ook gering. Een ongunstige belastingstoestand ontstaat, wanneer door windinvloed tegen de schuif een opeenstapeling van ijsschotsen plaats vindt en deze stapeling geheel of gedeeltelijk aan de schuiven vastvriest. Berekeningen hebben voorts uitgewezen dat er slechts een zeer geringe kans bestaat dat er een ijsdek aan de schuiven zit vastgevroren. Dit kan namelijk alleen als de waterstand op het Haringvliet lange tijd onveranderd blijft, hetgeen vrijwel nooit het geval zal zijn. Schommelingen van enkele centimeters zullen er praktisch altijd zijn, en deze zijn al voldoende om het ijs los te houden van de schuiven. Is het ijsdek vastgevroren aan de schuiven en rijst daarna de waterspiegel, dan oefent het ijs een opwaartse kracht uit op de schuiven. De kracht is gelijk aan de extra kracht die nodig zou zijn om bij het heffen van de schuiven het ijs te breken en is blijkens het voorgaande dus betrekkelijk gering.

Verwerking van asfaltbeton op dijktaluds met de verdeelafwerkmachine

Een zeer hoog percentage van de totale kosten der Deltawerken is uitgetrokken voor de bouw van dijken en daarvan is weer een groot deel bestemd voor het aanleggen van taludbekledingen ter bescherming van het grondlichaam. Niet alleen financieel, maar ook bouwtechnisch is de taludbekleding een interessant en belangrijk deel van de werken. De taludbekledingen voor dijken en dammen kunnen in drie soorten worden verdeeld. Ten eerste kent men de bekledingen met grasmat, vooral in het verleden op grote schaal toegepast, zowel bij zee- als rivierdijken. Dit bekledingstype, veelal aangeduid met de term 'onverdedigd beloop', komt alleen in aanmerking als de golfaanval op de dijk niet groot is. Het zandlichaam wordt afgedekt met een kleilaag en ingezaaid met een speciaal voor dit doel samengesteld graszaadmengsel. Het is een goedkope verdediging, omdat de klei doorgaans in de nabije omgeving kan worden gevonden. Velen geven ook uit esthetische overwegingen de voorkeur aan een 'groene dijk'.

Ook steenbekledingen komen vaak voor, meestal in combinatie met het eerste type. Onder steenbekledingen versrtaan we zowel natuursteen- als kunststeenglooiingen. Ze zijn krachtig genoeg om felle golfaanvallen te weerstaan, en men kan ze dan ook op zeer veel plaatsen langs onze dijken aantreffen.

Een derde type vormen de bitumineuze bekledingen, die vooral de laatste jaren steeds meer in trek komen.

De keuze van het glooiingstype wordt in de eerste plaats bepaald door de verwachte golfaanval. Voor aan zware golfaanval blootgestelde glooiingen, b.v. die bij de primaire deltadammen, komen alleen steen- en bitumineuze bekledingen in aanmerking. Een kleibeloop met grasmat kan worden toegepast bij secundaire, meer landinwaarts gelegen werken en dan meestal nog alleen op de niet sterk bedreigde gedeelten, die bovendien in de meeste gevallen boven een bepaald peil liggen en aansluiten op een verdedigd onderbeloop.

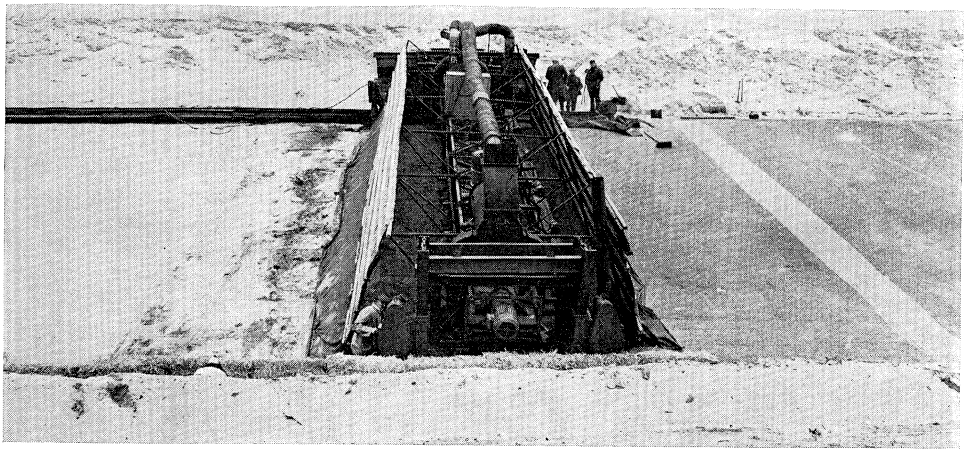
Hoewel steenglooiingen nog steeds worden aangelegd, winnen de bitumineuze bekledingen toch hoe langer hoe meer terrein. Dit is in belangrijke mate een gevolg van het arbeidsintensief karakter van het zetten van steenglooiingen, dat immers alleen door vaklieden kan worden gedaan. Handenarbeid staat slechts een laag werktempo toe. Bovendien ontmoet men bij de natuursteenvoorziening vaak niet geringe moeilijkheden. Zo kan de aanvoer soms maanden achtereen stagneren bijvoorbeeld als gevolg van lage waterstanden op de Rijn. Ook zijn de prijzen van natuursteen, in het bijzonder van basalt, de laatste tijd aanmerkelijk gestegen.

Asfaltglooiingen kunnen in tegenstelling met steenglooiingen worden uitgevoerd door zo goed als ongeschoolde krachten. Het per man per tijdseenheid te vervaardigen oppervlak is aanzienlijk groter dan dat bij steenbekledingen.

De bitumineuze bekledingen hebben, naast hun voordelen, echter ook enige minder prettige eigenschappen, waarvan allereerst zij genoemd de hogere golfoploop in vergelijking met steenbekledingen. De golven lopen gemakkelijk bij het zeer gladde beloop op, en vergeleken met een steen verdedigd beloop zal bij gelijke waakhoogte een grotere kruinhoogte en een langere taludkleding noodzakelijk blijken. Deze golfoploop kan belangrijk beperkt worden door toepassing van afsaltribbels: op het gereedgekomen beloop worden dan met een machine voor het maken van asfalt-trottoirbanden asfaltribbels gelegd. Een kleeflaag van asfaltlak zorgt voor goede aanhechting op het beloop.

Hetzelfde effect kan worden bereikt door volgens een bepaald patroon tegels op het asfalt te plakken. Het aanbrengen van deze golfoploop remmende voorzieningen is echter zeer arbeidsintensief, en dus kostbaar; bovendien bestaat het gevaar dat op de lange duur de ribbels of tegels wegens aantasting van de kleeflaag verdwijnen. Een tweede bezwaar is de doorgroei, voornamelijk die van riet en distels. Dit geldt vooral voor asfaltbekledingen op kleihoudende ondergrond. Doorgroei kan worden tegengegaan door het beloop vóór het aanbrengen van de bekleding te bespuiten met chemische stoffen die de wortelresten doden. De doorgroei is natuurlijk sterker bij dunne asfaltlagen. In de praktijk is gebleken dat bekledingsdikten van 15 cm minimaal nodig zijn om de doorgroei tegen te gaan. Niet alleen de doorgroei, ook de aangroei met wieren leidt tot aantasting van de bekleding. Bij wijze van proef is men er toe overgegaan het gereedgekomen oppervlak met teer af te spuiten; het resultaat van de proef was bevredigend.
Een laatste en vooral bij dijkwerken belangrijk uitvoeringstechnisch bezwaar ligt in de ervaring, dat bij koud, regenachtig en winderig weer in de openlucht geen warm asfalt van hoge kwaliteit kan worden geproduceerd. Er bestaan daarom voorschriften van de Rijkswaterstaat, waarin wordt verboden in het tijdvak tussen 1 november en 1 maart asfalt te verwerken. Ook bij regen, of indien de verhouding tussen windsnelheid in graden Beaufort en temperatuur in graden Celsius niet voldoet aan zekere voorwaarden, mag geen asfalt worden verwerkt.

Vanwege omvang en uitvoering der werken bij de deltadammen zal het echter meestal onvermijdelijk zijn, de bekledingen in de herfst en de winter te maken. In de zomer moet namelijk alle aandacht worden geconcentreerd op het aanbrengen van bodembeschermingen, het sluiten van stroomgeulen en oppersen van dijklichamen. Het zandlichaam van een dijk gedurende de winter geheel onbeschermd te laten tegen golfaanval, is echter onaanvaardbaar. Hier doet zich dus een strijdigheid van belangen voor.
Nu heeft onlangs een der asfaltaannemers, de firma J. Heymans te Rosmalen, op grond van eigen research een verdeel- en afwerkmachine voor het aanbrengen van asfaltbeton op belopen ontwikkeld. Nadat deze machine vervolmaakt is, zal hij een uitstekende asfaltbekleding kunnen leggen, ook bij minder gunstige weersomstandigheden, zoals regen, harde wind en vorst. Het is nu mogelijk geworden in het voor asfalt gesloten seizoen bitumineuze bekledingen die aan de hoogste kwaliteitseisen voldoen, op belopen aan te brengen.
Het nieuwe verdeelapparaat heeft, na een aanvankelijke beproeving op de Grevelingendam, zijn eerste werk geleverd aan de westelijke verdediging van het Hellegatsplein in het Volkerak. Het apparaat is opgebouw uit secties, en was in dit geval aangepast aan



1

een taludlengte van 16 meter. Aan de teen en op de kruin van het beloop wordt de machine met wielstellen opgelegd op een railbaan.
Hij bestaat uit een door vakwerk gedragen dubbelwandige koker, waarin over de volle lengte een transportschroef is gemonteerd. De koker vertoont in de naar het beloop toegekeerde zijde een spleetvormige opening, waarachter een afrijmes is bevestigd, ter verkrijging van het juiste profiel. Bovenaan de machine is een eveneens dubbelwandige ontvangbak gemonteerd, waarin met zijkippers de specie wordt gestort. Hierin zijn, in de lengterichting van de bak, twee open transportschroeven en loodrecht daarop één gesloten transportschroef aangebracht.
Aan de achterzijde van het vakwerk is een kokervormige trilbak bevestigd.
Op de machine staat een verwarmingsinstallatie, waarmee alle machinedelen die tijdens de verwerking met het asfalt in aanraking komen, zodanig door de tussen de dubbele wanden stromende hete lucht worden verwarmd, dat afkoeling van het materiaal wordt voorkomen; mocht het materiaal al te veel zijn afgekoeld, dan kan het zelfs opnieuw worden warm gemaakt.
Het geheel is aan de voor- en achterzijde voorzien van een scherm, waardoor een stofvrije werkruimte is verkregen en afkoeling van het asfalt ten gevolge van de wind wordt tegengegaan. De aandrijving van de transportschroeven en de voortbeweging van de machine geschiedt met behulp van elektromotoren, aangesloten op een mobiel aggregaat.
's Winters kan het gehele apparaat met een plastic tent worden overspannen.
Voor de aanvoer van specie worden de kippers voorzien van een gesloten dubbelwandige bak. Deze verwerkingsmethode is gebaseerd op het principe, dat de beste kwaliteit asfalt wordt verkregen bij de hoogst toelaatbare temperatuur. Daar bitumen bij ongeveer 200° C oxydeert, wordt gestreefd naar een verwerkingstemperatuur van circa 150° C.
Het beloop waarop de bekleding werd aangebracht, heeft een hellingshoek van 1 : 4. Aan de teen, gelegen op H.W. (= N.A.P. + 1,25 m), wordt de bekleding gesteund door een teenconstructie, bestaande uit een 2 meter lange grenen damwand en een twee meter brede steunberm van stortsteen. Aan de kruin, gelegen op N.A.P. + 5,00 meter, loopt de glooiing nog over een lengte van 1 meter door in een berm, en wordt daar opgesloten door een 1 meter lange azobé damwand. De dikte van de bekleding van het gedeelte, dat boven N.A.P. + 3,00 m is gelegen, bedraagt 20 cm; vanaf dit punt naar de teen neemt de dikte geleidelijk toe, en wel van 20 tot 50 cm. Alleen op het beloop werd het asfaltbeton



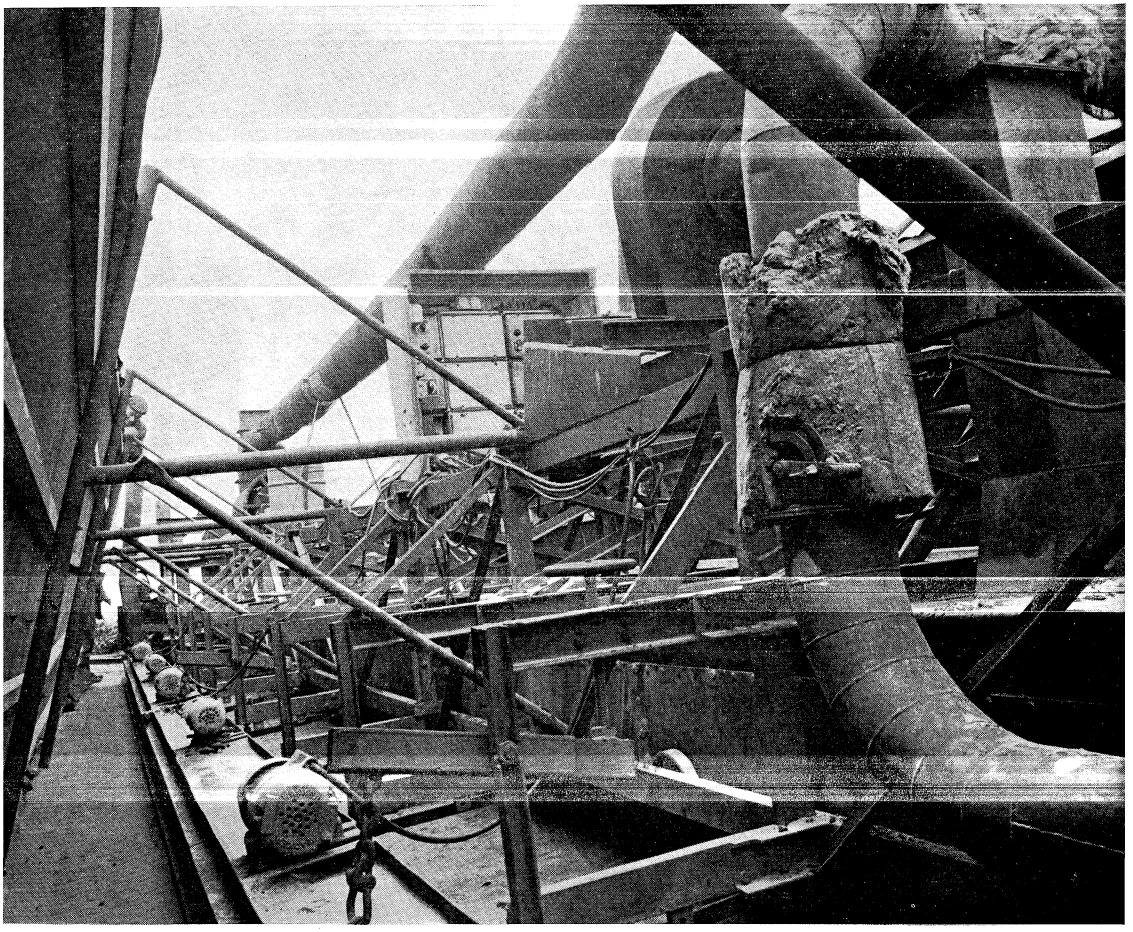
1 De nieuwe asfaltverdeel- en afwerkmachine in bedrijf

2 Een trottoirbandmachine legt asfaltribbels op het talud

3 Achter de verdeel- en afwerkmachine hangt een trilbalk voor de verdichting van de asfaltlaag

2

3



met de machine bewerkt. De berm werd met de hand aangebracht en verdicht met een trilwals.

De afwerkverdeelmachine kan:
het asfalt op het beloop spreiden;
het onder het vereiste profiel afwerken;
het materiaal verdichten.

Al deze handelingen vinden plaats in een voor asfaltverwerking geschikte ruimte.

Het spreiden van het materiaal op het beloop met de machine gebeurt als volgt. Nadat een charge in de ontvangbak is gebracht, stuwen de twee open transportschroeven het asfaltbeton in de lengte van deze bak over de bodem naar de in het midden en lager gelegen gesloten transportschroef, waarvan toerental en diameter zijn aangepast aan de te verwerken hoeveelheid.
Het materiaal wordt door deze gesloten transportschroef, die loodrecht op de lengteassen van de open schroeven is opgesteld, vervoerd naar de koker, van waaruit het over het beloop wordt verdeeld. Het mengsel verlaat de machine door de spleetvormige opening, te beginnen nabij de kruin.
De transportschroef in de koker brengt het daarna aangevoerde materiaal over het reeds op het beloop gelegen mengsel naar lager gelegen gedeelten, totdat de teen bereikt wordt, waarna de machine wordt voortbewogen zodat het materiaal weer nabij de kruin de machine verlaat en het proces zich herhaalt.
Het onder het vereiste profiel afwerken van het materiaal geschiedt als volgt. Het afrijmes, direkt achter de opening van de koker, geeft bij het vooruitrijden van de machine de vereiste vorm aan de glooiing. Hierbij is duidelijk gebleken, dat de profilering van dit onderdeel van invloed is op de dichtheid van het oppervlak. Een vertikale stalen strip heeft bij voortgaande beweging van de machine een schrapende werking, waardoor een oppervlak wordt verkregen met hoogteverschillen van 1 à 2 cm. Bij toepassing van een strip met een aangelast afrondingsprofiel, waarbij het materiaal wordt afgestreken, wordt een belangrijk beter gesloten oppervlak bereikt.
Het verdichten van asfaltbeton op belopen geschiedde tot voor kort met betrekkelijk lichte stalen rollen, die over het talud op en neer werden gerold. De hiermede te bereiken verdichting van de asfaltbetonlaag was echter voor verbetering vatbaar. De geheel op de wegenbouw afgestemde zware walsen konden op de taluds, waarvan de hellingshoeken variëren van 1 : 3 tot 1 : 6, niet worden gebruikt. In 1958 werd een lichte tandem-trilwals op de markt gebracht. Deze 500 kilo wegende trilwals had voldoende motorvermogen om bij de relatief steile belopen omhoog te klimmen. Door het trileffect kwam de verdichtingscapaciteit overeen met die van een 10-tons wegenbouwwals.
Hoewel dit een belangrijke stap vooruit betekende, stuitte ook deze verdichtingsmethode op bezwaren. Nadat het 120° tot 150° C warme materiaal in handenarbeid zuiver onder profiel was gebracht, moest met het walsen worden gewacht tot het tijdstip waarop door afkoeling een voldoende draagkrachtige bovenlaag werd verkregen, waarover de wals kon rijden. Voorwaarde hierbij was, dat de afkoeling langzaam en gelijkmatig plaats zou vinden, zulks ter verkrijging van een glad oppervlak. Bij snelle afkoeling immers heeft het bovenlaagje reeds bij het begin van het walsen een te lage temperatuur, en kan dan niet meer worden gewalst. Vooral bij een verdichting van lagen van meer dan 30 cm dik, waarbij de onderlaag zeer lang warm blijft, veroorzaakte sterke afkoeling tengevolge van wind vaak grote moeilijkheden bij het walsen, en kon men eigenlijk geen dicht oppervlak bereiken. Deze methoden van verdichten konden daarom uitsluitend worden toegepast bij goed weer. Beperking in de toepassing vormt een groot bezwaar bij dijkbouw.

Bij het construeren van de afwerkmachine is uitgegaan van de gedachte, dat zowel het aanbrengen en afwerken als het verdichten van het materiaal in een tegen weersinvloeden beschutte en verwarmde ruimte moet geschieden. Alleen dan kan men bij elk weer asfalt van duurzame kwaliteit vervaardigen. Daar verdichten van asfalt van hoge temperatuur met walsen uitgesloten is, is een verdichtingssysteem ontwikkeld, waarbij gebruik gemaakt wordt van trilplaten. Een verwarmde, geïsoleerde kokervormige trilbalk is op verschillende punten met kettingen achter de verdeelmachine bevestigd. Het belangrijkste voordeel van deze verdichtingsmethode is, dat men niet hoeft te wachten tot de laag voldoende is afgekoeld en vast genoeg is geworden om een wals te kunnen dragen. Reeds op een afstand van twee meter achter de machine kan worden verdicht. Het asfalt had dan, zelfs bij een temperatuur van – 5° C nog een temperatuur variërend van 130° tot 150°. Bij deze temperaturen is asfalt nog vloeibaar en laat het zich goed verdichten. Indien onder een overkapping wordt gewerkt, kan worden verdicht vóórdat het asfalt met de buitenlucht in aanraking komt. Daar regen en wind op een verdicht oppervlak geen schade aanrichten, is het bezwaar tegen asfaltverwerking bij slecht weer voorgoed vervallen.

De lengte van de trilbalk is gelijk aan de lengte van het beloop. Bij de werkzaamheden met de verdeelmachine op het Hellegatsplein waren op de balk vier trillers bevestigd, waarbij de mogelijkheid bestond de centrifugaalkracht, dat wil zeggen de verdichtingsenergie, te variëren. Verdichting van asfaltbeton met een trilbalk uit één stuk is alleen mogelijk gebleken als bij gelijke laagdikte over het hele talud eenzelfde gewicht aan materiaal wordt aangebracht. Daar bij dijkbelopen de dikte van de asfaltlaag nabij de teen toeneemt, verdient het aanbeveling de balk in scharnierend met elkaar verbonden secties uit te voeren.

De capaciteit van het verdeelapparaat bedraagt 125 ton per uur. De ontvangbak was afgestemd op een capaciteit van 40 ton per uur. Dit was juist de produktie van de asfaltmenginstallatie die op dit onderdeel van de Volkerakwerken wordt gebruikt. In verband met de verwachte kinderziekten was de ontvangbak minimaal gedimensioneerd. Het systeem heeft echter voortreffelijk gewerkt, en kan zonder meer bij de capaciteit van het verdeelapparaat worden aangepast.

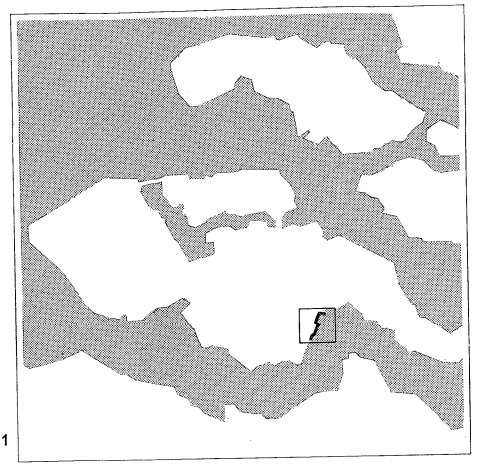
Een van de grootste voordelen van dit verdeelsysteem bleek tijdens het werk, dat werkvoegen – bij bitumineuze bekledingen steevast de zwakste plek; ze ontstaan aan het einde van iedere werkdag, soms zelfs na stagnatie van de asfaltmenginstallatie – geheel kunnen worden vermeden. Met behulp van de verwarmingsinstallatie is het mogelijk gebleken door de spleet waardoor het asfalt het verdeelapparaat verlaat, zoveel warmte aan de asfaltbeëindiging toe te voegen, dat ze vloeibaar blijft.

Het benedeneinde van de machine reikt tot H.W. en kan dus bij hoge vloeden onder water komen te staan. Met het oog daarop is aan de laaggelegen zijde een bevestigingsmogelijkheid geschapen voor twee spudpalen, waarlangs de machine op eenvoudige wijze kan worden omhoog getrokken.

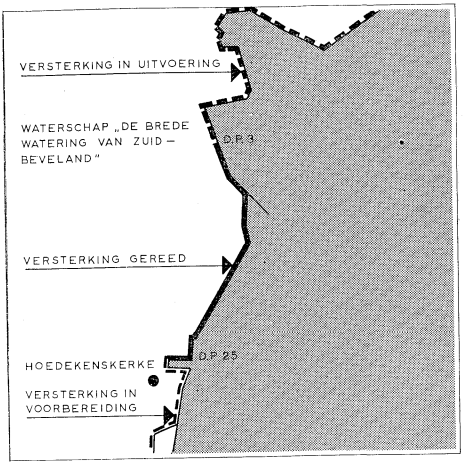
De nieuwe verdeel- en afwerkmachine betekent een belangrijke stap op weg naar mechanisering van de asfaltverwerking op belopen.

Versterking van de zeedijk van de polder Hoedekenskerke

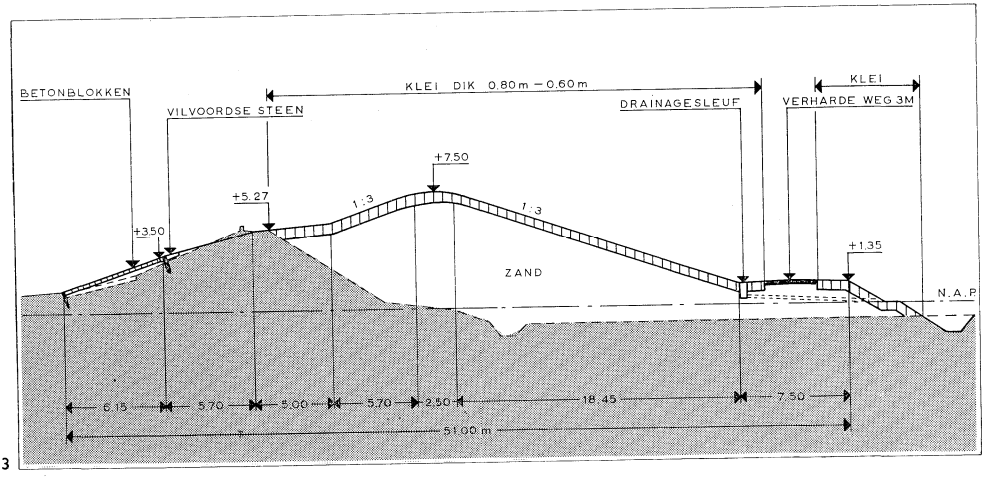
Van de ingevolge de Deltawet uit te voeren werken tot versterking van de hoogwaterkeringen langs de Westerschelde, is in oktober 1960 de uitvoering ter hand genomen van de zeedijk van de polder Hoedekenskerke, in beheer bij het waterschap 'De Brede Watering van Zuid-Beveland'.
Dit dijkvak had een zeer steil binnenbeloop, n.l. 1 : 1½, en een tot N.A.P. + 5,10 m reikende smalle kruin, die was voorzien van een uit 1927 daterende gewapend betonnen Muraltmuur, waarvan de bovenkant aangelegd was op gemiddeld N.A.P. + 5,70 m.
Het werd dan ook noodzakelijk geacht zo spoedig mogelijk tot versterking van dit dijkvak over te gaan.
Gezien de beschutte ligging van het naar het zuid-oosten gekeerde dijkvak werd een kruinhoogte van N.A.P. + 7,50 m voldoende geacht bij een door de Deltacommissie voor dit gebied aangegeven ontwerp-peil van N.A.P. + 5,85 m.
In verband met de door het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft voorspelde zettingen van de ondergrond tijdens en na de uitvoering van het werk werd de kruin, waarvan de breedte 2,50 m bedraagt, aangelegd op N.A.P. + 8,00 m. De wederzijdse belopen kregen een helling van 1 : 3. De bestaande steenglooiing werd opgetrokken tot N.A.P. + 3,50 m.
De breedte van de buitenberm, welke is aangelegd tussen N.A.P. + 5,27 m en N.A.P. + 5,50 m, bedraagt 5,00 m.
Op de 7,50 m brede binnenberm is een 3 m brede onderhouds- en inspectieweg aangelegd. Het ligt in de bedoeling langs alle versterkte dijken in de provincie Zeeland een dergelijke onderhouds- en inspectieweg aan te leggen, zodat te zijner tijd een doorgaande weg op de binnenberm van de zeedijken langs de Westerschelde aanwezig zal zijn, hetgeen vooral bij calamiteiten van groot belang kan zijn.
Zoals uit het dwarsprofiel blijkt, bestaat de verzwaring, die geheel aan de landzijde werd uitgevoerd, uit een zandlichaam, afgedekt met een kleibekleding. Het benodigde zand werd in de Westerschelde gewonnen.
De voor de uitvoering van het werk benodigde gronden, werden in het kader van de herverkaveling van de 'zak van Zuid-Beveland' aan het waterschap ter beschikking gesteld. De plannen voor de versterking zijn destijds op verzoek van het toenmalige bestuur van



1



2



3

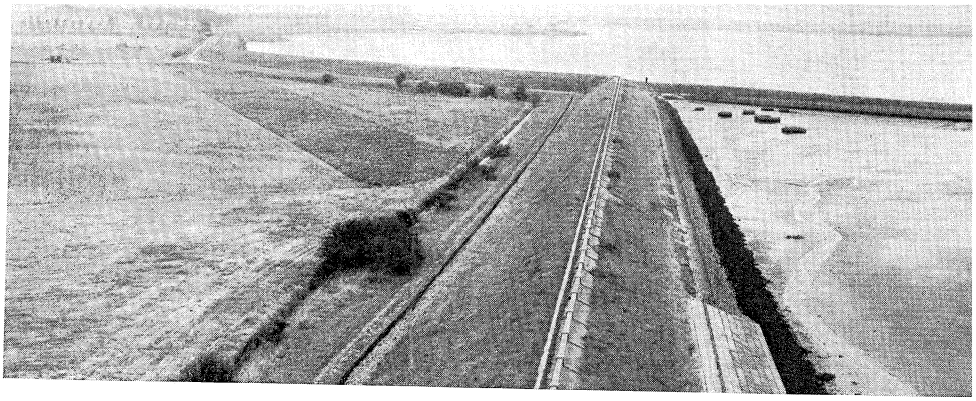
Situatie van de zeedijk van de polder Hoedekenskerke

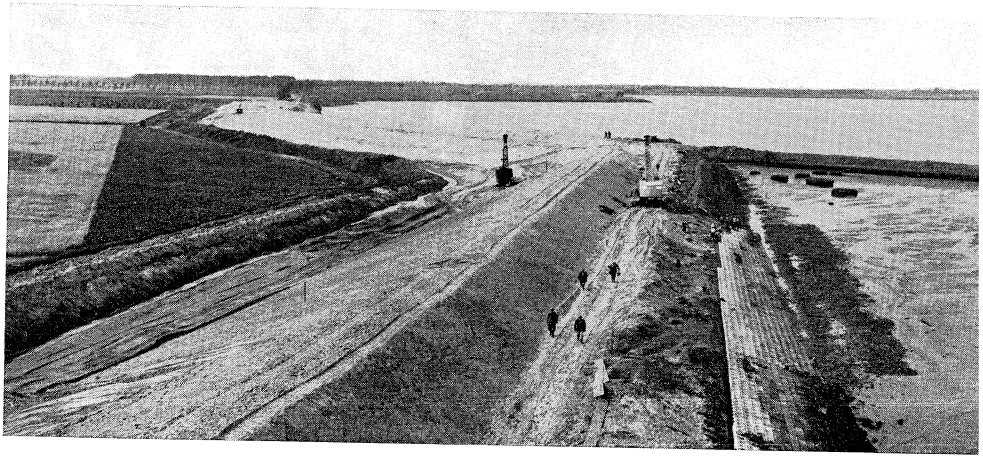
Ligging en vorderingen van de dijkversterkingen

Dwarsdoorsnede van de dijkverzwaring

het waterschap Hoedekenskerke opgemaakt door het bureau Bijzondere Werken van de Provinciale Waterstaat van Zeeland. Na de concentratie van de waterschappen op Zuid-Beveland, die op 1 januari 1959 haar beslag kreeg, zijn deze plannen door de Technische Dienst van het waterschap 'De Brede Watering van Zuid-Beveland' in overleg met de directie Zeeland van de Rijkswaterstaat en met de Provinciale Waterstaat verder uitgewerkt.

Op 22 augustus 1960 werd het werk door het waterschap aanbesteed en gegund aan de laagste inschrijver, de C.V. Gebroeders Van 't Verlaat te Hardinxveld, voor f 1 759 000,–. In de aannemingssom was onder meer begrepen het leveren en verwerken van 550 000 m³





De zeedijk in de oude toestand

De versterkte zeedijk wordt afgewerkt

zand en 43 000 m³ klei; bovendien moest een hoeveelheid van 19 000 m³ klei aan een gedeelte van de bestaande zeedijk worden ontleend en opnieuw worden verwerkt. Het aanbrengen van 7600 m² betonnen glooiingsblokken voor de uitbreiding van de bestaande steenglooiing behoorde mede tot de verplichtingen van de aannemer. De glooiingsblokken werden door het waterschap aan de aannemer ter beschikking gesteld.
Het werk, dat is uitgevoerd onder directie van de technische dienst van het waterschap, is op 14 september 1962 geheel voltooid opgeleverd.
De versterking van een ± 2½ km lang dijkvak, dat aan de noordzijde op het beschreven dijkvak aansluit, is momenteel in uitvoering. Hierop zal in een volgend nummer worden teruggekomen.
Als voorschot op de te zijner tijd krachtens de nog tot stand te komen Bijdragewet Deltawerken te verlenen Rijksbijdrage, werd 75% van de kosten van uitvoering aan het waterschap vergoed.

A. De werken van het Deltaplan

De bouw van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

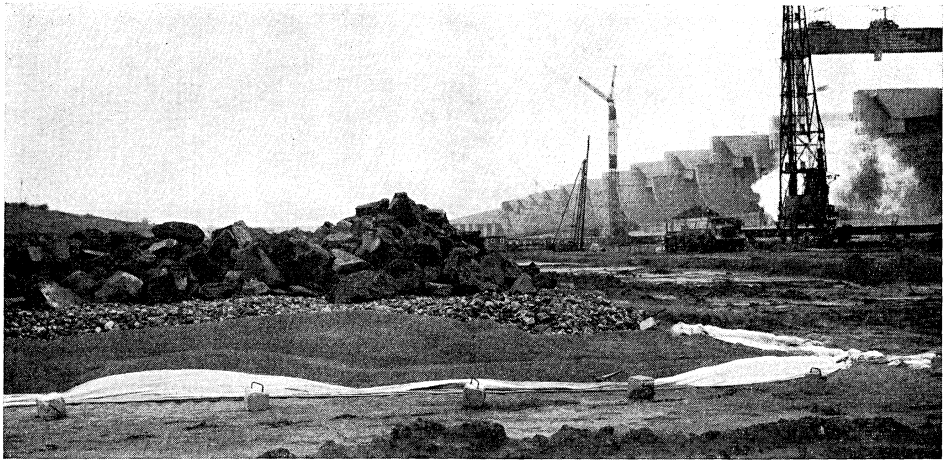
Het invallen van de vorst is er de oorzaak van geweest, dat het laatste grote betonstort niet meer in 1964 kon worden uitgevoerd. Dit laatste stort van het noordelijk landhoofd zal dus eerst in de volgende verslagperiode kunnen plaats vinden.
Het wegdek is nagenoeg gereed; slechts één ligger en het noordelijk landhoofd dient nog van een wegdek te worden voorzien. Op 10 liggers zijn de leuningen aangebracht.
Voor de stortebedden van gewapend beton zijn in totaal 6874 palen ingeheid met een gezamenlijke lengte van 101 025 m'.
Aan het einde van de verslagperiode blijven nog 5 stortebedvloeren te maken over.
In totaal werd 15 722 m³ beton gestort, waarvan 11 986 m³ voor de stortebedden en 1492 m³ voor het wegdek.

De ontgravingen voor de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

De ontgravingen in de bouwput voor de uitwateringssluizen waren begin december zover gevorderd, dat besloten kon worden de werkzaamheden alleen overdag voort te zetten.
Aan het einde van de verslagperiode was een hoeveelheid van 1 900 000 m³ ontgraven en in hoofdzaak buiten de bouwput in depot gereden.
Het zuigen en persen uit dit depot naar storten ten zuiden van de schutsluis en op de Plaat van Scheelhoek door de zuiger 'MC Vaarwater' werd beëindigd. In totaal werd door deze zuiger 950 000 m³ specie afgevoerd.
De 'MC Vaarwater' werd hierna ingezet als bakkenzuiger voor het oppersen van zand in de dijk ten westen van de haven van Dirksland, waarna de zuiger 'Groningen' werd afgevoerd. De ontgraving van de voor deze dijk benodigde specie uit het depot buiten de bouwput geschiedde door de baggermolen 'Afrika', die later werd vervangen door de baggermolen 'Marokko' en tijdelijk werd geassisteerd door een drijvende kraan.
Aan het einde van de periode is rond 700 000 m³ specie naar de dijk bij de haven van Dirksland afgevoerd.
De aanleg van een filterconstructie voor het stortebed vond goede voortgang. De aanvoer van stortsteen bleef dit jaar door de lage waterstanden op de Rijn achter bij de verwachtingen.

De bouw van de schutsluis in het Haringvliet

Met het maken van de dekken op de basculekelders aan het buitenhoofd, evenals met het aanbrengen van de slijtlagen op de rijdekken bij binnen- en buitenhoofd is men klaargekomen. Rest nu nog het verfwerk te voltooien en het bedieningsgebouw en de bedieningsruimten af te werken.
Met deze werkzaamheden hoopt men over enkele weken klaar te komen, waarmee dan het gehele werk zal zijn voltooid.



1

Het maken van een aanlegsteiger in de binnenhaven van de schutsluis in het Haringvliet

Op 24 november werd aangevangen met het heien van de tropisch hardhouten palen ten behoeve van de aanlegsteiger. Het in hout uit te voeren gedeelte wordt 115,50 m' lang en krijgt een rijdekbreedte van 3 m.
Het heiwerk is inmiddels voltooid. Hierna werd aangevangen met het aanbrengen van azobéliggers, gordingen enz.
Een dezer dagen zal een begin worden gemaakt met het heien van de voorgespannen betonpalen ten behoeve van het in beton te maken deel van de aanlegsteiger. Dit heeft een lengte van 73,60 m, het rijdek heeft een breedte van 5 m.

Vismijngebouw en magazijn ten zuiden van de binnenhaven van de schutsluis in het Haringvliet

Op 17 november 1964 is aangevangen met het bouwen van een tijdelijke vismijn en een magazijn. Beide gebouwen zijn op staal gefundeerd. De vismijn heeft een lengte van 17,04 m; de breedte bedraagt 11,98 m. De afmetingen van het magazijn zijn 36,18 m bij 12,75 m.

De fundering van beide gebouwen, uitgevoerd in balken van gewapend beton, zijn inmiddels gestort. Ook de riolering, bestaande uit granieten grèsbuizen, is gelegd. Aangevangen werd met het maken van het opgaande metselwerk.

Het ontgraven van de noordelijke voorhaven en aanleg van de oostelijke oprit van de Volkeraksluizen te Willemstad

De ontgraving van de noordelijke voorhaven tot het scheidingsvlak van de zandmet de daaronder liggende klei- en veenlagen op ca N.A.P. – 4,50 m is thans zover gevorderd, dat mag worden verwacht dat dit onderdeel van het werk geheel voltooid zal zijn in het begin van februari 1965.
Het stort van de oostelijke oprit, gelegen tussen het sluizencomplex en het in de polder te bouwen viaduct, nadert hierdoor ook zijn voltooiing. Met het profileerwerk op de belopen werd reeds een begin gemaakt, hoewel de bekleding met klei nog niet volledig kon worden aangepakt. Het stort van de oostelijke oprit, gelegen tussen het reeds vermelde viaduct en de bandijk is thans op hoogte geperst, met uitzondering van de doorpersing van de Oude Heiningsche Haven, waarmede medio december werd begonnen. Overi-



2

1 Opbouw van het filter voor de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

2 Het schikken van steen voor het stortebed

gens moet worden opgemerkt, dat de werkzaamheden vertraging hebben ondervonden door het regenachtige en stormachtige weer van de laatste maanden; de polder Maltha werd bovendien nog tweemaal door hoge vloedstanden geïnundeerd. Hierbij zijn diverse door de aannemer in verband met de uitvoering getroffen voorzieningen, onder meer het lozen van perswater, door het hoge water in het ongerede geraakt, met alle gevolgen van dien.

Het maken van het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen te Willemstad

Ten behoeve van de in de voorhaven aan te leggen filterglooiingen zijn in het terrein twee bouwsleuven gemaakt, waartoe in totaal 90 000 m³ grond moest worden ontgraven en terzijde worden gedeponeerd. In de beide bouwsleuven wordt tot N.A.P. + 0,75 m een filterglooiing gemaakt onder een helling van 1 : 4. Het systeem bestaat uit een laag grindzand 0,5–5 mm, dik 0,15 m en een laag grind 3–8 cm, dik 0,35 m, welke werd afgedekt door 400 kg/m² stortsteen 5–40 kg. De materialen hiertoe zijn gedeeltelijk aangevoerd en op auto's overgeslagen in de werkhaven te Willemstad en van daaruit naar het werk getransporteerd. Een gedeelte van de aanvoer moest in depot worden opgeslagen, omdat de aanvoer de afname overtrof. Een klein gedeelte is aangevoerd en op de wal opgeslagen langs de geul van Maltha om van daaruit naar het werk te worden getransporteerd. Alle steen 5–40 kg voor de filtersystemen stelde het Rijk beschikbaar op de wal langs de geul van Maltha. Daartoe is ter plaatse een losbedrijf ingeschakeld. Inmiddels is de aannemer eind oktober met twee kleine cutterzuigers, de 'Holland XVIII' en de 'Amsterdam I', begonnen aan de ontgraving van de voorhaven.

De beide zuigers trekken in een baan de voorhaven binnen en zullen eerst het gedeelte gelegen tegen de bouwput van de schutsluizen op diepte brengen in verband met de in een vroeg stadium in de voorhaven te maken geleidewerken voor de sluizen. De door de zuigers opgebrachte specie wordt ten dele geperst in de ringdijk van het grondstort waarvan in het vorige Bericht melding werd gemaakt, en ten dele in een terrein oostelijk van de voorhaven. In het terrein van de voorhaven gelegen ten zuiden en oosten van de beschreven bouwsleuven voor de filterglooiingen zijn draglines in bedrijf om perskaden te forceren voor het maken van de afsluitdijk tussen de bandijk van het

Hoogheemraadschap 'de Brabantse Bandijk' en de ringdijk van de bouwput voor de schutsluizen.
Bij dit werk zal in het vroege voorjaar van 1965 de Oude Heiningsche Haven aan de monding worden afgesloten, waarna de buitenpolder Maltha geheel binnendijks zal zijn gelegen.
De werkzaamheden hebben stagnatie ondervonden door slecht weer, door het tot tweemaal toe onder lopen van de buitenpolder Maltha, maar ook doordat de aangevoerde cutterzuigers niet de voorgeschreven produkties haalden; ook moeilijkheden op de storten speelden een rol.

De schutsluizen in het Volkerak

De beneden-, tussen- en bovenhoofden bevinden zich in verschillende fasen van afbouw. Tevens wordt gewerkt aan de erop aansluitende wanden, waarin de deurkassen zijn uitgespaard. De benedenhoofden met aangrenzende wanden zijn zo goed als gereed.

Opspuiten van het dijklichaam van de dam door de Noordelijke Geul van de Grevelingen



Van de 8 fuikwanden die aan de zuidzijde aansluiten op het sluizencomplex, werden er 4 gestort.
De 38 m' lange voorgespannen liggers voor het viaduct kwamen gereed en werden op pijlers geplaatst. De afbouw van het eerste veld werd ter hand genomen. Begonnen werd met het maken van 24 m' lange voorgespannen liggers voor de aanbrug.
Men is voorts bezig de wanden van de basculekelder tot N.A.P. + 12,65 m op te trekken en de vloer van het centraal bedieningsgebouw te leggen.
Aan de zuidzijde van de sluizen werden stalen vleugelwanden geheid.
Aan de noordzijde kwam een gedeelte gereed.
Grondaanvullingen ten behoeve van het sluizencomplex werden voortgezet.

Werkzaamheden ten behoeve van de afsluiting van de noordelijke geulen van de Grevelingen

Nadat in de vorige periode de beide geulen Krammer en Bocht van St. Jacob tot ca N.A.P. – 3 m waren opgestort met grof grind, (waarvoor ca 25 000 ton grind was gebruikt) werd het opbouwen van de sluitdam voortgezet.
Op de plaat tussen beide geulen werd de dam met stortsteen tot boven hoog water opgestort. In dit gedeelte van de sluitdam werd een hoeveelheid van ca 27 000 ton steen verwerkt.
Hierna werd begonnen de beide geulen af te sluiten door opstorting vanaf N.A.P. – 3 m. In de Krammer geschiedde dit met stortsteen, terwijl in de Bocht van St. Jacob aanvankelijk gebruik werd gemaakt van nieuwe stortmaterialen, zoals zakken met zand, zakken met gestabiliseerd zand, kluiten warm zandasfalt met en zonder een omhulling van kippegaas. Kluiten koud zandasfalt werden in tegenstelling tot het aanvankelijk voornemen niet meer gebruikt. Vanwege de teleurstellende resultaten met de experimentele materialen werd ook de Bocht van St. Jacob tenslotte toch met stortsteen afgesloten.
Op 31 december 1964 was de kruin van de stenen dam over de gehele lengte tot boven gemiddeld hoog water opgestort, waarbij in de Krammer een hoogte van N.A.P. + 3 m werd bereikt. Het werd daarom niet nodig geacht nog langer dag en nacht te werken.
Nog slechts een geringe hoeveelheid steen zal moeten worden gestort om oneffenheden in de kruin weg te werken. Hiervoor zullen slechts enkele gondels worden gebruikt, heen en weer rijdend op een der kabels en alleen overdag.
In totaal werd ca 167 000 ton materiaal in de sluitdam gestort.
Op 1 december 1964 kon worden begonnen met het persen van zand tegen de sluitdam. Eind december was ongeveer ¾ miljoen m³ zand opgespoten.
In het komende kwartaal zal het zandpersen worden voortgezet en naar verwachting zal eind februari over de volle lengte van het sluitgat het zand een hoogte van N.A.P. + 3 m hebben bereikt. Daarna kon dan begonnen worden met het opspuiten en afwerken van de dijkkap en het maken van een voorlopige verkeersweg voor de verbinding van Schouwen-Duiveland met Flakkee.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De toegangsweg door de Westpolder naar het bijna voltooide dijkvak aan de Groninger kust is gereed gekomen.
De bouw van de drie uitwateringssluizen verloopt tot dusverre geheel volgens het werkplan. De westelijke sluis is zover gevorderd, dat het kokerdek is gestort. Van de middelste sluis zijn de pijlers tot aan de hoogte van het dek gereed. Van de oostelijke sluis is de wapening van de pijlers gesteld. Hier werd begonnen met het bekisten. De sluizen zijn tot vloerhoogte aangeaard.

A. Opgave van de door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltaw

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zuid-Holland	X-1963	Maken van zanddepots ten behoeve van rivierwaterkering te Hoek van Hol
Zuid-Holland	XII-1963	Maken van kleidepots langs Weverseinde (verbetering waterkering te Putt hoek)
Zuid-Holland	XIII-1963	Maken van een waterkering langs de Havendijk te Schiedam
Zuid-Holland	XI-1962	Verbetering van de waterkering te Bolnes tussen hm 4,10 en 8,85
Zuid-Holland	XVI-1962	Verzwaring van de zeewering en maken van een basaltgloojing voor Ter H tussen RS. 111,200 en 112,250
Zuid-Holland	XX-1962	Verbetering Molendijk tussen hmp. 76+75 en 86+50
Zuid-Holland	VIII-1963	Maken van een zandberm aan de binnenzijde van Schielands Hoge Zee tussen hmp. 7,60 en 34,40
Zuid-Holland	XI-1963	Verbetering van de Lekdijk te Krimpen a/d Lek tussen hm 194,25 en 197,
Zuid-Holland	III-1964	Beplanting van een terreinstrook langs de rijksweg Monster-Loosduinen i. afgraving 'Geestje'
Zuid-Holland	XI-1964	Verbetering Lekdijk tussen hmp. 122,75 en 127,75 te Lekkerkerk
Gemeente Hellevoetsluis	I-1961	Aanleggen van een riolering binnen de wallen
Zeeland	169-1962	Uitbaggeren van een rioolwatergang van Middelburg naar Veere
Groningen Zeedijk langs de Eems	9/1963, dienst 1963/1964	Maken van een nieuw buitenhoofd voor de oude provinciale zeesluis te Delf met bijkomende werken
Groningen	4/1962, opgedragen bij overeenkomst 7/1962, dienst 1962	Grond- en baggerwerken ten behoeve van een uitbreiding van de binnenhav te Delfzijl met bijkomende werken

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuwsch-Vlaanderen en Walcheren

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zeeland	1964	Verzwaren van de zeedijk tussen dp. 32+66 m van de calamiteuze Wille Annapolder en dp. 3 en 27 m van de polder Hoedekenskerke
		Levering van betonartikelen voor idem
		Slopen van een woonhuis ten behoeve van idem koopsom afkomende materialen f 760,— koopsom sloopwerk f 300,—
	1960-1963	Verhogen en verzwaren van de zeedijk voor het Waterschap de Vereenig Polders van Ossenisse en het calamiteuze Waterschap Walzoorden
	13-9-1963	Staat van meer werk nr. 5 Maken van uitwegen, drainage, onkruidbestrijding, levering van split
	29-6-1963	Staat van meer werk nr. 6 Verdiepen en verruimen van een suatiegeul
	13-9-1963	Staat van meer werk nr. 7 Herprofileren en graven van een sloot
		Staat van meer werk nr. 8 Leveren en plaatsen van een afrastering
	10-4-1964	Staat van meer werk nr. 1. (gewijzigde staat) zandverschuiving tussen dp 10-11.50

nbaar bestede en gegunde werken

annemingssom	Aannemer
864 000,—	N.V. Baggermij. 'Holland' te Hardinxveld
128 725,—	N.V. Aann.Mij. v/h Timmer te Dordrecht
264 000,—	Fa. Gebr. v. d. Geest te Hillegom
1 272 499,—	Aann. comb. Joh. Boele Fzn's Zand- en Grint-Handels- en Transportbedrijf en P. Paans te Rotterdam
1 492 000,—	Fa. Gebr. Hakkers en Fa. G. Schermers en Zn. te Werkendam
1 280 993,—	Comb. Gebr. Mol te Hendrik Ido Ambacht
enheidsprijzen	Aann. bedrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam
168 000,—	D. Gouwens en Zn's Aann. bedrijf te Krimpen a/d IJssel
11 803,—	J. Boon te 's-Gravenzande
391 500,—	Aann. bedrijf J. H. de Vos te Krimpen a/d Lek
288 100,—	Fa. Kraayeveld te Barendrecht
39 840,—	Fa. W. van Vossen & Zn. te St. Annaland
1 695 000,— (geheel ten laste van de dijkverzwaring)	Amsterdamse Aannemings Maatschappij N.V. te 's-Gravenhage
f 2 850 000,— (ten laste van de dijkverzwaring f 809 600,—)	N.V. Aannemingsmaatschappij v/h Hillen en Roosen te Amsterdam

Aannemingssom	Aannemer
f 2 126 000,—	C.V. Gebr. van 't Verlaat te Hardinxveld
f 173 608,50	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes
te vorderen f 460,—	Fa. C. Westdorp & Zn. te Goes
	Aann. Mij. Jac. G. van Oord N.V. te Utrecht
f 16 242,68	
f 12 000,—	
f 6 150,—	
f 9 950,—	
f 42 151,94 In de Rijksbijdrage wordt een voorschot van 97% verleend	

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
DED 506a	5 oktober 1964	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst nr. DED 506, betreffend leveren en monteren van een kabelbaan voor de sluiting van de Grevelin
DED 568a	7 september 1964	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst nr. DED 568 voor het m van een grondlichaam met glooiing op de Hellegatplaten
DED 590a	11 september 1964	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst nr. DED 590 voor het m van een havendam en oevervoorzieningen van de noordelijke voorhaven de Volkeraksluizen in de gemeente Willemstad
DED 621a	14 oktober 1964	Overeenkomst tot wijziging van bestek nr. DED 621, dienst 1963—1964, v het verruimen van een suatiegeul, het maken van zanddepots, een haven loswal en bijkomende werken onder de gemeenten Arnemuiden, 's-H Arendskerke, Veere en Wolfaartsdijk.
DED 624a	28 augustus 1964	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. DED 624, voor het ma van laadstations, verhardingen en afrasteringen ten behoeve van de kabelb over de Grevelingen.
DED 638	27 november 1964	Het ter beschikking stellen en onderhouden van een ingericht directiekant bij West Repart onder de gemeente Middenschouwen
DED 691	1 december 1964	Maken en leveren van twee stalen meetinrichtingen voor debietmeting.
DED 695	11 november 1964	Het vervaardigen en leveren en op de Grevelingendam opstellen van een stallatie met toebehoren voor het verladen van nat zand, alsmede voor vervaardigen en leveren van zes transportbakken.
DED 704	6 november 1964	Het afsluiten van de noordelijke geul van de Grevelingen, het aanleggen van dijkvak door die geul, met bijkomende werken, onder de gemeenten Bruinis Oude Tonge en Nieuwe Tonge.
DED 705	11 september 1964	Het vervoeren, lossen en opschelven van rijsmaterialen ten behoeve van afsluiting van het Brouwershavensche Gat.
DED 707	27 oktober 1964	Leveren van betonblokken voor de Grevelingendam
DED 708	4 november 1964	Het maken van twee stellingen voor debietmeting in de Noord nabij de V keersbrug te Alblasserdam
DED 709	28 september 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwe havensche Gat.
DED 710	28 september 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwe havensche Gat.
DED 711	28 september 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwe havensche Gat.
DED 712	28 september 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwe havensche Gat
DED 713	28 september 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwer havensche Gat
DED 715	29 oktober 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwer havensche Gat
DED 716	29 oktober 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwer havensche Gat
DED 717	29 oktober 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwer havensche Gat
DED 718	27 oktober 1964	Het vervangen van de stoomketel en een stoomlier en het verrichten va reparatie- en andere werkzaamheden aan de Rijksbok „Ursus"
DED 719	18 november 1964	Het verrichten van redactionele werkzaamheden ten behoeve van „Het Dri maandelijks Bericht Deltawerken".
DED 723	27 oktober 1964	Het verrichten van waterwaarnemingen in het waterschap „De Benede Donge"

rken gesloten onderhandse overeenkomsten

annemingssom	Aannemer
ann. som gewijzigd van F. 5.857.500,— NF. 8.261.000,—	Etablissement Neyrpic te Grenoble (Frankrijk)
-	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
ann.som gewijzigd an f 3 598 200,— ı f 3 548 585,35	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
-	Aannemingsmaatschappij Jac. G. van Oord N.V. te Utrecht
-	Combinatie 'Grevelingen' te Hardinxveld
-	N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage
35 920,—	Constructie- en reparatiewerkplaats 'Walcheria' te Vlissingen
232 000,—	Combinatie 'Grevelingen' te Hardinxveld
9 515 500,—	Combinatie 'Grevelingen' te Hardinxveld
enheidprijzen	Fa. v/h T. W. Volker en Zn. te Sliedrecht
enheidsprijzen	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes
16 140,—	A. v.d. Hoek jr. te Heenvliet
enheidsprijzen	N.V. Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld
enheidsprijzen	Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam
enheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
enheidsprijzen	Fa. T. den Otter te Meerkerk
enheidsprijzen	Fa. J. en P. van Wijngaarden te Sliedrecht
enheidsprijzen	Fa. v/h T. W. Volker en Zn. te Sliedrecht
enheidsprijzen	J. A. de Ruiter c.v. te Hardinxveld
enheidsprijzen	Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam
f 109 000,—	N.V. Rijsdijk-Boss te Hendrik Ido Ambacht
—	W. F. G. Breekveldt te Amsterdam
—	A. Diepstraten te 's-Gravenmoer

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

G. de Klerk	48, 49, 50
J. Lingsma	11
Prov. Waterstaat Zeeland	46
Rijkswaterstaat	7, 10, 40, 41
Technisch Physische Dienst	36
Waterloopk. Laboratorium	28

Inhoud nr. 32

A. De werken van het Deltaplan

59 Openstelling voor het verkeer van de dam door de Grevelingen

60 Enkele beschouwingen over de bepaling van de hoogte van zeedijken

67 De aanpassing van scheepswerven aan de waterloopkundige veranderingen op de Deltawateren

77 Stromen en ongrondingen gedurende de afsluiting van het noordelijk sluitgat van de Grevelingen

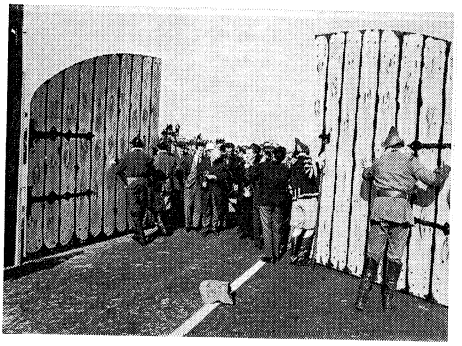
91 Constructie van de geleidewerken en wachtplaatsen voor de Volkeraksluizen

96 Het onderzoek naar de maatregelen ter vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

101 Aanleg van het dijkgedeelte onder de Friese kust

105 Vorderingen



Watergeuzen openen de poort voor de hoge gasten die de dam in gebruik hebben gesteld.

De dam door de Grevelingen gezien van de Schouwense kant.

Openstelling voor het verkeer van de dam door de Grevelingen

Op donderdag 1 april is de dam door de Grevelingen op plechtige en feestelijke wijze voor het verkeer opengesteld. Nauwelijks vijf maanden nadat de kruin van de dam door het noordelijk sluitgat boven water kwam kon Schouwen-Duiveland, het laatste echte eiland van de Zeeuwse archipel, met het vasteland worden verbonden. De meeste bewoners van het eiland voelen, zo blijkt uit steekproeven die de kranten namen, deze aansluiting wel als de opheffing van een ongewenst isolement. Vandaar dan ook dat in de toespraken bij de officiële opening al meteen naar voren kwam hoezeer men uitziet naar voltooiing van de brug over de Oosterschelde en dat een vaste verbinding over de Westerschelde direct daarna op de lijst der verlangens staat.

De Commissaris van de Koningin in de provincie Zuid-Holland, mr. Klaasesz, vestigde er in zijn toespraak de aandacht op dat dit de tweede maal binnen een jaar tijds was, dat de Minister van Verkeer en Waterstaat naar het Deltagebied was gekomen om een vaste oeververbinding in gebruik te stellen en daarmede een gedeelte van het eilandengebied uit zijn isolement te verlossen. De eerste maal betrof het de brug over het Haringvliet; nu werd een dam die in de eerste plaats een functie heeft in het beveiligingssysteem van het Nederlandse Deltagebied, in gebruik genomen als verkeersweg. Dank zij de nieuwe weg is de rijafstand van Rotterdam naar Zierikzee met 18 km bekort, terwijl bovendien geen oponthoud meer zal worden veroorzaakt door enig veer; de tijdwinst is dus aanzienlijk. Zelfs de reis van Schouwen naar St.-Philipsland zal door het totstandkomen van de verbinding over de Grevelingendam in veel gevallen minder tijd gaan kosten; men verwacht dat het veer Zijpe–Anna Jacobapolder sterk ontlast zal worden, zodat voorheen wel voorkomende wachttijden van vijf en zes uur gedurende het zomerseizoen tot het verleden zullen behoren.

De kabelbaan staat nog opgericht langs het noordelijk deel van de sluitdam; een herinnering aan de experimenten die de sluiting van het noordelijk gat uit waterbouwkundig oogpunt zo belangwekkend maakten, al verliep dit experiment aanvankelijk niet zonder tegenslagen en oponthoud. Het werken met de kabelbaan heeft echter zoveel belangwekkende gegevens opgeleverd, dat de proef geslaagd kan worden genoemd.

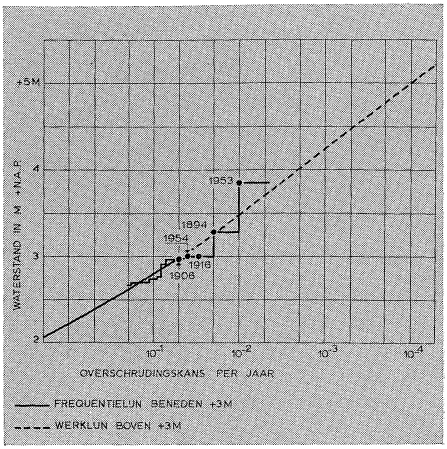
Voor Schouwen-Duiveland luidt de vaste oeververbinding een heel nieuw tijdperk in. De bevolking, die de laatste jaren enigszins is teruggelopen, zal zich naar alle waarschijnlijkheid gaan uitbreiden. Maar de grote sociologische veranderingen die het voormalig eiland te wachten staan zullen pas optreden als de Oosterschelde is afgesloten en de dam door de Grevelingen zijn derde funcie gaat uitoefenen door de achterste afsluiting te vormen van het toekomstige Grevelingenbekken.

Enkele beschouwingen over de bepaling van de hoogte van zeedijken

Generaties waterbouwkundigen hebben zich afgevraagd hoe hoog een dijk moet worden aangelegd om het achtergelegen land tegen overstroming te beschermen. Vroeger gaf men op deze vraag een eenvoudig antwoord: een dijk moet zo hoog zijn, dat de hoogst bekende stormvloedstand kan worden weerstaan. Dit is echter een gevaarlijke maatstaf gebleken. Niet alleen kan ook deze stormvloedstand overschreden worden, zoals overstromingen getuigen, maar bovendien stijgt de zeespiegel en daalt het land, waardoor het verschil tussen de zeestand en de kruin van de dijk in de loop van de tijd steeds kleiner wordt. Een dijk biedt dus met het verstrijken der jaren steeds minder veiligheid.
De belangrijkste factor bij het bepalen van de kruinhoogte van dijken is de kans, dat stormvloeden zullen voorkomen hoger dan een bepaald peil; vanwege andere factoren, zoals de golfoploop, de zeespiegelrijzing en de kruindaling moet de dijk echter nog hoger dan die bepaalde stormvloedstand worden aangelegd. In de laatste jaren, vooral na de stormvloed van 1953, zijn deze factoren intensief onderzocht. Mede op grond van deze studies heeft de Deltacommissie een aantal criteria opgesteld, die bij het bepalen van de dijkhoogte in rekening moeten worden gebracht. Deze criteria worden hieronder besproken.

De overschrijdingskans van stormvloedstanden

Een dijk dient zo hoog te worden aangelegd, dat hij hoge stormvloeden kan keren. Nu doet zich dadelijk de vraag voor van welke stormvloedstand men voor de toekomst moet uitgaan om verlies aan mensenlevens door overstromingen zoveel mogelijk te voorkomen. Aan de andere kant spelen ook economische overwegingen een rol, omdat de bouw van hoge dijken zeer duur is.
De moeilijkheid bij het vaststellen van de optimale hoogte van dijken is dat, hoewel een stormvloed theoretisch niet onbeperkt hoog kan worden, het toch niet mogelijk is nauwkeurig te bepalen, waar de maximale hoogte van stormvloeden ligt.
De hoogte van een stormvloed is namelijk afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals de windkracht en de windrichting op zee, de duur van de storm, de verplaatsingsrichting van de stormdepressie, het getij, en de eventueel resterende waterstandsverhoging langs de kust, veroorzaakt door een storm die enige dagen tevoren is opgetreden.
Zeer hoge stormvloeden treden op als de grootste opstuwing, veroorzaakt door zeer grote windkrachten boven de Noordzee uit noordwestelijke richting, samenvalt met het hoog-

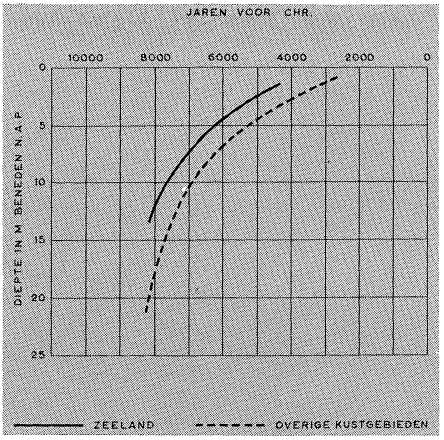


Overschrijdingskansen van de stormvloedstanden te Hoek van Holland

water tijdens een springvloed en grote afvoer van de bovenrivieren. Een dergelijke stormvloed heeft een bepaalde kans van voorkomen. Veelal zal de maximale opstuwing echter niet samenvallen met hoog water bij springtij en zal de stormvloed een geringere hoogte bereiken.

De Deltacommissie heeft de kans van optreden van verschillende stormvloedstanden trachten te bepalen. De kans dat een bepaalde stormvloedstand overschreden zal worden, werd afgeleid uit te Hoek van Holland in de periode 1859–1959 waargenomen stormvloedstanden. Nagegaan werd, hoeveel malen bepaalde stormvloedstanden werden overschreden. Deelt men dit aantal door het aantal waarnemingsjaren – 100 – dan krijgt men de kans van overschrijden per jaar. Deze waarden – op logarithmische schaal – zijn in een grafiek tegen de bijbehorende waterstanden – met lineaire schaal – uitgezet. Beneden de waterstand van N.A.P. + 3 m bleken de waarnemingen zich rond een rechte lijn te groeperen. Boven N.A.P. + 3 m is het aantal geregistreerde waterstanden te gering om het verloop van de lijn nauwkeurig te kunnen bepalen. Deze lijn werd daarom gekozen als een voortzetting, een extrapolatie, van de lijn die geldt voor de standen van N.A.P. + 1,7 m tot N.A.P. + 2,4 m.

Teneinde de mensen een hoge mate van veiligheid te verzekeren binnen de grenzen van wat economisch aanvaardbaar is – het zogenaamde decisieprobleem – heeft de Deltacommissie besloten voor het vaststellen van de dijkhoogten uit te gaan van stormvloedstanden met een overschrijdingskans van gemiddeld eens per tienduizend jaar, daarbij wijzigingen in het klimaat en relatieve zeespiegelrijzing buiten beschouwing latend.
De hier bedoelde stormvloedstand bedraagt N.A.P. + 5 m te Hoek van Holland of ongeveer 4 m boven gemiddeld hoog water. Dit peil is als uitgangspunt genomen voor de bepaling van de dijkhoogten langs de gehele Nederlandse kunst. Voor elke plaats werd een basispeil bepaald, dat dezelfde overschrijdingskans van gemiddeld 1 : 10 000 per jaar heeft als voor Hoek van Holland geldt. Rekening houdend met de wijzigingen die de getijbeweging door de uitvoering van de Deltawerken zal ondergaan, en na eventuele toepassing van een economische reductie, werd het z.g. ontwerppeil vastgesteld.
De waterhoogte die aan dit basispeil beantwoordt, varieert langs de kust door verschillen in hoogwaterstanden en plaatselijke waterstandsverhogingen door opwaaiing.



Relatieve zeespiegelrijzing vóór het begin van onze jaartelling

Oude peilmerken te Amsterdam

De N.A.P.-daling

Het basispeil wordt uitgedrukt ten opzichte van het N.A.P.-vlak. Stijgt de zeespiegel ten opzichte van het N.A.P.-vlak, dan zal daarmee de overschrijdingskans van het basispeil toenemen. Het is daarom van belang de relatieve rijzing van de zeespiegel ten opzichte van het N.A.P.-vlak te kennen. De relatieve zeespiegelrijzing is enerzijds afhankelijk van de werkelijke stijging van het zeeniveau en anderzijds van de daling van het land. Deze daling kan veroorzaakt worden door daling van de diepere ondergrond van ons land en door het in elkaar geperst worden, zogenaamd inklinken, van geologisch jonge klei- en veenlagen.

De daling van de diepere ondergrond is voor het zuidelijk gedeelte van Zeeland waarschijnlijk nihil. Verder naar het noorden neemt de daling echter toe. Voor Noord-Nederland wordt zij op 2 tot 4 cm per eeuw geschat.

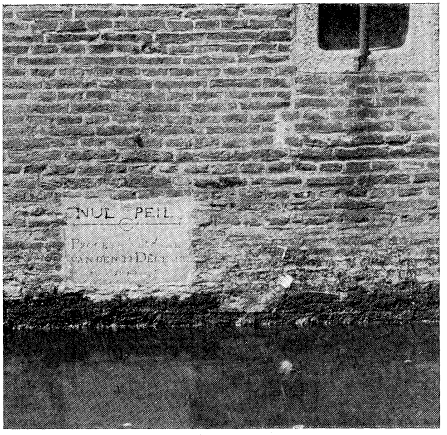
Van veel groter belang is de inklinking van jonge klei- en veenlagen in de bodem. Vers gevormde veenlagen kunnen namelijk voor 80% uit water bestaan. Kleilagen in de polders bevatten 40 à 50% water. Nu kan het watergehalte van dergelijke pakketten in de loop van de tijd sterk afnemen. De bodemlagen worden compacter en dunner en het bodemoppervlak daalt: de bodem klinkt in.

De vermindering van het watergehalte in dit soort lagen is een gevolg van de belasting met het gewicht van later afgezette lagen, waardoor de onderliggende klei- en veenlagen worden uitgeperst. De lagen kunnen eveneens water verliezen als het grondwaterpeil zakt, bijvoorbeeld door bemaling. In veenlagen heeft de verlaging van de grondwaterstand nog een ander effect. Er kan dan meer zuurstof tot deze lagen toetreden, waardoor de organische stof in het veen verteert. Alleen al hierdoor kan het oppervlak van veenlanden zo'n 10 cm per eeuw dalen.

De totale inklinking op een bepaalde plaats hangt af van de dikte van de veen- en kleilagen in de bodem, het gewicht van de bovengelegen lagen en de ontwatering van het gebied. Aangezien deze factoren van plaats tot plaats sterk verschillen, zal ook de inklinking variëren. Uit onderzoekingen is gebleken dat de inklinking in de kernen van de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden, waar dikke veenlagen in de ondergrond voorkomen, sinds het begin van onze jaartelling 1 à 2 meter is geweest. In de omringende zeekleipolders, waar het veen grotendeels verdwenen is, bedroeg de inklinking over deze periode slechts 20 tot 60 cm.

Het N.A.P.-vlak is gekoppeld aan N.A.P.-merken te Amsterdam. De N.A.P.-stenen zakken





als gevolg van de absolute bodemdaling en de inklinking. Peilmerken die elders in het land zijn opgesteld en die door middel van waterpassingen op de N.A.P.-stenen zijn aangesloten, dalen sneller of minder snel dan die te Amsterdam, afhankelijk van de mate van inklinking.

Men heeft gevonden, dat de daling van de N.A.P.-stenen te Amsterdam ten opzichte van de gemiddelde waterstand van het Buiten IJ in de periode van 1870 tot heden rond 17 cm per eeuw bedraagt. In het onderstaande zullen wij zien, dat deze daling gedeeltelijk moet worden verklaard uit rijzing van de zeespiegel en gedeeltelijk uit inklinking van de bodem. Over de zeespiegelrijzing kan het volgende worden opgemerkt.

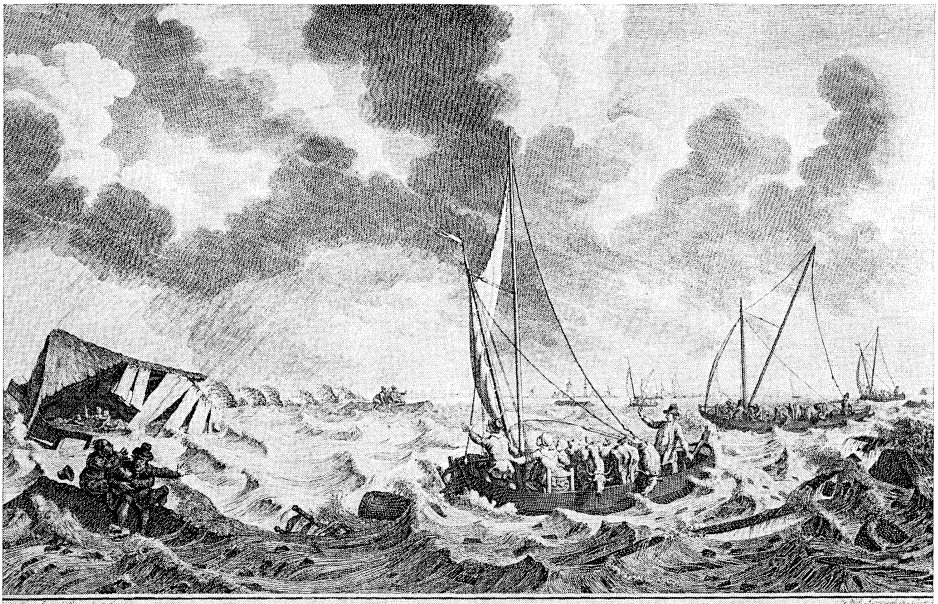
Naar alle waarschijnlijkheid is de hoeveelheid water op aarde in de geologische geschiedenis vrijwel constant. Water kan echter zowel voorkomen in vloeibare als in vaste toestand. Neemt door klimaatsveranderingen de hoeveelheid ijs op aarde toe, dan vermindert dienovereenkomstig de hoeveelheid vloeibaar water.

Tijdens de laatste ijstijden hadden de poolkappen en gletsjers zich enorm uitgebreid, zodat er veel water in de vorm van ijs was vastgelegd. Als gevolg daarvan was de zeespiegel over de gehele aarde ongeveer 100 m lager dan thans. Toen na de ijstijd de temperatuur ging stijgen, smolt het ijs geleidelijk af, waardoor de zeespiegel weer begon te rijzen. Deze rijzing zet zich tot op heden voort.

Aan het einde van de laatste ijstijd was het huidige Nederlandse kustgebied een grote, in de richting van Engeland hellende zandvlakte. Door de verhoging van het zeeniveau verdwenen steeds hoger gelegen gedeelten van dit vlak onder water. In de kuststrook zal de grondwaterstand in het zandpakket tenminste even hoog zijn geweest als het hoogwaterniveau op zee. In het vlakke kustgebied moet het grondwater op vele plaatsen praktisch aan het oppervlak gelegen hebben.

Er ontstonden daar meren en poelen, waarin zich een moerasvegetatie ontwikkelde. De resten hiervan zijn als veen bewaard gebleven. Het veen is dus ongeveer op hoogwaterniveau of iets daarboven ontstaan. Bij stijgende zeespiegel werd dit veen op steeds hoger gelegen plaatsen gevormd. Verzamelt men thans veenmonsters die op de oude zandondergrond liggen en bepaalt men de ouderdom van deze venen, dan kan men de zeespiegelrijzing in de tijd reconstrueren.

De ouderdom van het veen kan vrij nauwkeurig worden vastgesteld met de zogenaamde C 14-methode. Deze methode is gebaseerd op het gegeven, dat koolzuurgas in de



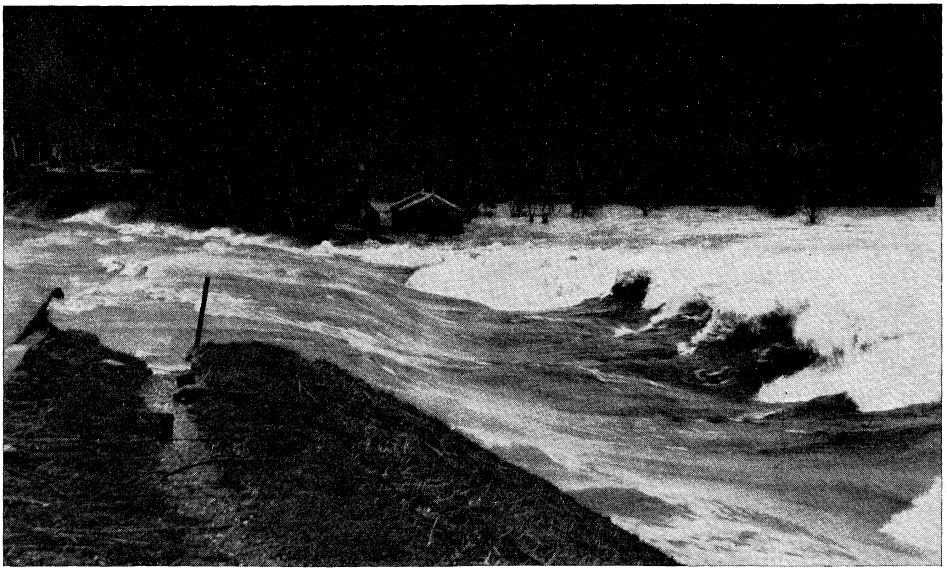
GEZICHT IN DE KOEKOEK, BY KAMPEN, IN DE OVERSTROOMING, DEN 15^DEN NOVEMB. 1775.

lucht een uiterst gering percentage radioactieve koolstof C 14 bevat. Deze radioactieve koolstof wordt door de planten opgenomen en vastgelegd. De hoeveelheid C 14 vermindert in de loop van de eeuwen in een bekend tempo. Door de hoeveelheid radioactieve koolstof in een veen te meten en deze te vergelijken met de hoeveelheid die in levende planten voorkomt, kan men de ouderdom van het veen berekenen.
Uit studies van de Geologische Stichting is gebleken, dat de zeespiegelrijzing na de laatste ijstijd aanvankelijk zeer sterk was, namelijk in de omgeving van 75 cm per eeuw. In latere perioden nam de stijging geleidelijk af. Ongeveer 4000 jaar geleden bedroeg zij nog ongeveer 15 cm per eeuw. Over de laatste 2000 jaar zijn geen gegevens beschikbaar, omdat geen betrouwbare veenmonsters voorhanden zijn. Extrapoleert men echter de gevonden curven tot in de huidige tijd, dan resulteert een gemiddelde zeespiegelrijzing van 10 cm per eeuw. Over de toekomstige stijging valt geen voorspelling te doen, omdat de zeespiegelveranderingen nauw samenhangen met de klimaatsomstandigheden op aarde. Zouden deze gelijk blijven dan zal de zeespiegelrijzing zich in afnemende mate voortzetten.
Opgemerkt wordt, dat de genoemde bedragen van de zeespiegelrijzing gelden ten opzichte van de pleistocene zandvlakte.
Uit het voorgaande volgt, dat de N.A.P.-daling, dat is het toenemend hoogteverschil tussen N.A.P.-stenen en de gemiddelde zeestand, ten dele moet worden toegeschreven aan rijzing van de zeespiegel en ten dele aan inklinking van de bodem bij het N.A.P.-merk. Voor het ontwerpen van zeedijken heeft de Deltacommissie aanbevolen voor de N.A.P.-daling 20 cm per eeuw in rekening te brengen.

De kruindaling

De daling van de kruin van een dijk is afhankelijk van de volgende factoren:
de zetting van het dijklichaam zelf;
de inklinking of het in elkaar persen van de ondergrond.
De inklinking onder een dijk is groter dan elders, omdat door het gewicht van de dijk de ondergrond extra wordt belast. Ook de klei die in de dijk verwerkt is, klinkt in. De totale kruindaling kan dus aanzienlijk groter zijn dan de bodemdaling in het omringende land.
Men heeft vastgesteld, dat de gemiddelde kruindaling van onze dijken ongeveer 50 cm per eeuw bedraagt. Op sommige plaatsen wordt echter ook de uitzonderlijke waarde van 3 m per eeuw gevonden.
De Deltacommissie heeft aanbevolen bij verhoging van de zeedijken in het algemeen rekening te houden met een kruindaling van minimaal 50 cm per eeuw. Plaatselijke omstandigheden, bijvoorbeeld het voorkomen van dikke klei- of veenlagen onder de dijk, kunnen echter een grotere overhoogte noodzakelijk maken.
Bij de afsluitdammen door de zeegaten zal de invloed van de inklinking van de bodem op de verlaging van de kruin kleiner zijn dan bij de oudere dijken het geval is. In de zeegaten immers liggen diepe geulen, waarvan de loop vaak verandert. In het gebied van de toekomstige dammen is het veen dan ook geheel verdwenen. Wel komen hier en daar kleilagen voor, doch deze zijn vaak bedekt door metersdikke zandlagen en dientengevolge reeds belangrijk ingeklonken.
De kruindaling van dijken kan tegenwoordig redelijk nauwkeurig voorspeld worden. Deze voorspellingen berusten op grondmechanische proeven, waarbij de toekomstige belasting van een klei- of veenlaag in het laboratorium op monsters wordt nagebootst, waarna de inklinking gemeten wordt. Bij deze proeven is onder meer gebleken, dat de inklinking de eerste jaren na de aanleg van een dijk groot is, doch in de loop van de tijd sterk af-

Dijkdoorbraak tijdens de watersnood van 1953



neemt. Bij de aanleg van een dijk kan men dus al zoveel overhoogte geven, dat de initiële inklinking gecompenseerd wordt.

Golfoploop

Tijdens stormen kunnen hoge wind- en deiningsgolven tegen de dijk oplopen en er over heen slaan. Hierdoor kan het voorkomen, dat de dijk niet alleen aan de buitenzijde, maar ook aan de binnenzijde wordt aangetast. In 1953 is dit op vele plaatsen gebeurd.
Om aan deze golfoploop weerstand te kunnen bieden moet de dijk nog eens extra verhoogd worden. De studie ter bepaling van een significante hoogte van windgolven tijdens stormvloeden in verband met de golfoploop tegen dijken, is de laatste jaren met kracht ter hand genomen. Het probleem hierbij is, dat de Noordzeegolven bij de nadering van ondiep water allerlei veranderingen ondergaan door breken, refractie en diffractie. Deze veranderingen worden in sterke mate beheerst door de waterdiepte. In zeegaten met grote diepteverschillen – diepe geulen naast hoge platen – ontstaan ingewikkelde golfpatronen en daarmee samenhangend aanzienlijke variaties in de golfhoogten. Deze golfpatronen zijn verschillend bij onderscheiden voortplantingsrichting en hoogte van de Noordzeegolven (zie Driemaandelijks Bericht nr. 2 en nr. 25). Een ander probleem is, dat er nog maar weinig waarnemingen zijn van het karakter van de golven op ondiep water tijdens zware golfgang. Mede met het doel hierover meer gegevens te verkrijgen is in het deltagebied een aantal golfmeetpalen opgericht (zie Driemaandelijks Bericht nr. 3 en nr. 19). Uit het bovenstaande volgt, dat de etxra verhoging van de zeedijken, nodig voor het opvangen van de golfoploop, van plaats tot plaats nogal kan variëren en door middel van golfstudies moet worden vastgesteld.

Bui-oscillaties en buistoten

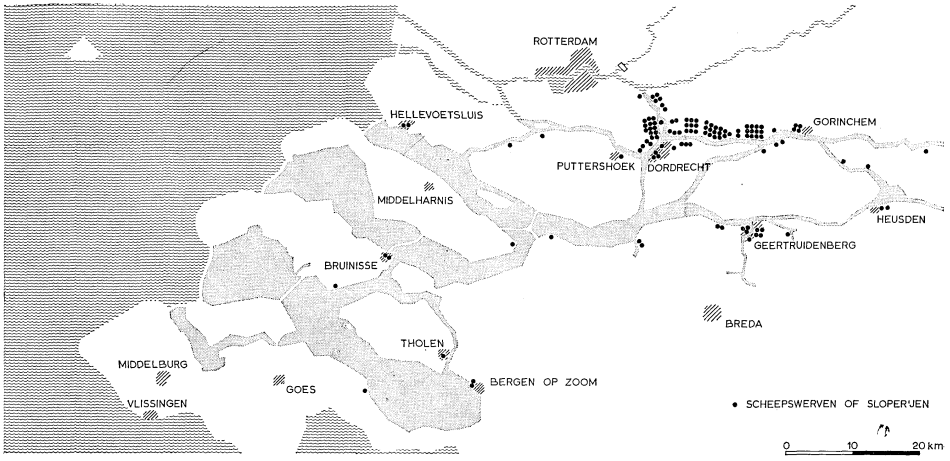
Beziet men de curve van een continu registrerende peilschaal, dan blijken de waterstanden bij storm onderhevig aan variaties met perioden van enkele minuten tot een half uur. Deze waterstandvariaties blijken samen te hangen met weersinvloeden. Zij kunnen samenhangen met tijdelijk sterk toenemende windsnelheid gedurende regenbuien. Dit verschijnsel wordt bui-oscillatie genoemd indien het plaatselijk optreedt, buistoot, als het over grotere afstand langs de kust te volgen is. Deze waterstandsveranderingen zijn gesuperponeerd op de stormvloedstanden. Bij de aanleg van dijken dient dus ook hiervoor een extra overhoogte te worden aangebracht. In het eindverslag van de Deltacommissie zijn tabellen opgenomen, die voor verschillende plaatsen langs de kust de mogelijke grootten van deze waterstandsveranderingen aangeven.
In het voorgaande zijn de factoren beschouwd, die ter bepaling van de hoogte van zeedijken in rekening moeten worden gebracht. Het basispeil werd zodanig vastgesteld, dat de overschrijdingskans slechts 1 : 10 000 per jaar bedraagt. Belangrijke extra-verhogingen moeten worden aangebracht vanwege de golfoploop en de bui-oscillaties en -stoten. Ook zal men bij de aanleg reeds rekening dienen te houden met de N.A.P.-daling en de kruindaling. Tevens is een doeltreffende controle op de hoogte van de aangelegde dijk in de loop van de tijd noodzakelijk. Deze controle geschiedt door middel van zogenaamde bodemdalingspeilmerken, die op een aantal plaatsen langs de kust zijn opgesteld. Deze peilmerken zijn zo diep in de ondergrond gefundeerd, dat ze niet meer zakken door inklinking, wel echter door de absolute daling van de diepere ondergrond van ons land. De stijging van het gemiddeld hoogwatervlak ten opzichte van het land en de kruindaling kunnen zo nauwkeurig worden bepaald.

De aanpassing van scheepswerven aan de waterloopkundige veranderingen op de Deltawateren

In de nrs. 22 en 30 van deze Berichten is er onder meer op gewezen, dat de te verwachten veranderingen in de waterstanden en in de waterbeweging op de Deltawateren gevolgen zullen hebben voor scheepswerven, scheepsreparatiebedrijven, scheepssloperijen en andere met bepaalde werken aan de Deltawateren gebonden bedrijven.
Vele bedrijven in het Deltagebied zijn namelijk in sterke mate ingesteld op de ter plaatse voorkomende waterstanden en waterbeweging. Deze bedrijven zijn vaak sterk vergroeid met de plaatselijke situatie;van het terrein tussen de dijk en de rivier maken zij een maximaal gebruik. Veranderingen in de waterstanden en de waterbeweging zullen dergelijke bedrijven veelal dwingen tot aanpassing. De aard van het bedrijf, de ligging in het Deltagebied, de plaatselijke toestand en de bedrijfsomstandigheden bepalen de aard van de vereiste aanpassing. Soms volstaat een wijziging in de bedrijfsvoering; in andere gevallen zullen bovendien bepaalde werken moeten worden uitgevoerd van werktuigkundige of waterbouwkundige aard.
De vraag, of en in hoeverre voor een bedrijf aanpassingen nodig zijn, kan het beste worden beantwoord indien de belanghebbende weet welke waterstanden en stroomsnelheden, met bijbehorende frequenties, in de bestaande toestand een efficiente bedrijfsvoering mogelijk maken.
Voor een scheepswerf zijn vooral die waterstanden van belang die de gemiddelde toestand ter plaatse karakteriseren en verder de meer zeldzame standen, die vanwege hun duur en/of kans van voorkomen toch nog als maatgevend moeten worden beschouwd voor de vereiste aanpassingen. Voor een scheepswerf zijn dus de volgende waterstanden van belang:

1. in het algemeen: de gemiddelde H.W.- en L.W.-standen;
2. voor het ophalen en te water laten van schepen: de lage H.W.-standen;
3. Voor het werken op de helling: de hoge L.W.-standen.

Bij de bepaling van deze standen op de benedenrivieren ten noorden van de Volkerakdam wordt uitgegaan van een gemiddeld getij op zee; er wordt dus geen rekening gehouden met standen die beïnvloed zijn door op- of afwaaiing van het gemiddelde zeeniveau, aangezien deze op- en afwaaiingseffecten in verband met de duur waarmede ze optreden niet van doorslaggevend belang zijn.
Het 'laag' of 'hoog' zijn van bepaalde hoog-, respectievelijk laagwaterstanden is dus afhankelijk van betrekkelijk zeldzame hoge of lage opperwaterafvoeren. De waterstanden



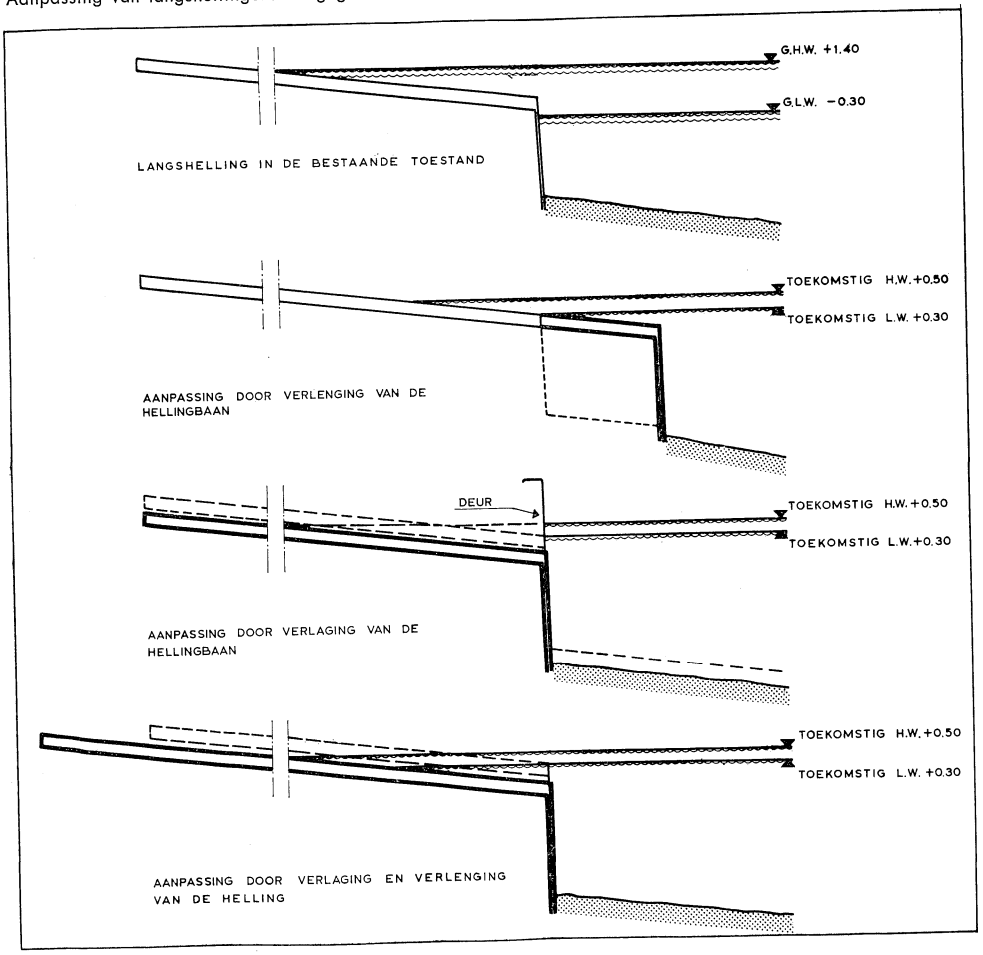
op de benedenrivieren ten noorden van de Volkerakdam zullen na de afsluiting van het Haringvliet, die naar verwachting in 1969 zal plaatsvinden, meer dan thans worden bepaald door de opperwaterafvoeren, en wel voornamelijk door de afvoer van de Rijn en de in afhankelijkheid daarvan in te stellen kunstmatige opperwaterverdeling, en veel minder door het getij op zee. Op de Deltawateren ten zuiden van de Volkerakdam zullen in de toekomst min of meer vaste zomer- en winterpeilen worden ingesteld. Het is dus te verwachten dat voor een groot aantal scheepswerven de maatgevende standen betrekkelijk grote veranderingen zullen ondergaan.
In verband met het hellingen of de stapelloop van schepen kunnen voor bepaalde scheepswerven veranderingen in de minimale stroomsnelheden of stroomkenteringen van belang zijn. Het is in deze gevallen in de eerste plaats van belang vast te stellen wat in dit opzicht maatgevend moet worden geacht voor elk van de betrokken bedrijven.
Uit het vorenstaande volgt reeds dat elke scheepswerf zijn eigen problemen heeft. De meest voorkomende typen kunnen hier dan ook slechts sterk schematiserend worden besproken. Daarbij zal onderscheid worden gemaakt tussen nieuwbouw- en reparatiehellingen, terwijl beide categorieën onderscheiden worden in langs- en dwarshellingen.

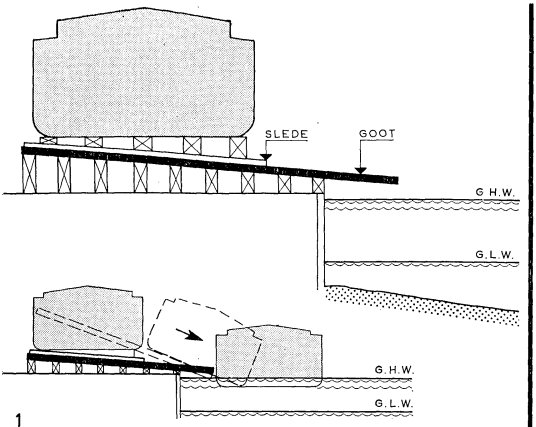
Nieuwbouwhellingen

Een nieuwbouw-langshelling is een schuin aflopend terreingedeelte al dan niet voorzien van een vaste hellingbaan, waarop nieuwe schepen worden gebouwd en te water gelaten. In zijn meest eenvoudige vorm is de helling een grondzate. Meestal omvat de helling evenwel een al dan niet gewapende en/of onderheide betonconstructie, die de goten draagt waarin de sleden kunnen bewegen waarop het nieuwe schip wordt gebouwd. Verder omvat de helling meestal een vaste werkvloer, bijvoorbeeld van betontegels of betonplaten, mogelijk geflankeerd door een kraanbaan.
Naar gelang van de grootte van het te bouwen schip varieert het afschot van de helling van ongeveer 1 : 20 voor grote schepen tot 1 : 12 voor kleine vaartuigen. Bij een tewaterlating dient het afschot voldoende groot te zijn om het schip, nadat de laatste borg is verwijderd, uit zichzelf in beweging te doen komen. De kiel van het schip krijgt vaak iets meer afschot. Afhankelijk van het type en de grootte van het schip in relatie tot de

Ligging van scheepswerven en scheepssloperijen in dat gedeelte van het Delta-gebied waar de maatgevende waterstanden na afsluiting der zeegaten wijziging kunnen ondergaan

Aanpassing van langshellingen. De gegeven waterstanden zijn fictief





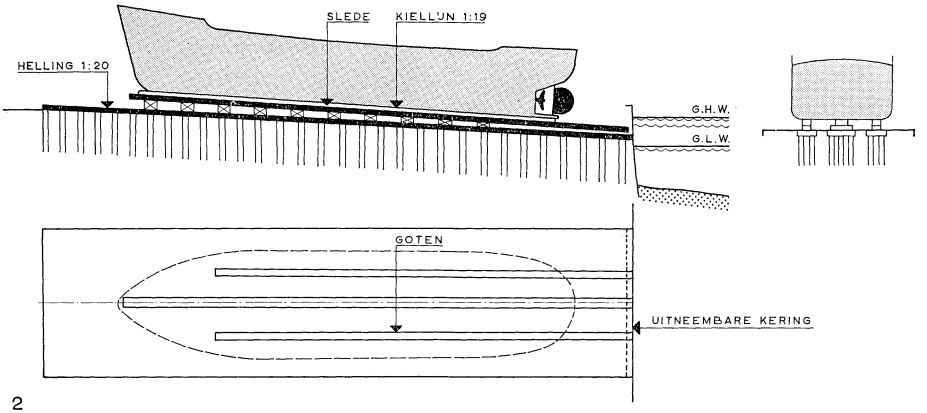
1

1 DWARSHELLING VOOR NIEUWBOUW

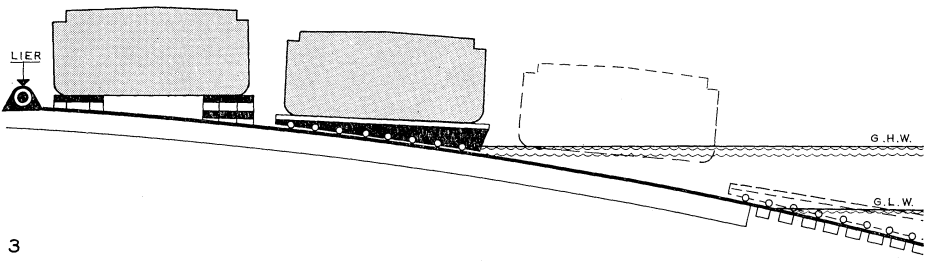
2 LANGSHELLING VOOR NIEUWBOUW

3 DWARSHELLING VOOR REPARATIE

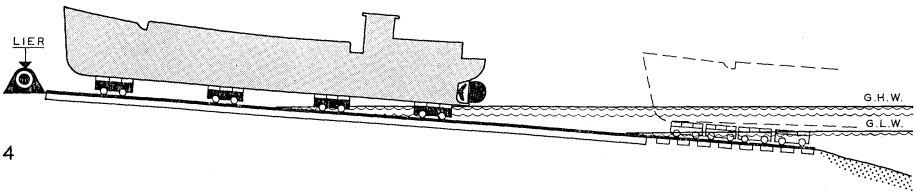
4 LANGSHELLING VOOR REPARATIE



2



3

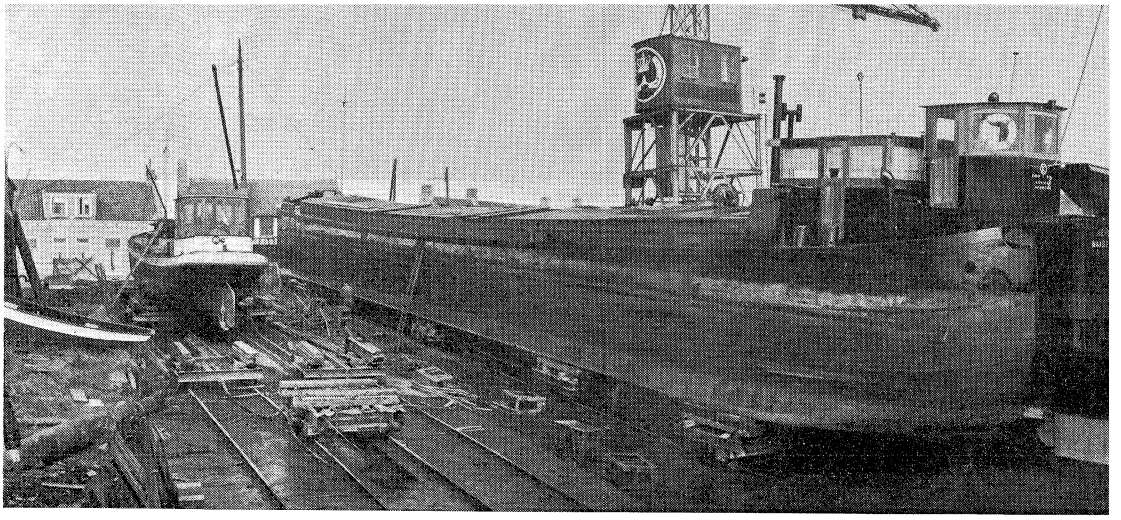


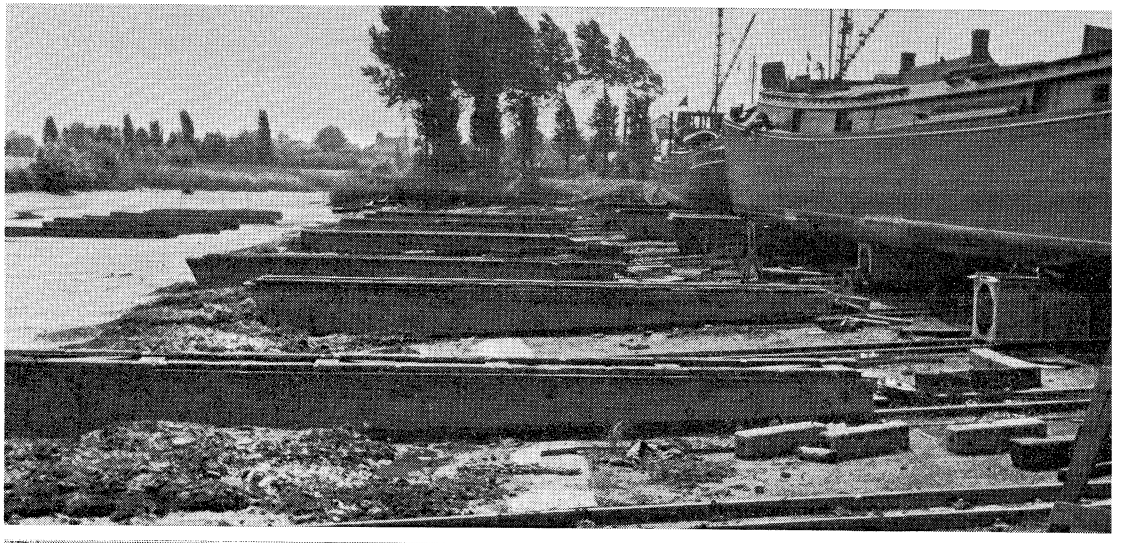
4

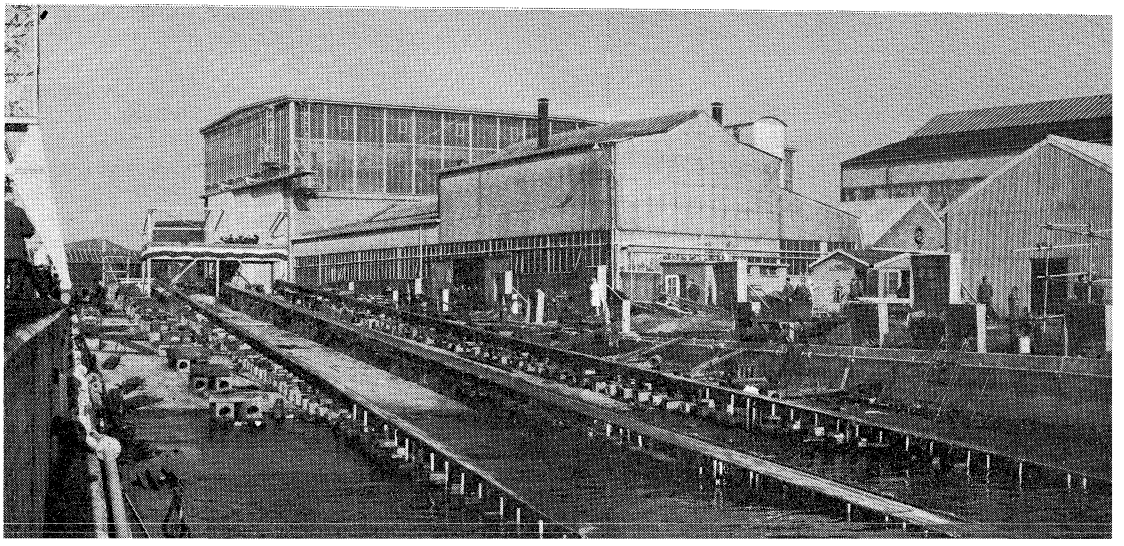
eigenschappen van de helling stelt de scheepsbouwer, vaak op grond van ervaring, het afschot voor het te bouwen schip vast.
Het ondereinde van de helling bevindt zich op een zodanige diepte, dat het schip gedurende stapelloop bij H.W. een voldoend opdrijvend vermogen verkrijgt, zodat het niet dompt en anderzijds geen ontoelaatbare druk op de helling uitoefent. De diepte van dit punt is bovendien enigermate afhankelijk van de voorkomende L.W.-standen, in die zin, dat gedurende een redelijk lange tijdsduur tijdens laagwater werkzaamheden aan de achtersteven moeten kunnen worden verricht. Om praktische redenen bedraagt de afstand van de kiel tot de helling aan het ondereinde zelden minder dan 1 m, zodat, afhankelijk van het type en de grootte van het schip dat men op de helling wil kunnen bouwen, de vorm van de helling hierdoor vaststaat. Wil men grotere schepen bouwen of ongeacht de waterstanden aan het achterschip kunnen blijven werken, dan kan een bak of dokhelling, die tijdens de bouw van het schip wordt afgesloten door een deur, uitkomst bieden.
Indien als gevolg van de uitvoering van de Deltawerken de voor stapelloop bij een werf nodige H.W.-stand 50 cm zou dalen, dan moet het ondereinde van de helling eveneens 50 cm worden verlaagd om op dezelfde wijze schepen van dezelfde typen en grootten te kunnen blijven bouwen. Heeft de helling een afschot van 1 : 20 dan moet ze 10 m rivierwaarts worden verlengd of de gehele helling moet 50 cm omlaag worden gebracht. Als bovendien de maatgevende L.W.-stand ter plaatse van dezelfde werf hoger wordt, dan kan het nodig blijken daarvoor de helling landwaarts te verlengen. Deze voorzieningen vergen dus ruimte, die vaak bezwaarlijk is te vinden, omdat de meeste werven hun terrein tussen de dijk en de rivier reeds zeer intensief gebruiken. Kan alleen rivierwaarts worden verlengd, dan moet de helling waarschijnlijk verbouwd worden tot dokhelling. Maakt echter de scheepvaart ter plaatse ook een rivierwaartse verlenging onaanvaardbaar, dan kan in het uiterste geval de aanpassing worden gezocht in een verlaging van de gehele helling, hetgeen bij een gefundeerde betonnen helling uiteraard geen eenvoudige zaak is; het einde van de helling zal dan eveneens afgesloten moeten kunnen worden door een deur.
Behalve de veranderingen in de waterstanden kan ook de mindere frequentie van bepaalde kleine stroomsnelheden of van stroomkenteringen bij hoogwater voor nieuwbouwlangshellingen problemen opleveren.
Een nieuwbouw-dwarshelling bestaat uit een hellend plateau met een serie afloopbanen, waarop het schip evenwijdig aan de waterlijn wordt gebouwd. Bij sommige kleinere dwarshellingen bevindt het gehele plateau zich boven water, zodat het schip bij stapelloop min of meer te water valt.
Nieuwbouw-dwarshellingen leveren als regel minder problemen op dan langshellingen. De werkdiepte loodrecht op de waterlijn is kleiner en het afschot van de helling is meestal iets groter, zodat het ruimte-probleem bij aanpassing minder dringt. Ook hier zal evenwel bij een verlaging van de maatgevende H.W.-stand een waterwaartse verlenging of een verlaging van de gehele helling nodig kunnen zijn. Verhoging van de L.W.-stand en veranderingen in de minimale stroomsnelheden en stroomkenteringen hebben op dit soort hellingen meestal minder invloed. Vaak is zo'n helling in een haven of inham gelegen, zodat de stroomsnelheden op de rivier toch al niet van invloed zijn.

Reparatiehellingen

Een reparatie-langshelling bestaat in zijn meest eenvoudige vorm uit een hellende grondzate, waarop rails zijn aangebracht op dwars- of langsliggers. Over deze rails kunnen twee of meer hellingwagens rijden die men door middel van lieren omhoog trekt of in het water laat zakken. Beneden de gemiddelde L.W.-stand rusten de door dwarsdragers







Langshelling voor reparatie

Dwarshelling voor reparatie

Langshelling voor nieuwbouw

gekoppelde rails al naar gelang van de draagkracht van de bodem zonder meer op de zate of liggen, voorzien van een verbreed draagvlak van bijvoorbeeld gelaste stalen platen, op de afgevlakte rivieroever. Langs de Deltawateren vindt men veel van dergelijke, soms enigszins primitief aandoende reparatiehellingen. Bij de grotere bedrijven is de gehele helling meestal voorzien van een doorlopende gewapend betonnen constructie, al dan niet onderheid. Deze werven bezitten dan meestal ook geheel verharde werkterreinen. Het afschot van deze hellingen varieert van 1 : 16 tot 1 : 10.

Moet een schip ter reparatie voor inbouw van een motor of voor andere werkzaamheden op de helling worden gehaald, dan laat men de hellingwagens zakken tot ze geheel onder water zijn verdwenen. Boven de laatste hellingwagens moet bij hoogwater zoveel water staan, dat het te hellingen schip er met de voorsteven boven kan komen. Terwijl het schip op de goede plaats en in de juiste richting wordt gehouden trekt men dan langzaam de hellingwagens omhoog, zodat eerst de voorsteven in de voorste wagen komt te rusten en vervolgens het gehele schip op de wagens uit het water wordt getrokken. Het schip kan daarna met blokken en wiggen worden onderstopt, waarna de nodige werkzaamheden kunnen beginnen; bij laagwater aan de achtersteven, bij hoogwater aan de overige delen of in het inwendige.

De tewaterlating vindt op overeenkomstige wijze plaats: de achterste hellingwagens verdwijnen bij hoogwater in de rivier, het achterschip gaat opdrijven en als er voldoende water boven de hoogste hellingwagen staat komt ook de voorsteven vrij.

Aangezien een reparatie-langshelling veel ruimte rivierwaarts vraagt, wordt de helling soms iets bol aangelegd, zodat de wagens eerder en dieper onder water verdwijnen. Op zo'n helling kunnen meestal echter niet meer dan twee wagens rijden, waarvan het bovenvlak bovendien moet scharnieren. Alleen vrij kleine schepen kunnen dus op deze hellingen worden getrokken.

Door veranderingen in de maatgevende waterstanden ontstaan voor een reparatiebedrijf soortgelijke moeilijkheden als voor de nieuwbouw-langshelling. Ook hier moet bij lager worden van de maatgevende H.W.-stand de helling rivierwaarts worden verlengd, respectievelijk in zijn geheel worden verlaagd; bij hoger worden van de maatgevende L.W.-stand moet de helling landwaarts worden verlengd. Verlenging van de helling noodzaakt er toe de kettingen of kabels voor het bewegen van de wagens langer te maken. Een bak met een wegneembare dokdeur kan ook voor dit type helling worden overwogen.

Ligt de helling direct aan de rivier dan kunnen veranderingen in de minimale stroom-

Scheepswerf met twee langshellingen voor nieuwbouw en een dwarshelling voor reparatie



snelheden of stroomkenteringen problemen veroorzaken bij het ophalen en tewaterlaten van schepen.
Een reparatie-dwarshelling bestaat uit een hellend plateau met een serie rails en bijbehorende hellingwagens, waarmee een schip evenwijdig aan de waterlijn uit het water wordt gehaald.
Al naar gelang de lengte van het te repareren schip viert men een rij hellingwagens totdat ze alle op de gewenste diepte onder water staan en het schip er bij hoogwater boven kan komen. Zakt het water, dan komt het schip op de wagens te rusten en met synchroon werkende lieren wordt het geheel omhooggetrokken. Nagenoeg op dezelfde wijze als bij een reparatie-langshelling wordt het schip onderstopt en opgewigd, zodat de wagens weer beschikbaar komen voor een volgend schip. Bij grotere dwarshellingen kunnen wel drie schepen naast elkaar worden gezet, de bovenste twee op onderstoppingen, het onderste op de wagens. Indien mogelijk worden schepen met in hoofdzaak kiel-, roer- en schroefreparaties het eerst opgehaald en vaartuigen met mankementen op grotere hoogte later.
Bij de reparatie-dwarshellingen past men over het algemeen een groter afschot toe dan bij de langshellingen, namelijk van 1 : 12 tot 1 : 7. Een gebogen hellingbaan komt bij reparatie-dwarshellingen vrij veel voor, omdat die bij een dwarshelling geen extra voorzieningen noodzakelijk maakt, terwijl men er alle voordelen van geniet; op deze wijze wordt vlugger diep water bereikt en het boven water gelegen hellinggedeelte biedt meer ruimte.
Dwarshellingen vragen meer oeverlengte maar minder diepte dan langshellingen; de rails behoeven niet verder het water in te gaan dan het punt waar bij de langshelling de hoogste hellingwagen komt.
Verlaging van de maatgevende H.W.-stand kan ook hier weer een verlenging van de helling en aanpassing van de lieren vereisen; verhoging van de maatgevende L.W.-stand zou kunnen betekenen dat niet meer twee of drie schepen naast elkaar op de dwarshelling kunnen worden behandeld, waardoor een landwaartse verlenging van de helling gewenst wordt. Een kleiner tijverschil tenslotte maakt het hellingen tot een gevoeliger operatie, doordat minder speling in de vaardiepte boven de hellingwagens voorkomt. Veranderingen in de minimale stroomsnelheden of stroomkenteringen zijn op deze werven niet van grote invloed.
In het Deltagebied wordt nog een andere werkwijze toegepast die het mogelijk maakt in tijhaventjes en andere niet stromende tijwateren onderhouds- en kleine reparatiewerkzaamheden te verrichten aan kleinere schepen. Het schip wordt tijdens hoog water boven een zate, al dan niet voorzien van een zogenaamde bankstelling gevaren, waarop het bij laagwater droogvalt. Het is duidelijk dat de bruikbaarheid van dit type voorzieningen zeer sterk achteruit gaat bij veranderingen in de waterstanden.
Een algemeen vraagstuk dat zich bij alle categorieën scheepswerven voordoet, betreft de invloed van de veranderingen van de waterstanden op de bereikbaarheid over water in het algemeen, en meer in het bijzonder op de bevaarbaarheid van het water langs de oevers. Een aantal kleinere werven ligt aan getijwatertjes of getijhaventjes die binnenkort alleen nog door kleinere schepen of zelfs in het geheel niet meer kunnen worden bevaren tenzij er voorzieningen worden getroffen. Dit geldt trouwens ook voor vele andere bedrijven en bedrijfjes in het Deltagebied. Voorzieningen in dezen kunnen bestaan uit een verdieping van de betreffende wateren en havens met bijbehorende oeverwerken, maar kunnen ook neerkomen op verplaatsing van een bedrijf, omschakeling op andere middelen voor aan- en afvoer van produkten, enzovoort. Ook in dit opzicht zal elk bedrijf op zijn eigen moeilijkheden en mogelijkheden moeten worden onderzocht.

Sloperijen

Een goede bedrijfsvoering van een in het Deltagebied veel voorkomende vorm van scheepssloperij hangt af van een normaal optredend tijverschil; bedrijven die zich hiermee bezig houden zijn dan ook voornamelijk gelegen aan rustig, diep water met een flauw hellende oever, op plaatsen waar het tijverschil gunstig is.
Het te slopen schip wordt bij hoogwater naar zijn plaats gesleept en zover gesloopt dat de geringere diepgang toelaat het vaartuig bij hoogwater dichter naar de oever te brengen. Zo gauw het water zakt en het schip op de bodem rust, wordt het bij lagere waterstanden verder gesloopt, waardoor het opdrijvend vermogen toeneemt en het casco weer dichter bij de oever kan komen. Deze werkwijze herhaalt zich totdat de kiel bij laagwater vrijkomt en in stukken naar de opslagplaats kan worden gebracht.
Zou het maatgevende tijverschil dalen van bijvoorbeeld 1,5 m tot 30 cm dan wordt deze werkwijze zeer tijdrovend of zelfs onmogelijk. Dan zal moeten worden gezocht naar een andere wijze van slopen. Het onderste deel van het schip zal daarbij waarschijnlijk de meeste moeilijkheden opleveren.

In het vorenstaande is aangenomen dat de voorzieningen die een bedrijf behoeft voor het volledig herstel van zijn huidige mogelijkheden ook metterdaad worden getroffen. In de praktijk is dit niet altijd het geval. De kosten van de aanpassing moeten in een redelijke verhouding staan tot de schade die er door wordt bespaard. Het is waarschijnlijk dat langs de benedenrivieren wel enkele kleinere werfjes liggen waar de aanpassing meer zou kosten dan liquidatie van het gehele bedrijf.
Verschillende bedrijven zullen evenwel tamelijk ingrijpende voorzieningen moeten treffen, en zij moeten dan ook zorgvuldig overwegen of dit moment wellicht geschikt is voor invoering van bepaalde verbeteringen in het bedrijf, van een gewijzigde bedrijfsvoering of van andere produktiemethoden, van concentratie of produktiespreiding over een aantal bedrijven. Ook zal men bij de thans uit anderen hoofde in het bedrijf te verrichten investeringen rekening moeten houden met de consequenties van de te verwachten veranderingen in de waterstanden en de waterbeweging. Behalve voor de bedrijven zelf kan er wat dit betreft ook voor anderen aanleiding zijn zich te beraden op de toekomstige nieuwe situatie; dit geldt met name voor de gemeenten waarin de bedrijven gelegen zijn. De ligging van veel vooral kleinere bedrijven temidden van de overige bebouwing is dikwijls zeer ongelukkig; de voorzieningen in verband met de uitvoering van de Deltawerken kunnen misschien met voordeel door de belanghebbenden worden aangegrepen om tot een sanering van dergelijke situaties te komen.
Artikel 8 van de Deltawet opent de mogelijkheid tot het verlenen van tegemoetkomingen door het Rijk in schade die ontstaat door de afsluiting van de zeegaten; bij afzonderlijke wet zullen hiervoor regels worden opgesteld.
Het zal duidelijk zijn dat de tegemoetkomingen geen betrekking kunnen hebben op de extrakosten van verbeterings- en saneringsmaatregelen; deze kosten zullen in elk geval door de bedrijven zelf moeten worden gedragen.
De verschillende langs de Deltawateren gelegen bedrijven dienen in de eerste plaats elk voor zich na te gaan welke gevolgen de veranderingen in de waterstanden en de waterbeweging op deze wateren voor hun bedrijf zullen hebben en of, en zo ja hoe hun bedrijf daaraan dient te worden aangepast.
Voor inlichtingen omtrent de te verwachten veranderingen in de waterstanden en de waterbeweging kan men zich wenden tot de Deltadienst, afdeling Waterhuishouding c.a., Van Hogenhoucklaan 60 te 's-Gravenhage.

Stromen en ontgrondingen gedurende de afsluiting van het noordelijke sluitgat van de Grevelingen

In het Driemaandelijks Bericht nr. 30 werd reeds melding gemaakt van de vele metingen die verricht werden gedurende de geleidelijke dichting van het noordelijke sluitgat van de Grevelingendam.
Deze metingen beoogden hoofdzakelijk het verzamelen van twee groepen van gegevens, die vooral interessant waren omdat het hier een nieuwe methode van sluiting betrof.
In de eerste plaats ging de belangstelling uit naar de hydraulische veranderingen gedurende het gestadig rijzen van de damkruin. Hiertoe werden op de reeds in nr. 30 beschreven wijze uitgebreide snelheidsmetingen verricht.
Voorts was het noodzakelijk om de door de waterbeweging en de daarbij optredende wervelingen veroorzaakte ontgrondingen in hun verloop te volgen. Een nauwgezet peilprogramma was hiertoe vereist.

Waterloopkundige waarnemingen

Het uitvoeren van de stroommetingen werd door het zeer onregelmatige lengteprofiel van de dam bemoeilijkt. Het was daarom niet gemakkelijk om voldoende betrouwbare gegevens te krijgen. Toch is men erin geslaagd een goed inzicht te verkrijgen in de ontwikkeling van de waterloopkundige situatie.
Om veiligheidsredenen konden uitgebreide simultane metingen, dat zijn metingen die op verscheidene plaatsen in het sluitingsgebied tegelijkertijd verricht worden, alleen uitgevoerd worden als de kabelbaan niet in werking was. Men was dus aangewezen op de weekeinden.
In de maand september 1964, toen de meetvletten zich nog zonder gevaar boven de drempel konden bewegen, zijn hier dan ook uitgebreide simultane metingen uitgevoerd en wel in de nacht van 4 op 5 september en voorts op de 26ste. Deze metingen strekten zich uit over een volledige getijperiode, dat is bijna 13 uur.
Begin oktober echter was de dam zo hoog opgestort dat bij een waterstand van N.A.P. – 0,5 m of lager de meetboten op meer dan één plaats gevaar liepen op beschadiging van huid of schroef. Van toen af kon de stroom slechts gedurende een gedeelte van het getij gemeten worden en wel zolang het watervlak niet beneden N.A.P. zakte. Uiteraard was men in deze periode ook aan de weekeinden gebonden. Gedeeltelijke, doch wel uitgebreide metingen werden uitgevoerd op 3, 17, 24 en 31 oktober.

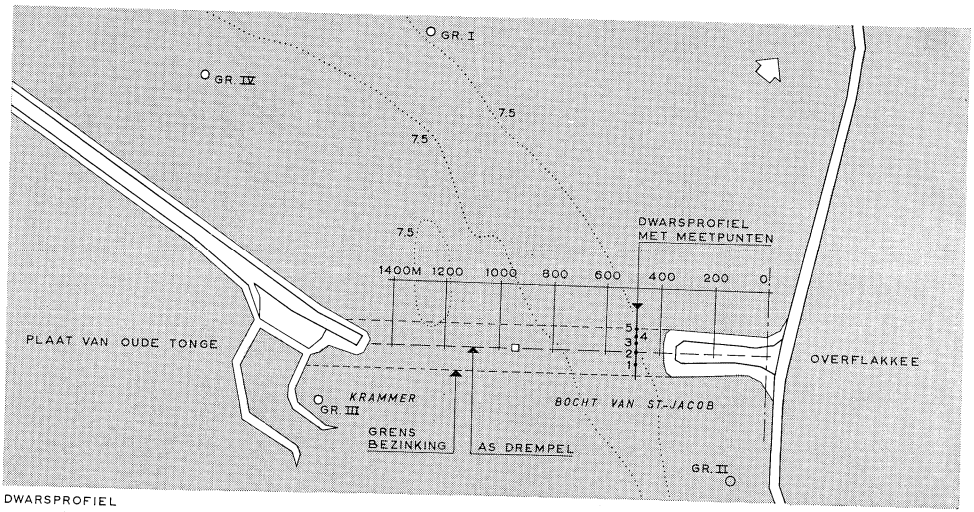
Verloop van de μ-waarden in de Krammer en de Bocht van St.-Jacob, die daaronder in vakken verdeeld zijn weergegeven

1 Situatie der meetpunten Gr(evelingen) I tot IV en van de meetraai dwars op de as van de drempel

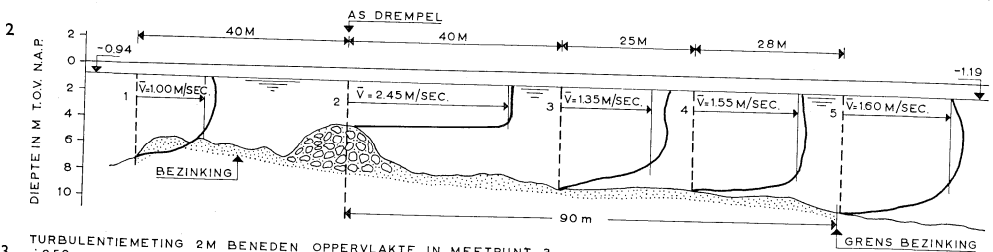
2 Snelheidsverticaal in de dwarsraai

3 Turbulentiemeting in meetpunt 3 van de dwarsraai, 2 m beneden het oppervlak

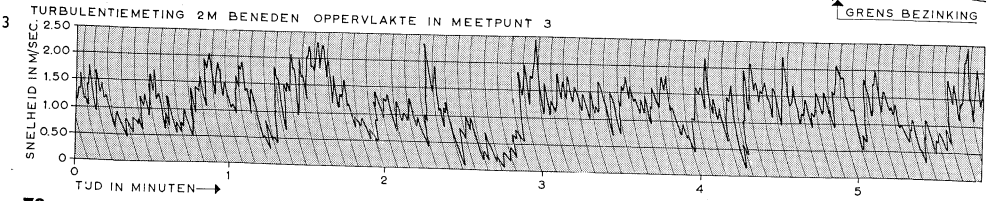
1

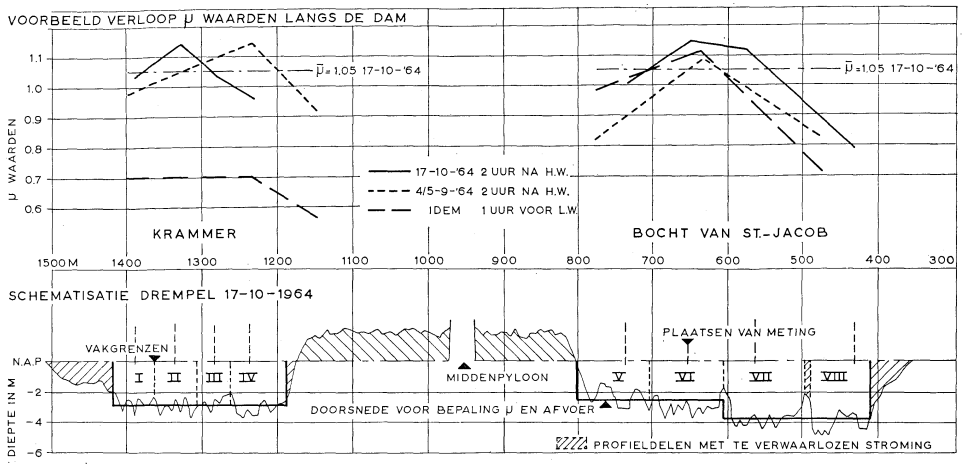


2



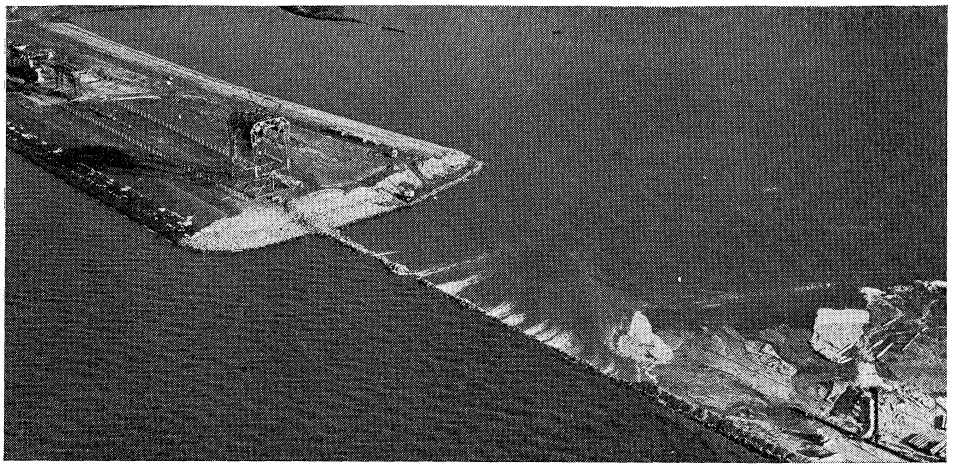
3





Al deze uitgebreide metingen in de maanden september en oktober zijn te beschouwen als de grondslag waarop het schema van de verdere metingen en studies is opgebouwd.
In de maand november was het niet meer mogelijk zich met een meetboot boven de dam te begeven. De boten werden nu voortaan op ongeveer 40 m bovenstrooms van de drempel verankerd, terwijl met behulp van een lier een meetvlot met de stroom mee werd afgevierd om daarna weer ingehaald te worden. Onderaan dit vlot was een Ottmolen bevestigd. Met behulp van dit toestel, dat op een vastgestelde diepte hing, kon via een elektrische kabel op de meetboot de stroomsnelheid in de betreffende raai en op de gegeven diepte geregistreerd worden.
Op deze wijze zijn tot 8 december zowel in de Krammer als in de Bocht van St.-Jacob vele metingen gedurende gedeelten van het getij verricht. Men was bij deze metingen niet zo nauw gebonden aan dagen dat het kabelbaanbedrijf stil lag.
Een eerste belangwekkend gegeven werd verkregen uit de uitgebreide metingen van september en oktober in de vorm van een stroomsnelheidsdiagram in het verticale vlak, kortweg de snelheidsverticaal genoemd. De normale gedaante van zo'n verticaal, die op iedere diepte de stroomsnelheid weergeeft en waaruit dan een gemiddelde waarde berekend kan worden, is nogal buikig. Het diagram van de op de Grevelingendam gemeten snelheden is echter rechthoekig, hetgeen zeggen wil dat de stroomsnelheden op iedere diepte vrijwel even groot zijn. Deze snelheden werden telkens op zes diepten gemeten.
De verticalen aan de boven- en benedenstroomse zijde van de drempel hebben een meer normaal verloop. Er moet echter opgemerkt worden dat de benedenstroomse diagrammen geen zuiver beeld geven, daar door de voortdurende veranderingen van stroomrichting de meetschepen nogal aan zwaaien onderhevig waren. Dat wijst op heftige turbulenties, en er zijn dan ook met behulp van turbulentiemeters op verschillende dagen, zowel bij vloed als bij eb, op benedenstroomse punten op drie diepten van de verticaal turbulentiemetingen uitgevoerd. Hierbij werd de snelheid als functie van de tijd op millimeterpapier geregistreerd. Om een indruk te geven van de snelheidsfluctuaties tijdens de ebperiode op 6 november is een gedeelte der registratie weergegeven die betrekking heeft op een meetpunt op 40 m uit de as en 2 m beneden het wateroppervlak. Daaruit blijkt dat snelheidsvariaties van 1 à 1,5 m/sec binnen enkele seconden geen zeldzaamheid zijn; en dat terwijl de gemiddelde snelheid ongeveer 1,35 m/sec bedroeg.

1



We zullen nu wat dieper ingaan op de werkwijze die gevolgd is om te geraken tot het gestelde doel: een algemeen inzicht te krijgen in de stromen en getijvolumen en de verandering daarvan in de loop van de damopstorting. De verrichte metingen kunnen in twee groepen worden verdeeld.

In de eerste plaats is gebruik gemaakt van de uitgebreide simultane metingen in de maanden september en oktober om de doorstromende volumina te bepalen. Dit gebeurde door zo lang het meten mogelijk was uur na uur de stroomsnelheden te registreren, er een gemiddelde van te bepalen en dat te vermenigvuldigen met de corresponderende plaatselijke diepte en de breedte van het beschouwde stroomvak. Hiermee werd bereikt dat ieder uur de afvoer van het ogenblik in dat stroomvak, uitgedrukt door het symbool Q, in m^3/sec bekend was. Na vermenigvuldiging van deze grootheid met de tijd gedurende welke ze optrad, vond men door optelling over alle stroomvakken van het getij het totale doorgestroomde volume van het sluitgat.

Voegde men de aldus voor het sluitgat gevonden volumewaarden bij elkaar dan kreeg men het volume van de totale afvoer door het sluitgat over een eb- of vloedperiode.

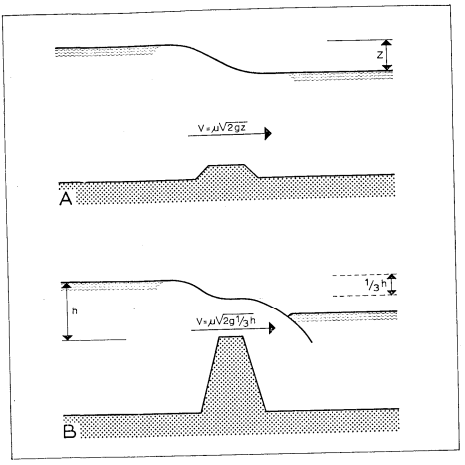
De theorie van de hydraulica leert dat de waargenomen overstortsnelheden afhankelijk zijn van de wortel van het produkt van het verval en twee maal de versnelling van de zwaartekracht; in symbolen uitgedrukt afhankelijk van $\sqrt{}$ 2gz. Als gevolg van de grote oneffenheden in de drempel, insnoeringsverliezen van de waterstroom bij de koppen en nog andere oorzaken, moet die uitdrukking nog worden vermenigvuldigd met een correctiecoëfficient, die in de vaktaal afvoercoëfficient wordt genoemd en volgens aangenomen gewoonte door μ wordt weergegeven.

Daar nu bij bovengenoemde metingen ook de vervallen simultaan zijn vastgesteld, en wel tussen de punten GR I en GR II en ook tussen GR III en GR IV, was men in staat een inzicht te krijgen in de waarde van deze coëfficient μ.

Men kon nu dus buiten de uitgebreide metingen om uit de ieder uur gemeten vervallen de stroomsnelheden berekenen met behulp van de empirisch gevonden waarde μ, en wel volgens de formule $v = \mu\sqrt{}$ 2gz; daaruit werden verder als eerder beschreven de totaal doorgevoerde watervolumina afgeleid.

Om de uitvoering van de berekeningen praktisch mogelijk te maken werden de volgende werkregels in acht genomen.

2

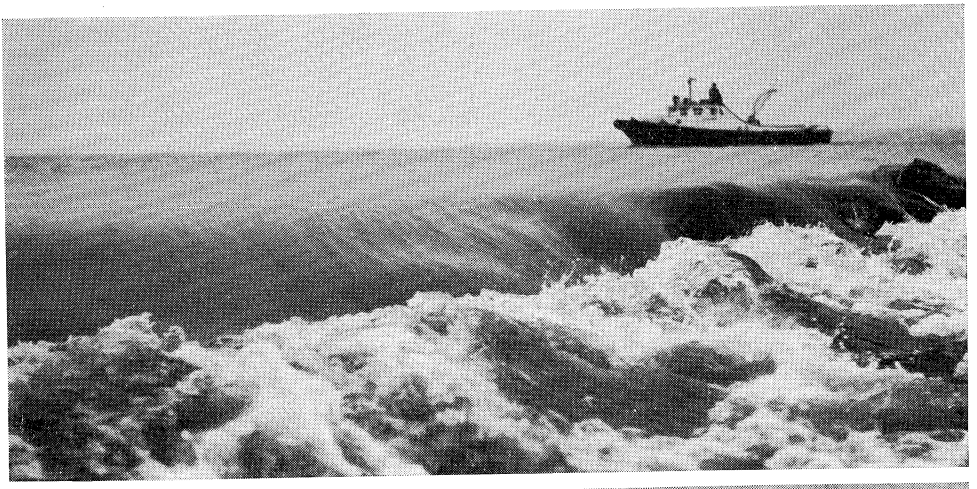


1 De dam door het noordelijk sluitgat van de Grevelingen gedeeltelijk opgespoten

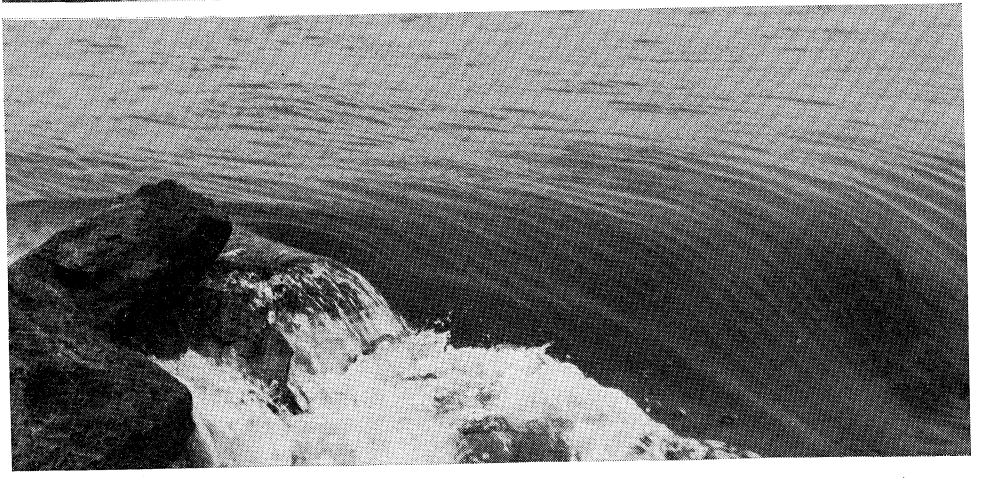
2 Formule voor de berekening van de stroomsnelheid A. bij onvolkomen, B. bij volkomen overlaat

3-4 Stroombeelden in het sluitgat

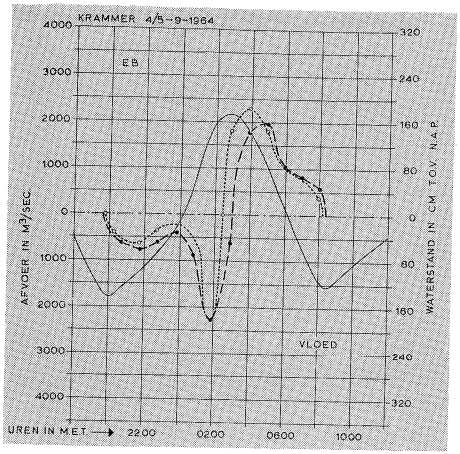
3

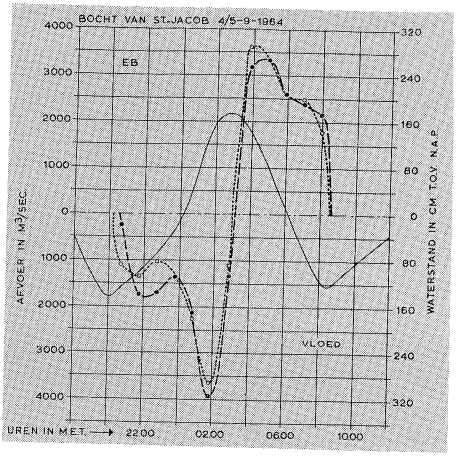


4

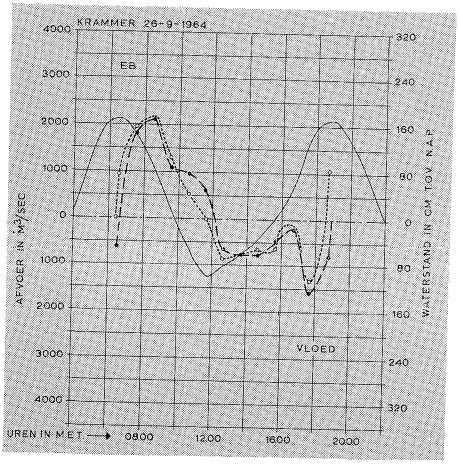


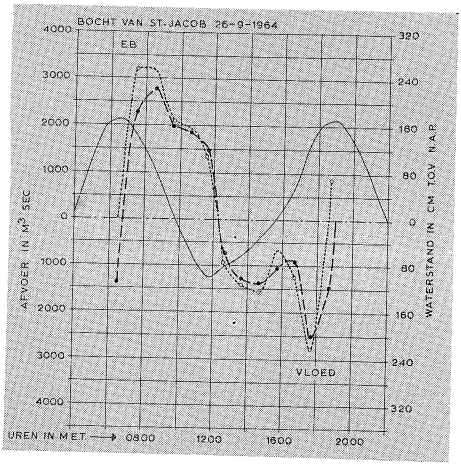
a


KRAMMER 4/5-9-1964
EB
VLOED
AFVOER IN M³/SEC.
WATERSTAND IN CM T.O.V. N.A.P.
UREN IN M.E.T. → 2200 0200 0600 1000

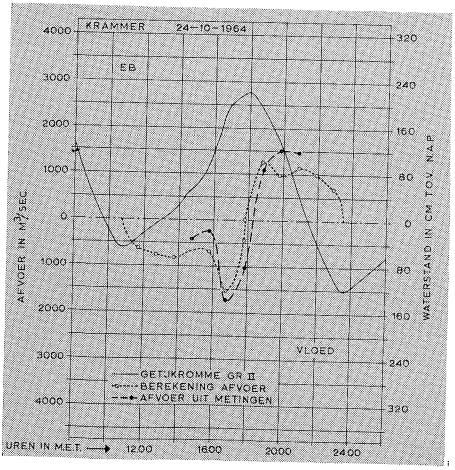

BOCHT VAN ST. JACOB 4/5-9-1964
EB
VLOED
AFVOER IN M³/SEC.
WATERSTAND IN CM T.O.V. N.A.P.
UREN IN M.E.T. → 2200 0200 0600 1000

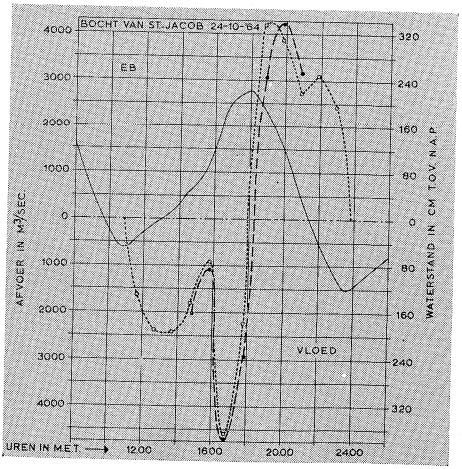
b


KRAMMER 26-9-1964
EB
VLOED
AFVOER IN M³/SEC.
WATERSTAND IN CM T.O.V. N.A.P.
UREN IN M.E.T. → 0800 1200 1600 2000


BOCHT VAN ST. JACOB 26-9-1964
EB
VLOED
AFVOER IN M³/SEC
WATERSTAND IN CM T.O.V. N.A.P.
UREN IN M.E.T. → 0800 1200 1600 2000

c


KRAMMER 24-10-1964
EB
VLOED
GETIJKROMME GR II
BEREKENING AFVOER
AFVOER UIT METINGEN
AFVOER IN M³/SEC.
WATERSTAND IN CM T.O.V. N.A.P.
UREN IN M.E.T. → 1200 1600 2000 2400


BOCHT VAN ST. JACOB 24-10-64
EB
VLOED
AFVOER IN M³/SEC.
WATERSTAND IN CM T.O.V. N.A.P.
UREN IN M.E.T. → 1200 1600 2000 2400

Afvoeren door het noordelijk sluitgat volgens metingen en berekeningen

a. in de nacht van 4 op 5 september 1964

b. op 26 september 1964

c. op 24 oktober 1964

1e. De onregelmatig opgestorte drempel werd overlangs in verschillende vakken onderverdeeld. Deze onderverdeling werd zodanig gekozen, dat volgens de ervaring voldaan werd aan de voorwaarde dat de stromingstoestand in elk vak een voldoende regelmatig verloop had.

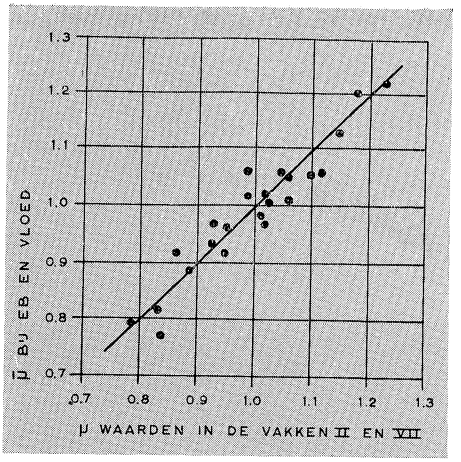
2e. Ter plaatse van die stortpieken die belangrijk boven de gemiddelde drempelhoogte lagen en evenzo in de hooggelegen vakken aan beide zijden van de middenpyloon en in het vak bij de damkop op de Plaat van Oude Tonge werd de waterafvoer verwaarloosd vanwege de contractie en de turbulentie die op die plaatsen optraden.

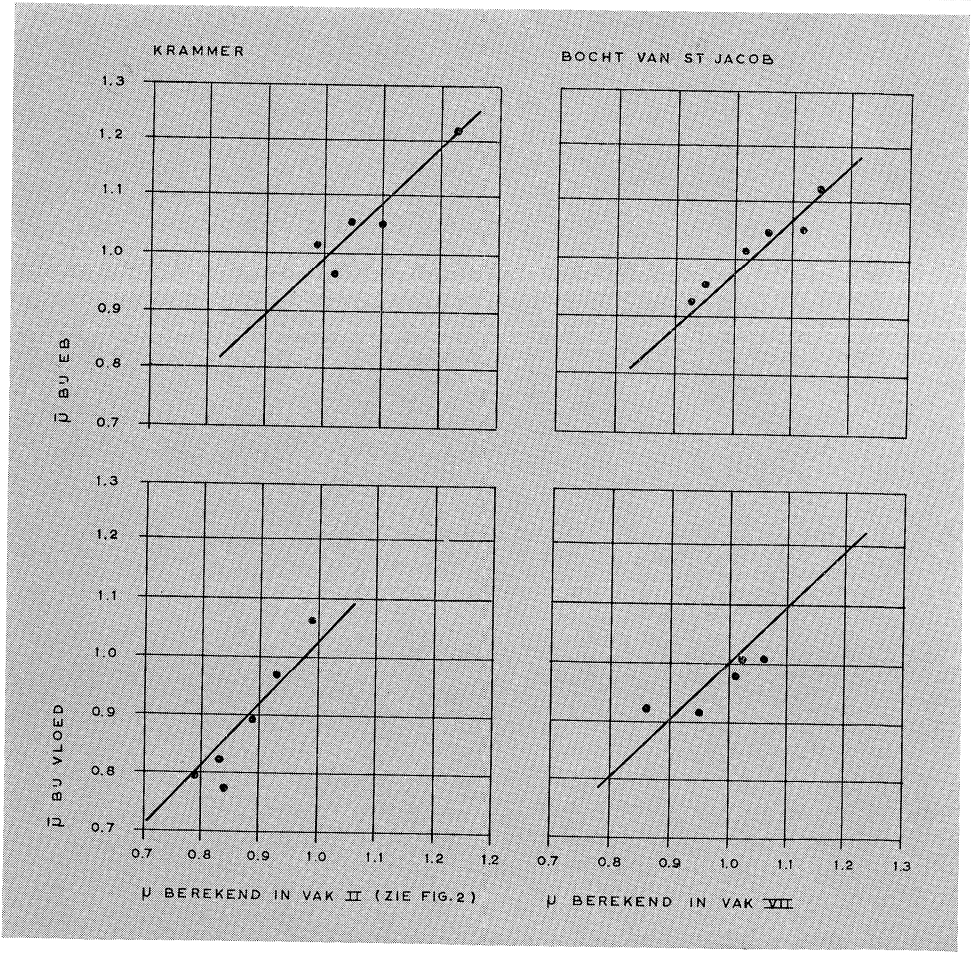
3e. De gemiddelde waterhoogte boven de drempel werd afgeleid uit de waarnemingen van de peilschalen ter weerszijde van het sluitgat, te weten GR I, GR II, GR III en GR IV.

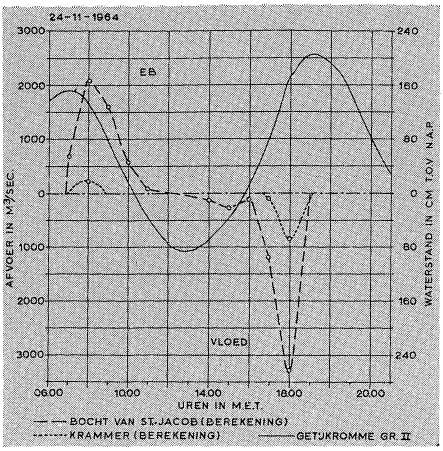
4e. Bij de hydraulische berekeningen beschouwde men de stroming als gaande over een onvolkomen overlaat, hetgeen door de geometrie van een raai dwars op de dam gedurende de maanden september en oktober volkomen gerechtvaardigd werd. Waar hier en daar hoge stortpieken waren en er dus tijdelijk sprake van een volkomen overlaat zou kunnen zijn geweest, werden de desbetreffende afvoeren toch verwaarloosd volgens het gestelde in 2e.

In alle deelvakken werd dus ieder uur het produkt van gemiddelde snelheid, diepte en breedte berekend, hetgeen de afvoer van zo'n vak op een bepaald moment opleverde. Door sommatie werd zodoende de totale afvoer Q, in m^3/sec, door het sluitgat gevonden. Dan werd met behulp van deze variabele waarden een afvoerkromme opgemaakt. Met behulp van een planimeter werd uit zulk een kromme dan het totale eb- en vloedvolume berekend. Deze berekening werd voor alle uitgebreide metingen uitgevoerd.
Zoals eerder vermeld werd, is bij deze metingen ook het verval geregistreerd en is daarvan uitgaande met gebruikmaking van de kennis van een simultaan optredende stroomsnelheid boven de drempel de waarde van de afvoercoëfficient μ bepaald; wij herinneren hierbij aan de formule $v = \mu\sqrt{2gz}$. Deze waarden μ verschillen van vak tot vak en veranderen eveneens met de tijd in de loop van het getij. De berekening van μ werd telkens verricht bij maximumsnelheid en maximaal verval.
Hierbij moet zijdelings opgemerkt worden dat vaak enig verschil in tijd voorkwam tussen deze maxima in verband met het feit dat de peilschalen op enige afstand stroomopwaarts en -afwaarts van de drempel stonden. Daardoor traden vooral bij de kentering wel eens

De betrekking tussen de afvoercoëfficient μ in de deelvakken II en VII en de algemene waarde $\bar{\mu}$ voor het gehele sluitgat







Afvoeren door het noordelijk sluitgat op 24 november 1964

traagheidseffecten op. Deze verschillen bedroegen hoogstens 10 minuten. Die fluctuaties zijn echter bij de berekeningen verwaarloosd.

Zowel bij vloed als bij eb traden 2 maximale vervallen op. Bij vloed ± 1½ uur na L.W. en ± 1 uur voor H.W.; bij eb ± 1½ uur na H.W. en ± 1 uur voor L.W. Voor de Bocht van St.-Jacob werd het maximumverval bepaald uit de getijlijnen GR I en GR II en voor de Krammer werd hetzelfde gedaan uit de getijlijnen GR III en GR IV. Voorts werden de berekende afvoercoëfficienten van ieder meetpunt in de vakken als functie van zijn plaats op de drempel grafisch uitgezet. Dit werd gedaan voor ieder tijdstip waarop een meting werd verricht.

In de Krammer zijn ten tijde van L.W. zeer lage μ-waarden waargenomen, namelijk gemiddeld $\mu = 0{,}65$. Deze zijn toe te schrijven geweest aan onregelmatige stromingen.

Met behulp van de bedoelde diagrammen werd een gemiddelde, voor het gehele sluitgat geldende waarde bepaald, die – alweer volgens gewoonte – wordt aangegeven met $\overline{\mu}$.

Nu werd het rekenprocédé omgekeerd en met behulp van deze gemiddelde afvoercoëfficient $\overline{\mu}$, uit de vervallen tussen de getijlijnen (GR I GR II en GR III GR IV) voor de Bocht van St.-Jacob en de Krammer de snelheden berekend. En daaruit weer kon men op de reeds bekende wijze door vermenigvuldiging met het bijbehorende stroomprofiel en door middel van planimetrering en optelling het totale eb- respectievelijk vloedvolume opmaken.

De volgens beide methoden bepaalde volumina zijn daarna vergeleken.

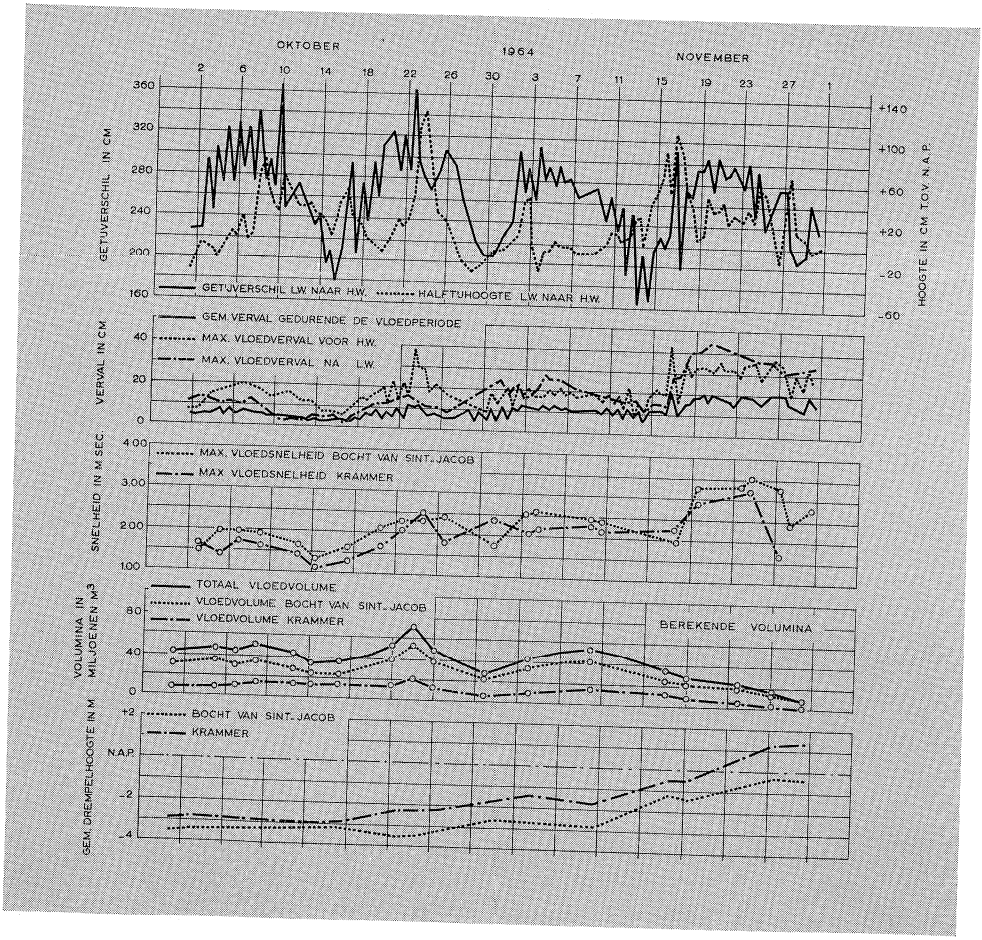
In detail blijken beide methoden nog wel verschillen op te leveren maar de uiteindelijke totale vloed- en ebvolumina stemmen voldoende met elkaar overeen om het gebruik ervan als toelaatbaar te beschouwen. Over het algemeen geven de berekende afvoerkrommen hogere waarden dan die van de meer exacte gemetene van de uitgebreide meetcampagnes. De berekende volumina voor de Bocht van St.-Jacob zowel als voor de Krammer liggen wat de vloed betreft 7% en voor de eb 10% hoger dan de gemetene. Dit is te verklaren uit het feit dat de gemiddelde coëfficienten $\overline{\mu}$ werden afgeleid uit stromingen ten tijde van maximumsnelheden. Bij lagere waterstanden en snelheden zijn deze coëfficienten ook veel lager, zodat door het gebruik van de gemiddelde waarde $\overline{\mu}$ een fout werd ingevoerd die te hoge waarden opleverde.

Het grote voordeel van deze proefberekeningen was dat men voortaan, in de periodes dat geen uitgebreide directe metingen meer mogelijk waren, volgens deze rekenmethode

de vloed- en ebhoeveelheden kon becijferen mits de bovenvermelde percentages in mindering werden gebracht.
Er zijn op de dagen van de uitgebreide metingen, toen boven de drempel alleen nog maar met vlotten snelheidsmetingen konden worden uitgevoerd, pogingen in het werk gesteld om in de vakken II en VII het verband te bepalen tussen de μ-waarde van het betreffende vak en de $\overline{\mu}$-waarde van het gehele sluitgat. Uit de grafieken blijkt dat zowel voor de Bocht van St.-Jacob als voor de Krammer en zowel voor vloed als voor eb dit verband zonder in grove fouten te vervallen door een rechte lijn kan worden voorgesteld.
Van dit empirisch gebleken lineaire verband is daarna gebruik gemaakt om gedurende de latere periode, waarin geen uitgebreide simultane metingen meer mogelijk waren, door snelheidsmeting met een vlot in vak II en VII een waarde $\overline{\mu}$ voor het totale sluitgat af te

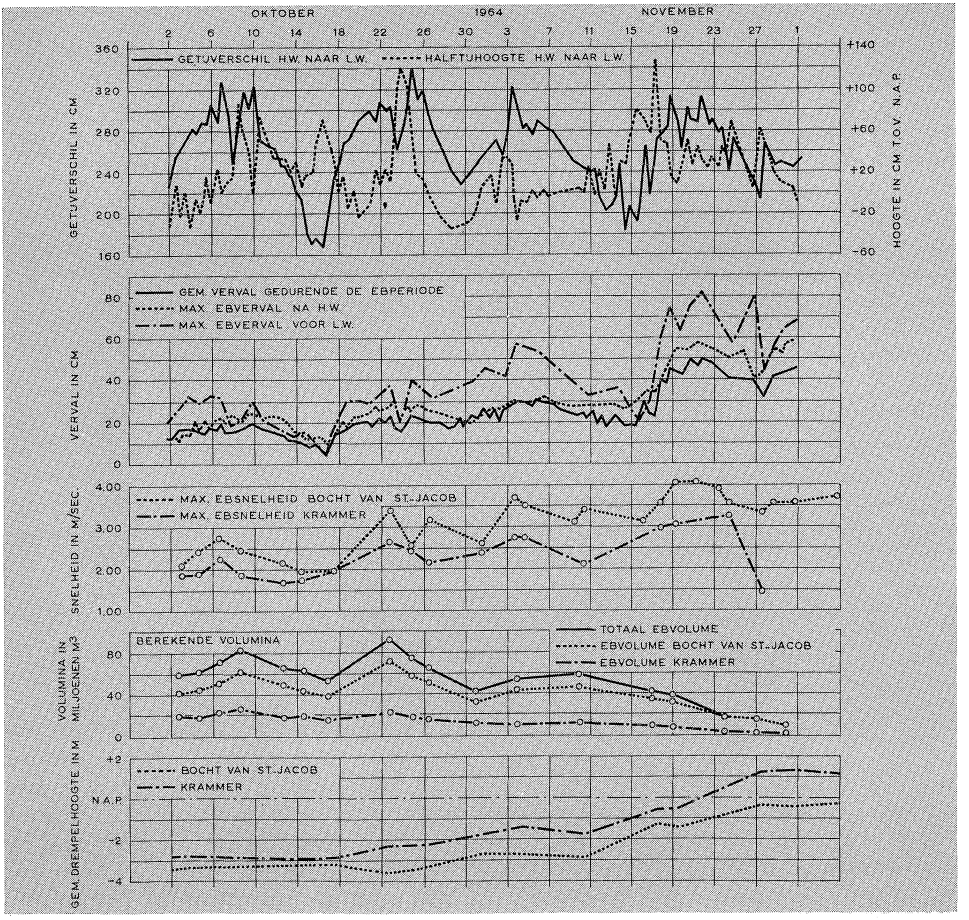
De geschiedenis van de damopstorting, zoals die valt op te maken uit meetresultaten en berekeningen; verloop van getijverschillen, halftijstanden, vervallen, stroomsnelheden, volumina en drempelhoogte.

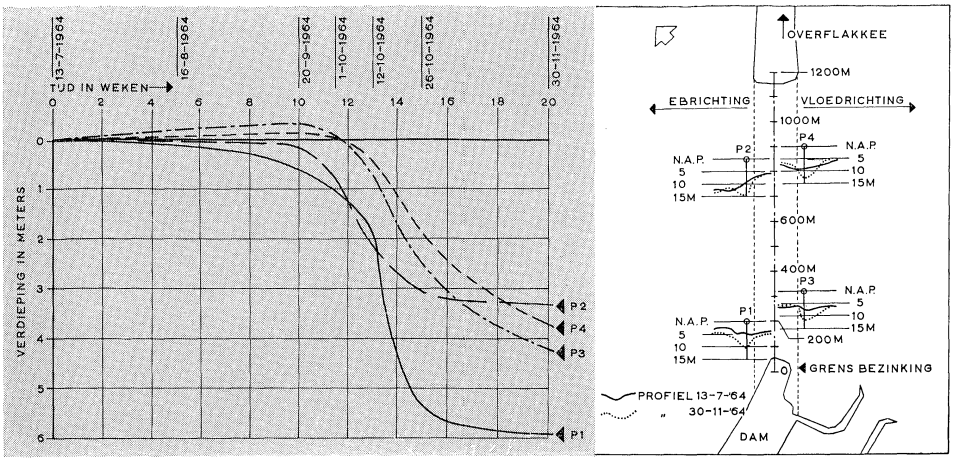
Metingen en berekeningen bij vloed



leiden. Uitgaande van het verval tussen de peilschalen worden dan berekeningen verricht als boven beschreven, waarna op de uitkomsten reducties van 7% en 10% voor vloed- en ebvolumina worden toegepast.
Er zij hier nadrukkelijk op gewezen dat deze metingen en berekeningen alléén plaats vonden en van toepassing waren zolang de drempel nog laag genoeg was om hem als een onvolkomen overlaat te beschouwen.
Bij het rijzen van de damkruin komt er een ogenblik waarop de drempel als volkomen overlaat gaat werken. Dit doet zich voor als de waterdiepten boven de kruinlijn boven- en benedenstrooms van de drempel zich verhouden als 3 : 2. Deze toestand is de grens tussen een onvolkomen en een volkomen overlaat. Het is onder deze omstandigheden dat de overlaat een maximumdebiet afvoert. Zakt bij handhaving van het peil bovenstrooms de

Metingen en berekeningen bij eb





waterspiegel aan de benedenstroomse zijde dan heeft dit toch geen vergroting van de afvoer ten gevolge. Stijgt het benedenpeil boven de kritische diepte dan verloopt de stroming weer volgens de wetten van een onvolkomen overlaat.

De hydraulica leert dat de onveranderlijke stroomsnelheid over een volkomen overlaat wordt berekend uit de wortel van het produkt van een derde deel van de waterdiepte boven de kruin bovenstrooms en het tweevoud van de versnelling van de zwaartekracht; in symbolen uitgedrukt uit $\sqrt{2g^{1/3}h}$. Ook aan deze term dient gelijk in het geval van een onvolkomen overlaat een correctiefactor toegevoegd te worden, die eveneens afvoercoëfficient genoemd wordt en door μ wordt voorgesteld, zij het dan ook dat deze coëfficient een andere waarde heeft. De formule van een stroomsnelheid bij volkomen overlaat is dus $v = \mu\sqrt{2g^{1/3}h}$.

Na half november vorderde het werk snel en kwam de kruin al spoedig grotendeels boven NAP – 1 m te liggen. Vanaf dit ogenblik was bij elk getij de formule van de volkomen overlaat gedurende zekere gedeelten van de eb van toepassing. Ofschoon het meetvlot nog tot 8 december heeft dienst gedaan was het voor metingen op plaasten waar de volkomen overlaat optrad niet meer te bruiken, en zo is het eigenlijk nooit mogelijk geweest de stroomsnelheden boven de volkomen overlaat precies te meten. De desbetreffende afvoeren zijn berekend door aflezing van de peilen bij GR II en GR III en door toepassing van de formule onder invoering van een afvoercoëfficient $\mu = 1$. Waarschijnlijk heeft deze waarde iets hoger gelegen.

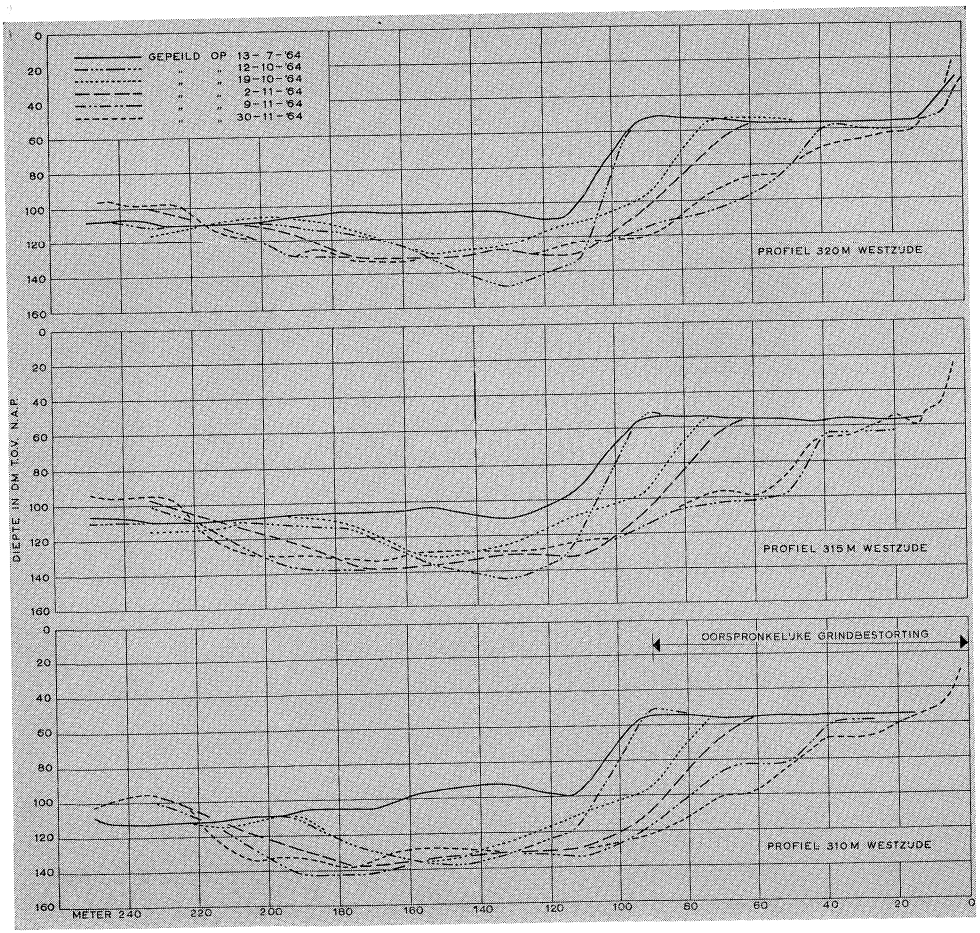
Uit de grafieken valt duidelijk af te lezen dat in de beginperiode, tot ongeveer 17 oktober, zolang het stortwerk niet bijzonder vorderde, de volumina tussen springtij en doodtij varieerden volgens het gewone patroon. Hetzelfde was het geval met de halftijstand.

Na 18 oktober ging het storten sneller. De volumina namen oorspronkelijk uiteraard wat af; toch werden op 24 oktober de grootste volumina gemeten die ooit zijn voorgekomen, namelijk 70 miljoen m³ gedurende de vloedperiode en 90 miljoen m³ voor de daaropvolgende ebfase. De oorzaak hiervan was waarschijnlijk een bijzonder hoge halftijstand van N.A.P. + 1,2 m, die veroorzaakt werd door een noordwestelijke wind, kracht 8, die die dag het water opzette.

Op 11 november bereikte de damkruin grotendeels bijna het peil van N.A.P. – 1 m en won verder snel aan hoogte. We zien daarna de volumina gestadig afnemen.

Verdiepingen in enkele punten aan weerszijden van de dam

Ontgrondingen op de Krammerplaat aan de westzijde van de dam



Ontgrondingsmetingen

Het was van het grootste belang de ontgrondingen op de voet te volgen. Bovendien is de gelegenheid aangegrepen om verband te zoeken tussen deze ontgrondingen en de stroomsnelheden en debieten. De punten P_1 tot en met P_4, die ter weerszijden van de dam juist buiten de bezinking lagen, werden het meest aangetast. De verdiepingen van deze punten zijn op een der grafieken in functie van de tijd uitgezet. Duidelijk blijkt hieruit dat de verdiepingen in deze punten zich pas begin oktober begonnen te ontwikkelen en geleidelijk aan in betekenis toenamen, in het bijzonder in de periode van 12 tot 22 oktober. Een en ander heeft waarschijnlijk zijn oorzaak gehad in het feit dat in de periode tussen 3 en 17 oktober de dam op de Krammerplaat tot boven hoogwater werd opgestort, hetgeen bij eb in het bijzonder in de Krammer aanleiding heeft gegeven tot verhoogde intensiteit van wervelstraten.
In deze periode waren de snelheden en volumina niet hoger dan in voorafgaande, terwijl onmiddellijk na deze periode, toen de snelheden en volumina wel belangrijk groter waren, de verdiepingen bleven toenemen, zij het niet meer zo snel als aanvankelijk.

In het tijdvak tussen 3 okober en 3 november nam bij de punten P_1 en P_2 de diepte met respectievelijk 4,5 en 2,5 m toe, en bij de Punten P_3 en P_4 met 3 m en 2,5 m. De meest plotselinge achteruitgang in deze punten vond plaats omstreeks 14 oktober bij betrekkelijk geringe snelheden en volumina. Na 26 oktober kwamen bij de punten P_1 en P_2 aan de westzijde geen verdere noemenswaardige verdiepingen meer voor. Wel nam de diepte van de punten P_3 en P_4 aan de oostzijde onder invloed van de vloedstromingen nog steeds toe. Er moet hierbij opgemerkt worden dat uit proefboringen is gebleken dat het zand daar ter plaatse heel weinig weerstand bood aan de conusvormige boorkop. Deze lage conuswaarde kan zeer wel op geringe dichtheid van dat zand wijzen, hetgeen enige verklaring geeft voor de doorgaande ontgrondingen.

Voorts is nog bijzondere aandacht besteed aan de ontgronding aan de westzijde van de dam op de Krammerplaat omdat zich in dat gebied moeilijkheden met de grindbezinking hebben voorgedaan. Dit blijkt uit een drietal dwarsprofielen, respectievelijk op 310 m, 315 m en 320 m uit het nulpunt dat zich op de kop bij het zuidelijke einde van het sluitgat bevindt. In het tijdvak van 13 juli tot en met 20 september zijn praktisch geen ontgrondingen voorgekomen. Tussen de 20ste september en de 12e oktober echter traden buiten de bezinking verdiepingen op, zoals hiervoren reeds ter sprake is gekomen. De rand van de bezinking, die 90 m uit de as van de dam ligt, bleef echter gedurende deze laatste periode onaangetast. Ernstiger werd het, toen in de periode van 12 tot en met 19 oktober de bezinking wel uitgespoeld werd ten spijt van het feit dat de ebvolumina niet groter waren dan voorheen en de ebsnelheden slechts weinig waren toegenomen. De oorzaak is waarschijnlijk te vinden in de omstandigheid dat een en ander samenviel met het laatste deel van de opstorting van de dam op de Krammerplaat, waardoor volgens de verwachting bij eb heftiger wervelstraten in de Krammer optraden.

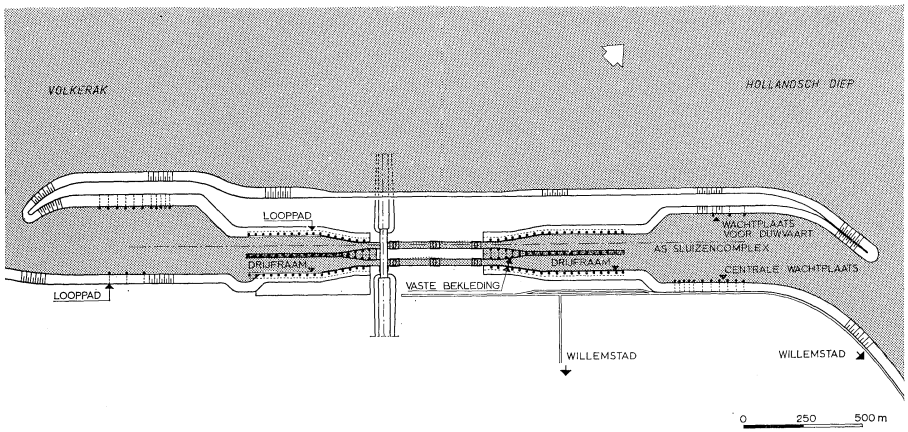
In de periode van 19 oktober tot en met 2 november nam de achteruitgang weliswaar af, doch ze bleef doorgaan. Het zij opgemerkt dat ondertussen de stroomsnelheden ten gevolge van de verhoging van de drempel in de Krammergeul waren toegenomen. Na 2 november werd de toestand weer ernstiger door sterkere toeneming van de stromen. Dit duurde tot 9 november. Nadien heeft men, om verdere aantasting te verhoeden, een zinkstuk aangebracht, dat in de periode tussen 9 en 30 november hier en daar zelfs aanleiding tot aanwas heeft gegeven.

Constructie van de geleidewerken en wachtplaatsen voor de Volkeraksluizen

In een vorig, meer algemeen artikel (Driemaandelijks Bericht nr. 31, februari 1965) over de vormgeving van de geleidewerken voor de Volkeraksluizen werd reeds uiteengezet dat bij de constructie ervan terdege rekening moest worden gehouden met de duwvaart, zonder dat echter de belangen van de conventionele scheepvaart daardoor in het gedrang kwamen. Bij het ontwerpen van de geleidewerken is er steeds van uitgegaan dat op dit moment wellicht nog niet alle eisen waaraan het geleidewerk zal moeten voldoen, bekend zijn. De praktijk immers kan uitwijzen dat de aan de hand van modelproeven vastgestelde vorm nog correctie behoeft. Men moet de geleidewerken daarom zo bouwen dat ze op een eenvoudige en snelle manier kunnen worden veranderd en aangepast. Gelukkig bleek dat het meest economische ontwerp ook het eenvoudigst gewijzigd kon worden, zodat uit de eis van de aanpasbaarheid geen grotere kosten voortvloeien.
Voor elke sluis afzonderlijk zal steeds opnieuw de meest economische vorm moeten worden bepaald, omdat de bepalende factoren: waterdiepte, waterstandsvariaties en bodemgesteldheid, van geval tot geval verschillen. Voor de Volkeraksluizen gelden de volgende gegevens:
De bodem van de voorhaven aan de Hollandsch-Diepzijde ligt op N.A.P. – 6 m, de bodem aan de Volkerakzijde op N.A.P. – 7 m. De ondergrond bestaat vanaf de bodemlijn tot ongeveer N.A.P. – 10 m in hoofdzaak uit klei- en veenlagen met weinig weerstand tegen vervorming in verticale en horizontale richting. Vanaf N.A.P. – 10 m benedenwaarts bestaat de grond uit zand met een grotere weerstand tegen vervormingen, hoewel de zandlaag van N.A.P. – 10 m tot N.A.P. – 12 m mogelijk een lossere pakking heeft met een iets kleinere hoek van inwendige wrijving.
Bij de grondmechanische berekeningen kan met voldoende veiligheid worden aangenomen dat vanaf N.A.P. – 10 m een goede zandlaag aanwezig is. De steundruk van het klei-veenpakket boven N.A.P. – 10 m werd bij de berekeningen verwaarloosd.

Krachten en energie van scheepsstoten

Indien een geleidewerk bestaat uit op zichzelf staande elementen op zekere afstand van elkaar, dan moet de energie die een dergelijk element opneemt bij een scheepsbotsing evenredig worden gesteld met het arbeidsvermogen van beweging ½ mv^2, waarbij m de massa en v de snelheid van het schip is. Indien men echter geen losse elementen plaatst,



maar daartussen een doorgaande geleiding aanbrengt, wordt de botsingsenergie over meer elementen verdeeld en wordt elk element afzonderlijk minder zwaar belast. Bovendien zal van een frontale botsing bij een doorgaand geleidewerk vrijwel nooit sprake zijn; ook dat beïnvloedt het totale krachtenspel gunstig. Voor de wachtplaatsen waar de schepen des nachts blijven liggen, of waaraan bij slecht weer of voor het doen van inkopen gemeerd wordt, is een doorlopende geleiding minder noodzakelijk, omdat de schepen hier met veel kleinere snelheden komen aanvaren.
Bij het ontwerp dient tevens in acht te worden genomen dat de geleidewerken vrijwel noord-zuid liggen en dus ongunstig ten opzichte van de overheersende westenwind. Door beplantingen of windschermen kan het ongunstig effect hiervan worden verminderd. In een afzonderlijk artikel in deze aflevering wordt behandeld welke maatregelen in dezen mogelijk zijn.
In ieder geval moeten de schepen kunnen afmeren zowel aan de wachtplaatsen als bij de geleidewerken. Bij ongunstige combinaties van trossen van duwvaartelementen moet met troskrachten van ongeveer 60 ton worden gerekend. Tenslotte moet de constructie zo worden ontworpen dat de botsingskrachten beperkt blijven, teneinde beschadiging van de schepen en van de constructie zelf te voorkomen. De constructie moet dus voldoende 'zacht' of wel veerkrachtig zijn.

Programma van eisen

Ten aanzien van de constructie der geleidewerken voor de Volkeraksluizen kan een elftal concrete eisen worden geformuleerd.

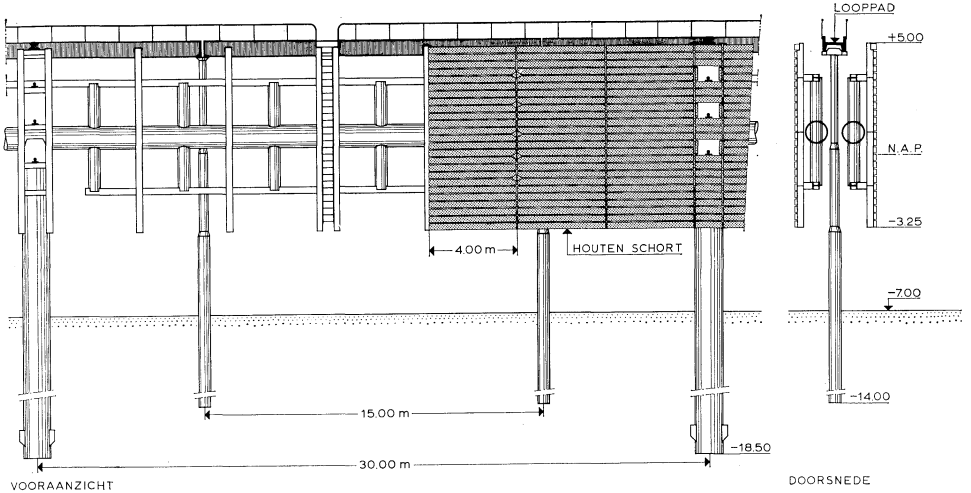
1. De constructie moet in staat zijn op ieder punt een energie op te nemen van 12 tonmeter zonder blijvende vormveranderingen te ondergaan. De spanningen moeten dan nog 15% van de vloeigrens verwijderd zijn. Deze energieopneming kan variëren tussen 60 ton bij 40 cm uitwijking en 150 ton bij 16 cm uitwijking, maar steeds onder voorwaarde dat ½ x kracht x weg = 12 tonmeter. Er behoeft slechts te worden gerekend op één stoot per 100 m op hetzelfde moment.

2. Aan de Volkerakzijde moet, in verband met mogelijke schommelingen in de waterstand, de kracht volgende uit deze energie, kunnen aangrijpen op elk punt tussen N.A.P. – 3,25 m en N.A.P. + 5 m; aan de Hollandsch-Diepzijde tussen N.A.P. – 1,75 m en N.A.P. + 3 m.

De geleidewerken en de wachtplaatsen voor het schutsluizencomplex in het Volkerak

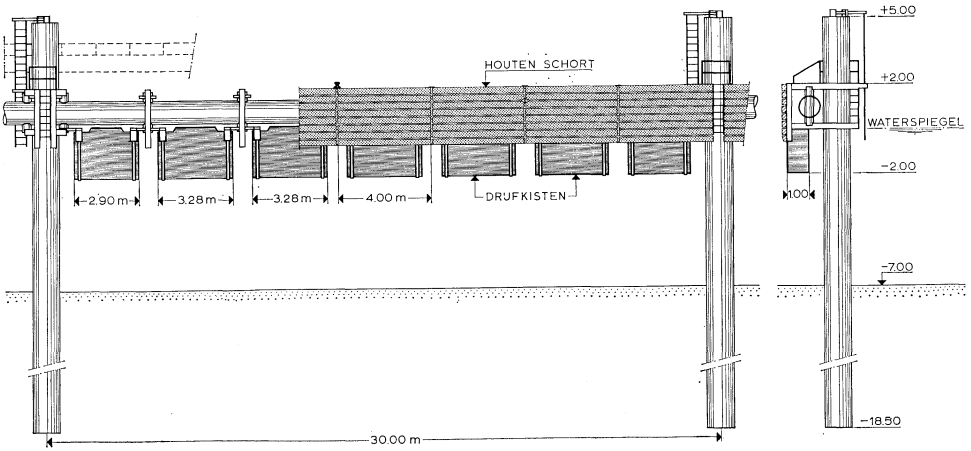
1 Vooraanzicht en doorsnede van de vaste constructie

2 Vooraanzicht en doorsnede van de drijvende constructie



1 VOORAANZICHT

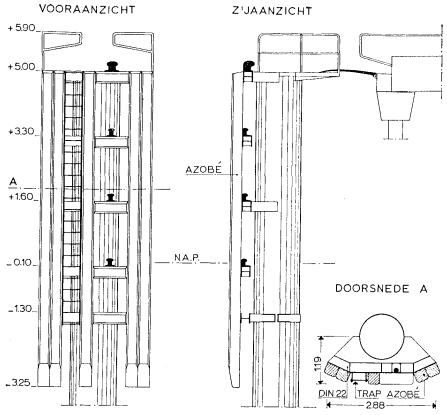
DOORSNEDE



2 VOORAANZICHT

DOORSNEDE

Dukdalf in de centrale wachtplaatsen



3. Bij drijfraamconstructies is voor duwconvooien een geleiding tot 2 m boven de waterspiegel gewenst, omdat de afgeschuinde kop van een leeg duwconvooi bij scheef aanvaren over de geleiding heen steekt. In het ontwerp is een afstand van 1 m loodrecht op de geleiding vrij van obstakels gehouden.

4. Aan de zuidzijde van de sluizen zal de peilschommeling na afsluiting van de Oosterschelde aanzienlijk verminderen. Hier dient een constructie te worden gekozen die eenvoudig aan de nieuwe omstandigheden kan worden aangepast.

5. De mogelijkheid tot verplaatsing bij uitbreiding van het complex of bij wijziging van de bestemming ervan moet nu reeds in het ontwerp worden opgenomen.

6. De constructie moet eenvoudig te onderhouden en gemakkelijk bereikbaar zijn.

7. De middenconstructie moet zo smal mogelijk worden uitgevoerd om zoveel mogelijk ruimte voor de schepen te houden. De totale breedte ervan mag niet groter zijn dan 3,5 m.

8. De kopconstructies voor de middengeleidewerken fungeren als bescherming. Zij moeten een twee maal zo grote energie kunnen opnemen.

9. Alle looppaden dienen bij elastische uitvoering van de geleidewerken los van de verende constructie te worden gebouwd, willen ze veilig begaanbaar zijn.

10. De bekledingen der geleidewerken en wachtplaatsen moeten gemakkelijk verwisselbaar zijn, zodat ze tijdens het gebruik vernieuwd kunnen worden zonder stremming van de scheepvaart.

11. De gehele constructie moet in den natte worden aangebracht.

Keuze van het ontwerp

Aan de hand van deze eisen zijn de verschillende mogelijke oplossingen met elkaar vergeleken en tegen elkaar afgewogen. Voor de Volkeraksluizen kwam men tot de volgende conclusies.
Voor zware duwvaarteenheden kan men goedkoper verende geleidewerken bouwen dan starre, vaste constructies.

Verende geleidewerken beperken de grootte van de stootkrachten en veroorzaken minder schadevaring aan geleidewerken en schepen dan starre constructies.
Gezien hun prijs, onderhoud, eenvoud en verplaatsbaarheid zijn verende constructies met Mannesmannbuizen economischer dan andere verende constructies. Mannesmannbuizen zijn ronde buizen waarvan dikte en kwaliteit variëren, afhankelijk van de optredende buigende en/of wringende momenten.

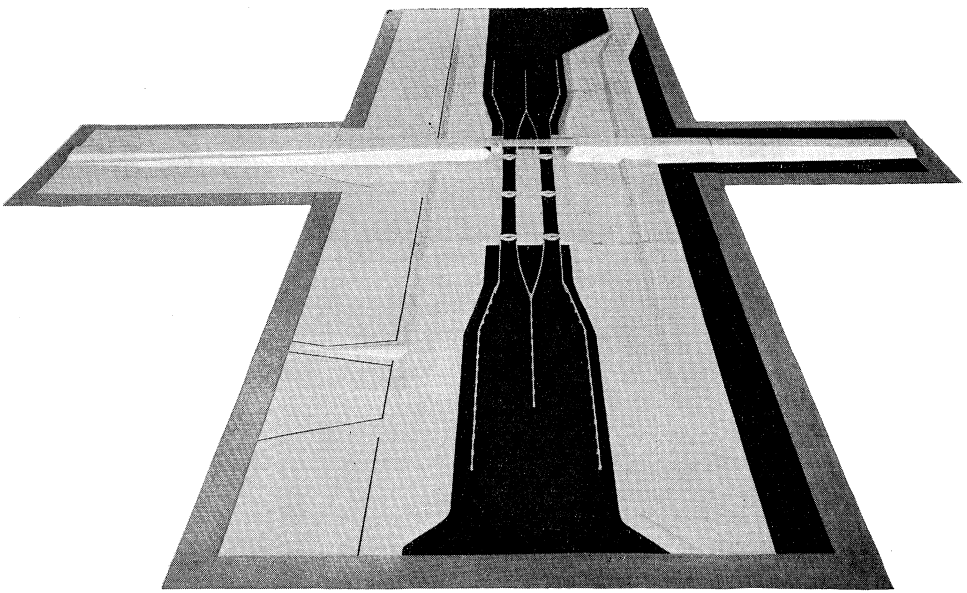
Beschrijving van de constructie

De geleidingen die aansluiten op de sluizen zullen worden uitgevoerd als een vaste constructie. De wachtplaatsen van de geleidingen tussen de beide sluizen worden eveneens vast, vanwege de geringe beschikbare constructiebreedte. De wachtplaatsen van de zijgeleidingen worden voorzien van drijframen. De constructie wordt opgebouwd uit segmenten van 30 meter. Een kostenvergelijking tussen secties van verschillende lengte wees namelijk uit, dat die lengte het voordeligst uitkomt. De vaste constructie zal bestaan uit een stelsel van stalen buizen, voorzien van hardhouten beschermingsschorten. De constructie van stalen buizen dient voor het opnemen van troskrachten en het opvangen van stoten der schepen. De hardhouten schorten vormen een bescherming zowel voor de constructie als voor de schepen, terwijl zij tevens een gesloten wand vormen voor de geleiding van de schepen. Om de 30 meter worden stalen buizen met een diameter van ruim een meter in de grond geheid. Deze buizen zijn in de lengterichting van variërende dikte en materiaalsoort, zulks in aanpassing aan het optredend momentenverloop. De buizen worden met zand gevuld. Op de buizen worden vervolgens 30 meter lange liggers gelast. De liggers zijn opgebouwd uit een stalen buis waardoorheen verticale naadloze buizen zijn gemonteerd. Op deze staanders wordt een raamwerk van DIN-profielen gemonteerd ter ophanging van de houten beschermingsschorten. De liggers worden op de constructiewerkplaats gemaakt en in secties van 30 meter op het werk aangevoerd.
De stalen constructie wordt op het werk voor het heien gestaalstraald, en daarna – ter bescherming tegen corrosie – voorzien van een laag epicote-teer.
De constructie van de drijvende geleiding is in principe dezelfde als die van de vaste. Hier wordt echter de doorgaande ligger niet op de buizen gelast maar er langs geleid. De ligger dient dan als wringvast drijfraam, terwijl drijflichamen zorgen voor het drijfvermogen. Deze drijflichamen bestaan uit styropor – een schuimplastic met gesloten cellen, waarin dus het water niet doordringt, en met soortelijk gewicht 0,03 – waarop hardboardplaten zijn gelijmd. Het geheel wordt beschermd door een met glasvezel gewapende polyesterlaag.
De ongeveer 4 meter brede beschermingsschorten bestaan uit een horizontale, gesloten azobé beplanking. De schorten kunnen gemakkelijk gedemonteerd worden en zijn onderling verwisselbaar.
In de centrale wachtplaatsen zal een aantal dukdalven worden geplaatst. Ze zullen bestaan uit in de grond geheide stalen buizen, voorzien van een hardhouten bekleding. Een gedeelte van de dukdalven krijgt een verbinding met de vaste wal.
In verband met de grote maximale uitbuiging der geleideconstructie worden de looppaden geheel los gehouden van de geleiding. Deze looppaden, gelegen achter de zijgeleiding en de terzijde gelegen wachtplaatsen en tussen de middengeleiding en de middelste wachtplaatsen, worden gefundeerd op paaljukken van voorgespannen beton, voorzien van een deksloof. Op de sloof worden dan de H-vormige, gewapendbetonnen looppaden geplaatst. Zij worden in lengten van 15 meter kant en klaar op het werk aangevoerd. Door middel van bordessen zal om de 30 meter een aansluiting tot stand worden gebracht op de ladders in de geleiding. De looppaden zullen alleen vanaf het sluisterrein bereikbaar zijn.

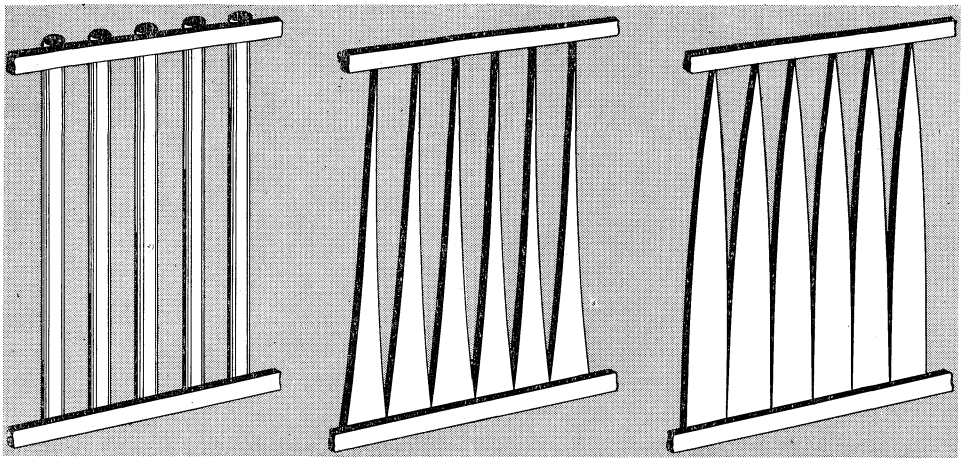
Het onderzoek naar de maatregelen ter vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen

Dwarswind verplaatst een varend schip zijwaarts. De grootte van de winddruk is evenredig met het door de wind getroffen oppervlak en met het kwadraat van de windsnelheid. Ook de vorm van het schip speelt hierin een rol.
De schipper corrigeert de zijdelingse verplaatsing van het schip met het roer. Om de gewenste koers te behouden wordt de boeg van het schip schuin tegen de wind ingedraaid; de lengte-as van het schip maakt dan een hoek met de vaarrichting.
De grootte van deze hoek is afhankelijk van de ligging van het stuwpunt van de winddruk t.o.v. het zwaartepunt van de tegendruk die het water op de natte langsdoorsnede van het schip uitoefent bij zijdelingse verplaatsing. Om de juiste koers te kunnen handhaven mag de snelheid van het schip ten opzichte van het water niet te gering zijn, daar anders onvoldoende druk op het roer wordt uitgeoefend.
Op brede, ruime waterwegen zal het meestal wel mogelijk zijn hinderlijke harde zijwind op te vangen. Op smalle waterwegen echter, en ook bij het passeren van schutsluizen kunnen zich moeilijkheden voordoen. Bij het invaren van een schutkolk zal de snelheid van een schip niet groot zijn en de ruimte om te manoeuvreren beperkt. Vooral voor onbeladen duwconvooien, die hoog op het water liggen, wordt het invaren van een schutkolk bij harde zijwind een moeilijke opgave. Het moet niet uitgesloten worden geacht dat een duwconvooi bij scheve invaart volledig klem loopt.
Het zal duidelijk zijn, dat het verminderen van de windinvloed door het aanbrengen van boombeplantingen of van kunstmatige windschermen het invaren aanzienlijk vergemakkelijkt en de kans op schadevaring beperkt.
Om het effect van kunstmatige windschermen of boombeplantingen bij de Volkeraksluizen na te gaan, werd in een windtunnel van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart-Laboratorium dienaangaande een nader onderzoek ingesteld.
Voor dit doel werden door de Rijkswaterstaat twee modellen vervaardigd. Het eerste model, schaal 1 : 500, geeft de gehele situatie in de onmiddellijke omgeving van de beide schutsluizen weer. In het model bevinden zich aan beide oevers open geleidewerken, terwijl het middelste geleidewerk als een dichte constructie is uitgevoerd, die aan de Hollandsch-Diepzijde tot N.A.P. + 3 m en aan de Volkerakzijde tot N.A.P. + 5 m reikt.
De totale breedte ter plaatse van de invaarkanalen bedraagt op N.A.P.-hoogte ca 200 m. Het terrein aan weerszijden van deze invaarkanalen kan met bomen worden beplant.
In dit model werd de algemene luchtbeweging onderzocht met behulp van windvaantjes.

Daar het te klein was om metingen met windschermen uit te voeren, werd een tweede model gebouwd dat slechts een gedeelte van de invaarkanalen met de geleidewerken weergeeft. De schaal is 1 : 100.
Bij het onderzoek werd allereerst nagegaan, welke invloed een boombeplanting op de luchtstroom boven de invaarkanalen heeft en in hoeverre de winddruk er mee kan worden verminderd. Het was moeilijk voor dit gedeelte van het onderzoek een 'modelboom' te maken die de doorlatendheid en de weerstand van een bepaalde boomsoort op schaal weergeeft. Door takjes aan te brengen die op schaal enige gelijkenis met populieren vertoonden, kon men metingen uitvoeren.
Uit het onderzoek bleek, dat één enkele bomenrij met een ondergroeiing een beter resultaat geeft dan een paar rijen bomen achter elkaar. De breedte van het afgeschermde gebied bedraagt ongeveer zeven maal de boomhoogte, hetgeen niet voldoende is om de volle breedte van de invaarkanalen af te schermen.
Onderzoekingen in het buitenland hadden reeds uitgewezen, dat een dichte beplanting geen goede afscherming geeft. Achter het scherm ontstaan dan namelijk bij de grond turbulente luchtstromingen, waarin snelheden voorkomen die vrijwel gelijk zijn aan die van de ongehinderde wind. Een nadeel van een natuurlijk windscherm is daarenboven, dat de doorlatendheid van bomen wisselt met de seizoenen.



Model van het Volkeraksluizencomplex



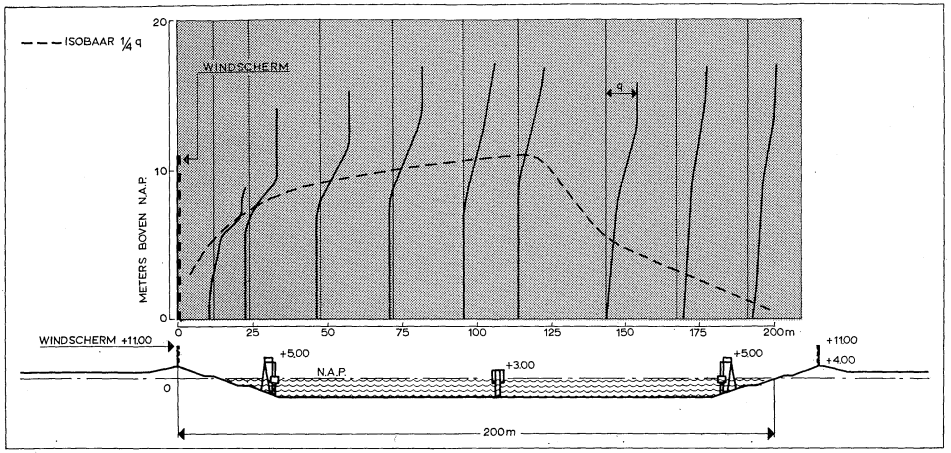
Schetsen van beproefde windschermen

1 Winddrukverdeling achter de windschermen aan de Hollandsch-Diepzijde van de sluizen. q is de ongestoorde winddruk. De isobaar begrenst het gebied waarbinnen de winddruk tot 1/4 van zijn oorspronkelijke waarde is teruggebracht

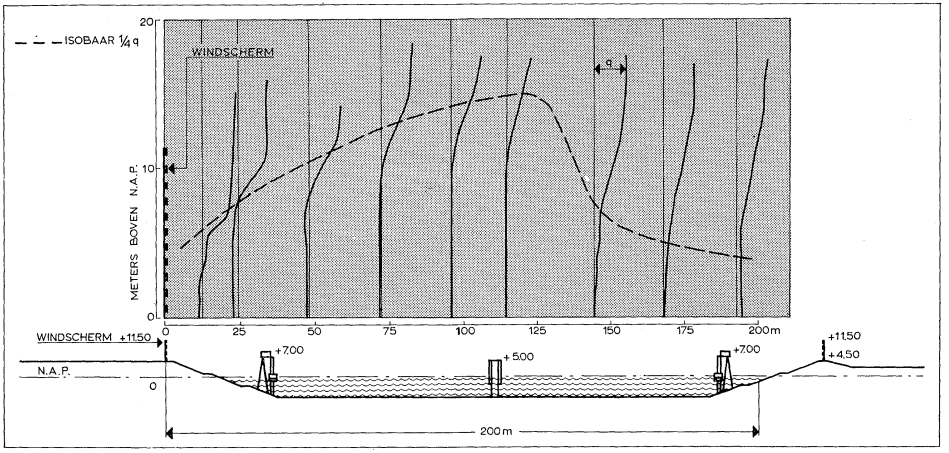
2-3 Winddrukverdeling achter de windschermen aan de Volkerakzijde van de sluizen. De waterstanden in het kanaal beïnvloeden de winddrukverdeling

Het onderzoek omvatte ook enige proeven met kunstmatige windschermen. Uit de literatuur was bekend dat de beste resultaten worden bereikt met half-doorlatende schermen. Eigen onderzoek bevestigde dit. Deze conclusie stemt dus in beginsel overeen met het gevonden resultaat bij de natuurlijke windschermen.
Onderzocht werden drie verschillende typen windschermen.
Een windscherm met verticale ronde spijlen op onderlinge afstanden gelijk aan de spijldiameter.
Een windscherm bestaande uit verticale beplanking, waarbij de afstand tussen de planken toeneemt met de hoogte.
Een windscherm bestaande uit horizontale beplanking, waarbij de afstand tussen de planken gelijk is aan de plankbreedte.
Bij een windrichting loodrecht op het scherm zijn de resultaten van de verschillende typen vrijwel gelijk. Bij schuine aanstroming – nagebootst door het model in de windtunnel te draaien – wordt bij ieder type de breedte van de strook waarin de winddruk voldoende wordt gereduceerd, geringer. De windhinder voor de scheepvaart is echter bij

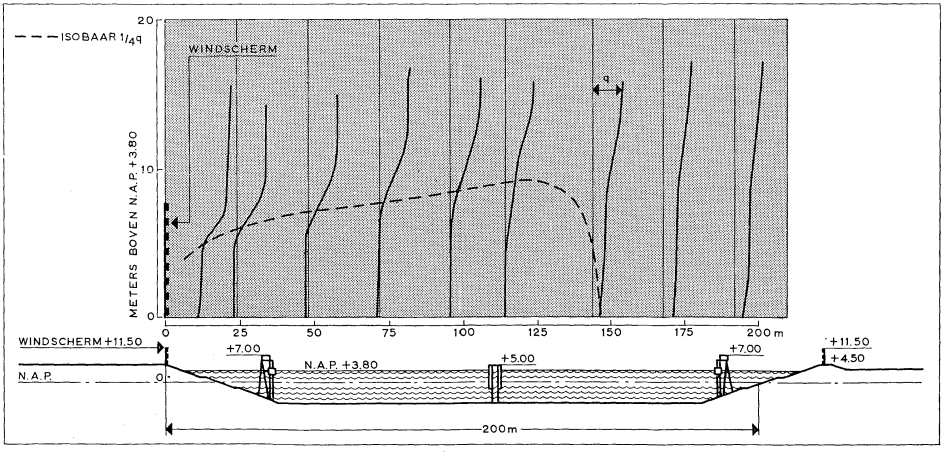
1


ISOBAAR 1/4 q
WINDSCHERM
q
METERS BOVEN N.A.P.
0
10
20
0
25
50
75
100
125
150
175
200m
WINDSCHERM +11.00
+5.00
N.A.P.
+3.00
+5.00
+11.00
+4.00
0
200m

2


ISOBAAR 1/4 q
WINDSCHERM
q
METERS BOVEN N.A.P.
0
10
20
0
25
50
75
100
125
150
175
200m
WINDSCHERM +11.50
+7.00
+5.00
+7.00
+11.50
+4.50
N.A.P.
0
200m

3


ISOBAAR 1/4 q
WINDSCHERM
q
METERS BOVEN N.A.P.+3.80
0
10
20
0
25
50
75
100
125
150
175
200 m
WINDSCHERM +11.50
+7.00
N.A.P. +3.80
+5.00
+7.00
+11.50
+4.50
N.A.P.
0
200m

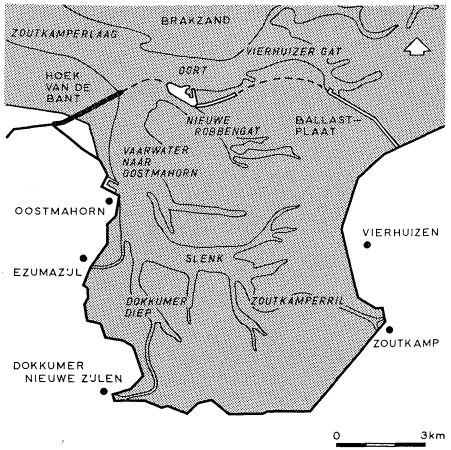
schuine aanstroming ook geringer. Het bleek, dat het type met horizontale beplanking bij schuine aanstroming betere resultaten geeft dan de andere typen. De doorlatendheid ervan blijft bij schuine aanstroming dezelfde, terwijl het windafschermend effect van verticale stijlen bij schuin invallende wind minder gunstig wordt.
Bij een schermhoogte van ca. N.A.P. + 11 m aan de Hollandsch-Diepzijde en van ca. N.A.P. + 11,5 m aan de Volkerakzijde kan met een horizontale beplanking onder normale getijomstandigheden voldoende reductie van de windsnelheden over de gehele kanaalbreedte worden verkregen. Aan de Volkerakzijde is het resultaat dan nog iets beter dan aan de Hollandsch-Diepzijde, daar het middelste geleidewerk aan de Volkerakzijde 2 m hoger is. Bij hogere waterstanden vermindert het effect van het windscherm. In deze gevallen, waarbij het Volkerak meestal wordt getroffen door een harde zijwind uit N.W.-richting, wordt de gehele kanaalbreedte bij een schermhoogte van N.A.P. + 11,5 m niet meer volledig afgeschermd. Na de afsluiting van het Volkerak en vóór de afdamming van de Oosterschelde worden de hoogwaterstanden ten zuiden van de Volkerakdam aanzienlijk verhoogd. Het grenspeil, dat nu een waarde van N.A.P. + 3 m heeft, zal dan verhoogd worden tot N.A.P. + 3,8 m. Voor deze veelvuldig voorkomende waterstand werd met een scherm ter hoogte van N.A.P. + 11,5 m een onderzoek verricht.
Na afsluiting van het Haringvliet worden op het Hollandsch Diep niet meer veelvuldig hoge waterstanden verwacht. Het peil van N.A.P. + 3 m heeft daar dan een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 10^{-4}.
Vermoedelijk zullen dus de windschermen aan de Volkerakzijde hoger gemaakt moeten worden dan de voorlopig aangehouden waarde van N.A.P. + 11,5 m.
Het is ook denkbaar dat men aan de windhinder zal trachten te ontkomen door aan de scheepvaart ter plaatse bepaalde regels op te leggen. Zo zou men lege duwvaartboten onder moeilijke omstandigheden via de best afgeschermde sluishoek kunnen schutten. Een beslissing dienaangaande is echter nog niet genomen.
Het in dit artikel besproken onderzoek is nog niet afgesloten. Onder meer zal nog onderzocht worden of bij horizontale beplanking, waarbij de afstand tussen de planken met de hoogte toeneemt, nog een beter resultaat kan worden verkregen.
Voordat een definitieve keuze uit de verschillende oplossingen gedaan kan worden, moeten de resultaten van het verdere onderzoek worden afgewacht. Overwegingen van landschapsarchitectuur zullen daarbij zeker niet buiten beschouwing worden gelaten.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Aanleg van het dijkgedeelte onder de Friese kust

Van de dijk ter afsluiting van de Lauwerszee kwamen in de afgelopen jaren het werkeiland met een aangrenzend dijkvak van 1,5 km oostwaarts en een dijkvak van 3,5 km aan de Groninger kust gereed. Daartussen bevindt zich nog een opening van 3,5 km breedte. Aanleg van een dam in dit gat zal de doorstroming van de Ballastplaat naar het Oort en het Vierhuizergat blokkeren, en de stroming door het Nieuwe Robbengat, ten zuiden van het werkeiland, vergroten. Teneinde het werken in de omgeving van het sluitgat naar vermogen te vergemakkelijken heeft men besloten de 3,5 km brede opening in een zo laat mogelijk stadium van de afsluitingswerken te dichten, zodat de versterkte stroming door het Nieuwe Robbengat slechts over een korte periode zal optreden.
Aan de Friese zijde van het Vaarwater naar Oostmahorn – de hoek van de Bant – zijn tot dusver geen werken uitgevoerd. Dit uitstel werd gemotiveerd door de mening, dat aanleg van werken op de Hoek van de Bant grote invloed zou uitoefenen op het stroombeeld daar ter plaatse en in het aangrenzende sluitgat. Uitvoerige metingen en berekeningen echter hebben uitgewezen dat de overtrek van water uit de Lauwerszee via de Hoek van de Bant naar de Zoutkamperlaag zoveel geringer is dan werd vermoed, dat dijkwerken hier geen bijzondere moeilijkheden zullen ontmoeten en ook geen ingrijpende gevolgen zullen hebben voor het stroombeeld in het sluitgat.
Bij de Lauwerszeewerken is tot dusverre gebruik gemaakt van hulpeilanden die aan voor het baggermaterieel bevaarbare geulen zijn gelegen. Het voornaamste steunpunt bij de aanleg van de werken is wel het werkeiland aan het Oort, waarop ook het werkkamp 'Lauwersoog' ligt. De losplaats aan het Vierhuizergat is eigenlijk niet anders dan een dijkvak ter lengte van bijna 500 meter dat nog niet onder definitief profiel is gebracht en in vlakke toestand goede diensten doet als haventerrein. Toen deze losplaats in 1963 was aangelegd kon men in het daaraanvolgend jaar met gebruikmaking van alle faciliteiten die het eiland bood, zeer snel het dijkvak aanleggen dat aansluit op de Groninger kust. Dat de dijkbouw hier voorspoedig verliep is te danken aan het gunstige zomerweer en aan de grote capaciteit van het door de aannemer gebezigde materieel.
Dit jaar wordt een dijkvak aangelegd dat aansluit op de Friese kust. Ook hier denkt men uit te gaan van een zeewaarts van de dijk gelegen steunpunt, in dit geval een losplaats op de Hoek van de Bant.
De voornaamste redenen voor deze keuze zijn, dat de materialen zand en bekledingsklei nabij of in de Lauwerszee zullen worden gewonnen en dus over het water moeten worden

1



1 Situatie van de dijk ter afsluiting van de Lauwerszee

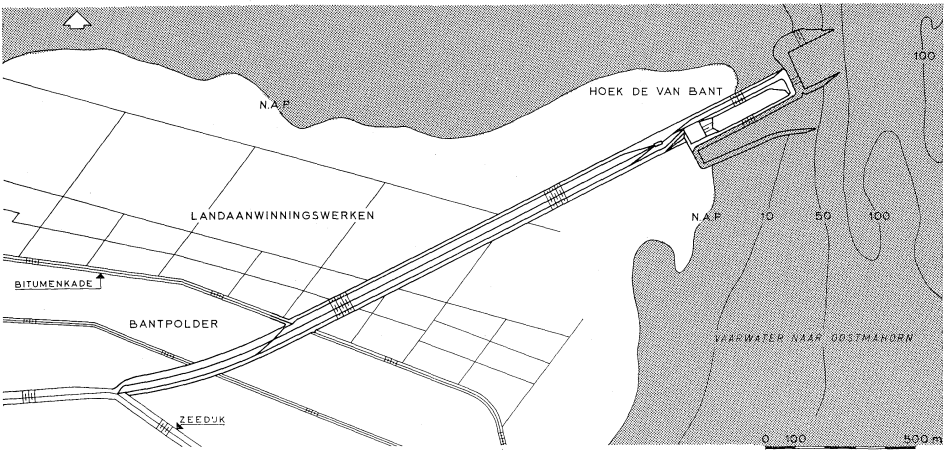
2 Het dijkgedeelte aan de Friese kust

aangevoerd. Het zand zal dan verder door een pijpleiding worden geperst; de klei zal op het werkeiland worden gelost en verder per as langs de dijk in aanbouw worden vervoerd. De hiervoor benodigde werkweg kan later als onderhoudsweg in gebruik blijven. Vooral economische en organisatorische overwegingen hebben er dus toe geleid dat de voorkeur werd gegeven aan dijkbouw vanuit zee boven aanleg vanaf de landzijde.

Aanvankelijk is nog overwogen, de losplaats op de Hoek van de Bant een jaar eerder te bouwen dan het erop aansluitende dijkvak. Dit betekent echter dat met het eiland zou moeten worden overwinterd, en dat terwijl het, in tegenstelling tot de losplaats aan het Vierhuizergat, vrij sterk blootstaat aan golfslag. Om de kosten die de nodige voorzieningen tegen golfaanval en uitschuring zouden meebrengen uit te sparen is besloten de losplaats en het dijkvak toch maar binnen één werkseizoen te maken, hoewel dat uitvoeringstechnisch hoge eisen stelt. Voor de derde en laatste maal wordt er dus dit jaar een dijkvak vanuit een in zee gelegen steunpunt aangelegd. De verdere werken zullen alle aansluiten op reeds bestaande dijkvakken. Het oostelijk uiteinde van het dijkgedeelte aan de Friese kust vormt tevens de westelijke begrenzing van het sluitgat. De plaats hiervan is bepaald na proefnemingen in het Waterloopkundig Laboratorium De Voorst. Bij die proeven bleek dat een meer oostelijke ligging van de damkop een sterkere contractie van de stroom in het vaarwater naar Oostmahorn zou veroorzaken, die ongetwijfeld tot grote uitschuring zou leiden. Zo'n sterk kopeffect moet vooral vermeden worden omdat het sluitgat nog enkele jaren moet overwinteren alvorens het voorgoed kan worden geblokkeerd. Anderzijds moet het westelijk landhoofd van het sluitgat reeds vroeg worden aangelegd, wil men in 1966 de drempel voor het sluitgat kunnen maken. Om een goede, rustige haven langs de losplaats te verkrijgen is het van belang dat de dijk zover als mogelijk is in de richting van het diepe water wordt doorgetrokken. Het oostelijk einde van het nieuwe dijkvak komt ongeveer terplaatse van de dieptelijn van N.A.P. – 1 m.

Tengevolge van deze ligging moet voor de kop van het dijkvak enig baggerwerk worden verricht om de bodemverdediging van de drempel voor het sluitgat te kunnen aanbrengen. Het is voor het vervolg der werken van groot belang of op deze drempel aanzanding zal optreden doordat de natuur tracht de ingebaggerde oever weer in zijn ongeschonden staat te herstellen, dan wel of hier – doordat de doorgang voor het water over de Hoek van de Bant is geblokkeerd – voldoende stroom om de damkop zal trekken om aanzandingen te voorkomen. De kans op aanzanding wordt verkleind door het feit dat de oever ter plaatse

2



ten gevolge van vroegere aanzandingen vrij ver naar voren is geschoven, zodat het te maken werk de oever weer een geleidelijk verlopende vorm zal gaan geven. Doordat de drempel van het sluitgat niet in één maal op zijn uiteindelijke hoogte wordt gebracht, bestaan hier bovendien nog mogelijkheden om eventuele aanzandingen te verwijderen zonder dat de bodemverdediging beschadigd wordt.

De losplaats en het dijkvak

De stroom die bij afgaand water ten zuiden van het nieuw ontworpen dijkvak over de plaat trekt, zal de neiging hebben zich in de haven te concentreren en bodemmateriaal mee te voeren. Om dit te voorkomen is een steendepot ontworpen in de vorm van een los gestorte stenen dam langs de west- en zuidzijde van de havenkom. Deze dam moet de stroom rechtstreeks naar het diepe water afleiden.
Aan de noordwestzijde wordt de losplaats beschermd door net zulke bekledingen als in het definitieve dijkvak zullen worden aangebracht. Sechts het hoogste gedeelte van het buitenbeloop en de kruin boven N.A.P. + 6 m ontbreken hier. Het in de beschutting van dit verdedigde buitenbeloop gelegen gedeelte van de losplaats is zoveel mogelijk vlak of onder flauwe hellingen afgewerkt. Een eenvoudige voorlopige bekleding aan de zuidoostzijde beschermt het dijklichaam langs de havenkom tegen wegspoelen. Onder deze bekleding is een kleine kade van mijnsteen ontworpen om te voorkomen dat het zand tijdens het opspuiten van het zandlichaam in de pas gebaggerde havenkom wegvloeit. Met deze constructie zijn goede resultaten bereikt bij het bouwen van de losplaats aan het Vierhuizergat.
Het profiel van het eigenlijke dijkvak komt overeen met dat van de reeds gemaakte gedeelten. Men vindt dit profiel beschreven in het Driemaandelijks Bericht nr. 25, augustus 1963. De zeer beschutte ligging onder de Friese wal maakt het mogelijk dit dijkvak aan de Lauwerszeezijde van een eenvoudige tijdelijke bekleding te voorzien. De voorlopige afdekking zal bestaan uit een 40 cm dikke kleilaag met daaroverheen een polyaetheenmat met rijshouten betuining, waartussen per m² 300 kg stortsteen met een stukgewicht van 10 tot 60 kg zal worden gelegd. Een soortgelijke bekleding is met goed gevolg geplaatst op andere weinig aangevallen gedeelten van de Lauwerszeewerken.
Het oostelijk gedeelte van de dijk ligt op een zandplaat, het middengedeelte doorkruist

de landaanwinningswerken van de voormalige waterschappen 'De Anjummer en Lioessenserpolder' en de 'Contributie Zeedijken van Oostdongeradeel', die thans zijn opgenomen in het waterschap 'Eastergoa's Sédiken', en het meest westelijke gedeelte ligt in de Bantpolder, een zomerpolder die vooral bekend is als overwinteringsplaats van tienduizenden brandganzen. Er is nog een tijd lang een tracé overwogen waarbij de zomerpolder niet zou worden doorsneden, maar waarbij de zomerdijk van de polder zou worden gevolgd tot Paesens. Echter, dit tracé zou duurder uitkomen, zonder dat daar voldoende voordelen tegenover stonden. Volgens het huidig ontwerp zal het dijkvak totaal 2500 meter lang worden, waarvan 400 meter in beslag wordt genomen door de losplaats.
De ondergrond van het nieuw te maken gedeelte bevat in het algemeen meer klei dan die van de vorige vakken. Het Grondmechanisch Laboratorium voorspelt hier zettingen tot 1 meter.
Even ten westen van de losplaats is een dijkovergang ontworpen om de onderhoudsberm aan de buitenzijde van de afsluitdijk voor vrachtauto's bereikbaar te maken. Ook ter plaatse van de zogenaamde bitumenkade, die als toegangsweg dient tot de zomerpolder, zal een dijkovergang komen. Bij de aansluiting op de zeedijk is een voorlopige overgang voor vee en landbouwwerktuigen voorzien, ten dienste van de exploitatie van de zomerpolder.
De aansluiting van de ontworpen dijk op de reeds bestaande zeedijk wordt zo uitgevoerd, dat na de toekomstige verhoging van de zeedijk de overgang van de ene dijk naar de andere vloeiend blijft verlopen. De afwatering van de beide gedeelten waarin de Bantpolder nu zal worden verdeeld wordt geregeld middels duikers in de bitumenkade; vier van die duikers liggen er al. De tijd zal moeten leren of de suatiegeul door de zandplaat voor de afwatering voldoende diepte zal blijven behouden. Verzanding van de thans bestaande geul zou de natuurlijke afwatering van het oostelijk gedeelte van de Bantpolder in gevaar brengen. Ten zuidoosten van het werkeiland en het daarop aansluitende dijkvak zijn onder soortgelijke omstandigheden aanslibbingen opgetreden die weinig hoop geven voor het voortbestaan van de natuurlijke geul door de Hoek van de Bant.

A. De werken van het Deltaplan

De ontgraving voor de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

De ontgravingen in de bouwput vonden goede voortgang. Aan het einde van de verslagperiode was een hoeveelheid van 2 130 000 m³ ontgraven en in hoofdzaak buiten de bouwput gereden.
Met het oppersen van zand in de dijk ten westen van de haven van Dirksland werd voortgegaan. Het zand werd met een baggermolen uit het depot ontgraven. Aan het einde van de periode is rond 1 000 000 m³ specie in deze dijk verwerkt.
Ter afronding van de afsluiting van het Zuiderdiep aan de Oostzijde werd begonnen met het maken van kaden. Waar voor het maken van deze kaden niet voldoende specie aanwezig is spuit men eerst een laag zand, tot N.A.P. + 2,5 m.
De filterconstructie van het stortebed kwam aan de zeezijde bijna gereed; het verwerken van stortsteen is nog niet beëindigd, echter wel zover gevorderd, dat op de bouwput geen voorraad meer aanwezig is.

De bouw van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

In deze verslagperiode zijn de werkzaamheden aan de uitwateringssluizen en aan de stortebedden vóór de sluizen grotendeels klaargekomen. Zo werd op 31 maart het laatste beton voor de uitwateringssluizen gestort, terwijl de laatste paal voor de stortebedden op 25 februari werd ingeheid.
Op 27 mei kwam het laatste stortebedvloervak gereed.
In totaal werd voor de uitwateringssluizen en voor de stortebedden 691 705 m³ beton gestort. Van deze hoeveelheid beton is 67 730 m³ in betonpalen, 14 962 m³ in werkvloeren, 508 989 m³ in gewapend beton, 40 921 m³ in onderwaterbeton en 59 103 m³ in de nablaliggers verwerkt.

De schutsluizen in het Volkerak

De afbouw van het tussenhoofd is nagenoeg gereedgekomen. Enkele aangrenzende wanden waarin deurkassen worden uitgespaard, moeten nog worden gestort. De belangrijkste werkzaamheden zijn thans het maken van het buitenhoofd met aangrenzende fuik- en deurkaswanden aan de Hollandsch-Diepzijde.
De afbouw van het viaduct werd voortgezet. De fabricage van de 24 m lange voorgespannen liggers voor de aanbrug is voltooid. Omdat de oplegpunten op de basculekelder nog niet gereed zijn wor-



De laatste m³ beton voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet wordt gestort

den de liggers op het sluiseiland onder het viaduct opgeslagen.
De verdere opbouw van de basculekelder tot N.A.P. + 12,65 m is bijna gereed. Men hoopt dit onderdeel dan ook medio april te voltooien.
De grondaanvullingen van beide sluizen werden voortgezet.
Onderhands werd met de Combinatie Schutsluizen Volkerak te Willemstad een overeenkomst gesloten tot het maken van stortebedden en dijken aansluitend op het sluizencomplex voor de prijs van f 860 900. Inmiddels is met deze werkzaamheden een aanvang gemaakt.

De noordelijke voorhaven en de oostelijke oprit van de Volkeraksluizen te Willemstad

Zoals reeds in nr. 31 van deze Berichten kon worden aangekondigd, is de ontgraving van de noordelijke voorhaven tot aan het veen-klei-pakket nog in februari voltooid. De cutterzuiger is voor reparatiewerkzaamheden tijdelijk afgevoerd. Na zijn terugkeer zal worden begonnen met de verdere verdieping van de voorhaven tot N.A.P. – 6 m.
Inmiddels is de aannemer bezig met het egaliseren, profileren en bekleden met klei van de in de ruwe vorm gespoten oostelijke oprit. Door diverse omstandigheden zijn deze werkzaamheden vertraagd, in verband waarmee de eerste oplevering van het gehele werk 3 maanden moest worden uitgesteld, d.i. tot 1 mei 1965.
Rest nog te vermelden, dat het opspuiten van het weglichaam door de Oude Heyningsche Haven heen vlot is verlopen en geen bijzondere moeilijkheden heeft opgeleverd. Daarna kon de oprit worden aangesloten op de bandijk. In het volgende Bericht zal een overzicht van de werkzaamheden worden gegeven.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen

In de bouwsleuven voor de filterglooiingen zijn de werkzaamheden tijdens de afgelopen periode voortgezet, zodat de glooiingen thans zijn opgetrokken tot N.A.P. + 0,75 m. Daarboven is men bezig met het maken van glooiingen van Portugees graniet op een grindbed van grind 3–8 cm met een dikte van 20 cm, waaronder zich nog een kleilaag van 35 cm bevindt.
Aanvoer en lossing van de granietblokken vindt plaats in de gemeentehaven van Willemstad. Vandaar naar het werk, een

afstand van ongeveer 3 km, worden de blokken vervoerd per vrachtauto.
De zuigers 'Amsterdam I' en 'Holland XVIII' zijn doorgegaan met hun cutterwerk in het tegen de bouwput gelegen havengedeelte.
In de voor het grondstort ten zuidoosten van de sluizen te maken ringdijk wordt specie geperst; zo ook in het stort van de afsluitdijk tussen de bouwput en de Oude Heyningsche Haven en in het stort van de terreinen gelegen tegen de geul van Maltha.
Zoals reeds in het vorige Bericht werd medegedeeld, zijn al deze werkzaamheden vertraagd door de minder gunstige weersgesteldheid en doordat de buitenpolder Maltha opnieuw enige malen onder water liep. Het was vooral ook de onvoldoende capaciteit van de cutterzuiger 'Amsterdam I' die de voortgang van het werk ongunstig beïnvloedde. Een en ander leidde tot een achterstand op het schema van ruim 100 000 m³ zand. Door met de zuiger 'Holland XVIII', die de verwachte produktie overtreft, dag en nacht door te werken had men de achterstand medio maart teruggebracht to 30 000 m³.
De afsluiting van de mond van de Oude Heyningsche Haven vindt begin april plaats.
Ten behoeve van de uitbreiding van de terreinen gelegen langs de geul van Maltha zijn de bestaande belopen gedeeltelijk ontmanteld en is de afkomende steen in depot opgeslagen. Nadat reeds in de herfst van 1964 de bodembezinking werd aangebracht is men thans bezig in de geul van Maltha zand te klappen tot een hoogte van N.A.P. – 1,5 m; ter afdekking worden daarop zinkstukken gezonken. Hierna wordt mijnsteen gestort en daarna wordt achter de gevormde mijnsteendam zand gespoten, zodat vervolgens de glooiing aan de buitenzijde verder kan worden afgewerkt.
Ten behoeve van het zandklappen is een winzuiger, de zuiger 'Drechterland', aan de westzijde van de Malthageul gelegd. De produktie hiervan bleek onvoldoende. Bijgevolg trad aanvankelijk ook bij het zinkbedrijf ernstige stagnatie op, zozeer dat de produktie van 3000 m² per week terugliep tot 1000 m², of wel tot één zinkstuk per week.
Daar het duidelijk was dat bij deze gang van zaken ook het mijnsteenbedrijf en het daarop volgende zandbedrijf gevaar liepen belangrijk te worden vertraagd, werd een extra winzuiger ingezet.

Werkzaamheden aan de afsluiting van de noordelijke geul van de Grevelingen

Eind december 1964 werd het continubedrijf van de kabelbaan beëindigd. Vanaf begin januari 1965 werd de stenen sluitdam uitsluitend in dagdienst verder opgehoogd terwijl nog slechts twee of drie gondels werden ingezet. Daarbij werd alleen op de westelijke kabel gereden. De stortcapaciteit bedroeg bij dit systeem van werken gemiddeld 2000 ton per week.
Ten gevolge van de storm van 16 en 17 januari 1965, waarbij de kruin van de dam, voor zover nog niet gesteund door het opgespoten zand, door golfslag ongeveer 1,5 m werd verlaagd, was het nodig een hoeveelheid van ruim 3000 ton te storten om het kruinpeil van voor de storm weer te bereiken. Op 9 februari kon het steenstorten worden beëindigd. De dam had toen een hoogte tussen N.A.P. + 2,5 m en + 3 m.
De totale hoeveelheid gestort materiaal bedroeg ongeveer 170 000 ton.
Na beëindiging van de stortwerkzaamheden werd de kabelbaan nog gebruikt voor het vervoer van grind- en mijnsteen. Deze materialen werden verwerkt in een filter achter de stenen dam, om te beletten dat het zand van het opgespoten dijklichaam door de dam zou treden.

Het dijkvak ter plaatse van de noordelijke geulen

Op 1 december 1964 was reeds een begin



Opbouw van het damlichaam door het noordelijk sluitgat van de Grevelingen

gemaakt met het persen van zand tegen de stenen sluitdam voor de opbouw van het damlichaam.
Het zand werd gewonnen zowel aan de westzijde als aan de oostzijde van de dam. Vanaf de westzijde spoot de H.A.M. 209 door een drijvende leiding met een doorsnee van 70 cm rechtstreeks zand in het werk. Oostelijk van de dam werkte de 'Beverwijk 37' op dezelfde manier. Beide zuigers brachten ongeveer 2¼ miljoen m³ zand in het werk.
In het wingebied van de 'Beverwijk 37' werd een deel van het gewonnen zand weer aangeklapt met zand dat door de grondzuiger 'Mark' was gewonnen in het Noordslaak. Overigens werd ook een deel van het door de 'Mark' gewonnen zand rechtstreeks in het damlichaam geklapt.
In het geheel werd 2 700 000 m³ zand in het dijkvak verwerkt. Op 5 maart 1965 werd het persen van zand in de dijk beëindigd.
In januari werd een begin gemaakt met de aanvoer van mijnsteen voor verwerking in de oostelijke teenkade en in de aansluiting op de beide dijkkoppen aan de westzijde.
Eind maart kwam dit werk klaar; er was toen ± 60 000 ton verwerkt.

In het eerste kwartaal van 1965 werden regelmatig kraagstukken aangebracht, die ter weerszijden van het damvak het beloop in de zone van het L.W. moeten beschermen. Eind april zullen alle kraagstukken gelegd zijn.
In de maanden februari en maart werd de ruw opgestorte dam met grind en mijnsteen opgevuld.
Begin maart werd eveneens een begin gemaakt met de aanvoer van klei voor de afdekking van het zandlichaam.

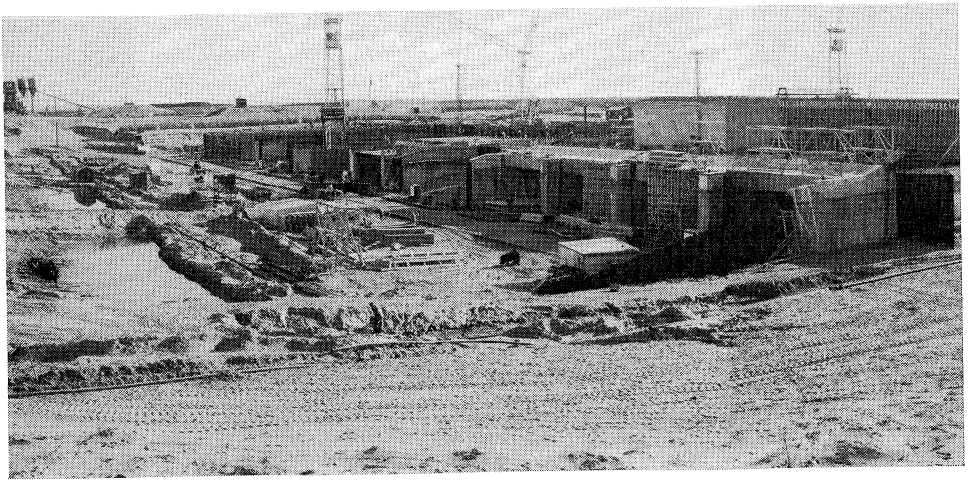
Wegverbinding en openstelling voor het verkeer

In februari werd een begin gemaakt met de aanleg van de parallelweg op het dijkvak die uiteindelijk bestemd zal zijn voor langzaam verkeer. Deze weg bestaat uit drie lagen van ieder 6 cm grindasfaltbeton en heeft een breedte van 6 m. Vooruitlopend op de ingebruikneming van de nog aan te leggen snelverkeersweg over het dijkvak door de noordelijke geulen heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat, Z. E. J. van Aartsen, met behulp van enkele moderne Watergeuzen de snel gereedgemaakte parallelweg op 1 april 1965 voor het verkeer opengesteld.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Het dijkvak aan de Groninger kust is thans behoudens het afwerken van de kleibekleding voltooid.
Met de uitvoering van het dijkvak aan de Friese kust, waarover elders in dit nummer meer wordt verteld, zal binnenkort worden begonnen.
De werkzaamheden aan de uitwateringssluis zijn dankzij de zachte winter goed gevorderd. Het dek van de middelste sluiskoker is nu gestort; van de oostelijke sluiskoker zijn de pijlers gereed gekomen.
Een aanvang is gemaakt met de ontgravingen voor de stortebedden. Met de 'Kombinatie Lauwerszee' is overeenstemming bereikt over de aannemingssom voor de in de afsluitdijk te bouwen schutsluis. De bouw van de schutsluis kan in de volgende verslagperiode aanvangen.

De uitwateringssluizen in aanbouw op het werkeiland voor de afsluiting van de Lauwerszee



Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
BR 2957a	31 juli 1964	Overeenkomst tot aanvulling van overeenkomst BR 2957 voor het vervaardi en leveren van werkplaatsklinknagels enz. ten behoeve van de uitwaterir sluizen in het Haringvliet
BR 3265a	2 december 1964	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst BR 3265 voor het samenbouv en conserveren van de staalconstructies van 17 stuks segmentschuiven rivi zijde voor de afsluiting van het Haringvliet
BR 3326	27 november 1963	Het vervoeren en bedrijfsvaardig opstellen van 17 stuks segmentschuiv rivierzijde en 17 stuks segmentschuiven zeezijde voor de afsluiting van I Haringvliet
BR 3421	6 augustus 1964	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een elektrisc noodstroomcentrale ten behoeve van het sluizencomplex in het Volkerak
BR 3432	14 augustus 1964	Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van twee naast elkaar ge gen basculebruggen met elektro-mechanische bewegingsinrichtingen c over de schutsluis in het Volkerak
BR 3438	26 juni 1964	Vervaardigen en leveren van een ponton met loopbruggen c.a. ten behoe van de aanleginrichting bij de haven te West-Repart
BR 3447	29 juli 1964	Vervaardigen en leveren van 68 gelijkloopschakelaars ten behoeve van a drijfapparatuur voor de bewegingswerken in de uitwateringssluizen in h Haringvliet
BR 3448	29 juli 1964	Vervaardigen en leveren van aandrijfapparatuur c.a. (exclusief gelijkloopsc kelaars) ten behoeve van de bewegingswerken van de uitwateringssluizen het Haringvliet
BR 3449	18 augustus 1964	Leveren van legers c.a. voor basculebruggen (kleine en grote brug) over schutsluis in het Volkerak
BR 3450	18 augustus 1964	Vervaardigen en leveren van 4 stuks geheel gesloten gietijzeren tandwielkast ten behoeve van de basculebruggen (kleine en grote brug) over de schutslu in het Volkerak
BR 3451	18 augustus 1964	Vervaardigen en leveren van ankers met moeren ten behoeve van de bascu bruggen (kleine en grote brug) over de schutsluis in het Volkerak
BR 3452	18 augustus 1964	Leveren van 4 stuks flexibele tandkoppelingen ten behoeve van de bascul bruggen (kleine en grote brug) over de schutsluis in het Volkerak
BR 3453	18 augustus 1964	Leveren van tonlegers ten behoeve van de deurbeweging van de sluizen in h Volkerak
BR 3454	18 augustus 1964	Leveren van afdichtingsringen c.a. ten behoeve van de deurbeweging van c sluizen in het Volkerak
BR 3457	5 oktober 1964	Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 24 stuks elektro-mech nische schuifbewegingsinrichtingen en bijbehorende A-constructie ten behoev van de schutsluis in het Haringvliet
BR 3458	5 oktober 1964	Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 12 stuks elektro-hy draulische deurbewegingsinrichtingen ten behoeve van de schutsluis in he Haringvliet
BR 3463	31 juli 1964	Vervaardigen en leveren van rij-roosters enz. ten behoeve van de Volkerak sluizen
BR 3468	20 augustus 1964	Vervaardigen en leveren van busankers c.a. ten behoeve van de Volkerak sluizen
BR 3476	3 september 1964	Vervaardigen en leveren van leuningen, ankerstoelen, enz. ten behoeve van d Volkeraksluizen
BR 3485	19 oktober 1964	Leveren van schraapringen ten behoeve van de uitwateringssluizen in he Haringvliet
BR 3486	19 oktober 1964	Vervaardigen en leveren van 22 stuks geheel gesloten gietijzeren tandwiel kasten ten behoeve van de vis- en zoutrioolschuif in de uitwateringssluizer in het Haringvliet
BR 3517	22 oktober 1964	Vervaardigen en leveren van 72 stuks geheel gesloteng ietijzeren tandwiel kasten ten behoeve van de deurschuifbeweging voor de sluizen in het Volkeral

rken gesloten onderhandse overeenkomsten

annemingssom	Aannemer
enheidsprijzen	N.V. Fabrieken van Klinknagels en Schroefbouten P. van Thiel en Zonen te Beek en Donk.
ıann. som gewijzigd an f 9 600 000,— ı f 12 569 950,—	F. Kloos en Zonen's Werkplaatsen N.V. te Kinderdijk N.V. Rotterdamsch Zandstraalbedrijf te Rotterdam
10 400 000,—	Werkspoor N.V. bedrijf te Utrecht
341 045,—	Dynaf N.V. te Alkmaar
f 1 656 000,—	Koninklijke Fabrieken Penn en Bauduin te Dordrecht
25 965,—	Boele N.V. te Bolnes
35 700,—	Machinefabriek J. H. Südmeyer en Zonen te Haarlem
f 236 400,—	N.V. Nederlandsche Staalindustrie te Rotterdam
f 39 448,—	N.V. Nederlandsche Maatschappij van Kogellagers S.K.F. te Veenendaal
f 31 640,—	Machinefabriek Aug. Bierens en Zonen N.V. te Tilburg
f 10 180,—	Lubbers constructiewerkplaats en Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJssel
f 10 196,—	van Gelder Compagnie c.v. te Rotterdam
f 33 792,—	N.V. Nederlandsche Maatschappij van Kogellagers S.K.F. te Veenendaal
f 37 627,20	N.V. Technische Bureau van der Mark en Co te Rotterdam
f 169 750,—	N.V. Machinefabriek Hensen te Rotterdam
f 324 150,—	Nederlandsche Dok- en Scheepsbouw Maatschappij te Amsterdam
f 21 790,—	Machinefabriek 'Thole' N.V. te Enschede
f 11 940,—	Lubbers constructiewerkplaats en Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJssel
f 10 010,—	Machinefabriek 'Vekoma' N.V. te Vlodrop
f 21 760,—	N.V. Technisch Bureau van der Mark en Co. te Rotterdam
f 156 698,—	Machinefabriek Aug. Bierens en Zonen N.V. te Tilburg
f 174 960,—	Machinefabriek Aug. Bierens en Zonen N.V. te Tilburg

Het vorige nummer van de Driemaandelijkse Berichten bevatte een artikel over Veranderingen in de getijden en stroomsnelheden gedurende de opbouw van de drempel in de Grevelingen.
In fig. 3 en 4, behorend bij dat artikel, waren ten onrechte de stroomsnelheden niet ingetekend. Ter vervanging van deze ondeugdelijke figuren wordt in dit nummer een nieuwe pagina 16 van nr. 31 der Berichten bijgevoegd.

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

A.N.P. foto	58
Aero-Camera	74
B. Hofmeester	58–80–108
G. de Klerk	106
Gemeentearchief A'dam	63
Scheermeyer	65
Rijkswaterstaat	72–81
H. de Vries	109

Inhoud nr. 33

A. De werken van het Deltaplan

115 De Brabantse Biesbosch

124 De slibbeweging in het Deltagebied voor en na de uitvoering van de Deltawerken

129 De ontzilting en bebossing van buitendijkse gronden in het Veerse Meer

134 De gevolgen van bui-oscillaties in havens langs de kust

145 De stortebedden voor de schutsluizen in het Volkerak

153 Verhoging van de zeedijk van de polder Oud-Herkingen op Goeree-Overflakkee

157 Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

De Brabantse Biesbosch, gezien van oost naar west



De Brabantse Biesbosch

Karakterisering en geschiedenis

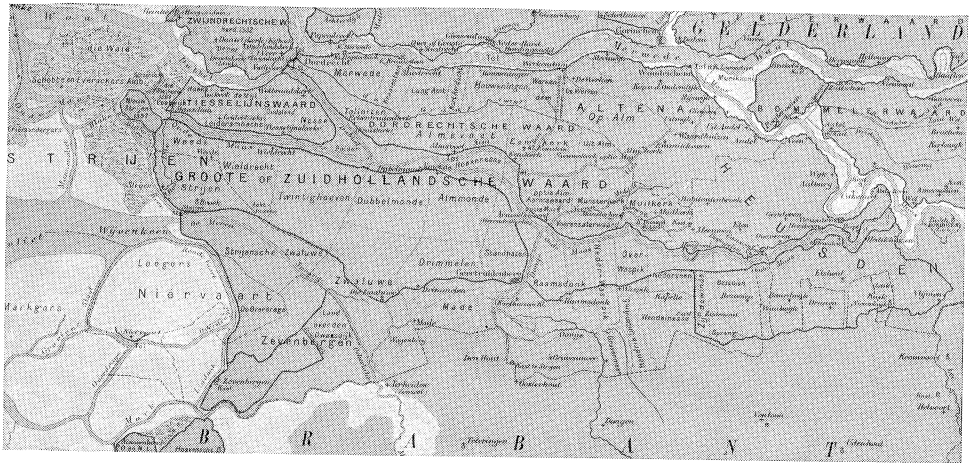
Toekomstige veranderingen in het getijdenregime van de Deltawerken zullen veel aanpassingswerken noodzakelijk maken, ook en vooral in het in vele opzichten unieke gebied van de Brabantse Biesbosch. Als inleiding van een overzicht der aanpassingsproblemen worden in dit artikel – het eerste van een reeks – het gebied en zijn geschiedenis beschreven.

Reeds een enkele blik op de topografische kaart doet zien dat het landschap van de Brabantse Biesbosch een geheel eigen, bijzonder karakter heeft. Brede geulen en grillig kronkelende killen omspoelen kleinere en grotere eilanden, die – al naar gelang de ontwikkeling is voortgeschreden – bestaan uit zandplaten, slikken, ruigten en biezengorzen, rietgorzen, al dan niet omkade grienden, en bedijkte landbouwpolders. Hoewel het water onder invloed staat van het getij, is het zoet: de Biesbosch heeft het karakter van een zoetwatergetijdendelta.
De landbouwpolders beslaan 6150 ha van het in totaal 10300 ha grote gebied. In het oosten en noorden, waar nog slechts enkele met riet en griendhout omzoomde killen het landschap doorsnijden, beslaan ze vrijwel de gehele oppervlakte; daar zijn vele kleinere polders tot grotere complexen samengevoegd, hoewel de tussenliggende dijken meestal nog niet zijn opgeruimd. In het zuidwesten vormen de landbouwpolders, alleen of tezamen met enkele andere, eilanden; het water neemt er, met zandplaten en slikken, nog een belangrijke plaats in; men vindt er grote complexen rietgorzen en grienden.
De dijken van de landbouwpolders hebben een kerende hoogte die voor het merendeel varieert van N.A.P. + 2,60 m tot N.A.P. + 3,20 m. Deze hoogte is zodanig dat de polders bij sterk verhoogde buitenwaterstanden, bijvoorbeeld als gevolg van stormvloeden, inlopen. Onder de tegenwoordige omstandigheden komt dit van gemiddeld eenmaal per twee jaar tot gemiddeld eenmaal per twintig jaar voor, afhankelijk van de ligging. De schade en het ongemak die hiervan het gevolg zijn, kan men zich gemakkelijk voorstellen. Vooral als de kaden bij het overlopen doorbreken kan de schade zeer groot zijn.
De dijken van de Biesbosch omvatten merendeels gronden die voor de landbouw zeer geschikt zijn. Over het algemeen zijn de kavels groot en de meeste bedrijven beslaan een grote oppervlakte. Het landbouwbedrijf wordt in de Biesbosch in het algemeen op een moderne, rationele wijze uitgeoefend, waarbij de mechanisatie ver is doorgevoerd. Het

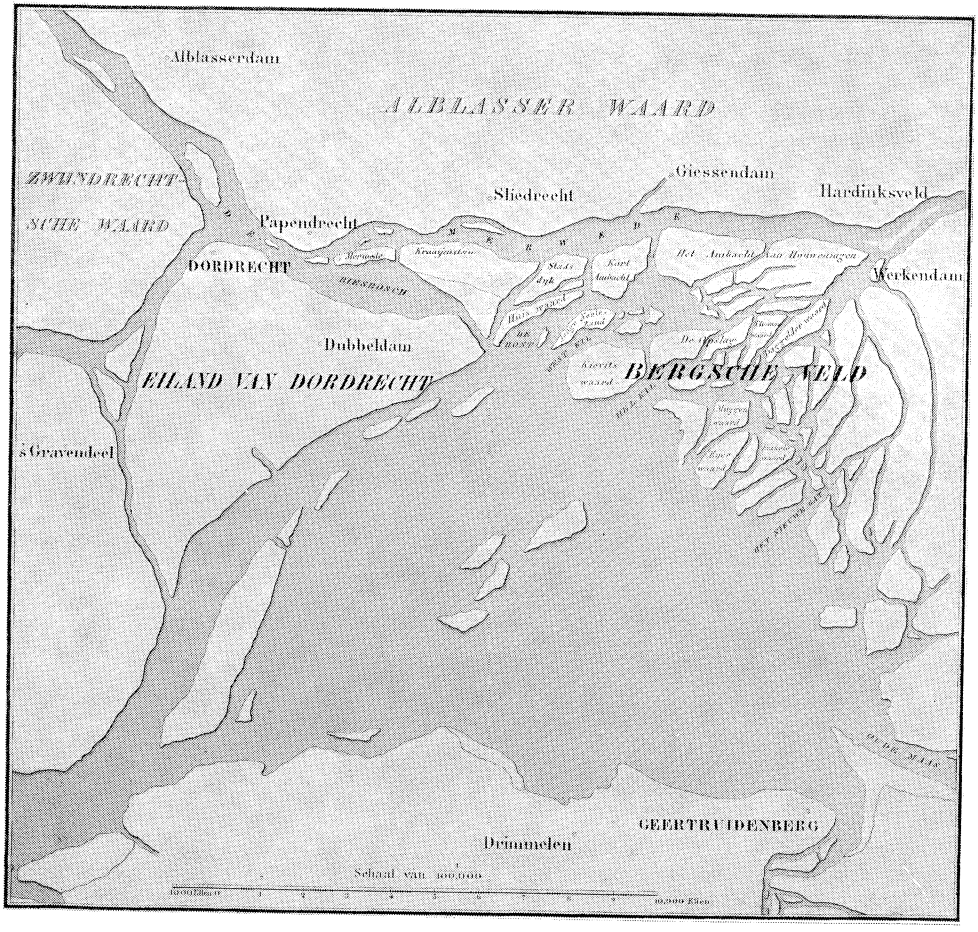


teeltplan heeft als regel een extensief karakter, in verband met de moeilijke arbeidsvoorziening in een zo geïsoleerd gelegen gebied. Vanwege het overstromingsgevaar worden er voornamelijk zomergewassen geteeld. De bedrijfsgebouwen en woningen zijn, eveneens met het oog op het overstromingsgevaar, vaak op vloedvrije heuvels gebouwd. In de laagst gelegen polders en daar waar de opslibbing van de killen het verst is voortgeschreden, is de natuurlijke lozing nauwelijks meer voldoende om op bevredigende wijze in de ontwatering te voorzien. De ontsluiting laat vooral in het oosten en zuidwesten veel te wensen over. Grote delen van de landbouwpolders en vele bedrijven en woningen zijn slechts over water bereikbaar; alleen in het noorden is het merendeel van de boerderijen aan redelijke wegen gelegen. Behalve voor de arbeidsvoorziening vormt het isolement ook voor andere aspecten van de landbouwkundige bedrijfsvoering een groot probleem. Tenslotte wordt het isolement ook in sociaal opzicht als in hoge mate hinderlijk gevoeld.
Een groot deel van het buitendijkse gebied is, evenals het bedijkte polderland, cultuurlandschap. Zo vindt men in de grienden: griendketen, kaden, duikers, greppels en beknotte stobben; in de rietgorzen: greppels en gesneden stoppels; en overigens: verbindingsdammen, oeververdedigingen, strekdammen, enz. De buitendijkse cultuur van griendhout en riet is echter in sterke mate aan de natuurlijke omstandigheden aangepast.
Dat van het buitendijkse land in de Biesbosch eenzelfde bekoring uitgaat als van een natuurlandschap is juist te danken aan dit natuurlijke aspect van de buitendijkse cultures. Vooral bij wie de Biesbosch in de zomer bezoekt wekken de grienden en rietgorzen de schijn van ongereptheid. Het riet wordt immers in het winterseizoen gesneden en in de zomer liggen de rietvelden geheel verlaten. Van de nog geëxploiteerde grienden wordt ruim een vierde van het hout in de winter en het vroege voorjaar gekapt, terwijl in de zomer de dichtbebladerde griend met zijn ondergroei van allerlei kruiden de indruk maakt van maagdelijk terrein. Verschillende aspecten van de griend-, riet- en biezencultuur werden reeds in nr. 29 van deze Berichten belicht. In verband met de moeilijkheden die zich bij de griendcultuur voordoen worden thans op meer dan één plaats in de Brabantse Biesbosch, maar vooral in het centrum van het zuidwestelijke deel, verwaarloosde grienden aangetroffen die steeds meer het karakter van een vloedbos in oervorm aannemen; een belangrijk deel van deze grienden wordt momenteel door het Staatsbosbeheer als natuurreservaat beheerd.
De landschappelijke schoonheid van de Biesbosch wordt in sterke mate bepaald door het samenspel van het water en de begroeiing van de oevers, waarbij het gebied als geheel

1


ZWIJNDRECHTSCHE W.
G E L D E R L A N D
TIESSELINSWAARD
DORDRECHTSCHE WAARD
ALTENA
BOMMELERWAARD
S T R I J E N
GROOTE of ZUIDHOLLANDSCHE WAARD
Loegent
Nieuwpoort
Zevenbergen
Zwijndrecht
Dubbeldam
Dordrecht
Papendrecht
Sliedrecht
Giessendam
Hardinksveld
Werkendam
B R A B A N T

2

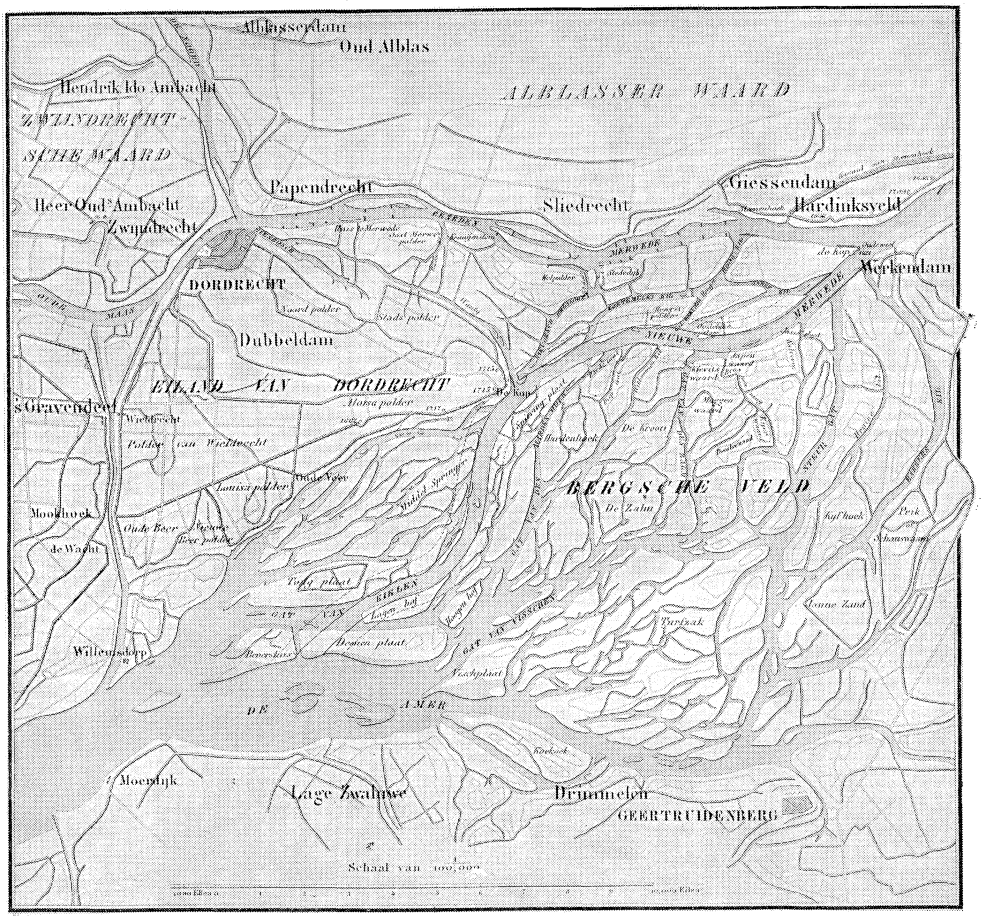

Alblasserdam
ALBLASSER WAARD
ZWIJNDRECHTSCHE WAARD
Giessendam
Sliedrecht
Hardinksveld
Papendrecht
DORDRECHT
Werkendam
Dubbeldam
EILAND VAN DORDRECHT
BERGSCHE VELD
s Gravendeel
GEERTRUIDENBERG
Drimmelen
Schaal van 100.000
10.000 Ellen

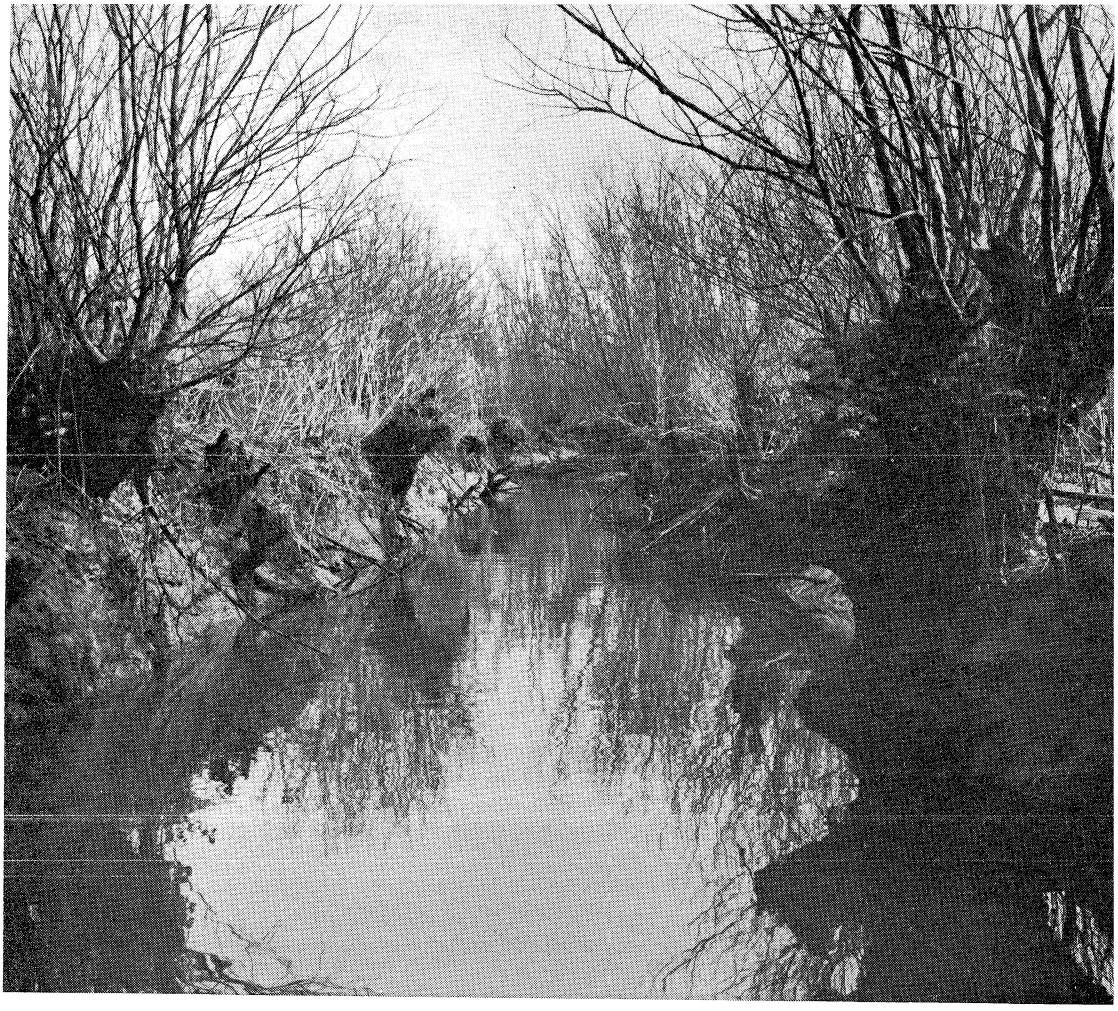
1 De Groote of Zuidhollandsche Waard in de 13de eeuw, ontleend aan de geschiedkundige Atlas van Nederland

2 De Brabantse Biesbosch in 1699

3 De Brabantse Biesbosch in 1825

3



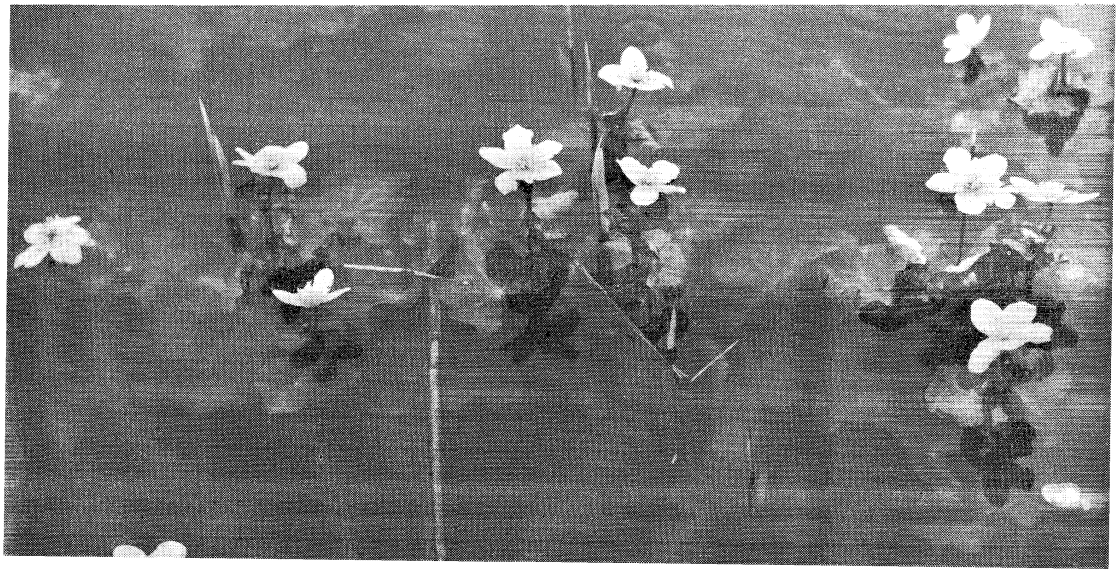


Kreek door het griendland

Dotterbloemen in gesneden rietgors bij vloed

een indruk van grote ruimte en van ongereptheid geeft. Het natuurlijk gebeuren in het buitendijkse gebied heeft een boeiend, sterk dynamisch karakter; niet alleen het door het getij heen en weer gestuwde water, maar ook de sterke wisseling van het beeld in de verschillende seizoenen dragen daartoe bij. De landbouwpolders, die deels zijn omzoomd door rietkragen en griend en daardoor vanaf het water gezien één geheel schijnen te vormen met het buitendijkse gebied, dragen in sterke mate bij tot het gevoel van ruimte; het feit, dat hoog opgaand geboomte in de Biesbosch praktisch niet wordt aangetroffen versterkt dit laatste nog.

De Biesbosch vervult op het gebied van de recreatie thans reeds een belangrijke rol. Daar slechts weinig wegen ter beschikking staan vindt het bezoek meestal over water plaats; zowel dag-, weekend-, als vakantierecreatie worden op deze wijze beoefend. Bij de weekend- en vakantierecreatie dient men vooral aan diegenen te denken die beschikken over een eigen of een gehuurde boot, die de nodige accommodatie biedt en waarmee men vanuit de omgeving de Biesbosch intrekt. De aantallen in 1962 door de Biesboschsluis te Werkendam en de Spieringsluis tegenover Kop van het Land geschutte pleziervaartuigen bedroegen 4458 en 7251; de boten die de Biesbosch via de Amer en de Bergsche Maas bereikten en/of verlieten, zijn daarbij niet geteld. De Biesbosch ontleent zijn aantrekkelijkheid voor de watersportbeoefenaars aan zijn landschappelijke schoonheid en de afwisselende vaarmogelijkheden: nu eens vaart men door smalle kreken tussen grienden, dan weer over wijde wateren met fraaie oevers en verrassende vergezichten. Het tamelijk sterk stromende water, zowel in de Biesbosch als op de omringende wateren, de kans om bij afgaand tij droog te vallen en het ontbreken van voldoende jachthavens waar de watersportbeoefenaars hun schepen veilig kunnen achterlaten, zijn factoren die een verdergaande ontwikkeling van de watersport in de Biesbosch tot dusverre hebben geremd. Een andere vorm van dag- en weekendrecreatie in de Biesbosch, waarbij de accommodatie zonodig op de vaste wal wordt gezocht, is de sportvisserij. In het voorjaar van 1962 werden rondom de Biesbosch niet minder dan 450 voor sportvisserij geschikte huurbootjes geteld, waarmee naar schatting tenminste 45 000 personen per jaar een dag in de Biesbosch gaan vissen.



Een vorm van recreatie die vooral de laatste jaren snel opkomt, is het maken van een dagtocht door de Biesbosch met een rondvaartboot.
Het spreekt welhaast vanzelf dat ook voor de natuurbescherming en het natuurwetenschappelijk onderzoek het buitendijkse gebied in de Biesbosch grote waarde heeft. Kortheidshalve moge op deze plaats worden verwezen naar het vele dat hierover elders reeds is gepubliceerd.
Een gebeurtenis die in sterke mate bepalend is geweest voor de vorming van de Biesbosch zoals we die thans kennen, is de Sint-Elizabethsvloed van 1421.

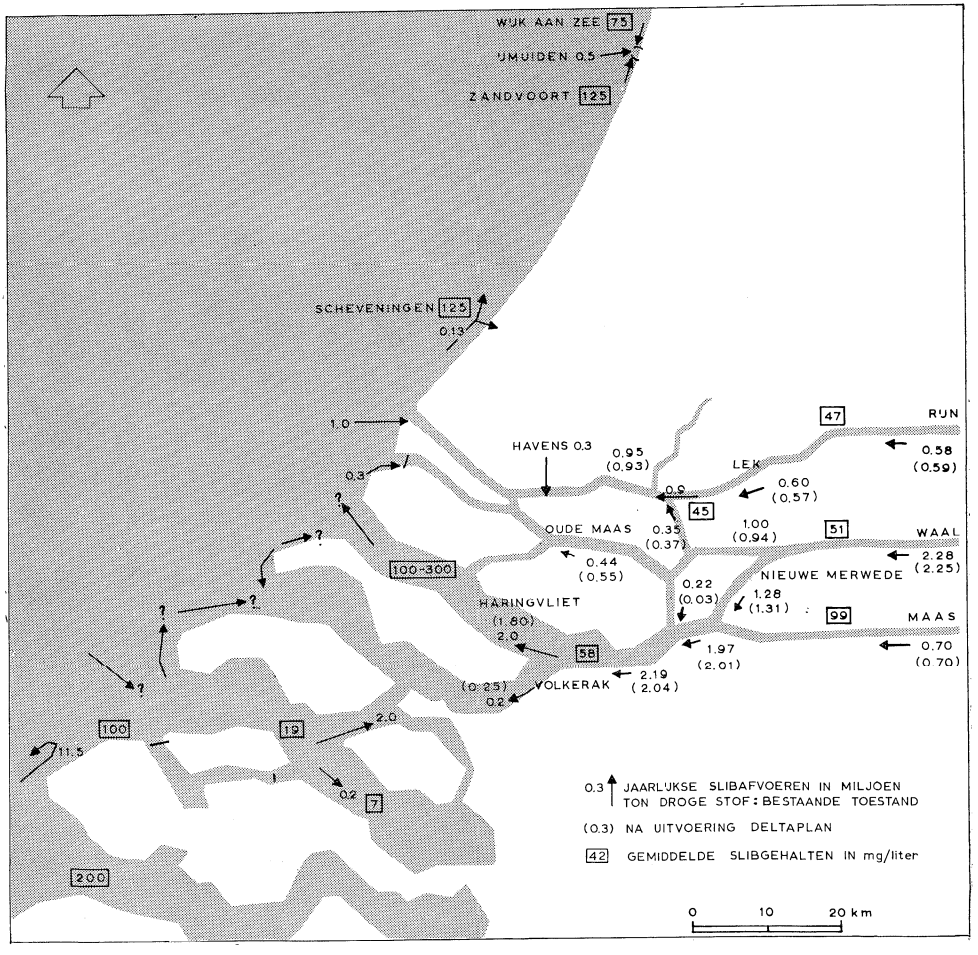
In de 13de eeuw bestond in de streek tussen Woudrichem, Puttershoek, Zevenbergen en Heusden de 'Grote of Zuidhollandse Waard' met een voor die tijd goede waterschapsorganisatie. Eerder gevormde partiële bedijkingen werden later binnen een ringdijk gevat. Voor die tijd zeer grote waterbouwkundige werken, zoals de afdamming van de Maas bij het tegenwoordige Maasdam in de Hoekse Waard, kwamen tot stand. Met Hollands twee oudste steden, Dordrecht en Geertruidenberg, was dit gebied het hart van de vroeghollandse beschaving.
De zee was in die tijd in de aanval, en herhaaldelijk ontstonden doorbraken in de dijken, die evenwel steeds weer konden worden gedicht. Sinds de bedijking van de waard was de zeespiegelrijzing evenwel voortgegaan, terwijl de waard zelf door de ontwatering was ingeklonken, zonder dat deze verschijnselen door opslibbing konden worden gecompenseerd. Een andere mogelijke oorzaak van het van tijd tot tijd falen van de dijken was de moer- en selnering, dat is het delven van turf als brandstof en ten behoeve van de zoutwinning. Deze praktijk zal de dijken weinig goed hebben gedaan, vooral wanneer de ontgraving te dicht bij de dijken plaatsvond. Het uitbreken van de Hoekse en Kabeljauwse twisten deed de voor de verdediging tegen de zee zo noodzakelijke eenheid verdwijnen; kort voordat de zee wederom krachtig zou toeslaan, werd Geertruidenberg door Dordrecht gebrandschat. In november 1421 ontstonden in het westen van de waard doorbraken en in dit en de daarop volgende jaren werden de waterkeringen zodanig aangetast, niet alleen in het westen, maar ook in het noorden langs de Merwede, dat de schade onder de heersende onzekere omstandigheden al spoedig niet meer hersteld kon worden. Veel land werd weggeslagen en een groot deel van de waard veranderde in een zilte baai, waarbij het rivierwater zich in toenemende mate dwars door de oude waard een weg zocht in westelijke richtingen. In enkele decennia ging zodoende het grootste deel van de waard geheel ten onder.
Daar waar de meeste waterverplaatsing optrad werden geulen in het oude land uitgeschaard, terwijl elders door hernieuwde sedimentatie al spoedig nieuwe op- en aanwassen ontstonden. De landgroei was aanvankelijk het sterkste langs het overgebleven oude land in het oosten, tegen de Strijense opwassen in het westen, en langs restanten land en dijk en slechts weinig onder water geraakte stroomruggen langs de Merwede in het noorden. Tegen het einde van de 17de eeuw waren het westelijke en oostelijke aanwasgebied reeds grotendeels bedijkt.
In 1654 schrijft Jacobus van Oudenhoven over het hiertussen gelegen gebied: 'Aen de West-Noort-Westzijde van de Stadt (St. Geertruydenberge) verspreyt sich nu een groot Vlack Waters, genaemt de Biesbosch, ende is seer Vischrijck, daer op eenen dagh wel 18 000 Steuren, Salmen ende Elft gevangen zijn, daer in de Stadt St. Geertruydenberge den Afslagh van is, hetwelk in dese Stadt niet alleen een groot gerief, maar oock een groote neringe geeft' en ook 'ende wort geseyt, dat de Dienstboden in haer Huys plachten te bedingen, datse maer tweemael in de Weeck Salm wilden eten'. Ook als dit laatste misschien wat overdreven was moet worden vastgesteld dat de situatie later toch wel sterk

is veranderd! Sinds de dertiger jaren van deze eeuw is de beroepsvisserij op riviertrekvis uit de wateren in en om de Biesbosch vrijwel geheel verdwenen; verschillende oorzaken hebben hiertoe bijgedragen. De huidige beroepsvisserij in de Biesbosch, die van zeer geringe betekenis is, drijft hoofdzakelijk op de vangst van pootvis voor de sportvisserij en de palingvangst.
De vertraging in de stijging van de zeespiegel in de periode van 1600 tot 1800 à 1850 is voor de vorming van het centraal gelegen opwasgebied van veel belang geweest; in deze periode kwam hier een grote hoeveelheid riviersediment tot afzetting. Op het einde van de 18de eeuw werden in het centrale opwasgebied nog slechts enkele bedijkingen aangetroffen; in het begin van de 19de eeuw vindt men er daarentegen reeds vele.
Een tweetal werken heeft in latere jaren in belangrijke mate bijgedragen tot de bepaling van de geografische situatie in het Biesbosch-gebied zoals we die thans kennen, namelijk de vorming van de Nieuwe Merwede en de verlegging van de Maasmond.
De afstroming van het water van de Merwede via de voormalige waard leidde tot een verwildering van deze rivier, ten nadele zowel van de scheepvaart als van een vlotte afvoer van hoog opperwater en ijs. Reeds uit de eerste helft van de 16de eeuw worden pogingen van de stad Dordrecht gemeld om een aantal killen tussen de Merwede en de voormalige waard af te sluiten. De ingelanden van de Alblasserwaard en de hoger langs de rivieren gelegen waarden daarentegen zagen meer heil in het handhaven of zelfs vergroten van de mogelijkheden voor afleiding en berging van water. Tot in de 19de eeuw vormden de uit een oogpunt van scheepvaartbelang en de met het oog op de veiligheid tegen overstroming gewenste maatregelen een twistpunt. In het kader van de toentertijd hoog nodige verbetering van de toestand van de grote rivieren, die vooral na daartoe strekkende besluiten van het Weense Congres van 1815 ook in ons land krachtig ter hand werd genomen, werd tenslotte in 1850 besloten tot verbetering van de Beneden Merwede en tot vorming van de tegenwoordige Nieuwe Merwede, ongeveer volgens de loop van een van de destijds voornaamste Biesboschkillen, de Westkil. Het duurde bijna tot de eeuwwisseling voordat de eerste fase van de werken aan de Beneden en de Nieuwe Merwede geheel was voltooid; in de periode van 1864 tot 1887 werd daarbij tevens een leidam aangelegd van Werkendam tot Anna-Jacominaplaat, met daarin een tweetal sluizen, die de Brabantse Biesbosch voortaan tot op zekere hoogte scheidde van de Merwede. De door deze scheiding veroorzaakte verlaging van de gemiddelde hoog- en laagwaterstanden vergrootte de voor bedijking in aanmerking komende oppervlakte in de Biesbosch in belangrijke mate.
De toestand in het benedendeel van het stroomgebied van de Maas was ook na het totstandkomen van de bovengenoemde werken bij hoog opperwater en bij ijsgang op de grote rivieren verre van bevredigend. Om hierin verbetering te brengen werd in 1883 bij de wet tot verlegging van de Maasmond onder meer besloten tot het graven van de Bergsche Maas en het afsluiten van de (Afgedamde) Maas bij Andel; deze werken kwamen in 1904 grotendeels gereed. Met het oog op de moeilijkheden, die voor de ontwatering zouden kunnen ontstaan door de verhoging van de laagwaterstanden bij grotere Maasafvoeren, werden door het Rijk voor een aantal op de Oostkil afwaterende polders bemalingen gesticht en werden verder langs de Amer en het Spijkerboor enkele kaden aangelegd. Op deze wijze kwam de zuidelijke begrenzing van de huidige Brabantse Biesbosch tot stand.

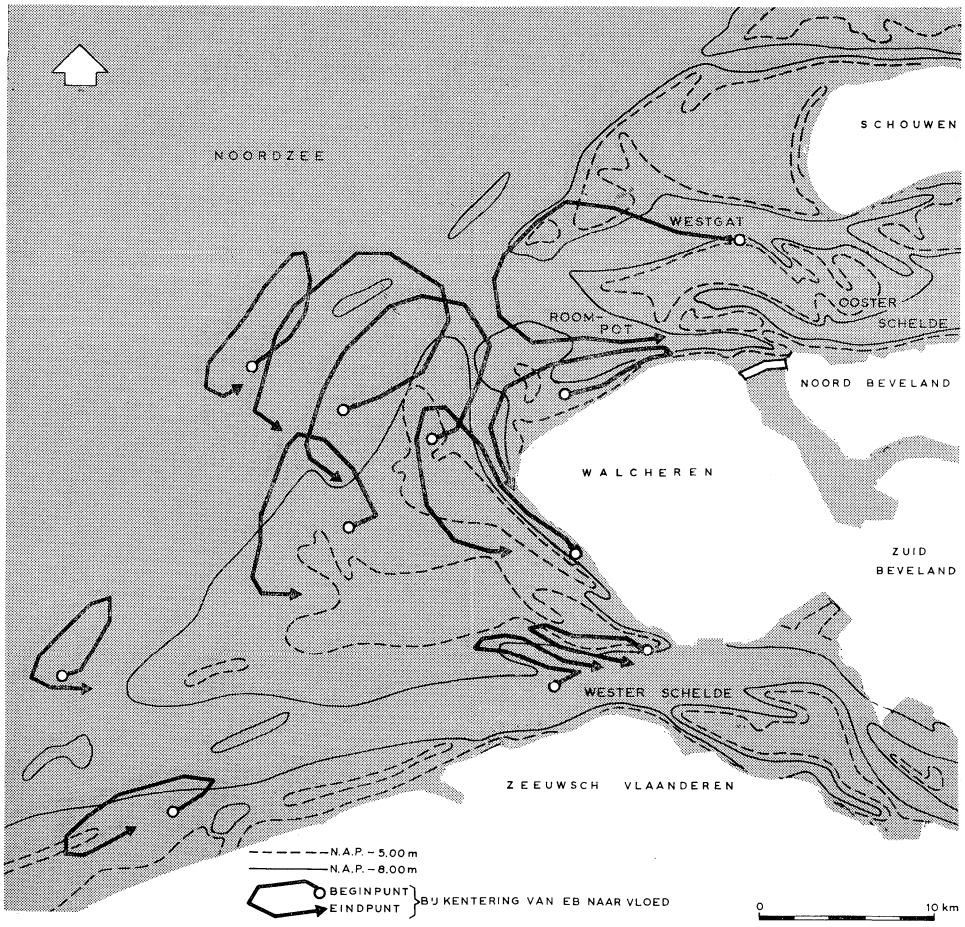
De slibbeweging in het Deltagebied voor en na de uitvoering van de Deltawerken

De studie die door Rijkswaterstaat wordt verricht van de slibhuishouding voor de Nederlandse kust heeft ten doel van de beweging, afzetting en erosie van slib in ons kustgebied op de hoogte te raken en te blijven, juist nu de Deltawerken ingrijpende veranderingen gaan aanbrengen in de stromingen en de waterbeweging voor de kust. In dit artikel zal een – soms voorlopige – bespreking worden gewijd aan de volgende vraagstukken:
Bij welke stromingen en wat voor golfbeweging kan slib bezinken? In welke gebieden kan men deze voorwaarden verwachten nadat de zeegaten zijn afgesloten?
Bij welke stromingen en golfbewegingen wordt afgezet slib weer opgewerveld? Waar zal dit onder de nieuwe omstandigheden gebeuren?
In hoeverre oefenen slib en slib-zandlagen invloed uit op de erosie van geulen, zowel in de diepe als in zijdelingse richting?
Welke relatie bestaat er tussen de slibbeweging langs de Deltakust en die langs de kust ten noorden van Hoek van Holland – de zogenaamde schone kust –, en hoe zal die betrekking onder invloed van de afdamming der zeegaten veranderen?
Slib kan slechts bezinken bij watersnelheden kleiner dan ongeveer 20 cm/sec. Eenmaal bezonken is het slib onderhevig aan allerlei processen die de binding tussen de slibdeeltjes vergroten. Hoe langer slib ongestoord blijft liggen, hoe grotere invloed deze processen uitoefenen. Met het verstrijken van de tijd is dan ook een steeds grotere watersnelheid nodig om het slib opnieuw te eroderen. Blijvende slibafzettingen kunnen alleen daar optreden waar de sedimentatievoorwaarden gunstig zijn, en waar slechts sporadisch erosie van slib plaatsvindt. Het slibonderzoek dient dus om de voorwaarden te bepalen waaronder blijvende slibafzettingen kunnen ontstaan. Uit getijberekeningen en golfstudies kan dan worden afgeleid in welke gebieden aan die voorwaarden wordt voldaan.
Slib dat in geulen is afgezet en daar lange tijd is blijven liggen heeft een grotere weerstand tegen erosie dan onvermengd zand. Slibafzettingen kunnen dus inderdaad de diepte- en zijdelingse erosie van geulen beperken. Dit is van betekenis voor de voorspelling van de snelheid waarmee en de richting waarin geulen zich zullen verplaatsen.
Het onderzoek naar de mechanismen van slibsedimentatie en sliberosie is nog niet afgesloten. Daarentegen heeft het onderzoek naar de hoeveelheid slib dat zich in het Deltagebied beweegt reeds enige resultaten opgeleverd. Ze zullen in het volgende kort worden besproken.
Uit het voorkomen van uitgestrekte slibgebieden, uit slibgehaltemetingen en uit boringen blijkt dat er in de Deltawateren in de huidige toestand veel slib in beweging is. Boringen

Gemiddelde slibgehalten en slibafvoeren in het Deltagebied en langs de schone kust



Drift van waterdeeltjes gedurende een getijperiode voor de monden van Ooster- en Westerschelde



geven aan, dat 15 à 20 % van het sediment dat in het Deltagebied wordt afgezet, uit slib bestaat. De rest is zand.

Dit slib is van verschillende oorsprong. Gedeeltelijk wordt het aangevoerd door Rijn, Waal, Maas en Schelde, en door de Noordzee, voor een ander deel ontstaat het in het Deltagebied zelf door erosie van oude sliblagen en ten gevolge van biologische activiteit. In elk zeegat is het slib weer van andere herkomst. Zo voert het Haringvliet voornamelijk slib aan uit Waal en Maas. Het slib in de Oosterschelde daarentegen is bijna uitsluitend afkomstig uit de Noordzee of te danken aan biologische slibvorming. In de Westerscheldemond is het slib voornamelijk afkomstig van geërodeerde kleilagen, die daar over grote uitgestrektheden voorkomen. Het hoge slibgehalte wordt er vooral veroorzaakt door de geringe afvoer van slib naar het zuiden of noorden. Het Brouwershavensche Gat bevat slib dat voor tweederde afkomstig is van Waal en Maas. Het wordt daar gebracht door de Grevelingen, maar ook het Haringvliet, middels een om de kop van Goeree lopende rondgaande stroming.

Het slib van het Deltagebied beweegt zich uiteindelijk langs de schone kust naar het noorden. Dicht onder de kust bestaat namelijk een vloedoverschot, hetgeen wil zeggen dat meer water bij vloed naar het noorden stroomt dan bij eb naar het zuiden. Verder zeewaarts bestaat weliswaar een eboverschot, maar dat is voor het vervoer van slib van geen belang, omdat de slibgehalten van het water daar veel lager zijn dan dicht onder de kust. Een gedeelte van het Haringvlietslib komt dan in de Waterweg terecht; het kan voorts tijdelijk worden afgezet op de Maasvlakte, tot het bij storm weer wordt geërodeerd. De strook waarbinnen het Deltaslib zich noordwaarts verplaatst, is smal. In het Deltagebied zelf reikt hij niet verder dan vier kilometer uit de kust, langs de schone kust zelfs niet meer dan twee kilometer. Binnen de strook neemt het slibgehalte in de richting van de kust sterk toe; erbuiten is het slibgehalte van het water gering. De haven van IJmuiden vangt veel slib op, hetgeen blijkt uit een sterke vermindering van het slibgehalte ten noorden van deze haven. Uit gegevens van Rijkswaterstaat en andere instellingen werden voor de huidige toestand de slibafvoeren en slibgehalten berekend. Men vindt ze in een bijgevoegde figuur.

Onder invloed van de Deltawerken zal de slibbeweging in het Deltagebied en langs de schone kust veranderen.

Als de zeegaten zijn afgesloten zal er geen Noordzeeslib meer kunnen binnendringen in de Deltawateren, met uitzondering van de Nieuwe Waterweg. Er wordt dan door het Deltagebied geen slib meer aan de slibbeweging langs de kust onttrokken, terwijl, zoals wij zullen zien, wellicht toch een groot gedeelte van het rivierslib op zee geloosd zal worden. Een en ander zal waarschijnlijk leiden tot een geringe verhoging van het gemiddelde slibgehalte van het kustwater.

De allerbelangrijkste ingreep in de slibbeweging langs de kust zal echter tot stand komen door de afsluiting van de Oosterschelde. Onder de huidige omstandigheden wordt er namelijk zeer weinig slib vanuit de Westerschelde noordwaarts gevoerd. Dit is een gevolg van een bijzondere samenloop van omstandigheden in de stromingen van Wester- en Oosterschelde. Een slibdeeltje dat zich bij de kentering van eb naar vloed in de mond van de Westerschelde bevindt en met de vloedstroom naar het noorden gevoerd wordt, bereikt de mond van de Roompot juist als daar ebstroom gaat lopen. Het wordt door die ebstroom zeewaarts verplaats, en met de ebstroom op de Noordzee weer naar het Westerscheldegebied vervoerd. Het beschrijft dus een cirkelgang. Wordt de Oosterschelde afgesloten, dan verdwijnt deze bijzondere stromingstoestand. Het slib uit de Westerschelde kan zich dan langs de kust verder noordwaarts bewegen. Aangezien het slibgehalte van

de Westerschelde nogal hoog is, zal ook door de zojuist genoemde stroomverandering het slibgehalte van het water langs de kust toenemen.
Van belang is nu of deze toeneming ook een verhoging van het slibgehalte voor de schone kust tengevolge zal hebben. Een definitieve uitspraak hierover is thans nog niet te geven. Wel kan worden opgemerkt dat, als het slibgehalte van het water voor de schone kust onder invloed van de Deltawerken toeneemt, deze toeneming in de loop der tijd geringer zal worden. Na afsluiting van de zeegaten zal de bodemfiguratie in de monden veranderen. Na enige tijd kan zich in een der monden bijvoorbeeld een zandbank vormen die het achtergelegen gebied tegen sterke golfaanval beschermt, zodat definitieve afzetting van slib mogelijk wordt. Deze slibsedimentatie zou dan slib aan de slibbeweging langs de kust gaan onttrekken en daardoor zou het slibgehalte van het kustwater ten noorden van het zeegat afnemen. Zeker is dat er na de afsluiting van de Oosterschelde veel slib uit de mond van de Westerschelde voorgoed naar het noorden zal worden afgevoerd. Na verloop van tijd zal de hoeveelheid slib in de mond van de Westerschelde verminderen en daarmee het slibgehalte van het water langs de Deltakust.
In de figuur zijn ook de slibafvoeren aangegeven die na de uitvoering van het Deltaplan en de Rijnkanalisatie in de benedenrivieren verwacht worden. Vergelijkt men de cijfers met die bij de huidige toestand, dan blijken de veranderingen in de slibafvoeren in de benedenrivieren onder invloed van de Deltawerken niet zeer ingrijpend te zijn, behalve voor de Noord en de Oude Maas. De slibafvoeren in deze beide rivieren en ook die in de Nieuwe Maas zijn sterk afhankelijk van het al dan niet openblijven van de Oude Maas. Over de toekomstige slibafvoer door de Haringvlietsluizen is nog niets met zekerheid te zeggen. Wel is uit studies gebleken dat het Haringvliet gedurende een groot gedeelte van het jaar als slibvanger zal gaan fungeren. De stroomsnelheden op dit bekken zullen dan zo gering zijn dat het slib gemakkelijk kan bezinken. Is de binding tussen de slibdeeltjes zo sterk dat het de grote stroomsnelheden die bij hoge rivierafvoeren op het bekken zullen voorkomen, kan weerstaan, dan kan er blijvend slib in het Haringvliet worden afgezet. Hierdoor zal dan de hoeveelheid slib dat het Haringvliet door de sluizen verlaat, worden beperkt. Is de binding tussen de slibdeeltjes nog niet sterk genoeg, dan wordt het grootste deel van het afgezette slib bij hoge afvoeren geërodeerd en door de sluizen afgevoerd. Nader onderzoek naar de erosiegevoeligheid van het hier afgezette slib is dus nodig om te komen tot prognoses ten aanzien van de toekomstige slibbeweging in dit gebied.
Het is te verwachten, dat de slibbeweging langs de kust na de uitvoering van het Deltaplan 's zomers veel geringer zal zijn dan 's winters. In de winter kunnen stormen eerder afgezette sliblagen weer doen opwervelen. Bovendien kan men in de winter en het voorjaar hoge spuidebieten door de Haringvlietsluizen verwachten; er zal dan mogelijk veel slib naar zee worden gevoerd. Door beide oorzaken zal er 's winters dus veel slib langs de kust trekken. In de zomer daarentegen is de golfwerking veel minder, en kan plaatselijk veel slib worden afgezet. Bovendien zijn dan de spuidebieten door de Haringvlietsluizen klein, en wordt er weinig slib vanuit het Haringvlietbekken naar zee gebracht. Er zal zich dan dus veel minder slib langs de kust bewegen.
Het slibonderzoek heeft tot nu toe een aantal verwachtingen opgeleverd ten aanzien van de toekomstige slibafvoer langs de Deltakust. Er is echter nog veel onderzoek nodig, vooral van de mechanismen van sedimentatie en erosie en de processen welke na afzetting van het slib optreden, vooraleer meer definitieve antwoorden op de in de aanhef gestelde problemen gegeven kunnen worden.

De ontzilting en bebossing van buitendijkse gronden in het Veerse Meer

Door de afsluiting der zeearmen zal het getij in de Deltawateren wegvallen; op de Deltameren zullen dan ook nog slechts geringe schommelingen in de waterstand voorkomen. Dientengevolge zal een aantal buitendijkse gronden die thans nog regelmatig door de vloed worden overspoeld, voorgoed droogvallen. Gronden van verschillende aard: zandplaten, slik- en plaatgronden en schorren. Schorren liggen reeds gedeeltelijk boven de hoogwaterlijn, zandplaten en plaatgronden lopen nog met ieder getij onder. Zandplaten bestaan geheel uit zand, terwijl plaatgronden een dunne, en schorren een dikke kleilaag bezitten als afdekking van een zandige ondergrond.
Voor het behouden en het gebruik van al deze gronden is het van belang dat zij na hun droogvallen niet ontaarden in zandverstuivingen. De bezwering van dat gevaar moet vooral verwacht worden van begroeiing of beplanting. De mogelijkheden tot vestiging van vegetatie worden voornamelijk bepaald door het grondwaterregime, dat op zijn beurt weer afhankelijk is van het peil en het zoutgehalte der Deltameren, van de neerslag en van cultuurtechnische ingrepen zoals drainage of infiltratie.
Om een beter inzicht te krijgen in de samenhang van deze factoren is een onderzoek ingesteld naar de ontzilting van enkele gronden in het Veerse Meer.
Er zijn verscheidene methodes ontwikkeld voor de bepaling van het zoutgehalte van grondwater, en wel:

1. Analyse van gestoken grondmonsters. Men bepaalt het watergehalte en het zoutgehalte en deelt ze op elkaar.

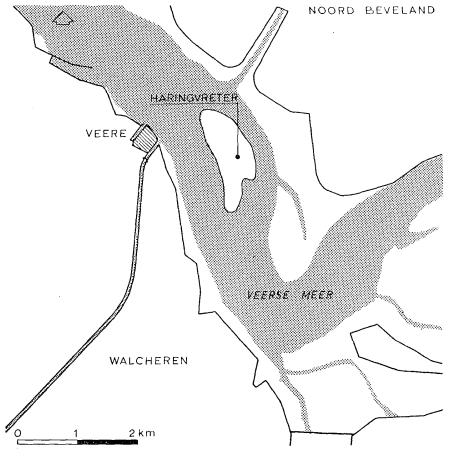
2. Analyse van watermonsters die onttrokken worden aan op bepaalde plaatsen in de ondergrond aangebrachte filterbuizen.

3. Directe meting van de elektrische weerstand van de bodem met behulp van een elektrische sonde. Het geleidend vermogen van de bodem wordt namelijk in hoge mate bepaald door het zoutgehalte van het grondwater.

4. Geo-elektrische metingen. Aan de oppervlakte wordt de weerstand van een tussen twee in de grond gestoken elektroden gelegen grondlichaam gemeten. Hoe verder men de elektroden uit elkaar plaatst, hoe groter grondlichaam doorgemeten wordt en hoe dieper ook de ondergrond wordt verkend.

1 Ligging van de zandplaat Haringvreter in het Veerse Meer

2 Voortschrijdende ontzilting van de Haringvreter tussen oktober 1963 en oktober 1964



5. Metingen met behulp van de neutronen-sonde. De sonde bevat een radio-actieve kern. Ze wordt in een van te voren geplaatste droge metalen buis naar beneden gelaten. Zout en zoet water reageren verschillend op de uitgezonden straling, zodat het aantal door een telbuis opgevangen impulsen een aanwijzing is voor het zoutgehalte van het grondwater.

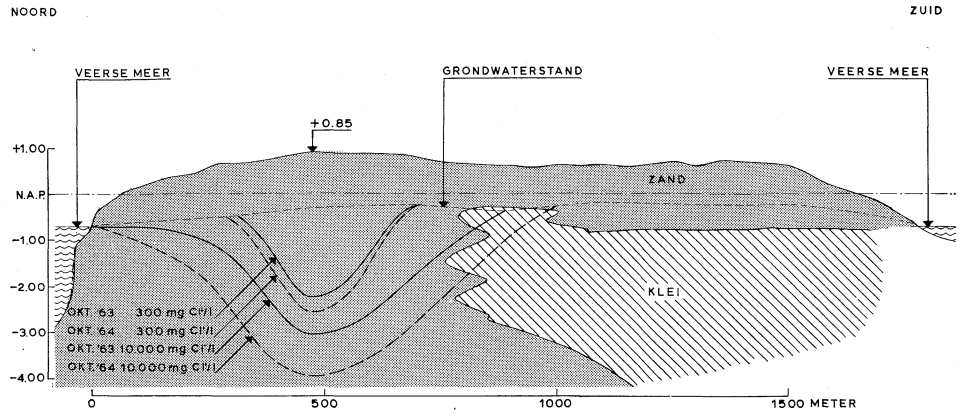
Al deze methodes zijn beproefd en toegepast in het gebied van het Veerse Meer.
Het Veerse Meer zelf blijkt nog steeds een zeer groot zoutgehalte te hebben, vrijwel overeenkomend met dat van zeewater. Op de gronden echter kon een voortgaande ontzilting worden vastgesteld.

Een goede studiemogelijkheid bood in dit verband de Haringvreter, eertijds een plaat in het Veersche Gat tegenover de stad Veere, doch thans een eiland in het Veerse Meer.

De Haringvreter bestaat hoofdzakelijk uit zand; het zuidelijk deel echter is opgebouwd als plaatgrond: op meer dan een meter beneden het maaiveld is daar een enkele meters dikke kleilaag aangeboord. Dit eiland nu heeft sinds de afsluiting van het Veersche Gat in april 1961 reeds een aanzienlijke hoeveelheid regenwater opgevangen, waardoor de bovenste grondlagen geheel zijn verzoet. Er heeft zich hier een proces voorgedaan dat vergelijkbaar is met de voorraadvorming van zoet water in de duinen langs de Nederlandse kust: in de zand- en plaatgronden heeft zich een zoetwaterlens gevormd die drijft op het zoute water in de ondergrond. De naam 'lens' geeft reeds aan dat de dikte ervan in het midden van het eiland het grootst is. Aan de rand van het eiland vindt voortdurend afstroming naar het Veerse Meer plaats, waardoor een verhang ontstaat van het midden van het eiland naar de rand. Omdat zandige gronden het water veel beter doorlaten dan meer kleihoudende is de ontzilting in het zuidelijk deel van het eiland aanzienlijk minder ver gevorderd.

Het zoutgehalte van water wordt meestal uitgedrukt in milligrammen chloorion per liter (mg cl'/l). Algemeen wordt een zoutconcentratie groter dan 300 mg cl'/l ongunstig geacht voor begroeiing. Die grens van 300 mg cl'/l ligt thans in het midden van het eiland op ongeveer 3,5 m beneden het maaiveld; de 10 000 mg cl'/l-grens zelfs op 4,5 m beneden het maaiveld. Het gedeelte boven de kleilaag in het zuidelijk deel is enigermate ontzilt, de kleilaag zelf echter nog in het geheel niet.

2



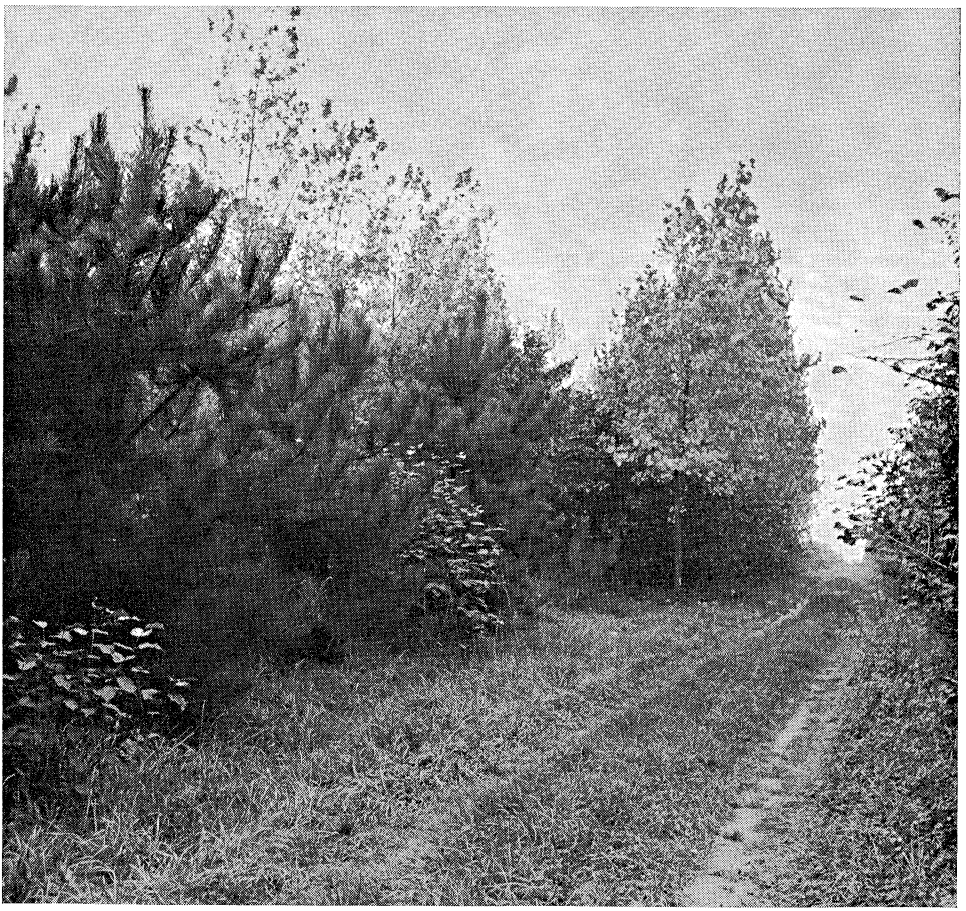
Bebossing

Het grondwaterregime in de zandplaten en plaatgronden van het Veerse Meer maakt ze reeds spoedig na het droogvallen geschikt voor bebossing. Doordat ze in het algemeen goed waterdoorlatend zijn, hoeven voor de ontwatering meestal geen bijzondere voorzieningen te worden getroffen; te minder, omdat loofhoutbeplantingen betrekkelijk ongevoelig zijn voor hoge grondwaterstanden van korte duur. Zouden er niettemin ten gevolge van een slechte ontwatering minder goed groeiende of open plekken in het bos ontstaan, dan hoeft het effect daarvan op de totale aanblik van het landschap helemaal niet ongunstig te zijn. Op de zandplaten en plaatgronden kan veelal worden afgezien van de aanleg van een stelsel van waterlopen met hun onvermijdelijke rechthoekige doorbraken door het houtbestand.

Bij het ontwerpen van bebossingen als deze stelt men zich ten doel snel en efficiënt een duurzaam landschappelijk element tot stand te brengen dat vooral de ontspanning in de vrije natuur ten goede komt. Het beginsel van het meervoudig nut en gebruik van het bos wordt ook hier toegepast, maar de houtproduktie komt niet op de eerste plaats. Dan zouden namelijk eensoortige cultures moeten worden aangelegd, ten koste van de recreatieve waarde van het gebied. De ervaringen met eensoortige cultures zijn trouwens in de noordelijk gelegen kustgebieden teleurstellend geweest: monocultures van dennen op arme gronden en van populieren op rijkere bleken van verschillende aantastingen te lijden te hebben.

Om esthetische, recreatieve en technische redenen koos men hier dus een beplanting op vegetatiekundige grondslag. Ze zal een geheel vormen met de begroeiing van de omliggende gebieden, een grote verscheidenheid vertonen in soort en ontwikkeling, en de extreme omstandigheden van het klimaat het best verdragen. Het natuurlijk patroon van de beplanting en het rijke milieu dat ze biedt aan de dierenwereld zullen de toekomstige bezoeker in de waan kunnen brengen dat hij in de ongerepte natuur verkeert. Toch wordt bij de bebossing niet strikt de verhouding der soorten gevolgd die natuurlijke gezelschappen in optimale ontwikkeling vertonen. Liever bereikt men zo snel mogelijk het gestelde doel met betrekkelijk lage kosten, terwijl het wezenlijke van het natuurlijk assortiment behouden blijft. Er zal bijvoorbeeld plaatselijk en tijdelijk gebruik worden gemaakt van vulhoutsoorten – waaronder een exotisch gewas als de olijfwilg – die in het blijvend bestand niet meer voor zullen komen.

Bebossing in de Braakman. Voorbeeld van gemengde bebossing op een drooggevallen gebied. Het bos is hier ongeveer zeven jaar oud





Bosinplant met behulp van een vijfrijige plantmachine

De belangrijkste houtsoorten in het uiteindelijk bos zullen zijn, genoemd in volgorde van belangrijkheid: inlandse eik, iep, es, populier, wilg, berk, abeel, en in veel geringere mate: beuk, esdoorn, noot, linde en tamme kastanje. De boscomplexen op de zandplaten worden aan de westzijde omzoomd door een 20 m brede singel van duinstruweel, in hoofdzaak duindoorn, meidoorn en veldiep.
De beplantingen worden opgezet in gesloten verband, dus zonder lanen, coulissen of groepen. Het zeekustklimaat staat het niet anders toe: slechts in een zekere massiviteit kunnen hier binnen redelijke tijd bomen opgroeien en bossen ontstaan. Ook het landschap van de omgeving vraagt trouwens om complexen van allure. Later kunnen de scherpe begrenzingen altijd nog worden verzacht door het aanbrengen van bomen en struiken op de royale graszomen tussen het bos en het water.
Van de drooggevallen Staatsgronden in het Veerse Meer is tot nu toe een oppervlakte van 180 ha bebost. De beboste gebieden – voornamelijk zandplaten en voorts plaatgronden – zijn: de Schotsman en de Ruiterplaat, gelegen tegen de Veersche-Gatdam (oppervlakte 135 ha), de Haringvreter, tegenover Veere, (oppervlakte 25 ha) en een gedeelte van het Noordsloe ten noordoosten van de Sloedam (oppervlakte 20 ha). Het ligt in het voornemen in de komende jaren nog ongeveer 90 ha Staatsgrond te bebossen.
De bosinplant wordt uitgevoerd met behulp van een vijfrijige plantmachine. Tot dusver zijn per ha ongeveer 16 000 stuks jonge bomen ingeplant. Dit dichte plantverband is toegepast omdat vanwege de zilte en sterke wind zoveel mogelijk moet worden voorkomen dat er gaten in de beplanting vallen; bovendien is een spoedige sluiting gewenst, ter vermijding van hoge onderhoudskosten. Men bevordert het aanslaan en in sluiting komen van de beplanting door de jonge bomen voor het planten in te korten tot ongeveer vijftien cm. Dit vergemakkelijkt bovendien het machinaal planten, terwijl toch niet gevreesd hoeft te worden voor een nadelige invloed op de latere stamontwikkeling.
Het onkruid wordt voornamelijk met chemische middelen bestreden. Op deze jonge mariene gronden kan worden volstaan met 1 kg Simazin per ha per jaar.
Hoewel men de dag niet mag prijzen voor het avond is, doet het aanslaan van de beplantingen het beste verwachten voor de toekomst. Na een tiental jaren zal deze bebossing schaal en kleur verlenen aan het landschap, het gezochte randeffect aanbrengen van bos, land en water, en op de aan te leggen paden en kampeerterreinen beslotenheid en beschutting bieden.

De gevolgen van bui-oscillaties in havens langs de kust

Zolang door de Rijkswaterstaat doorlopende getijwaarnemingen worden verricht, zijn – vooral langs onze kust – veelvuldig storingen in de normale getijbeweging geconstateerd. Deze storingen, die door meteorologische omstandigheden worden veroorzaakt, zijn van tweeërlei aard, nl.:

1. langzaam verlopende storingen die veroorzaakt worden door opstuwing door wind, en

2. storingen die veroorzaakt worden door snelle veranderingen in de meteorologische omstandigheden, zogenaamde buien. De daardoor optredende variaties in de waterstanden worden bui-oscillaties genoemd. Bui-oscillaties zijn reeksen van verstoringen, die soms zeer onregelmatig, maar dikwijls ook opvallend regelmatig verlopen. Men spreekt wel van buistoten in het geval van min of meer solitaire verstoringen van de waterspiegel. Ook dergelijke verstoringen worden gevolgd door een reeks van onregelmatige in grootte afnemende bewegingen van de waterspiegel. Een duidelijk onderscheid tussen buistoten en bui-oscillaties is dan ook vaak nauwelijks aan te geven.

Bij het bepalen van de ontwerphoogte van zeewaterkerende dammen en dijken wordt tegenwoordig met het optreden van bui-oscillaties en buistoten rekening gehouden. Zie het rapport van de Deltacommissie, deel 4, bijlage III.5. Ook in het artikel 'Enkele beschouwingen over de bepaling van de hoogte van zeedijken', verschenen in het voorgaande nummer (32) van het Driemaandelijks Bericht van de Deltawerken, worden bui-oscillaties en buistoten vermeld. In plaats van de term bui-oscillaties wordt ook wel het woord 'seiches' gebruikt, dat aanvankelijk diende ter aanduiding van door meteorologische omstandigheden veroorzaakte schommelingen in het Zwitserse merengebied.

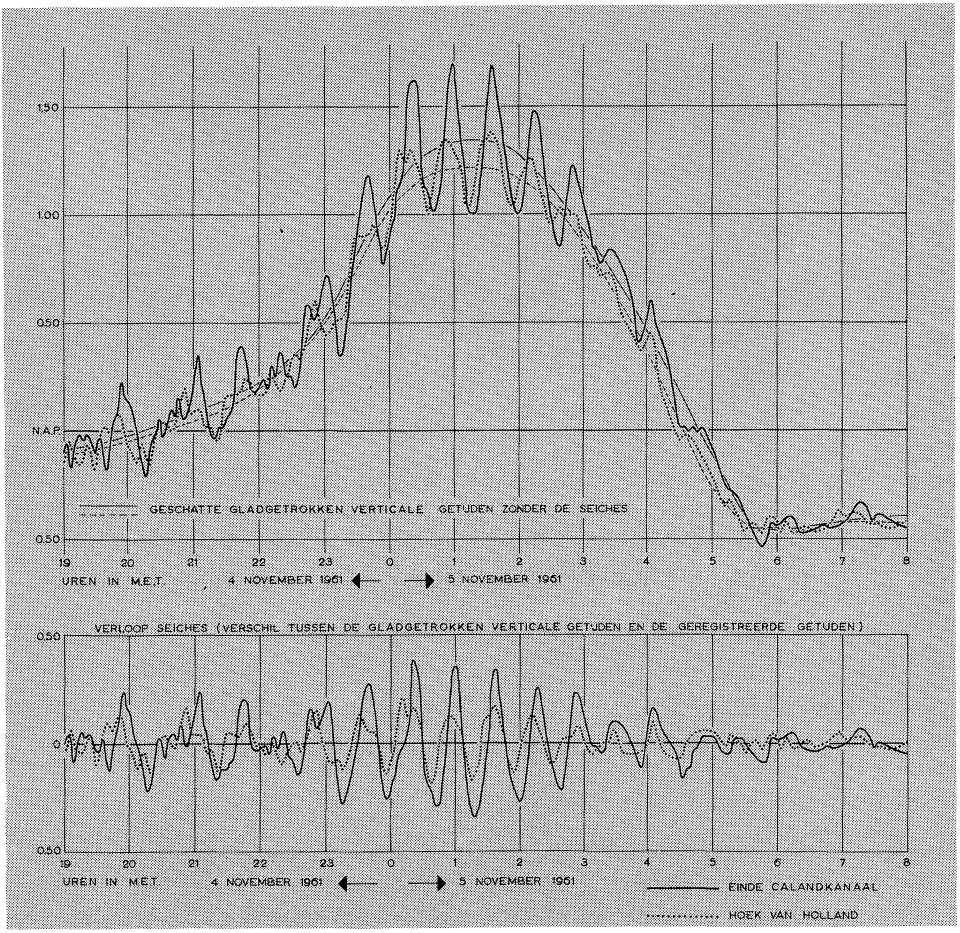
In het vervolg zullen storingen in de meer of minder regelmatige beweging van de waterspiegel in havens die door bui-oscillaties op zee worden veroorzaakt, seiches genoemd worden.

Seiches kunnen in havenbekkens, vooral in havens aan zee zoals IJmuiden en Scheveningen, aanmerkelijk grotere amplitudes hebben dan de bui-oscillaties op zee waarvan ze afhankelijk zijn; hoeveel groter wordt in belangrijke mate bepaald door de afmetingen van deze havens, zoals in dit artikel zal worden aangetoond.

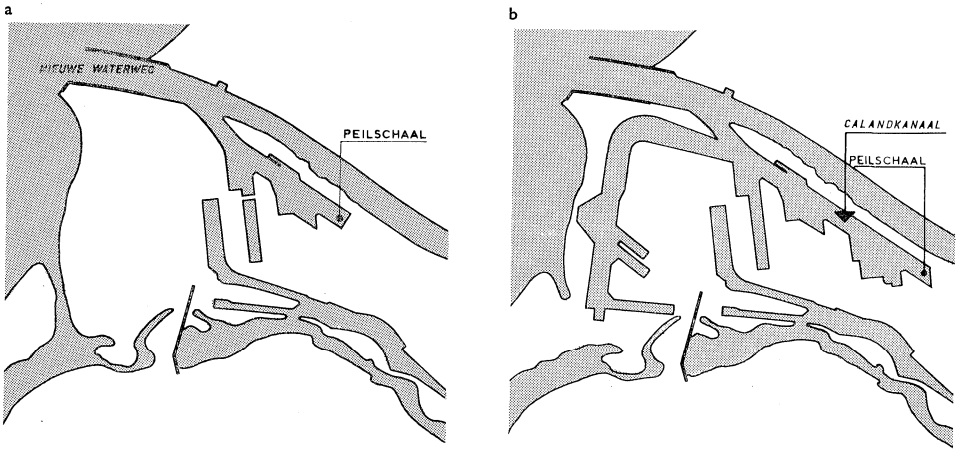
Ieder bekken dat aan één zijde in open verbinding staat met de zee of een rivier zal in zijn mond optredende verstoringen van de getijbeweging in min of meerdere mate versterken. Als voorbeeld is de invloed van bui-oscillaties op het verticaal getij te Hoek van Holland in de nacht van 4 op 5 november 1961 weergegeven.

In het Calandkanaal (Europoortgebied) deed zich toen een karakteristiek geval van seicheversterking voor. De periode van deze nogal regelmatig verlopende seiches bedroeg globaal 40 minuten. Na ongeveer drie perioden bereikten de seiches een hoogte van 7 à 8 dm van dal tot top, daarna dempten ze geleidelijk uit. Acht uur nadat de seiches hun grootste hoogte hadden bereikt was de verstoring nog merkbaar. Te Hoek van Holland bedroeg de grootste hoogte van top tot dal 3 à 4 dm.
Seiches kunnen in havens waterbewegingen veroorzaken die voor de scheepvaart hinderlijk zijn. Bij een periode van veertig minuten, zoals in het aangegeven geval, zal de stroming in de haveningang bijvoorbeeld iedere twintig minuten van richting veranderen.
Vergelijkt men de in 1961 aan het einde van het Calandkanaal geregistreerde seiches met de terzelfdertijd in de Noordersluis te IJmuiden gemetene, dan valt op dat ze van dezelfde orde van grootte zijn. Ook te Scheveningen zijn op 4 en 5 november 1961 seiches geregis-

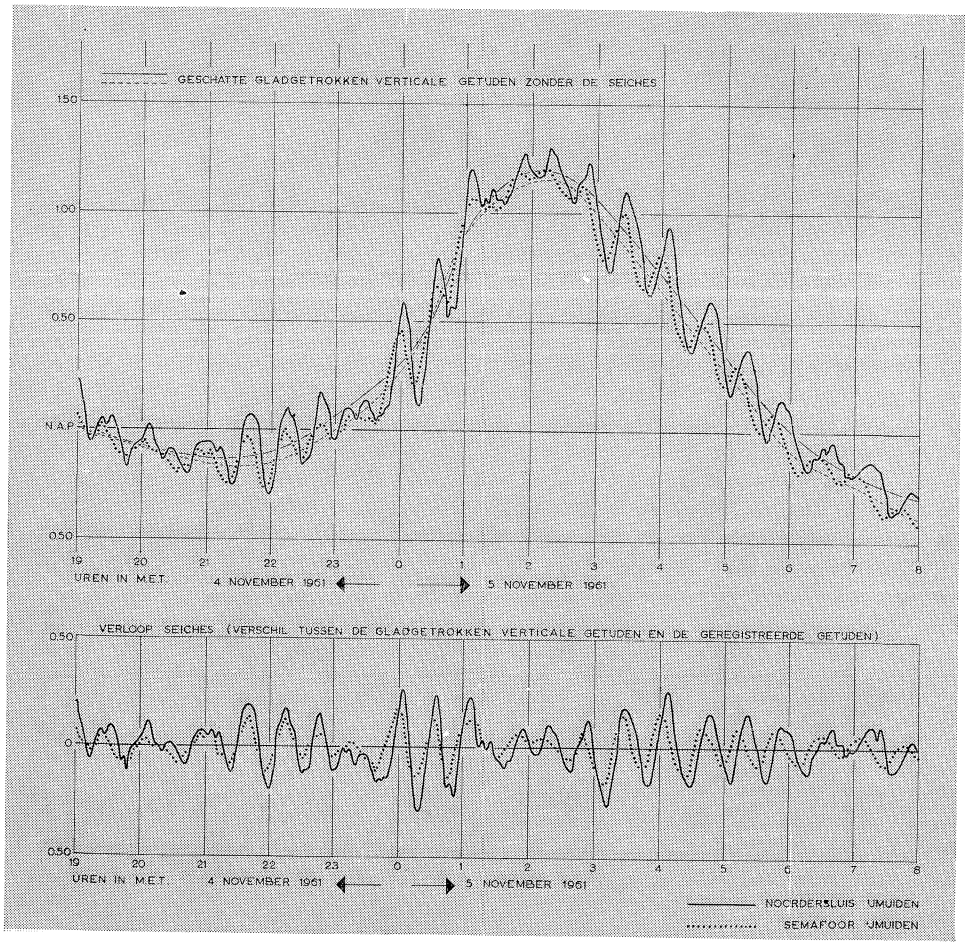
Verticale getijkrommen en seiches geregistreerd aan het einde van het Calandkanaal en te Hoek van Holland in de nacht van 4 op 5 november 1961



1


a
NIEUWE WATERWEG
PEILSCHAAL
b
CALANDKANAAL
PEILSCHAAL

2

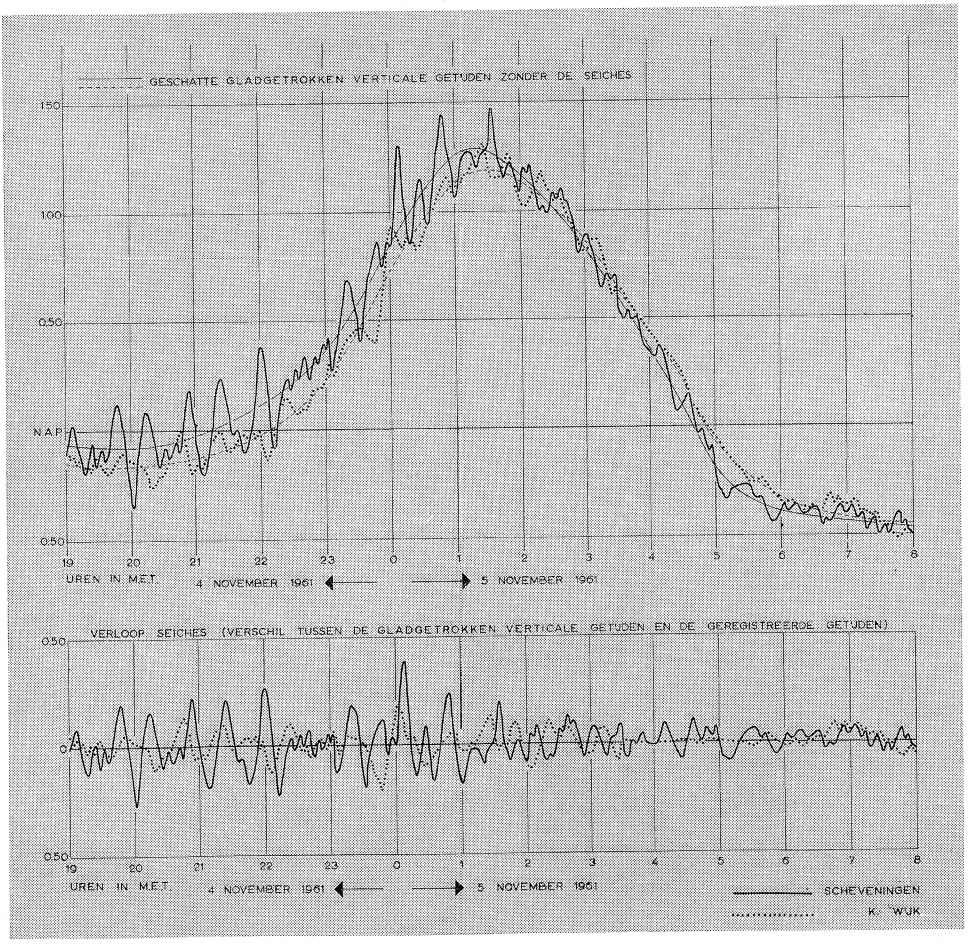

GESCHATTE GLADGETROKKEN VERTICALE GETIJDEN ZONDER DE SEICHES
150
100
0.50
N.A.P.
0.50
19
20
21
22
23
0
1
2
3
4
5
6
7
8
UREN IN M.E.T.
4 NOVEMBER 1961
5 NOVEMBER 1961
VERLOOP SEICHES (VERSCHIL TUSSEN DE GLADGETROKKEN VERTICALE GETIJDEN EN DE GEREGISTREERDE GETIJDEN)
0.50
0
0.50
NOORDERSLUIS IJMUIDEN
SEMAFOOR IJMUIDEN

1 Het Zeekanaal, later Calandkanaal genoemd, in 1961 (a) en in 1964 (b)

2 Verticale getijkrommen en seiches, geregistreerd aan de Noordersluis en bij de semafoor te IJmuiden in de nacht van 4 op 5 november 1961

3 Verticale getijkrommen en seiches, geregistreerd in de haven van Scheveningen en aan de meetpaal te Katwijk, in de nacht van 4 op 5 november 1961

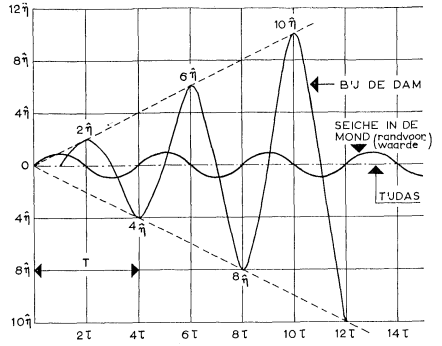
3



1 Toeneming van de opslingeringsfactor in geval van resonantie bij een sinusoïdale seiche in de mond van het kanaal

2 Toeneming van de opslingeringsfactor en van de stroomamplitude in de mond van het Calandkanaal van 1961. De lijnen A en B gelden wanneer de weerstand verwaarloosd wordt

1



τ = LOOPTIJD VERSTORING IN HET KANAAL VAN MOND TOT DAM
η̂ = AMPLITUDE SINUSOIDALE SEICHE IN DE MOND

treerd met een hoogte van 5 à 6 dm. In de figuur die de verticale getijbeweging op die dagen te Scheveningen weergeeft, komt ook het te Katwijk aan de meetpaal geregistreerde getij voor. Ter plaatse van de meetpaal, die enkele kilometers uit de kust voor Katwijk staat, bedragen de rijzingen en dalingen van de seiches nauwelijks meer dan 3 dm. De hoogten van de bui-oscillaties aan de kust bij Katwijk met de seiches in de Noordersluis te IJmuiden, in de haven van Scheveningen en in het Calandkanaal vergelijkend, ziet men dat in de havens een belangrijke versterking van de verstoringen is opgetreden. Ter nadere verklaring van dat verschijnsel zal in het vervolg van dit artikel een eenvoudig, geschematiseerd geval van reflectie van seiches in een afgesloten bekken worden beschreven.

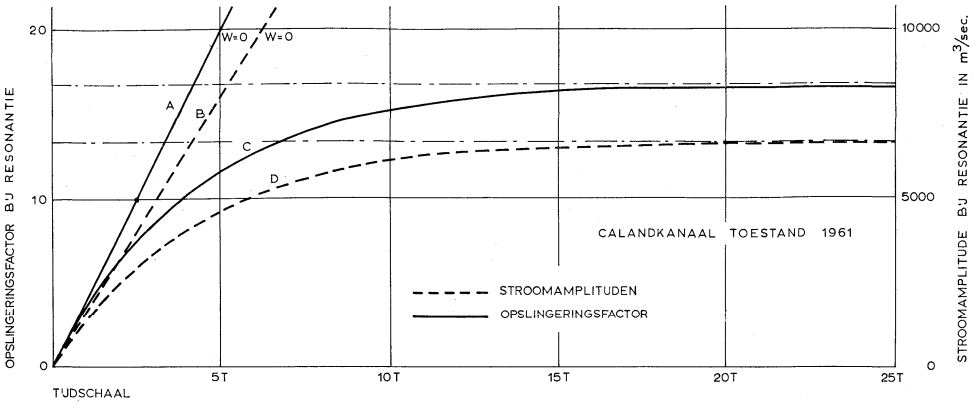
De voortplanting van seiches in een aan de binnenzijde afgesloten haven of kanaal is een nogal complex verlopend verschijnsel; dit wordt veroorzaakt door de terugkaatsingen van de golf bij het afgesloten einde.

Gaat men ervan uit dat bij het begin van het optreden van een serie seiches de haven in rust is, dan zal de golf zich normaal naar het afgesloten einde voortplanten, waarbij de waterstanden in het kanaal geleidelijk veranderen en waarbij ook de waterdeeltjes met de tijd veranderende snelheden verkrijgen. De snelheid waarmee zo'n golf zich voortplant is eenvoudig te bepalen; ze is nl. gelijk aan de wortel van het produkt van de versnelling van de zwaartekracht en de diepte die gedefiniëerd wordt als het quotient van het stroomvoerend oppervlak en de bergende breedte.

Als de golf aan het eind van het kanaal gekomen is zal hij teruggekaatst worden.

De teruggekaatste golf wordt dan gesuperponeerd op de golfbeweging die nog voortdurend vanaf de mond naar het einde blijft doorlopen, zolang de seiches zich in de havenmond blijven herhalen, en er dus sprake is van oscillatie. Wanneer verder verondersteld wordt dat de weerstand die de waterbeweging in het kanaal ondervindt zo gering is dat ze kan worden verwaarloosd, beïnvloeden deze heen- en weergaande golven elkaar niet in hun voortplanting, en kunnen ze theoretisch afzonderlijk worden beschouwd. De amplitudes zijn echter niet onafhankelijk van elkaar, daar in de mond van het kanaal de gesommeerde amplitudes van de heengaande en terugkerende golven op ieder moment gelijk moeten zijn aan de waterstanden aldaar. Deze waterstanden worden immers volledig bepaald door het verloop van de bui-oscillaties op zee en kunnen dus geen invloed ondergaan van de golfbeweging in het kanaal. Verder zijn de amplitudes ook nog afhankelijk van de lengte van het kanaal. De onderlinge beïnvloeding van deze factoren

2

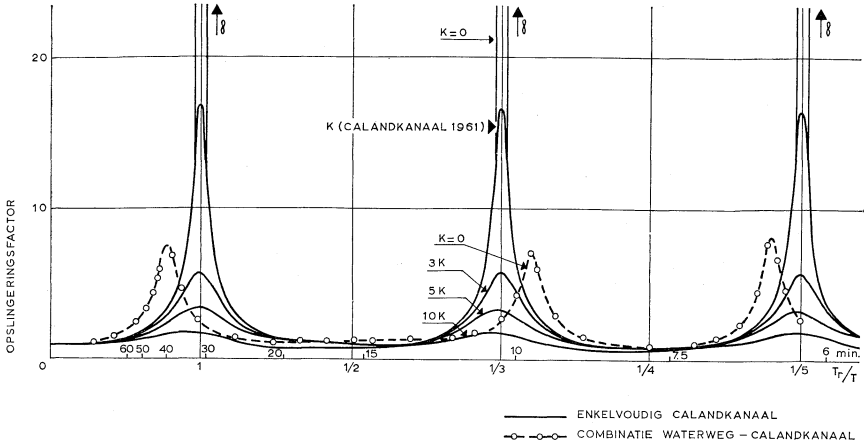


maken het proces van de voortplanting van een seiche in een haven of zee-kanaal in de loop van de tijd tot een gecompliceerd proces.
In het begin van de voortplanting van de seiche is het verschijnsel nog gemakkelijk te overzien. De naar binnen lopende seiche zal verhoging van de waterstanden veroorzaken. De watersnelheden zijn daarbij naar het afgesloten einde gericht. Als ze bij de dam is aangekomen wordt de golf gereflecteerd en keert ze terug met een even grote verheffing van de waterspiegel, daar bij het afgesloten einde de watersnelheid van de heen- en de teruggaande golf tezamen nul bedraagt. De superpositie van de heengaande en de terugkerende golf resulteert dus in een dubbele verhoging respectievelijk verlaging van de waterstand bij de dam. Dit verschijnsel wordt totale reflectie genoemd.
In de volgende periodes van de heengaande golf behoeft de reflectie echter niet meer volledig te zijn, daar de snelheden die naar het afgesloten einde zijn gericht verzwakt kunnen worden door die van de terugkerende golven.

Als gevolg van de voortdurende terugkaatsingen tegen het afgesloten einde zullen de opvolgende hoog- en laagwaterstanden in ieder punt van het kanaal steeds wijzigingen ondergaan. Deze wijzigingen zijn afhankelijk van de periode en de amplitude van de golf aan het begin van de haven of het kanaal en van de lengte van het kanaal. De mate van beïnvloeding moet door berekening worden bepaald. Voor de praktijk zijn vanzelfsprekend de hoogste en laagste waterstanden die door seiches worden veroorzaakt, het meest van belang.
Zij treden op wanneer de periode van de seiche zodanig is, dat de gereflecteerde golven bij het einde van het kanaal steeds maximaal worden versterkt en er dus volledige terugkaatsing plaats heeft. Men zegt dan dat de waterbeweging in het kanaal 'resoneert'. Dit verschijnsel doet zich voor wanneer de periode van de storingsgolf in zee gelijk is aan 4 maal de looptijd van de storing van de mond naar de dam; $^4/_3$ maal de looptijd, $^4/_5$ maal de looptijd; in het algemeen: $\frac{4}{2n-1}$ maal de looptijd, waarbij $n = 1,2,3$, enzovoort. Deze waarden corresponderen met een lengte van het kanaal gelijk aan $^1/_4$ van de golflengte, $^3/_4$ van de golflengte, $^5/_4$ van de golflengte, enzovoort. De golflengte is per definitie bepaald als het produkt van de periode en de voortplantingssnelheid van de golf. Gezien de belangrijke gevolgen die de resonantie van seiches kan hebben, zullen we een

Verloop van de opslingeringsfactor als functie van de verhouding van de resonantieperiode (Tr) en de beschouwde periode (T) bij verschillende waarden van de weerstandsfactor (K)

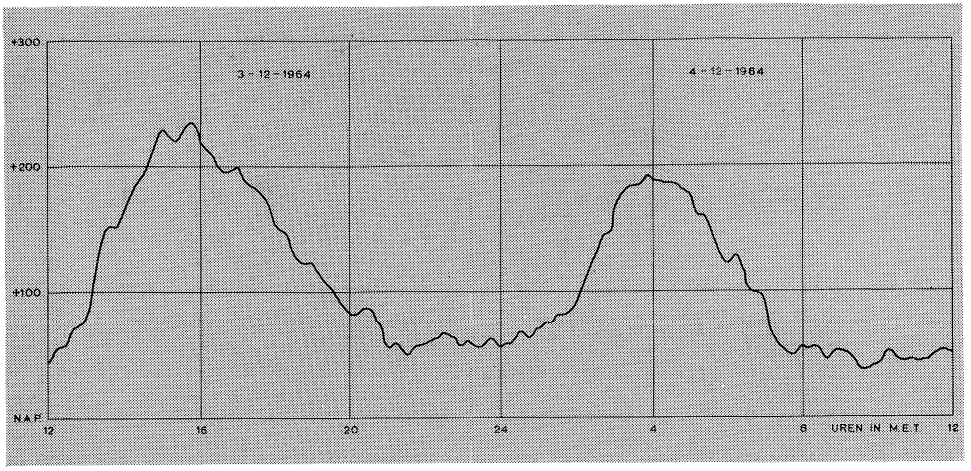
geval van resonantie van seiches nader bezien. We kiezen daartoe een sinusoidaal verlopende seiche met een golflengte van vier maal de lengte van het kanaal waarin ze optreedt.
Een verstoring bereikt in dit geval na een kwart periode vanaf de mond het einde van het kanaal. Als de top van de eerste seiche zich bevindt in de mond van het kanaal is de waterspiegel bij de dam dus nog net in rust.
Na de volgende kwart periode bereikt de eerste top het einde van het kanaal. De golf wordt daar volledig gereflecteerd, zodat haar top tweemaal zo hoog wordt. Deze teruggekaatste golf, waarvan de hoogte gelijk is aan die van de seiche in de mond, loopt daarna weer naar de mond, en haar top bereikt de mond juist op het tijdstip van het dal van de eerste seiche, nl. een halve periode nadat de eerste top zich in de mond bevond.
Daar de zeestand door de aflopende golf niet wordt beïnvloed, heeft ook hier reflectie plaats, maar dan in tegenovergestelde richting als aan het einde van het kanaal; zodanig dus, dat de top gereflecteerd wordt in een dal. Deze gereflecteerde golf heeft dan een dal dat even laag is als het dal van de golf aan het begin van het kanaal, die in de zee is opgewekt.
Het dal van de aan de mond teruggekaatste golf beweegt zich, tezamen met het dal van de nieuwe seiche, weer naar het afgesloten einde. Het dal, dat hierdoor tweemaal zo diep is geworden, wordt bij het einde volledig teruggekaatst. Het gevolg is dat het dal van de gecombineerde golf, nl. dat van de het kanaal oplopende en de teruggekaatste golf tezamen, bij de dam vier keer zo laag wordt als dat van de seiche bij de mond. Daarna loopt de teruggaande golf, die tweemaal de dalhoogte van de seiche heeft, weer naar de mond en wordt daar in een golf waarvan de top tweemaal de hoogte van de seiche zelf heeft, bij de dam teruggekaatst.
Tezamen met de top van de daar optredende seiche loopt deze golf het kanaal weer op en wordt aan het einde ervan opnieuw volledig teruggekaatst. De top bij de dam van de totale golf wordt dan zes keer zo hoog als die van de seiche bij de mond. Immers, het gecombineerde hoogwater van de bestaande seiche en van de het kanaal oplopende bij de mond teruggekaatste golf is driemaal zo hoog als dat van de seiche zelf. Tezamen met de daar veroorzaakte teruggekaatste golf is de totale hoogte zesmaal zo groot.
Door de opvolgende terugkaatsingen wordt de golftop bij de dam steeds hoger, en dus achtereenvolgens tweemaal, zesmaal, tienmaal, veertienmaal, enzovoort. Het golfdal



wordt viermaal, achtmaal verlaagd, enzovoort. De hoogste en laagste waterstanden langs het kanaal zelf verlopen regelmatig vanaf het begin tot aan het afgesloten einde, echter niet lineair. Op deze kwestie wordt hier niet verder ingegaan.
Een belangrijke grootheid die het effect van seiches in havens bepaalt is de zogenaamde opslingeringsfactor, dat is het quotient van de getijamplitude aan het eind en die aan het begin van de haven of het kanaal. In het onderhavige geval bedraagt de opslingeringsfactor van de top bij de dam na ½ periode 2, na 1½ periode 6.
In een bijgevoegde figuur is het verloop van de opslingeringsfactor grafisch weergegeven als functie van een reeks storingsgolven op zee met constante amplituden en een resonantieperiode van 31 minuten. Bij dergelijke schommelingen om de gemiddelde waterstand in een haven zullen de daarbij behorende maximale stromen zo krachtig worden dat de weerstand die het stromende water van de bodem en de wanden ondervindt niet langer verwaarloosd mag worden, zoals in deze beschouwing tot dusverre is aangenomen. Daar de weerstandskracht evenredig is met het kwadraat van de watersnelheid zal de opslingering bij het afgesloten einde van de haven beperkt worden en bij een voortgezette lange reeks van storingsgolven op zee asymptotisch naderen tot een bepaalde eindige waarde. De daarbij behorende stroomamplituden in de mond zullen ook kleiner worden.

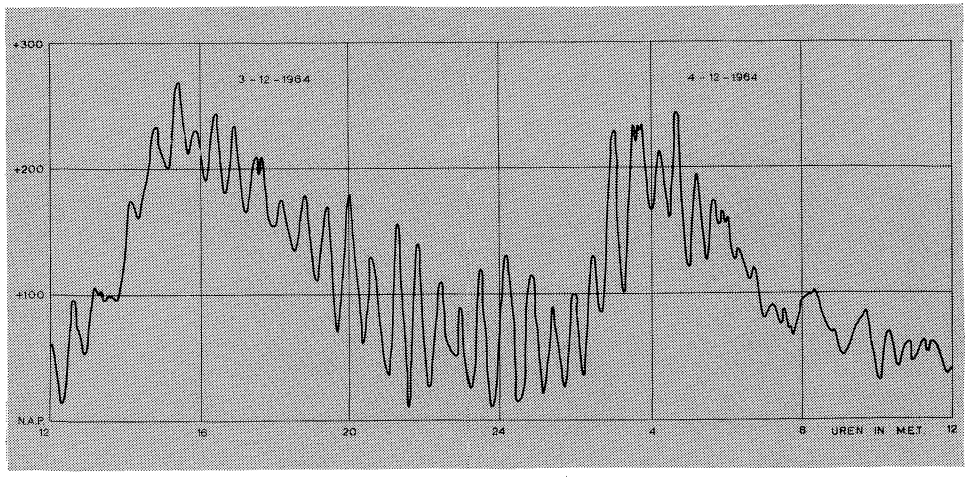
Opgemerkt dient te worden dat de grafieken zijn bepaald voor het theoretische geval dat het Calandkanaal zou uitmonden in zee in plaats van op de Nieuwe Waterweg. In werkelijkheid mondt het kanaal uit op de Waterweg, zodat de voortplanting van de seiches in het kanaal niet geheel in overeenstemming zal zijn met die van de figuur. De opslingering bij de dam in het Calandkanaal wordt nu namelijk verder beperkt, terwijl omgekeerd ook de seiches te Hoek van Holland door het Calandkanaal worden beïnvloed. Onder invloed van de weerstand in een kanaal zal geen totale resonantie bij het einde van het kanaal voorkomen, zoals het geval zou zijn zonder weerstand. Toch blijven opslingeringsverschijnselen aan het einde van het kanaal bestaan.
Men spreekt toch van resonantie, vooropgesteld dat de verhoging aan het eind maximaal is. Dit zal geschieden bij een bepaalde frequentie of periode van de seiche, die de resonantiefrequentie wordt genoemd. De resonantieperiode is dan niet meer gelijk aan viermaal de looptijd in het kanaal, maar langer. Om inzicht te verkrijgen in de opslingeringsfactoren en de daarbij behorende stroomsnelheden in de Europoorthavens werd

a

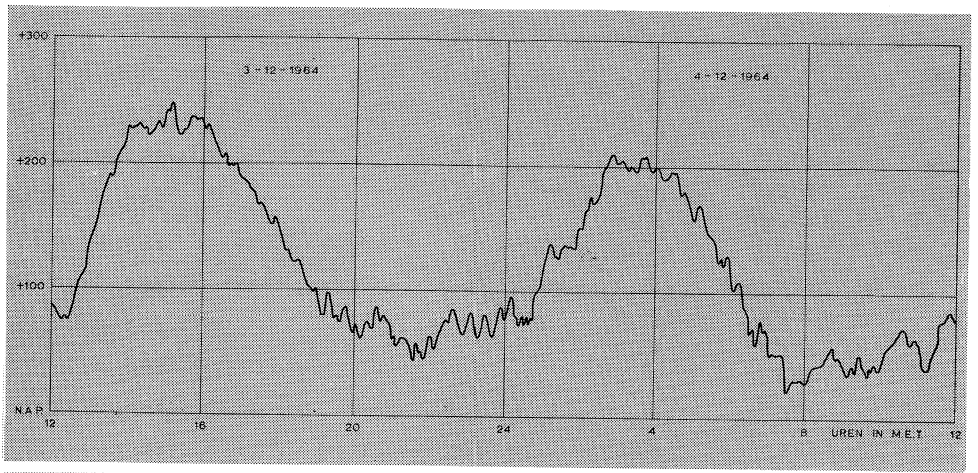


Op 3 en 4 december 1964 geregistreerde waterstanden te Katwijk (a), IJmuiden (b), Hoek van Holland (c), Calandkanaal (d) en in Brouwershavensche Gat en Grevelingen (e)

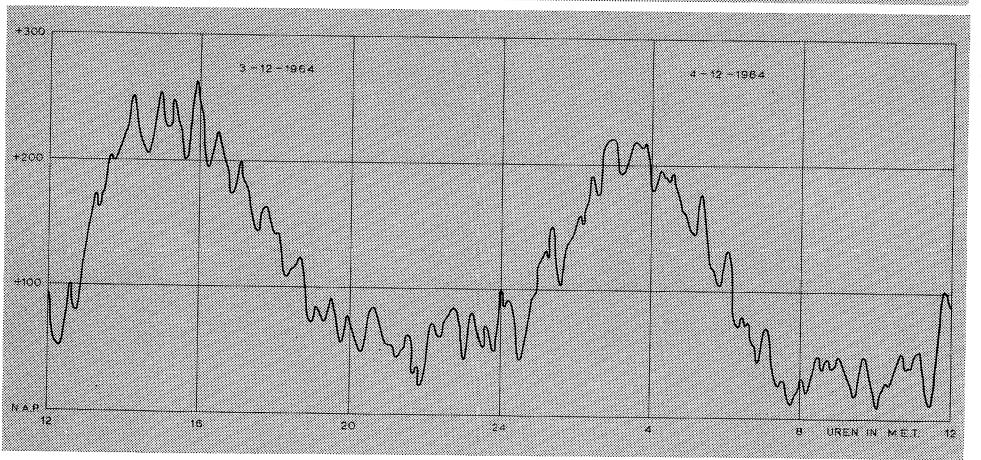
b



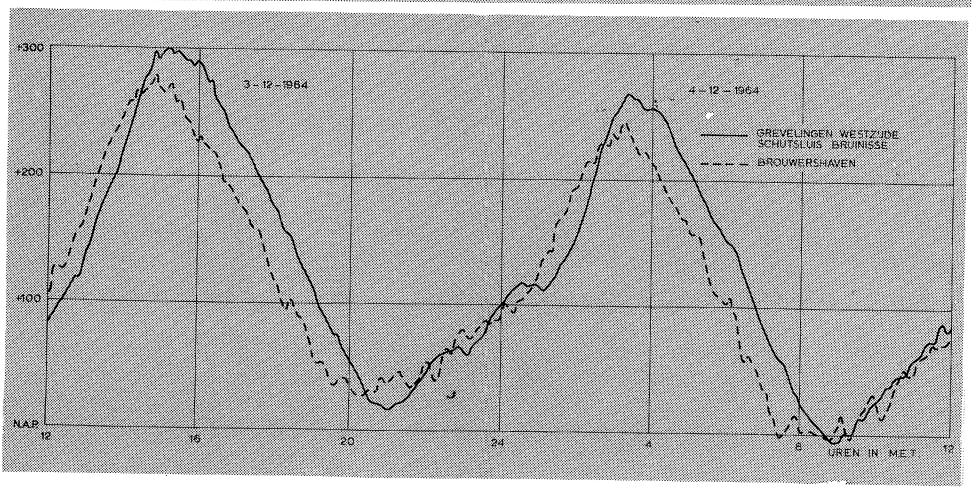
c


+300
+200
+100
N.A.P.
3-12-1964
4-12-1964
12
16
20
24
4
8
UREN IN M.E.T.
12

d


+300
+200
+100
N.A.P.
3-12-1964
4-12-1964
12
16
20
24
4
8
UREN IN M.E.T.
12

e


+300
+200
+100
N.A.P.
3-12-1964
4-12-1964
GREVELINGEN WESTZIJDE SCHUTSLUIS BRIJNISSE
BROUWERSHAVEN
12
16
20
24
4
8
UREN IN M.E.T.
12

gebruik gemaakt van een elektrisch analogon, waarvan de principes overeenkomen met die van het getijanalogonmodel 'Deltar'.
Tenslotte wordt aan de hand van een voorbeeld van recente datum de belangrijkheid van de opslingering van de seiches in havens gedemonstreerd.
Gedurende de storm van 3 op 4 december 1964 zijn op zee talrijke bui-oscillaties voorgekomen; ze hadden veelal een onregelmatig karakter. Volgens gegevens van de meetpaal te Katwijk is het gemiddelde van de aanwijsbare perioden der oscillaties 35 à 40 minuten, de perioden varieerden van enkele tot tachtig minuten. In een zo uitgebreid spectrum van periodes moesten wel enkele seiches voorkomen die in de aan de kust liggende havens gaan resoneren. Op zee, bij de mond der havens, was de hoogte der seiches nauwelijks groter dan 2 dm.

1. IJmuiden, Noordersluis. De periode der seiches varieerde van enkele minuten tot 60 minuten, met een gemiddelde van omstreeks 35 minuten. Stelt men schematiserend de lengte van de haven van de mond tot de Noordersluis op 3500 m, de stroomvoerende breedte op 330 m, de bergende breedte op 750 m en de diepte op N.A.P. – 12 m, dan vindt men voor de eerste resonantieperiode 35 minuten. Deze periodeduur ligt in de buurt van de gemiddelde perioden der bui-oscillaties te Katwijk. Er is derhalve alle reden om een grote opslingering te verwachten. Die is dan ook inderdaad opgetreden. De maximale verheffing van de waterspiegel bij de seiches in de Noordersluis bedraagt volgens de waarnemingen 14,5 dm, zodat de opslingeringsfactor, uitgaande van een rijzing der seiches te Katwijk op datzelfde moment van 2 dm, gesteld moet worden op 7 à 8.

2. Calandkanaal. Voor de gemiddelde periode der aanwijsbare seiches wordt ca. 28 minuten gevonden. Ze variëren van enkele minuten tot 55 à 60 minuten. De afmetingen van het tegenwoordige Calandkanaal zijn: lengte 6280 m, stroomvoerende breedte 370 m, bergende breedte 525 m en diepte N.A.P. – 13,75 m. Hieruit volgt dat de eerste resonantieperiode 43 minuten bedraagt. Rekening houdend met de verschuiving van de resonantieperiode ten gevolge van de uitmonding in de Nieuwe Waterweg, moet men de resonantieperiode stellen op ca. 50 minuten. Blijkens de registraties bedraagt de rijzing, dus de golfhoogte van dal tot top, maximaal 9 dm, de daarbij behorende periode is 45 à 50 minuten. Deze periode stemt goed overeen met de hierboven berekende resonantieperiode waarbij de grootste schommelingen in het waterniveau zijn te verwachten.

3. Brouwershaven, Grevelingendam (Westzijde). De afmetingen van de zeearm tussen Brouwershaven en de Grevelingen zijn: lengte 22 400 m, stroomvoerende breedte 1640 m, bergende breedte 4200 m bij N.A.P. en gemiddelde diepte N.A.P. – 9,5 m. Houdt men rekening met de variatie der waterstanden ten gevolge van de getijbewegingen – de bergende breedte is namelijk in sterke mate afhankelijk van de waterstand – dan vindt men voor de eerste resonantieperiode een waarde van 180 à 240 minuten, dus 3 à 4 uur. Deze eerste resonantieperiode ligt ver buiten de perioden der seiches op zee, maar benadert de perioden der ondiepwatergetijden. Deze ondiepwatergetijden worden daardoor mede versterkt, zodat een vrij sterke vervorming van de getijkromme te verwachten valt aan de westzijde van de Grevelingendam. Door de recente getijregistratie aan de westzijde van de Grevelingendam is die verwachting bevestigd.
Bij de Grevelingendam zal aanzienlijke opslingering alleen optreden wanneer de reeksen van aaneengesloten seiches drie-, respectievelijk vijfmaal zo lang zijn als de eerste resonantieperiode. Daar dit vrijwel nooit voorkomt hebben de seiches bij de Grevelingendam een geringe amplitude. Daar komt bij, dat op 3 en 4 december 1964 de Grevelingendam nog niet voltooid was: hij was poreus, en nog niet overal op hoogte, zodat totale positieve reflectie niet kon optreden.

De stortebedden voor de schutsluizen in het Volkerak

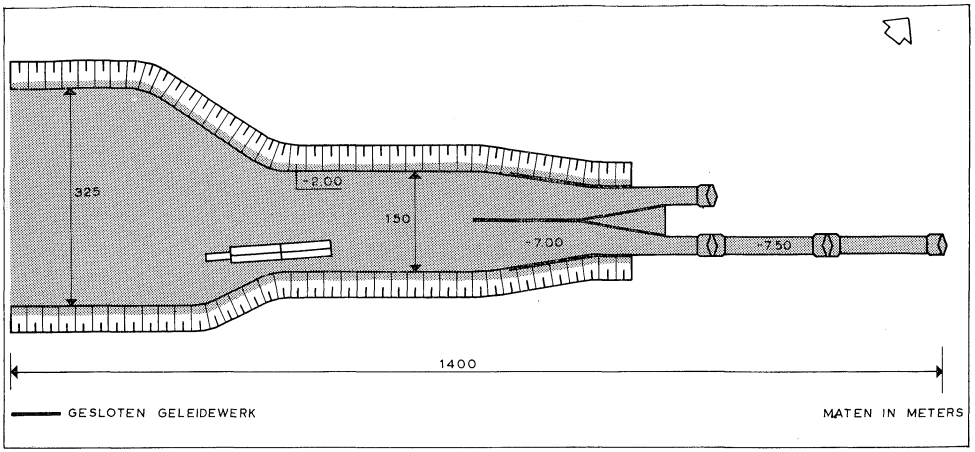
Inleiding

Onder een stortebed verstaat men de verdediging van de meestal uit fijn en loskorrelig materiaal bestaande kanaal- of rivierbodem grenzend aan een sluis, ter voorkoming van ontgrondingen die het kunstwerk in gevaar zouden kunnen brengen. De zwaarte van de verdediging moet beantwoorden aan de ter plaatse optredende stroomaanval. Bij een inlaat- of uitwateringssluis, waar veelvuldig en langdurig grote stroomsnelheden optreden, zal dan ook in het algemeen een zwaardere en uitgebreidere bodembescherming aangebracht worden dan bij een schutsluis.
Bij een schutsluis kan aantasting van de bodem worden veroorzaakt door de vul- en ledigingsstroom van de schutkolk, door de retourstroom van een varend schip, en door de stroom die door de scheepsschroeven wordt opgewekt, de zogenaamde schroefstroom. In nummer 31 (februari 1965) van deze Berichten werd, in het artikel over vormgeving en constructie van geleidewerken bij duwvaart, het verschijnsel van de retourstroom reeds besproken.
Het zal duidelijk zijn dat de retour- en de schroefstroom bij grote schepen, bijvoorbeeld duwvaartconvooien, het grootst zijn. Ook de waterstand speelt een rol: hoe kleiner de vaardiepte, des te groter de retour- en schroefstroom, en des te heviger ook de aanval op het bodemmateriaal. Om een indruk te krijgen van de vereiste zwaarte en uitgebreidheid van het stortebed voor de schutsluizen in het Volkerak werd besloten dit onderwerp als programmapunt bij het waterloopkundig onderzoek voor de sluizen op te nemen.

Het modelonderzoek

Aangezien na de afsluiting van het Volkerak de laagste L.W.-standen zullen voorkomen aan de zuidzijde van de afsluiting, werd in het model, schaal 1 : 25, het gedeelte van de zuidelijke voorhaven dat aansluit op de beide schutkolken in detail gereproduceerd. De vorm van het in het model opgestelde geleide- en remmingswerk beantwoordt weliswaar niet meer geheel aan de werkelijkheid – hij werd op grond van een later ingesteld onderzoek gewijzigd – maar voor de grootte van de retour- en schroefstromen is dit van geen betekenis. De bodem van de zuidelijke voorhaven komt op een diepte van N.A.P. – 7 m, en loopt in de richting van de sluis onder een flauwe hellingshoek af naar het peil van de kolkvloer, N.A.P. – 7,5 m.
Bij de in het model verrichte vaarproeven was de oostelijk gelegen sluis geopend, en de westelijk gelegen sluis gesloten.

1



Daar de stroomsnelheden die worden opgewekt door een duweenheid maatgevend zijn voor de aan de constructie te stellen eisen, werden de proeven alleen met dit scheepstype uitgevoerd. De duweenheid waarmee de modelproeven werden gedaan bestond uit een duwboot met tweemaal twee duwbakken van het grote, 'Franse' type.

de afmetingen zijn:

	lengte	breedte	diepte	waterverplaatsing
duwboot	38 m	10 m	1,8 m	468 m³
duwbak	76,5 m	11,4 m	3 m	2 443 m³
duweenheid	191 m	22,8 m	3 m	10 240 m³

De duwboot wordt voortgeduwd door twee schroeven in tunnels, elk aangedreven door een motor van 750 pk.

In verband met het feit dat in het model in de scheepsweerstand een schaaleffect voorkomt, moest in het model een relatief groter toerental van de schroeven worden ingevoerd. Bijgevolg is in het model de snelheid van de schroefstroom iets te hoog. De invloed van de schroefstroom op de maximale retourstroom en omgekeerd is echter klein.

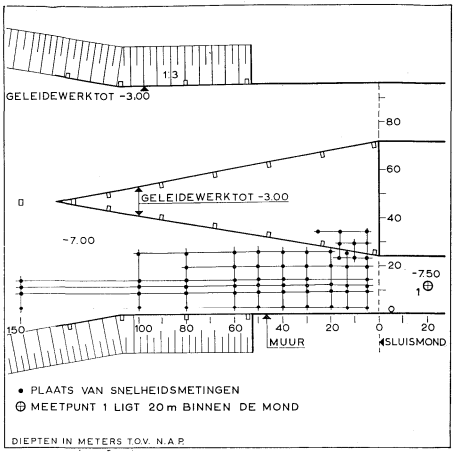
De proeven werden uitgevoerd bij een waterstand van N.A.P. – 2 m, dat is de gemiddelde L.W.-stand na de afsluiting van het Volkerak. Door afwaaiing kunnen lagere waterstanden voorkomen, en ter bredere oriëntatie werden daarom enkele proeven gedaan bij een waterstand van N.A.P. – 3 m.

De invaarproeven kunnen worden verdeeld in twee groepen, naar gelang de voorwaarden waarvan zij uitgaan, namelijk:

Randvoorwaarde A: scheepssnelheid op 250 meter van de sluismond 1,55 m/sec. Aangenomen wordt dat een ter plaatse bekende schipper onder gunstige omstandigheden met deze snelheid zal kunnen invaren.

Randvoorwaarde B: scheepssnelheid op 250 meter van de sluismond 1,85 m/sec. Op het moment dat de boeg van de duweenheid de sluismond passeert, wordt het toerental verhoogd tot het in de werkelijkheid voorkomend maximum. De snelheid van de schroefstroom is dan op schaal. Het doel van deze proef is het binnenvaren onder extreme omstandigheden na te bootsen en daarbij de invloed van de hoogst mogelijke schroefstroomsnelheden op het stortebed na te gaan. Een gedeelte van de sluisinvaart en de sluis-

2



1 Plattegrond van het model in het Waterloopkundig laboratorium

2 Situatie der meetpunten

mond, met de plaats van de meetpunten voor de stroomsnelheden, is in een der figuren afgebeeld. Het verloop van de stroomsnelheden werd bepaald door op 75 cm boven de bodem simultaan te meten met behulp van vier cup-molens. Elke meting werd tenminste tweemaal herhaald.

Meetresultaten bij het invaren

Bij het onderzoek werd ervan uitgegaan dat een duweenheid de sluis invaart zonder de geleidewerken of de sluiswand te raken. Een 50 meter lange muur in het verlengde van de stuurboord sluismuur maakt het dwarsprofiel waar het schip in binnenvaart sterk asymmetrisch. Tengevolge hiervan wordt de eenheid door de retourstroom naar deze wand toegezogen. De zuiging is echter zwak, en bij juist manoeuvreren hoeft de eenheid de muur niet te raken. Komt de boeg van de eenheid in de sluismond, dan wordt de eenheid sterk afgeremd: gedurende korte tijd treden dan hoge retoursnelheden op, die het karakter hebben van een stroomstoot. Het uit de kolk stromende water ontwijkt voornamelijk onder de duweenheid door, en kan door de aanwezigheid van de muur aan stuurboordzijde alleen naar bakboord uitwaaieren. De door deze stroom op het schip uitgeoefende wrijving drukt de boeg van het schip tegen de bakboord sluismuur. Dit laatste verschijnsel kan niet door manoeuvreren met roer en/of schroeven worden opgeheven. Wel kan men deze moeilijkheid bij de constructie enigszins ondervangen door een rooster aan te brengen in de opening tussen de bodem en de onderkant van de schort van het geleidewerk; aldus is het mogelijk het uitwaaieren van de stroom te beperken en over enige afstand te verdelen. Het rooster zal de dwars op het schip werkende krachten in belangrijke mate kunnen verkleinen.
In meetpunt 1, dat als referentiepunt van de snelheidsmetingen dienst deed, werd tevens het verloop van de waterstand tijdens het invaren gemeten. Het bleek dat de totale spiegeldaling bij het invaren volgens randvoorwaarde A 47 cm, en bij randvoorwaarde B 57 cm bedroeg.

Snelheidsmetingen in het model

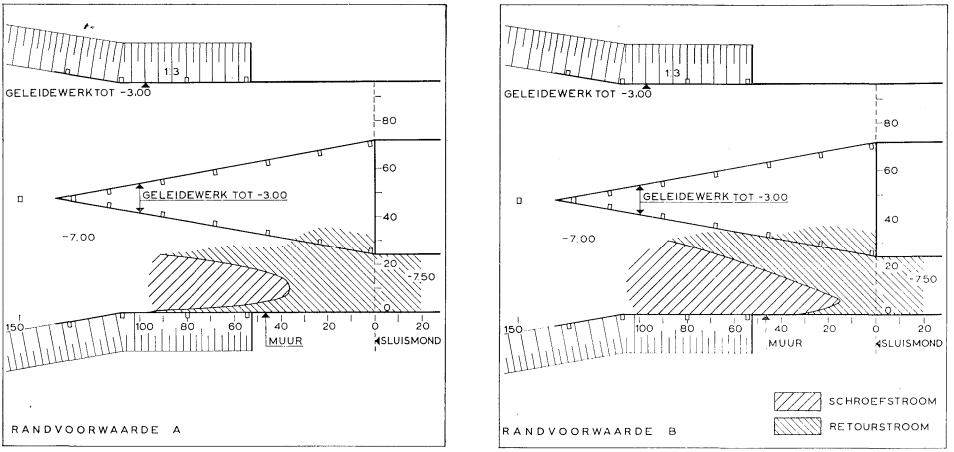
Uit de geregistreerde snelheden werd per meetpunt de maximale waarde bepaald, en tevens van welke aard dit maximum was, aangezien het zowel een gevolg van de retour-

stroom als van de schroefstroom kon zijn. De aard van het maximum kon worden vastgesteld doordat met de snelheidsregistratie de positie van het schip tijdens het invaren was vastgelegd. Daar de snelheden slechts in vier punten simultaan konden worden gemeten, moesten, om een goed beeld van de snelheden te krijgen, de proeven vele malen worden herhaald, waarbij de meetinstrumenten telkens in andere punten werden opgesteld. De bij deze methode onvermijdelijke spreiding in de meetresultaten kon met behulp van de in het referentiepunt, meetpunt 1, gemeten snelheden worden herleid tot gemiddelde waarden.
In de volgende figuur is een overzicht gegeven van het gebied waarin de retourstroom maximaal is en van het gebied met maximale schroefstroom, zowel voor randvoorwaarde A als voor B.

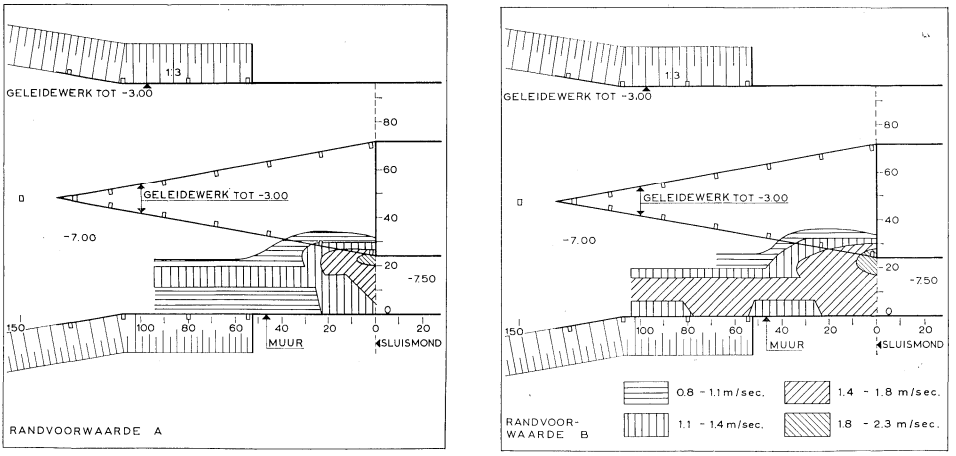
1 Aard van de maximale snelheden bij randvoorwaarde A en B

2 Snelheidsverdeling langs de bodem bij randvoorwaarde A en B

1



2



Daaronder is de grootte van de stroomsnelheid langs de bodem in het meetgebied weergegeven.
Ter verklaring van de figuren kan het volgende worden opgemerkt:
De retourstroom is overheersend in het gebied vlak bij de sluismond. Vooral langs de hoek met het sluiseiland treden grote retoursnelheden op. De maximale retourstroom waaiert sterk naar bakboordzijde uit en zwakt betrekkelijk snel af. In het verlengde van de sluisas treden hoge schroefstroomsnelheden op in een strook ongeveer ter breedte van een duwboot.

Verband tussen stroomsnelheid en korrelafmeting van het bodembeschermingsmateriaal

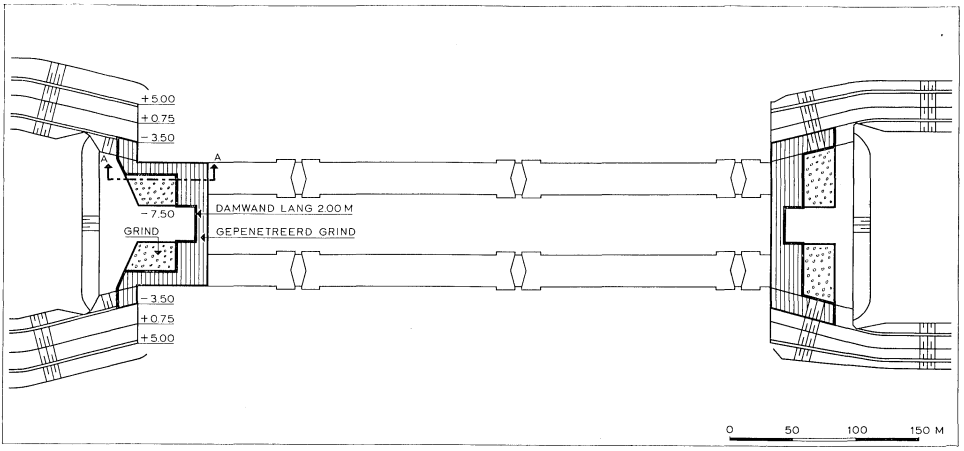
Uit beschouwingen over de stabiliteit van losse materialen in stromend water werd de verhouding afgeleid tussen de afmeting en het gewicht van de in het stortebed te verwerken steen of grindkorrel enerzijds en de gemiddelde kritieke snelheid anderzijds. Onder de kritieke snelheid wordt verstaan de snelheid waarbij het materiaal nog net in rust blijft. Wordt deze snelheid overschreden, dan komt het materiaal in beweging. In onderstaande tabel worden enige bij elkaar behorende waarden van kritieke snelheid en korreldiameter genoemd.

kritieke snelheid	gemiddelde korreldiameter
0,8 m/sec	0,3 cm
1,1 m/sec	0,5 cm
1,4 m/sec	0,9 cm
1,8 m/sec	1,8 cm
2,3 m/sec	4,0 cm

Men moet wel bedenken dat deze waarden slechts gelden voor de hierboven genoemde omstandigheden en voor materialen met een soortelijke dichtheid van 2650 kg/m³.
Met behulp van de verkregen modeluitkomsten kon nu het materiaal voor het stortebed worden gekozen en kon men de uitgebreidheid van het stortebed bepalen. Ter toetsing werden in het model nog enkele proeven verricht met losse materialen als stortebed. De uitkomsten bevestigen de juistheid van de tabel.

Nadere bepalingen

1. Aangezien er ook duweenheden ter breedte van één duwbak voorkomen, waarbij de duwboot dichter langs de wanden kan varen, was het raadzaam de zone die hoge schroefstroomsnelheden toelaat te verbreden en de bestorting aan de randen net zo zwaar te maken als in het middengedeelte. Ook om uitvoeringstechnische redenen maakt men een stortebed bij voorkeur geheel uit hetzelfde materiaal.
2. In verband met de stabiliteit van de muren aan de Volkerakzijde diende het stortebed aan de teen van de muur ook voldoende zwaar te zijn, ter voorkoming van grote ontgrondingen.
3. Op enige afstand van het kunstwerk kan men het stortebed beëindigen, aangezien hier zonder gevaar enige ontgronding door de schroefstroom kan worden geduld.

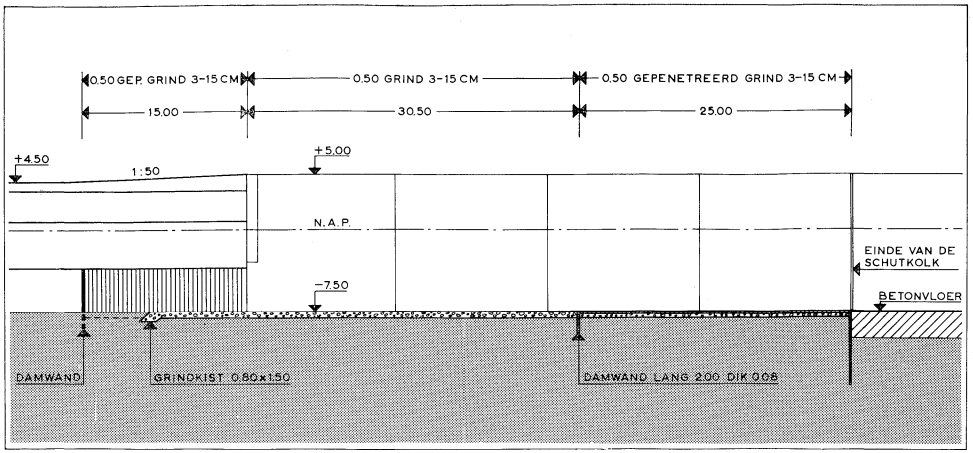


Ligging van de stortebedden in het schutsluizencomplex

4. Ter bredere oriëntatie werden ook nog enkele proeven genomen bij een lagere waterstand, namelijk N.A.P. – 3 m. Bij deze proeven, uitgevoerd met dezelfde duweenheid, bleek dat het invaren onder deze omstandigheden veel moeilijker is en dat de duweenheid zeer traag de sluis binnenloopt. De snelheden over het stortebed worden belangrijk groter. Een stortebed bestaande uit basaltblokken met een stukgewicht van 40 kg bleek plaatselijk niet meer stabiel. Hoewel deze omstandigheden slechts nu en dan voorkomen, moet er toch rekening mee worden gehouden. Wellicht zou men moeten overwegen het schutten van een diepgeladen duwconvooi uit te stellen tot het moment waarop de waterstand het peil van N.A.P. – 2 m weer bereikt heeft; ofwel, men zou zekere beperkingen aan de invaarsnelheid moeten stellen. Overigens heeft het stortebed in zijn uiteindelijke vorm zoveel stabiliteit, dat ook onder ongunstige omstandigheden door diepliggende convooien kan worden ingevaren.
5. Doordat aan de Hollandsch-Diepzijde een muur in het verlengde van de sluiswand zoals aan de Volkerakzijde ontbreekt, is het dwarsprofiel er minder asymmetrisch, en kan de retourstroom er naar beide zijden uitwaaieren. Toch blijkt dat ook hier de retourstroom meer naar bakboord uitwaaiert en de boeg bijgevolg naar bakboord wordt weggezet. Het verschijnsel is echter veel minder sterk dan aan de Volkerakzijde, zodat het niet nodig werd geacht hier een roosterwerk te plaatsen.

Praktische uitvoering van de stortebedden

Toen de uitslagen van alle proeven bekend geworden waren kon met het ontwerp van de stortebedden worden begonnen. Uit de proefresultaten volgde dat bij een gemiddelde laagwaterstand zou kunnen worden volstaan met een gemiddelde diameter van 4 cm. Men heeft echter met het oog op het optreden van bijzonder lage waterstanden en de daarbij behorende stroomsnelheden besloten een grotere grinddiameter, namelijk 3 à 15 cm toe te passen. Om te voorkomen dat de zeer turbulente stroom het onder het stortebed liggende zand zou gaan 'uitzuigen' moet de grindlaag een zekere dikte hebben. Verder is het voor de uitvoering het gemakkelijkst, als het gehele stortebed uit eenzelfde materiaal gemaakt



Lengteprofiel A-A van het stortebed aan de Volkerakzijde

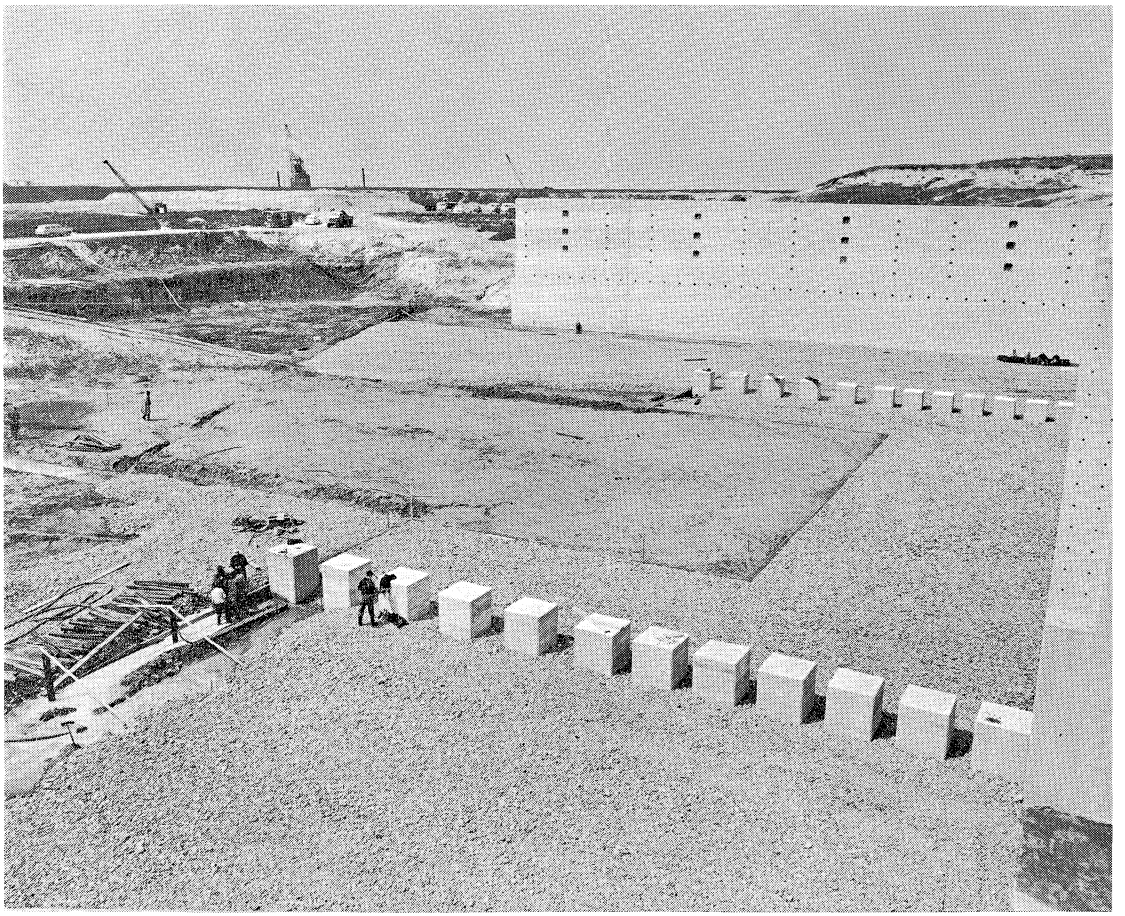
kan worden. Daar vooral in het gebied van de sluismond en in het bijzonder aan de kant van het sluiseiland grote snelheden kunnen optreden, werd het bovenste gedeelte van de grindlaag bovendien met cementmortel vastgelegd. De keuze van deze werkwijze werd vooral gerechtvaardigd door de goede resultaten die met een soortgelijke constructie zijn bereikt bij de boordvoorziening van het Hartelkanaal.

Het op deze wijze uitgevoerde stortebed heeft een zeer grote stroombestendigheid, zodat ook het schutten van grote duweenheden bij lage waterstanden mogelijk wordt. Het met cementmortel gepenetreerde grind omvat een lengte van 25 m, gemeten vanuit de sluismond. Aan beide zijden van de sluis wordt bovendien een gedeelte van de taluds van de aansluitende dijken op deze wijze vastgelegd, alsook het gedeelte langs de teen van de muur aan de Volkerakzijde. In totaal moet ca. 7400 m² met cementmortel worden gepenetreerd. Het gepenetreerde grindgedeelte wordt door middel van een houten damwand opgesloten. Hierachter wordt het stortebed voortgezet met ongepenetreerd grof grind, aan de Volkerakzijde over 35 m, aan de Hollandsch-Diepzijde over 25 m. De beëindiging van het grind wordt gevormd door een grindkist van 1,5 m lang, ter dikte van 80 cm.
Voor het vaststellen van de juiste mortelsamenstelling werden op het werkterrein van de bouwput voor de schutsluizen enkele proeven verricht. Een grindlaag van 50 cm werd gestort in een houten bekisting met een oppervlakte van 2 bij 2 m. Verschillende mortelsamenstellingen werden aangemaakt en beproefd. Het probleem hierbij is, dat de mortel voldoende vloeibaar moet zijn om naar het werk te kunnen worden verpompt, en toch voldoende taai om niet dieper dan 25 cm in de bovenste laag van het grind weg te zakken. Na enkele weken verhardingstijd werden de proefvakken ontkist en kon de mate van indringing en poreusheid worden gecontroleerd. Het bleek dat de beste resultaten worden bereikt met de volgende samenstelling: 50 kg portland cement, 90 à 105 kg grof zand, 25 l water en 0,5 kg 'intrusion-aid'.
Behalve een vergroting van de stroombestendigheid biedt het penetreren nog een voordeel: de grindlaag blijft poreus, zodat van wateroverdruk, indien ze zou optreden, geen gevaar te duchten valt.

Het roosterwerk dat aan de Volkerakzijde nodig is om de retourstroom meer in de langsrichting van het schip te doen verlopen, om daardoor omzetting van de boeg van een duweenheid bij het binnenvaren te beperken, wordt gemaakt van grote betonblokken. Ze zijn 1,75 meter hoog; de onderkant bevindt zich 50 cm onder de bovenzijde van de grindlaag. De horizontale dwarsdoorsnede is 1,25 bij 1,25 m. Om de stabiliteit van deze blokken te vergroten is het grind rondom de voet gepenetreerd. Dit roosterwerk vereist geen onderhoud. Doordat rooster en geleidewerk geheel los van elkaar staan kunnen de houten schorten van het geleidewerk in geval van schadevaring gemakkelijk worden vervangen.

De stortebedden worden in den droge gemaakt. Het werk, waarin ook begrepen het maken van de aansluitende dijkvakken, is volgens overeenkomst DED-714 voor een aannemingssom van f 860 900,– opgedragen aan de Combinatie Schutsluizen Volkerak.

Aanleg van het stortebed aan de Volkerakzijde, met rooster van betonblokken



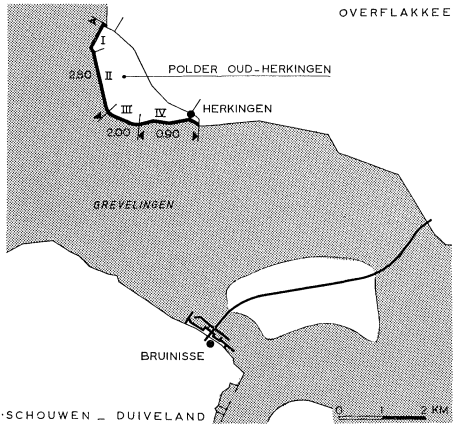
Verhoging van de zeedijk van de polder Oud-Herkingen op Goeree-Overflakkee

In de eerste maanden van dit jaar werd de dam door de Grevelingen voltooid en op 1 april werd het verkeer erover toegelaten. Het zal evenwel nog ongeveer zeven jaar duren voordat de zeearm tussen Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee ook aan de mond wordt afgesloten, door de dam door het Brouwershavensche Gat. Gedurende die zevenjarige periode zullen als gevolg van de aanleg van de Grevelingendam in de zeearm ten westen ervan hogere stormvloedstanden kunnen voorkomen dan tot nu toe. Deze stormvloedverhoging zal nabij de dam ongeveer 30 cm bedragen, en naar het westen afnemen tot ongeveer 5 cm nabij de monding. Op grond van deze gegevens heeft men nagegaan welke van de bestaande zeedijken langs de zeearm verhoogd moesten worden om een voldoende grote veiligheid te garanderen tussen de afsluiting van de Grevelingen en die van het Brouwershavensche Gat. Toen een stormvloedstand met een – voor zo korte termijn – aanvaardbare overschrijdingsfrequentie was vastgesteld, de verhoging ervan als gevolg van de Grevelingendam erbij was opgeteld, en de te verwachten golfoploop per dijkgedeelte was berekend, bleek het noodzakelijk, de zeedijk langs de polder Oud-Herkingen te verhogen. De grootte van de golfoploop, die uiteraard sterk afhankelijk is van de ligging van het dijkvak ten opzichte van de stormstreek, kan worden afgeleid uit de ter plaatse verrichte waarnemingen en verzamelde vloedmerkgegevens. Voor de onderhavige zeedijk bleken de golfoplopen te variëren van 2,8 m voor het westelijk gedeelte tot 2 m en 0,9 m voor het zuidelijk en oostelijk gedeelte van de dijk.
De berekeningen leidden voor de vier dijkvakken waarin men de zeedijk langs de polder Oud-Herkingen had verdeeld, tot de volgende conclusies:

noodzakelijke verhoging voor

dijkvak I	ongeveer 20 cm
dijkvak II	ongeveer 60 cm, tot N.A.P. + 7,25 m
dijkvak III	ongeveer 30 cm, tot N.A.P. + 6,5 m;
dijkvak IV	geen verhoging noodzakelijk.

Het is praktisch onmogelijk een betrekkelijk geringe verhoging, zoals benodigd voor dijkvak I, door het aanbrengen van een grondophoging uit te voeren. Daarom werd besloten in plaats daarvan op de kruin een muurtje te plaatsen, en de bovenkant daarvan, in verband met het verticale voorvlak, te brengen op N.A.P. + 7,35 m, enkele decimeters



Situatie van de te versterken zeedijk voor de polder Oud-Herkingen. De golfoplopen der dijkvakken is in meters aangegeven

hoger dan wanneer een kleikap zou worden aangebracht. Dijkvak II en III konden zonder bezwaar met grond worden opgehoogd.

Daar het waterkerende vermogen van een dijklichaam achteruitgaat indien het gezette en goed met gras begroeide buitenloop wordt vergraven en het enige jaren duurt eer na zo'n ingreep hetzelfde waterkerend vermogen weer wordt bereikt, is er, in verband met de korte periode waarin de verhoging praktisch nut heeft, van uitgegaan dat het buitenbeloop van de te versterken zeedijk onaangeroerd moest blijven. De noodzakelijke verzwaring diende dus voor de dijkvakken II en III aan de landzijde van het dijklichaam te worden aangebracht.

Het Waterschap 'De Dijkring Flakkee' heeft, in nauw overleg met de Provinciale- en Rijkswaterstaatsdiensten, een plan opgesteld tot versterking van 3100 m van de ruim 4000 m lange zeedijk langs de polder Oud-Herkingen, en wel als volgt:

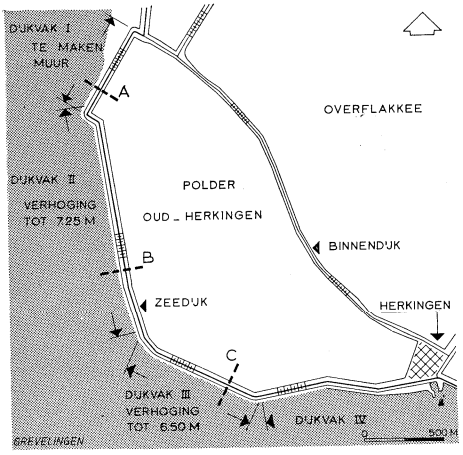
aanbrengen van een kleikap op de dijkkruin en landinwaarts verzwaren van de dijk over ongeveer 2400 m;

plaatsing op en gedeeltelijke ingraving in de dijkkruin van vooraf vervaardigde perronwanden over ongeveer 700 m.

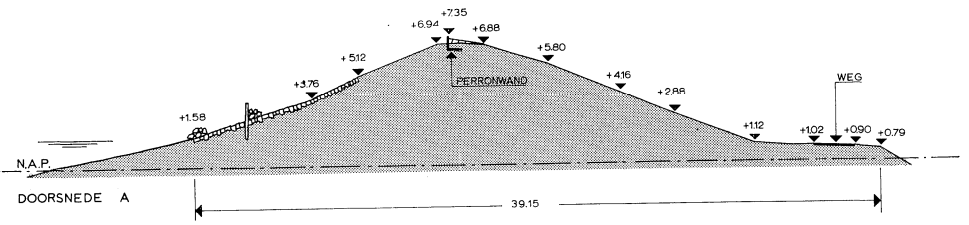
De uitvoering van het werk werd voor f 633 500,– opgedragen aan de firma G. van Herk Tzn. te Nieuwerkerk a/d IJssel, terwijl de levering van de perronwanden werd gegund aan de firma P. L. van den Ban te Rotterdam voor een bedrag van f 24 404,–. Met de versterking van de zeedijk zal dus in totaal ongeveer f 658 000,– zijn gemoeid.

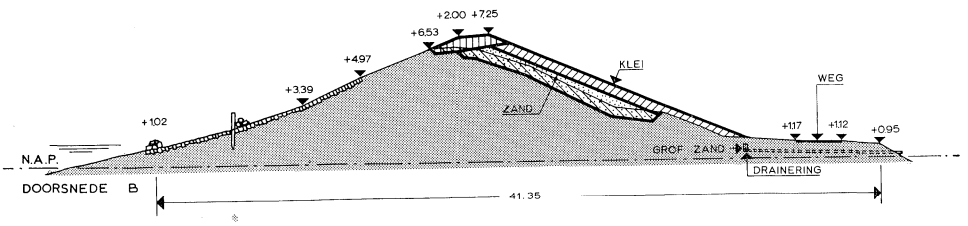
Met de uitvoering van het werk is op 1 februari 1965 een begin gemaakt en, naar het zich laat aanzien, zal op of omstreeks 1 augustus de oplevering kunnen plaatsvinden.

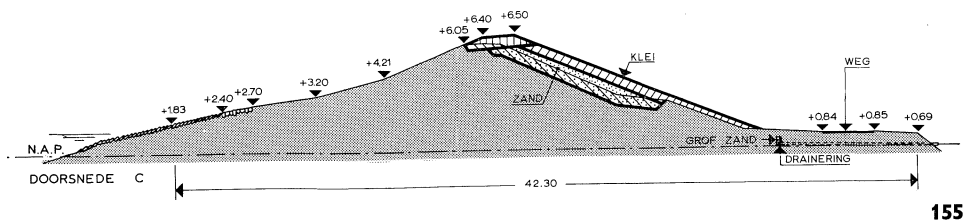
De bekledingsgrond van het binnentalud en de binnenberm wordt afgegraven en voorlopig in depot opgeslagen, de ontstane ontgravingen worden daarna met zand aangevuld, en daarop wordt dan de oude bekledingsgrond weer aangebracht. Het voor de aanvulling benodigde zand wordt weggegraven uit de kernen van oude binnendijken, en per as naar het werk vervoerd. De kap die op de oorspronkelijke kruin wordt gezet bestaat uit zgn. zoete klei, die per auto uit de polder Oostplaat-Flakkee in de gemeente Middelharnis wordt gehaald. Het stukje nieuw buitenbeloop en de nieuwe kruin van de dijk worden bezood met tevoren uit het oude binnenbeloop en de oude kruin gesneden zoden. Het nieuwe binnenbeloop wordt met graszaad ingezaaid. De langs de binnenteen van de oude dijk gelegen drainageleiding wordt landinwaarts verlegd. In de kruin van dijk-



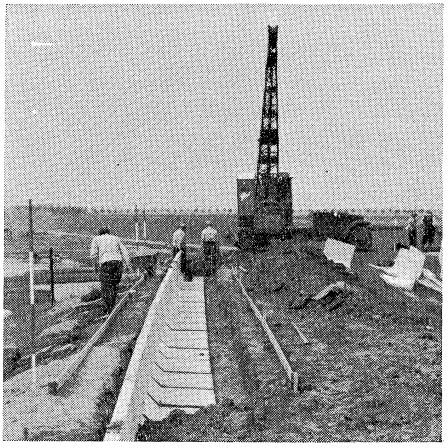
De vier dijkvakken en hun gewenste verhoging. De plaats van de doorsneden A, B en C is aangegeven







Het plaatsen van de perronstukken in dijkvak I



gedeelte I wordt een cunet gegraven, waarin, op een dun zandbed, de perronstukken goed aaneensluitend en op de juiste hoogte worden geplaatst. De stukken sluiten met hol en dol in elkaar; voor de bochten zijn speciale bochtstukken gemaakt. Na plaatsing van de perronstukken wordt het cunet weer met de uitgekomen grond aangevuld. Het transport van zand, klei, perronstukken en andere benodigdheden geschiedt langs de binnenbermweg, die over de gehele lengte van de dijk aanwezig is; vanaf de binnenbermweg zijn op enkele punten opritten tegen het binnenbeloop gemaakt, zodat de vrachtauto's op de kruin kunnen komen.

De voornaamste te verwerken hoeveelheden zijn:

40 000 m^3 zand, 9000 m^3 zoete klei, 20 000 m^3 bekledingsgrond, 700 m perronwand, 2700 m draineerleiding, 15 000 m^2 graszode.

De uitvoering van het werk geschiedt onder directie van het Waterschap 'de Dijkring Flakkee', waarvan de Technische Dienst het plan en de tekeningen heeft gemaakt, en het bestek heeft opgesteld. Na de goedkeuring door Provincie en Rijk is tot aanbesteding en uitvoering overgegaan.

Blijkens het gestelde in de Memorie van Antwoord bij de Deltawet is deze dijkverhoging ten westen van de Grevelingendam te beschouwen als een werk dat noodzakelijkerwijze met de aanleg van die dam is verbonden. Volgens de Deltawet zullen de kosten dan ook door het Rijk worden gedragen; op grond daarvan wordt aan het Waterschap een Rijkssubsidie van 100% verleend.

A. De werken van het Deltaplan

De ontgravingen voor de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

Er kwam een einde aan het baggeren, vervoeren en oppersen van specie uit het bij de bouwput gemaakte depot naar de dijk tussen de Plaat van Scheelhoek en de haven van Dirksland. In totaal werd een hoeveelheid van 984 000 m³ in deze dijk gespoten. Het thans in het depot nog aanwezige zand is met de nog te ontgraven grond bestemd voor de afsluiting van het Zuiderdiep, waarmee zeer binnenkort een aanvang zal worden gemaakt. De aanleg van de filterconstructie voor de stortebedden vorderde goed.

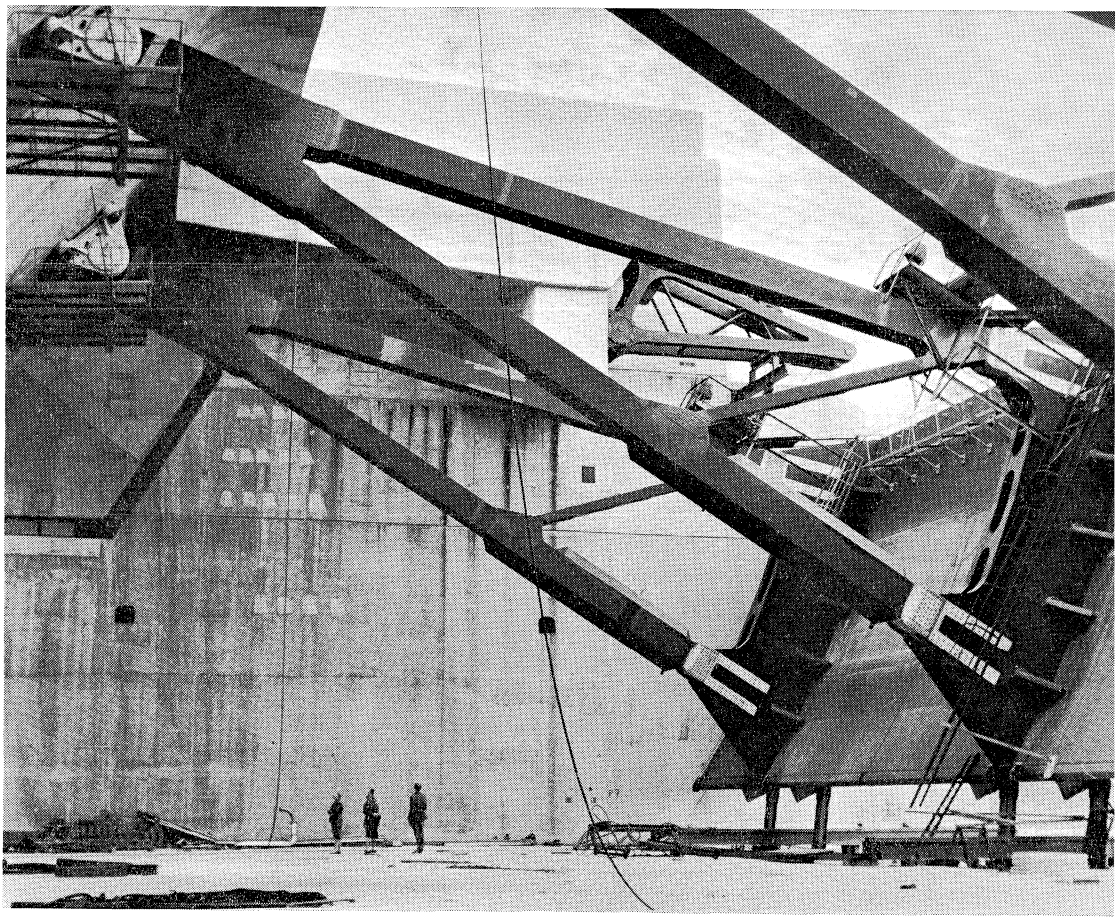
Profileren en bekleden van een zandlichaam tussen de Plaat van Scheelhoek en de haven van Dirksland

Op 18 maart 1965 werd het profileren en bekleden van het zandlichaam tussen de Plaat van Scheelhoek en de haven van Dirksland bij onderhandse overeenkomst nr. DED-733 voor een bedrag van f 3 098 000,– opgedragen aan de Deltacombinatie.
Dit zandlichaam, met zand uit de bouwput voor de uitwateringssluizen opgespoten, wordt aan de Haringvlietzijde bekleed met asfaltbeton en aan de Zuiderdiepzijde met klei. Voor het aanbrengen van het asfaltbeton wordt gebruik gemaakt van de verdeelafwerkmachine beschreven in het Driemaandelijks Bericht nr. 31 (februari 1965). De machine is geschikt gemaakt voor een talud van 20 m lengte. Bovendien is achter de trilbalk een rol gemonteerd die op en neer wordt bewogen, waardoor het oppervlak onmiddellijk wordt dichtgewalst, hetgeen een belangrijke verbetering betekent.

De schutsluizen in het Volkerak

In het afgelopen kwartaal werden de werkzaamheden aan de beide 450 m lange sluizen in een zeer hoog tempo voortgezet. De eindfase is nu ingetreden, en medio juli wordt het laatste beton in de sluizen verwerkt.
Totaal is dan 150 000 m³ beton gestort, waarin 13 000 ton wapeningsstaal is verwerkt.
De werkzaamheden aan het viaduct vorderen gestaag. Twee velden kwamen gereed en werden voorgespannen, terwijl men het derde en tevens laatste veld voor de bouwvakantie hoopt te storten.
De wanden van de basculekelder zijn nu gestort tot N.A.P. + 12,65 m. Alles wordt nu gereed gemaakt voor het leggen van

Een van de vierendertig stalen schuiven in de uitwateringssluizen in het Haringvliet



de 24 m lange voorgespannen balken voor de aanbrug, en het inhangen – in september – van de basculebruggen.
Op het sluiseiland werd voortgegaan met het compressorengebouw, het centraal bedieningsgebouw en de gebouwtjes op de hoofden.
De grondaanvullingen ten behoeve van beide sluizen werden voortgezet terwijl achter de fuikwanden grinddrainages werden aangebracht.
Het maken van de stortebedden en aansluitende dijken aan beide zijden van de sluizen werd in een geforceerd tempo ter hand genomen. Het gedeelte beneden N.A.P. + 0,75 m kwam aan de Volkerakzijde nagenoeg gereed.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen

Aan het einde van de verslagperiode zijn de langs de voorhaven te maken filterglooiingen nagenoeg voltooid.
Met de boven N.A.P. + 0,75 m gelegen glooiingen van granietblokken op een grindbed werden goede vorderingen gemaakt.
De in het vorige Bericht vermelde moeilijkheden met het zuigbedrijf zijn opgelost. De zuiger 'Amsterdam I' werd afgevoerd. Tot de bouwvakantie zal met de zuiger 'Holland XVIII' in dag- en nachtproduktie worden gewerkt, terwijl de cutterzuiger 'Rupel' zal worden ingezet zodra deze gereed zal zijn gekomen met het op diepte brengen van de noordelijke voorhaven.
Na de afsluiting van de Oude Heyningsche Haven is een begin gemaakt met de afwerking van het oostelijk van de voorhaven gelegen dijkgedeelte met aansluitend terrein.
Ook de uitbreiding van de terreinen ten westen van het sluizencomplex en de noordelijke voorhaven en het maken van de daartoe benodigde oeververdedigingen verlopen nu in het gewenste tempo.
Het klappen van zand tot een hoogte van N.A.P. – 1,5 m en het aanbrengen van de bezinkingen kwam gereed. De mijnsteen voor de oeverbekleding kon vanuit de Malthageul rechtstreeks door een kraan uit de voorgelegde schepen in het werk worden gebracht. Thans wordt de mijnsteen geprofileerd en voorzien van een grindbekleding waarop een steenschil van 500 kg/m² steen 10/60 kg zal worden aangebracht.
Meer naar het zuiden werd het zinkwerk ten behoeve van de uit te bouwen havendam voltooid. Het zinkwerk hier is nu geheel geëindigd. Het mijnsteenbedrijf is met een weekproduktie van circa 7000 ton nu in volle gang om de havendam verder af te kunnen bouwen. In de voorhaven gaat de zuiger 'Rupel' beginnen met de verwijdering van circa 766 000 m³ slechte grond (veen en slappe klei) uit het havenbassin tussen N.A.P. – 4 m en N.A.P. – 7 m. Deze voor het werk onbruikbare specie wordt geperst in het gronddepot ten oosten van de Volkeraksluizen.

De noordelijke voorhaven en de oostelijke oprit van de Volkeraksluizen

Op 1 mei 1965 werd het werk voor de eerste maal opgeleverd. De aanvangsdatum was 1 januari 1964, zodat het werk in 16 maanden werd voltooid. Op 1 februari 1965 had men de opleveringstermijn met 3 maanden moeten verlengen in verband met onteigeningsprocedures die verhinderden dat de nodige gronden tijdig ter beschikking kwamen. Het uit te voeren werk omvatte:

a. het ontgraven van de noordelijke voorhaven tot het scheidingsvlak van zand en veen-kleipakket, gelegen op een diepte van N.A.P. – 4,5 m;

b. het maken van een oprit in de buitenpolder Maltha ter lengte van ongeveer 1300 m;

c. het maken van bijkomende werken, waaronder het graven van sloten, omleg-

gen van een weg voor landbouwverkeer en het leggen van enige duikers in afvoerleidingen.

De ontgraving van de noordelijke voorhaven is geheel geschied door de cutterzuiger 'Rupel', met een zuigleiding van 70 cm diameter en een vermogen van 1600 pk.
Via een drijvende leiding en een persleiding op de vaste wal met een diameter van 65 cm werd de specie naar de oprit geperst. Het perswater werd afgevoerd via een slibbassin met kaden tot een hoogte van N.A.P. + 4 m en een kruinbreedte van 2 m. De lozing van het slibbassin geschiedde op de Oude Heyningsche Haven, die in het Volkerak uitmondt.
Bij de ontgraving hebben zich geen bijzondere moeilijkheden voorgedaan. Ook het oppersen van de oprit waarvan het bovenste stort zelfs op N.A.P. + 16 m kwam te liggen leverde geen ernstige moeilijkheden op. Bij het maken van nieuwe perskaden bleek het noodzakelijk te zijn het zand vooraf met draglines te ontwateren alvorens tot verwerking in de kaden kon worden overgegaan. Het zeer fijne zand, dat ondanks de tijdens het persen genomen voorzorgsmaatregelen nog veel slib bleek te bezitten, houdt het water lang vast en heeft daardoor weinig stabiliteit.
Het werken met bulldozers op het natte stort bleek vrijwel onmogelijk. In het slibbassin werd 100 000 m³ slib verzameld. Nog fijnere bestanddelen zijn via de lozing naar buiten afgevoerd.
De stabiliteit van het opgeperste zandlichaam werd voortdurend gecontroleerd met behulp van waterspanningsmeters, maar er bleek geen gevaar aanwezig. Wel zijn de belopen ter weerszijden van de oprit in ernstige mate uitgezakt, omdat het zich in het zandlichaam bevindende water lang wordt vastgehouden in het fijne slibhoudende zand; bovendien bevindt zich in de ondergrond een hermetisch gesloten slappe-kleipakket dat geen verticale drainage toelaat. Als gevolg hiervan werd besloten om het afwerken van de onderbelopen uit te doen voeren in augustus 1965, tijdens de onderhoudsperiode.
Aan de hand van zakbakens werd de zetting van de ondergrond nagegaan.
De ontgraving van klei in het daartoe aangewezen gedeelte van de polder Maltha verliep goed en leverde 169 516 m³ op in plaats van de in het bestek omschreven 58 000 + 26 500 m³.
De aanvankelijk als minder goed aangemerkte lagen bleken namelijk bij ontgraving toch wel geschikt te zijn. Alle klei werd in twee depots opgeslagen. Verwerking van de klei was niet direct mogelijk. Bij een staat van meer werk werd de aannemer, de aannemerscombinatie 'Willemstad' te Willemstad, opgedragen over te gaan tot de verwijdering van het veenkleipakket in de noordelijke voorhaven tot een diepte van N.A.P. – 6 m. Het betreft hier de verwijdering van ± 400 000 m³ specie, die geperst moest worden in een gronddepot.
Deze werkzaamheden zijn inmiddels voltooid.

De dam door de noordelijke geul van de Grevelingen

Het leggen van kraagstukken ter weerszijden van het damvak werd beëindigd. Inmiddels werd een begin gemaakt met het aanvoeren en op het zandlichaam verwerken van bekledingsklei; deze werkzaamheden zullen binnenkort zijn voltooid. Op het oostelijk beloop is de glooiing van betonblokken tot een hoogte van N.A.P. + 2,5 m opgetrokken; dit werk wordt voortgezet tot een hoogte van N.A.P. + 4 m zal zijn bereikt. Aan de westzijde werd het buitenbeloop van de met behulp van de kabelbaan gestorte stenen sluitdam onder profiel gebracht en op de bestaande glooiingen aangesloten. Op de brede buitenberm kwam de daarop geprojecteerde bermweg, op het aan-

brengen van de slijtlaag na, gereed. Voor het aanbrengen van de taludbekleding van asfaltbeton werd een asfaltspreidmachine aangevoerd en opgesteld. Het betreft een nieuw type machine dat speciaal voor dat doel werd ontwikkeld en dat op dit werk in de praktijk zal worden beproefd.

Rijksweg naar en op de Grevelingendam

De werkzaamheden werden in een vlot tempo voortgezet. Zoals eerder gemeld waren zij op 1 april 1965 zover gevorderd dat het wegvak ten zuiden van de inmiddels afgesloten noordelijke geul van de Grevelingen tot aan de aansluiting op rijksweg 18 (Zijpe–Zierikzee) geheel gereed kwam en op die datum voor het verkeer kon worden opengesteld.
Met de aanleg van het daarop noordwaarts aansluitend wegvak, op de dam door de noordelijke geul van de Grevelingen, werd in de verslagperiode een begin gemaakt. Van dit uit twee gescheiden rijbanen bestaande weggedeelte is de oostelijke rijbaan thans nagenoeg gereed. Bij de aansluiting van de nieuwe weg op rijksweg 18 wordt de hierop gemaakte baanverdubbeling in westelijke richting over ca. 1300 m doorgetrokken. Deze werkzaamheden zijn thans bijna voltooid.

Het dijkvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

De aanleg van het ca. 1100 m lange damvak op de Middelplaat – het eerste onderdeel van de afsluitdam in het Brouwershavensche Gat – werd opgedragen aan de N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage voor de somma van f 8 750 000,–.
Begin mei 1965 werd een begin gemaakt met het cutteren van een werkhaven in de zuidelijke rand van de plaat en het persen van het daarbij vrijkomende zand naar de plaats van het toekomstige damlichaam en het aangrenzende werkterrein. Kort daarna werd begonnen met het opstorten van de mijnsteenkaden die als blijvend onderdeel in de teen van de dam zullen worden opgenomen en bij het omhoogkomen van het zandstort als perskade dienst doen.
In de tweede helft van juni was een gedeelte van het werkterrein zover opgespoten dat met de aanvoer en opbouw van een asfaltinstallatie kon worden begonnen.
Voorts werd begonnen met het maken van de teenconstructie en het aanbrengen van de kraagstukken rondom het zuidelijk kopeinde van de dam, en met het zetten van de taludbekleding van Portugees graniet op het beloop van de damkop. Langs de buitenteen van de dam wordt een betonnen damwand aangebracht. Langs de rand van de in aanleg zijnde werkhaven in de Middelplaat worden voorbereidingen getroffen voor het plaatsen van betonelementen voor de loswallen.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Met de uitvoering van het dijkvak aan de Friese kust, waarover in het vorige nummer uitvoerig is bericht, is op 22 maart aangevangen. Het baggerwerk voor de havenkom langs de losplaats op de Hoek van de Bant is vrijwel geheel voltooid. Het persen van zand vordert goed. De inbaggering voor de kop van dit dijkvak is meteen de eerste werkzaamheid aan het eigenlijke sluitgat.
Het dek van de oostelijke kokergroep van de uitwateringssluizen werd gestort. De opbouw van de schachten boven de westelijke en middelste kokergroepen vordert. Op 24 mei is begonnen met de ontgraving van de bouwput voor de schutsluis en het plaatsen van de bemalingsinstallatie.
In de werkhaven in het Bootsgat nabij Oostmahorn is een grote houten rolzate gereedgekomen, met behulp waarvan de vele zinkstukken die in de komende jaren nodig zullen zijn, in een vlot tempo kunnen worden gemaakt en te water gelaten.

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
DED 548b	13 januari 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 548 eerder gewijzigd b overeenkomst DED 548a voor het huren van het motorschip 'Zuidvliet' t.b. de uitvoering van duikwerk
DED 693	22 december 1964	Het maken van het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volk raksluizen in de gemeente Willemstad
DED 703	25 januari 1965	Het maken van een steiger t.b.v. de visserij, in de binnenhaven nabij de schu sluis in de Haringvlietdam met bijkomende werken onder de gemeente Steller dam
DED 720	20 januari 1965	Het leveren van betonglooiingblokken, dik 20 cm met bijbehorende onde en bovenbanden van beton en betonopsluitbanden, t.b.v. de zuidelijke voo haven van de Volkeraksluizen in de gemeente Willemstad
DED 721	15 december 1964	Het laden, vervoeren en lossen van zand voor aanvulling en verdere afwerkin van het grondlichaam aansluitend aan het zuidelijke landhoofd van de bru over het Haringvliet nabij Numansdorp
DED 724	14 december 1964	Het leveren en lossen van grof grind t.b.v. de afsluiting van het Haringvlie
DED 725	7 december 1964	Het leveren van zetsteen t.b.v. het maken van het eerste gedeelte van d zuidelijke voorhaven van de schutsluizen in het Volkerak te Willemstad
DED 726	15 december 1964	Het vrijmaken, laden, vervoeren en opslaan van 7 betonnen opzetstukken
DED 727	15 december 1964	Het lichten, vervoeren en opslaan van eenheidscaissons en opzetstukken
DED 728	5 februari 1965	Het aanleggen van een werkterrein c.a. voor het maken van zink- en kraag stukken nabij de Rijkswerkhaven 'den Osse'
DED 729	15 februari 1965	Het onderhoud van beplantingen en het grasgewas en het uitvoeren van onder houdswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelegenheden op e langs de terreinen behorende tot de directie Afsluitingswerken van de Delta dienst
DED 730	21 januari 1965	Het leveren van zinksteen t.b.v. de afsluiting van de Grevelingen
DED 731	21 januari 1965	Het leveren en opslaan van zink- en stortsteen t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 734	24 februari 1965	Het leveren van zink- en stortsteen t.b.v. het maken van het eerste gedeelt van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen in de gemeente Willemsta
DED 736	23 december 1964	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 737	23 december 1964	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 738	23 december 1964	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 739	23 december 1964	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 740	23 december 1964	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 741	11 maart 1965	Het verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van doorlaatcaisson
DED 742	9 maart 1965	idem
BR 2720a	22 oktober 1964	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een elektrische installatie voor de uitwateringssluizen en de schutsluis in het Haringvliet
BR 3266a	2 december 1964	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. BR. 3266 voor het samen bouwen en conserveren van de staalconstructies van 17 stuks segmentschuiven zeezijde voor de afsluiting van het Haringvliet
BR 3430	19 augustus 1964	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 72 stuks elektro mechanische deurschuifbewegingsinrichtingen t.b.v. de sluizen in het Volkerak
BR 3535	8 januari 1965	Het vervaardigen en leveren van ijzerwerk c.a. t.b.v. de Volkeraksluizen
BR 3541	8 januari 1965	Het vervaardigen en leveren van diverse verven t.b.v. de sluisdeuren in het Volkerak
SS 316a	5 mei 1964	Overeenkomst tot aanvulling van de overeenkomst nr. SS 316 ,dd. 28 mei 1962, voor het maken van het betonskelet, boxen 14,85 m + N.A.P. en de afbouw van het gehele centrale bedieningsgebouw van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

erken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
—	G. P. Noordhoek te Goes.
f 8 000 045,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
f 168 710,—	A. v.d. Hoek jr. te Heenvliet
eenheidsprijzen	PIT-beton N.V. te Middelburg
f 18 392,60	Koninklijke Nederlandsche Heidemaatschappij te Arnhem
eenheidsprijzen	'Utroma' N.V. te Arnhem
eenheidsprijzen	fa. Jan B. Petit en Zn. te Breda
f 14 570,—	Stoof N.V. te Breeda
eenheidsprijzen	N.V. van den Akker te Vlissingen
329 900,—	Combinatie Zinkwerken te Gorinchem
f 52 989,—	fa. S. L. Kranenburg te Oudenhoorn
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij 'De Keerkring' te Utrecht
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij 'De Keerkring' te Utrecht
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij Arn. Maassen te Maastricht
eenheidsprijzen	fa. Gebr. Hakkers te Werkendam
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	H. Korporaal te Sliedrecht
eenheidsprijzen	fa. J. A. de Ruiter C.V. te Hardinxveld
—	Ned. Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen
—	Instituut T.N.O. voor bouwmaterialen en bouwconstructies te Rijswijk Z.H.
f 3 920 000,—	Heemaf N.V. Hengelo
aann. gewijzigd van f 8 500 000.— in f 12 716 300—	Werkspoor N.V. te Utrecht
f 406 500,—	N.V. Machinefabriek Stork-Jaffa te Utrecht
f 21 350,—	Machinefabriek en Constructiewerkplaats B. Zwijnenburg te Krimpen a/d IJssel
eenheidsprijzen	N.V. v/h H. Vettewinkel en Zonen te Amsterdam
—	N.V. Nestum te Amsterdam

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
SS 361	1 december 1963	Het beschikbaarstellen van tekenaar-constructeurs t.b.v. de voorbereidir van diverse werken voor het Deltaplan
SS 362	31 oktober 1963	Het maken en leveren van rubber oplegblokken voor de schutsluizen in h Volkerak te Willemstad
DED 574a	15 april 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst DED 574 voor het hure van de motorvlet 'Jumbo' ten behoeve van de Waterloopkundige afdeling.
DED 601a	6 april 1965	Overeenkomst tot wijziging en aanvulling van de overeenkomst DED 60 voor het leveren van basaltstortsteen ten behoeve van de afsluiting van h Haringvliet.
DED 618a	18 maart 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst DED 618, voor het levere van genaaide en gevlochten Azobé-matten en schotten, alsmede van bezaag Azobé-hout ten behoeve van de oeververdedigingen langs in het Veerse Me drooggevallen gronden.
DED 714	15 maart 1965	Het maken van stortebedden en dijken met oevervoorzieningen ter weer zijden aansluitend op het schutsluiscomplex in de gemeente Willemstad.
DED 733	18 maart 1965	Het profileren en bekleden van een zandlichaam gelegen tussen de Plaat va Scheelhoek en de haven van Dirksland.
DED 735	6 april 1965	Het verrichten van onderhoudswerkzaamheden aan het Delta-Decca zende complex en bijbehorende Decca navigatie apparatuur.
DED 743	6 april 1965	Huur van het motorschip 'Eabarre' voor het verrichten van metingen.
DED 745	22 maart 1965	Het voltooien van de bouw van drie blokken, elk van twee dienstwoninge nabij de schutsluizen te Willemstad.
DED 746	31 maart 1965	Ontbinding van de overeenkomst DED 592a voor het bouwen van diens woningen nabij de schutsluizen te Willemstad.
DED 747	22 januari 1965	Overeenkomst terzake van een te verlenen schadevergoeding wegens schac aan gronden en gewassen ten gevolge van het niet in de oorspronkelijke sta en toestand leveren van percelen en perceelsgedeelten bij hem in eigendo en/of gebruik na de terbeschikkingstelling aan het Rijk van deze percelen e perceelgedeelten ten behoeve van het maken van een bouwput voor de doo laatcaissons nabij Veere.
DED 748	6 april 1965	Het verrichten van onderhouds- en herstellingswerkzaamheden, leveringe en vernieuwingen aan de motorvlet 'Trekvogel'.
DED 749	6 april 1965	Huur van de motorboot 'Mea Vota' voor het verrichten van grondboringen.
DED 751	6 april 1965	Overeenkomst wegens het door het Rijk in gebruik nemen van een perceel gedeelte ten behoeve van de aanleg van een verbindingskanaal tussen d Zuiderdiepboezem en de haven van Goedereede.
DED 752	15 april 1965	Het leveren van zink- en stortsteen ten behoeve van de Volkerakwerken.
BR 3564	19 maart 1965	Het vervaardigen en leveren van ladders, handgrepen en inspectiebordesse voor de hoofddraaipunten van de spuisluis Haringvliet.
BR 3566	24 februari 1965	Het opmaken van kostprijsbegrotingen ten behoeve van diverse werken.
BR 3567	24 februari 1965	Het opmaken van kostprijsbegrotingen ten behoeve van diverse werken.
BR 3579	23 maart 1965	Het vervaardigen en leveren van dakspanten voor magazijn en vismijn t Stellendam.
BR 3588	26 april 1965	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 12 vis- en 10 zou rioolschuiven met bijbehorende bewegingswerken c.a. en 6 noodschuiven te behoeve van de spuisluis in het Haringvliet.
BR 3589	26 april 1965	Het vervaardigen en leveren van rubberafdichtingen voor de vis- en zoutrioo schuiven in de spuisluis in het Haringvliet.

Aannemingssom	Aannemer
f 55 000,—	NV. Aannemingsbedrijf vh J. F. van Acker te Halfweg N.H.
f 18 424,—	Rubberfabriek Vredestein N.V. te Loosduinen
—	W. van Laar te Soest.
eenheidsprijs	Rheinisches Lava Kontor G.m.b.H. Tochtergesellschaft Horst und Jüssen O. H. G. Sinzig/Rhein.
f 56 370,—	N.V. Houthandel v/h T. C. Groot te Amsterdam.
f 860 900,—	Combinatie Schutsluizen Volkerak te Amsterdam.
f 3 098 000,—	Deltacombinatie te 's-Gravenhage.
f 45 500,—	Internationale Navigatie Apparaten N.V. te Rotterdam.
—	H. van Bon te Schiermonnikoog.
f 147 000,—	Fa. G. Sjerp en Zoon te Willemstad.
—	Mr. A. Ph. van Gelder te Rotterdam.
f 18 000,—	A. de Visser te Goes.
f 10 189,61	Gebr. Osterholt's, Motoren- en Machinefabriek N.V. te Schiedam.
—	J. Hoogendoorn te Hardinxveld Giessendam.
—	D. Goedkoop te Goedereede.
eenheidsprijzen	De Keerkring N.V. te Utrecht.
f 154 500,—	'Vlaardingen-Oost' N.V. te Vlissingen.
f 27 922,96	N.V. Pletterij v/h L. I. Enthoven Cie te Delft.
f 56 200,—	N.V. Werkspoor te Utrecht.
f 10 800,—	N.V. Middelburgsche IJzergieterij en Machinefabriek v/h Boddaert en Co te Middelburg.
f 310 300,—	Machinefabriek Thole N.V. te Enschede.
f 36 094,—	Rubberfabriek Vredestein Loosduinen N.V. te Loosduinen.

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

Nummer van het bestek	Dienstjaar	Omschrijving van het werk
DED 699	1964—1965	Het bouwen van een vismijngebouw en een magazijn met 20 boxen in de g meente Stellendam, gelegen op een terrein nabij de vissershaven in het Harir vliet
DED 706	1964—1965	Het leveren van betonblokken en betonbanden voor de Grevelingendam
F. 216	1964	Het maken van een zanddijk aan de zuidwestkust van Schiermonnikoog verhogen van laaggelegen gebieden in de zeewerende duinregel.
DED 744	1965	Het leveren van beton-damplanken, betonbanden en betonblokken voor Brouwershavense gatdam.

Opgave van door andere beheerders dan het Rijk openbaar bestede en gegunde werken

Gebied	nr. en dienstjaar van het bestek	Omschrijving van het werk
Friesland	nr. 438 dienstjaar 1962 Provinciale Waterstaat Friesland	Het verhogen van de zeedijk tussen Zurich en Dijksterburen
Friesland	nr. 2 dienst 1964—1966 Waterschap „De Terschellingerpolder"	Het verhogen van het gedeelte zeedijk Strijp-Kanneweg, met bijkomen werken

ɛgunde werken

Aannemingssom	Aannemer
f 164 900,—	Fa. S. L. Kranenburg te Oudenhoorn
eenheidsprijzen	Pit-beton N.V. te Middelburg
f 1 044 000,—	N.V. Gebr. C. en Th. Wijnands te Werkendam
ɛenheidsprijzen	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes

Aannemingssom	Aannemer
f 3 444 000,—	Aannemers en Handelsbedrijf van Oord N.V. te Werkendam
f 2 596 000,—	N.V. v/h Hillen en Roosen te Amsterdam

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

K.L.M. Aerocarto	119
Dienst Domeinen Breda	132
J. S. Lingsma	158
Rijkswaterstaat	152
T. Slagboom	133
Staatsbosbeheer	116, 120, 121
H. Stuurman	156

Inhoud nr. 34

A. De werken van het Deltaplan

171 De Brabantse Biesbosch

187 Wateroverdrukken in een dijk in aanbouw; een onderzoek ten behoeve van de dam door het Brouwershavensche Gat

192 De ontwikkeling van doorlaatcaissons sinds de sluiting van het Veersche Gat

205 Het dijkvak tussen de haven van Dirksland en de Plaat van Scheelhoek

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

209 Het werkplan voor de uitvoering van de Lauwerszeewerken

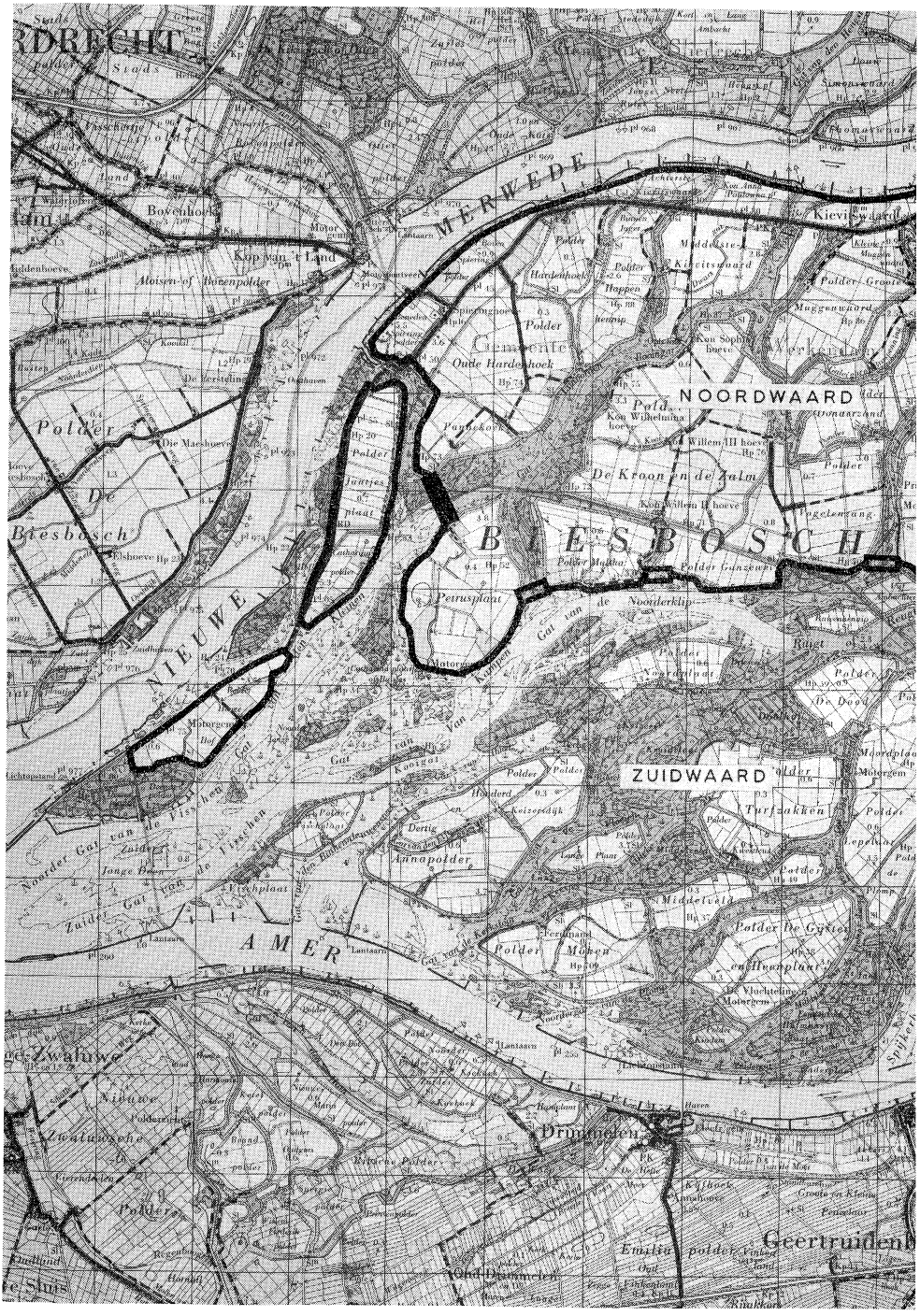
216 Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

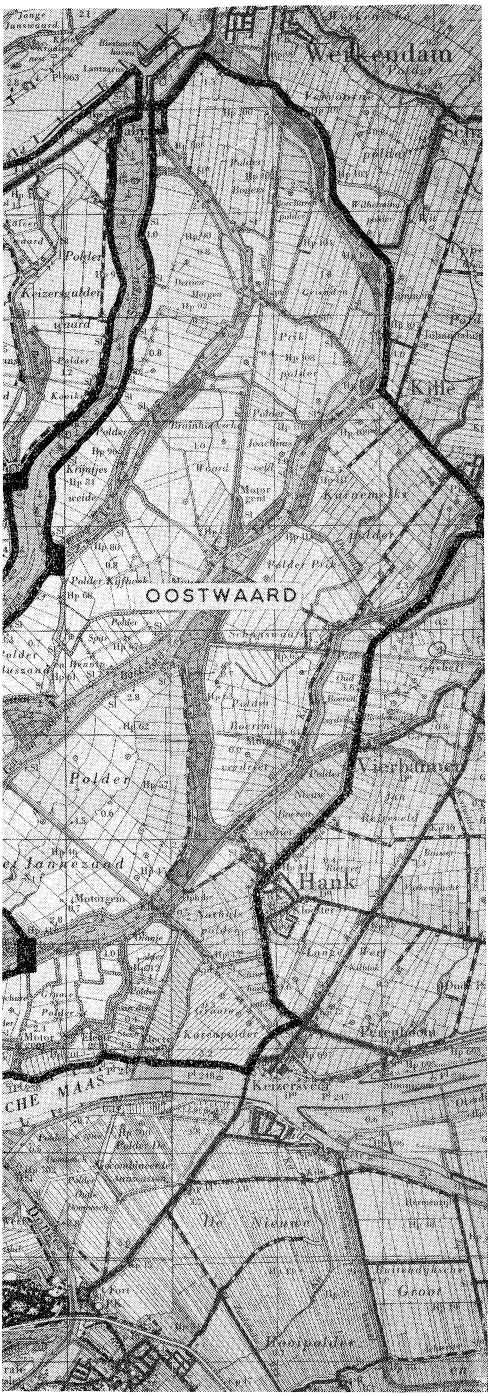


slot

In 1931 werd bij de minister van Waterstaat aangedrongen op het treffen van maatregelen om de ingelanden van de lage Dongepolders, de buitenpolders van het Oude Maasje en delen van de Biesbosch te vrijwaren van overstromingen als gevolg van stormvloeden. Daarmee begon een nieuwe periode van bemoeienis van de Rijkswaterstaat met de Biesbosch.
Deze bemoeienis leidde in de loop der jaren tot het opstellen van een groot aantal plannen. Als eerste kan worden genoemd een plan van 1933, dat beoogde compensatie te scheppen voor de verhoging van de stormvloedstanden in de Biesbosch als gevolg van de veronderstelde watervrije bedijking van de landen ten zuiden van de Amer en de Bergsche Maas, en in het algemeen de ontwatering van het gebied te verbeteren. De voorgestelde werken voorzagen onder meer in een beteugeling van de getijstromen, maar niet in een algehele bedijking van de Biesbosch.
In 1936 volgde de oprichting van het waterschap 'De Brabantsche Biesbosch'. Het is de taak van dit waterschap de Biesbosch tegen hoge waterstanden te beschermen, de ontwatering te verbeteren en de belangen van het verkeer te land en te water te behartigen.
Een nadere bestudering van het plan van 1933 leidde later tot de overtuiging, dat daarmede het beoogde doel niet kon worden bereikt en dat de oplossing moest worden gezocht in een algehele bedijking van de Biesbosch. Vooral in de jaren na 1938 trad deze gedachte sterk op de voorgrond. Behalve de wens tot sanering van een waterstaatkundig onbevredigende situatie, heeft ook het streven naar werkverschaffing de plannen voor een algehele bedijking en een cultuurtechnische reconstructie van de Biesbosch gestimuleerd. Gedurende de tweede wereldoorlog hebben verder ook de noodzaak de voedselproduktie zo hoog mogelijk op te voeren, en de onwil werkkrachten naar Duitsland te laten deporteren, een rol gespeeld.
In de oorlogsjaren werd daarom van de zijde van het Rijk de bereidheid uitgesproken om de werken tot bedijking van de Biesbosch met de voorzieningen voor de hoofdontwatering en de scheepvaart van Rijkswege uit te voeren, mits de provincie Noord-Brabant een zeker percentage van de kosten en een zeker percentage van de waardevermeerdering van de hoogwatervrij te maken gronden zou bijdragen; de opzet was daarbij dat de provincie deze uitgaven geheel of gedeeltelijk op belanghebbende derden zou afwentelen. Over deze bijdragenregeling werd geen overeenstemming bereikt. Na de


MERWEDE
NOORDWAARD
BIESBOSCH
ZUIDWAARD
NIEUWE MERWEDE
AMER
Kop van 't Land
Moiserf- of Binnenpolder
Quite Hardenhoek
De Kroon en de Zalm
Perrusplaat
Annapolder
Potder de Gykter
Middelveld
Turfsakkers
Drimmelen
Geertruiden
Emilia polder
Oud-Drimmelen
Zwaluwe
Nieuwe
Zwaluwsche
Polder
Bieshoeve
Boschhoek
Kievitsdaal
Maggenwaard
Polder Groot
Polder Gouwe
Polder Mulhar
Polder Ganzewei
Polder Nieuwe Land
Polder Hoppen
Polder Hardenhoek
Polder Jannes
Polder Vlaat
Polder Vlaatsche
Polder Vlaatsche Hoek
Polder Vlaatsche Hoek
Polder Vlaatsche Hoek

Topografische kaart van de huidige Biesbosch



Grens afwateringsgebied

Kreekafsluiting

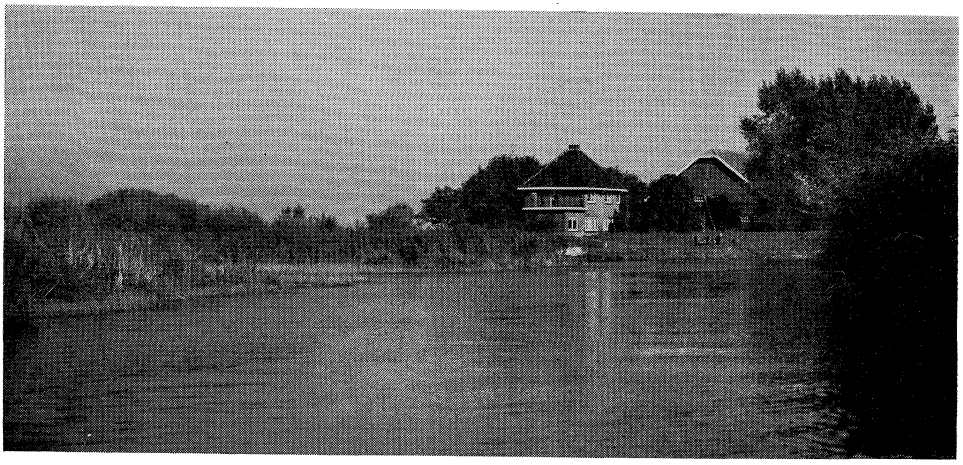
Gemaal

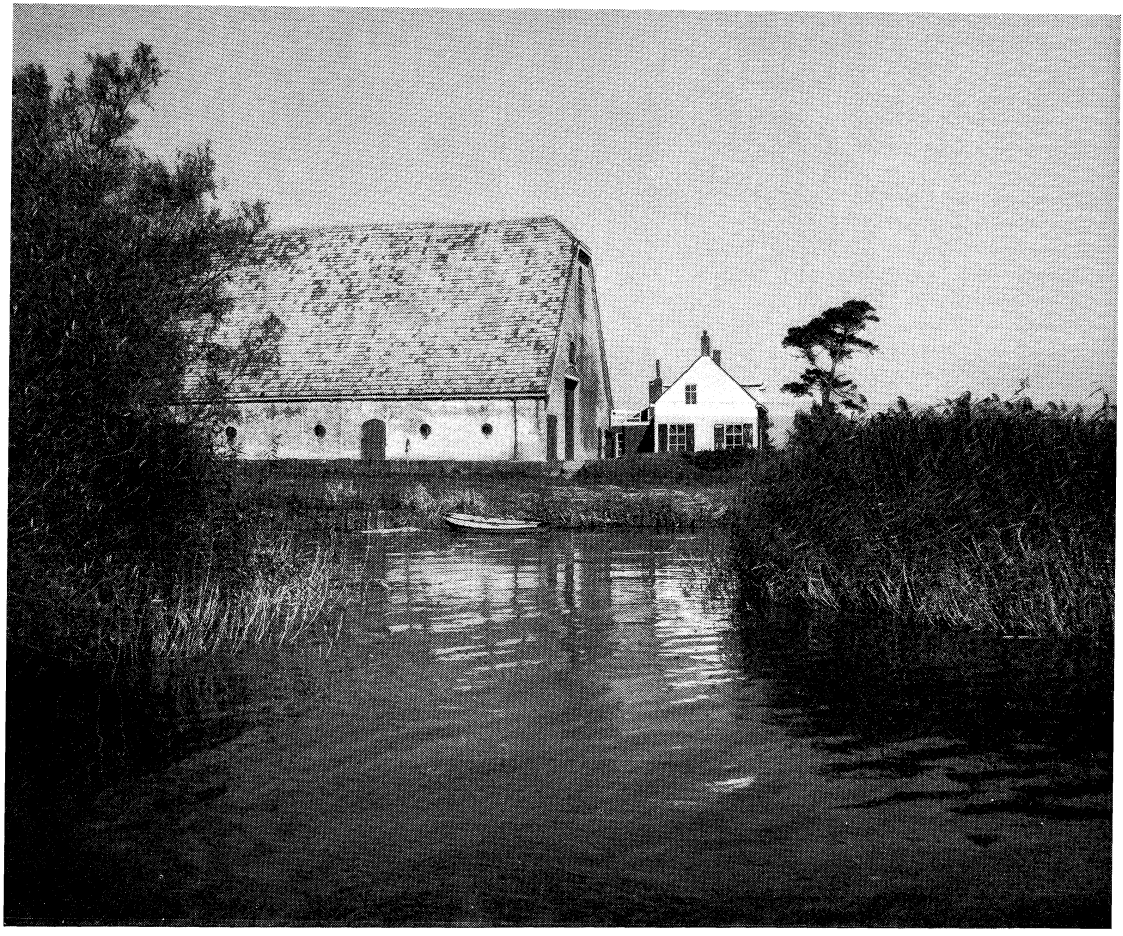
oorlog werd het vraagstuk van de verdeling van de kosten tussen het Rijk, de provincie Noord-Brabant en belanghebbende derden, alsmede over de wijze van inning van de bijdragen van deze laatsten, opnieuw ter hand genomen; hoewel uiteindelijk een oplossing van dit probleem in zicht leek te komen, was het overleg nog niet afgerond toen het in 1956 werd opgeschort.

Wat betreft de aard van de Biesboschplannen had de situatie zich inmiddels als volgt ontwikkeld. Over een door de Rijkswaterstaat in de oorlogsjaren opgesteld plan zijn na de oorlog een groot aantal instanties gehoord door de toenmalige Raad voor de Waterhuishouding, hetgeen er tenslotte in 1950 toe leidde dat de minister van Verkeer en Waterstaat een bepaald plan voor uitvoering aanwees. Dit 'plan 1950' voorzag onder meer in een hoogwatervrije bedijking door middel van een ringdijk met drie schutsluizen en een uitwateringssluis, waarbij het zuidelijke deel van de dijk de zuidelijke kaden van de zuidelijkste Biesboschpolders als het ware zou omvatten. Op de boezem binnen de ringdijk, waarop ook het westelijke deel van het land van Altena afwaterde, kon met behulp van de uitwateringssluis een peil van N.A.P. – 0,60 m worden gehandhaafd. Aan het gebied binnen de ringdijk zou een hoofdzakelijk agrarische bestemming kunnen worden gegeven. Een gebied ter grootte van 900 ha langs de Amer en de Bergsche Maas en buiten de ringdijk zou tot natuurreservaat kunnen worden bestemd. Met het oog op de gewenste cultuurtechnische begeleiding van het bedijkingsplan werd door het waterschapsbestuur in 1950 een aanvraag tot ruilverkaveling voor het gehele waterschapsgebied ingediend bij Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant.

Van de zijde van de gemeente Dordrecht werden echter bedenkingen geuit, aangezien men van de hoogwatervrije indijking van de Biesbosch een stormvloed-verhogend effect vreesde. Hoewel met het 'plan 1950' ten dele was tegemoet gekomen aan de bij het vooroverleg van de zijde van de natuurbescherming geuite wensen, kon het voor uitvoering aangewezen plan ook in natuurbeschermingskringen geen genade vinden.

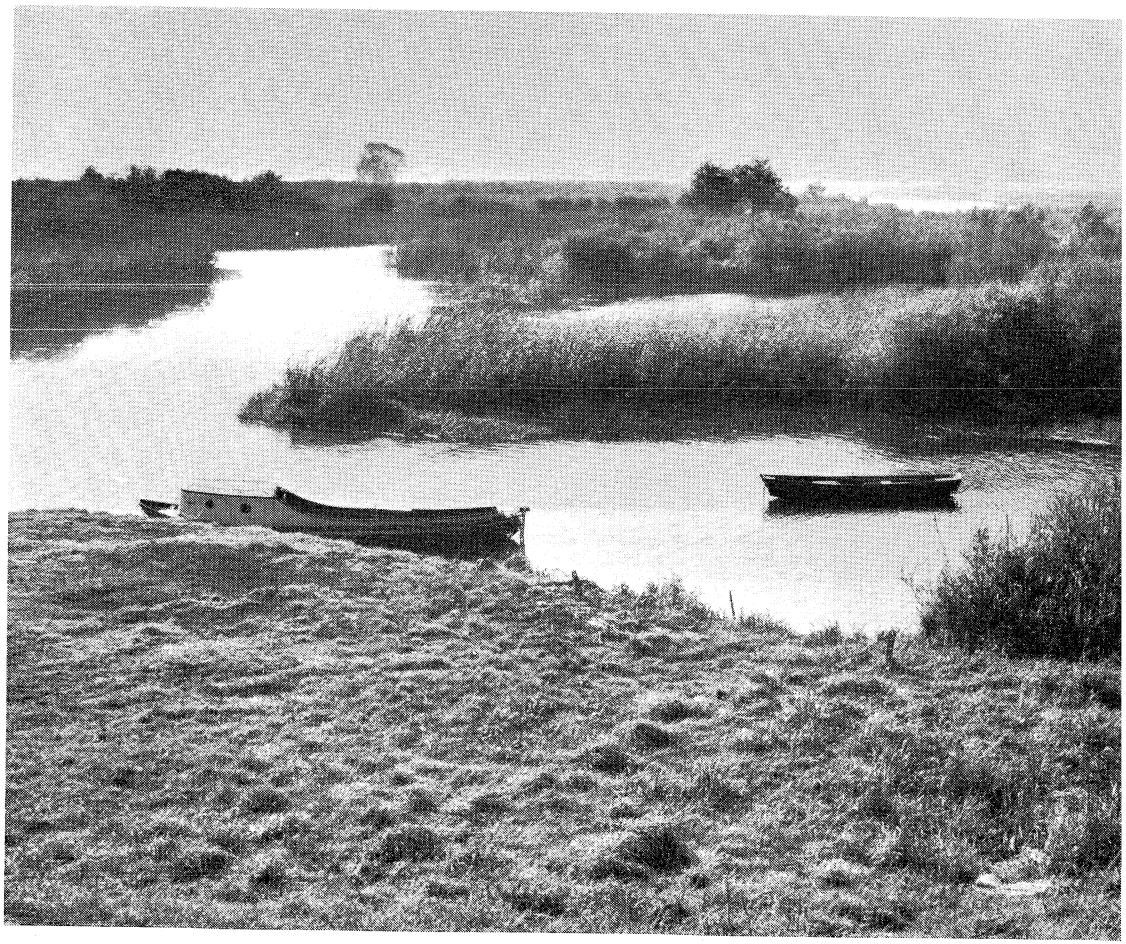
Inmiddels werden reeds in uitvoering genomen het deel van de ringdijk langs de Boven- en de Nieuwe Merwede tot de Hoge Hofpolder, de nieuwe schutssluis en haven te Werkendam en de nieuwe Spieringsluis tegenover Kop van het Land.Deze werken immers pasten in ieder plan, en liepen niet vooruit op de behandeling der ingebrachte bezwaren.





In 1953 werd ons land getroffen door de overstromingsramp, die aanleiding gaf tot de vaststelling van het thans in uitvoering zijnde Deltaplan; met het van kracht worden van de Deltawet in 1958 verkreeg dit plan zijn wettelijke grondslag. Onder de nieuwe omstandigheden was een herziening van het eerder opgestelde plan voor de Biesbosch noodzakelijk geworden. Het leek daarbij beter niet tot verdere hoogwatervrije bedijkingen langs de benedenmond van de Maas over te gaan, alvorens met de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet het gevaar voor overstroming in het gehele noordelijke Deltagebied belangrijk zou zijn verminderd. Deze afsluitingen zouden daarentegen zodanige veranderingen in de waterloopkundige toestand teweegbrengen, dat men in de Biesbosch heel wat voorzieningen zou moeten treffen om het gebied aan de nieuwe situatie aan te passen.

De aanpassing van de Biesbosch werd in 1962 in behandeling genomen door de Werkgroep inzake Aanpassingswerken in Noord-Brabant, die onder leiding staat van het hoofd van de afdeling Waterhuishouding c.a. van de Deltadienst en waarin zijn vertegenwoordigd de Rijkswaterstaat, de Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant, de Cultuurtechnische Dienst en het Staatsbosbeheer (dienstvakken Natuurbescherming en Landschapsverzorging); de taak van deze werkgroep is het bevorderen van het tijdig gereed-



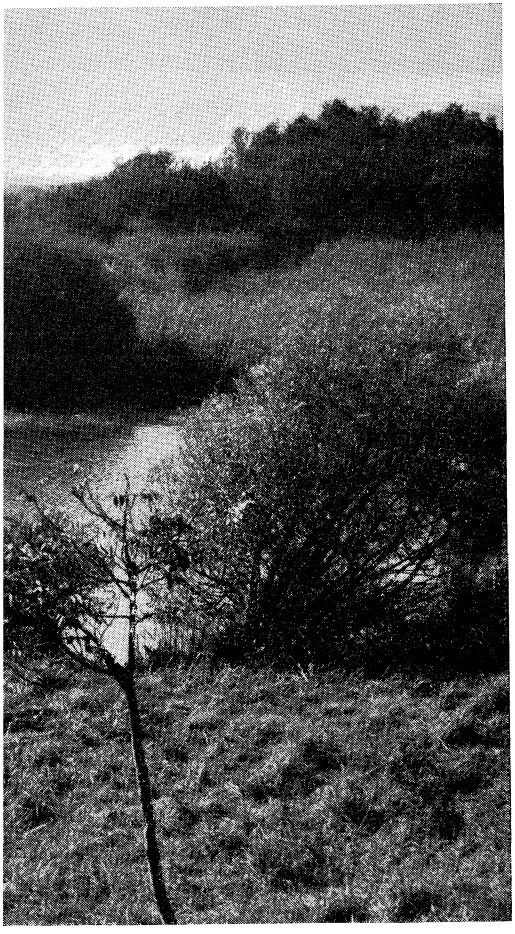


1

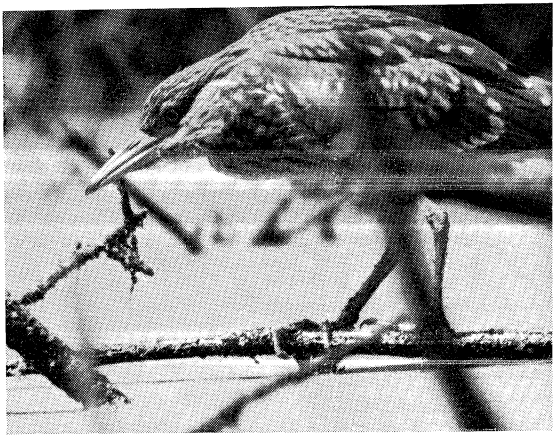
1 Broedende dodaars

2 Jonge vliegvlugge kwak

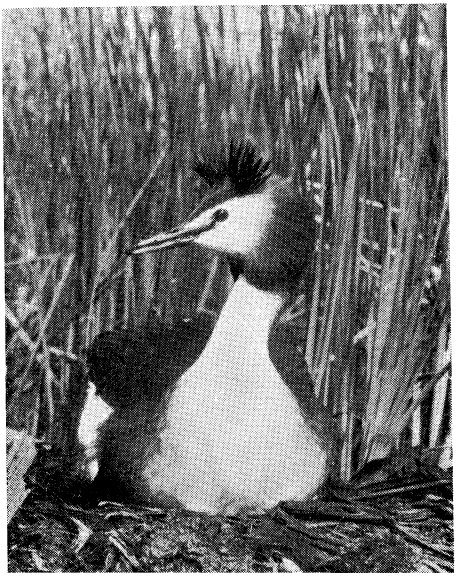
3 Broedende fuut



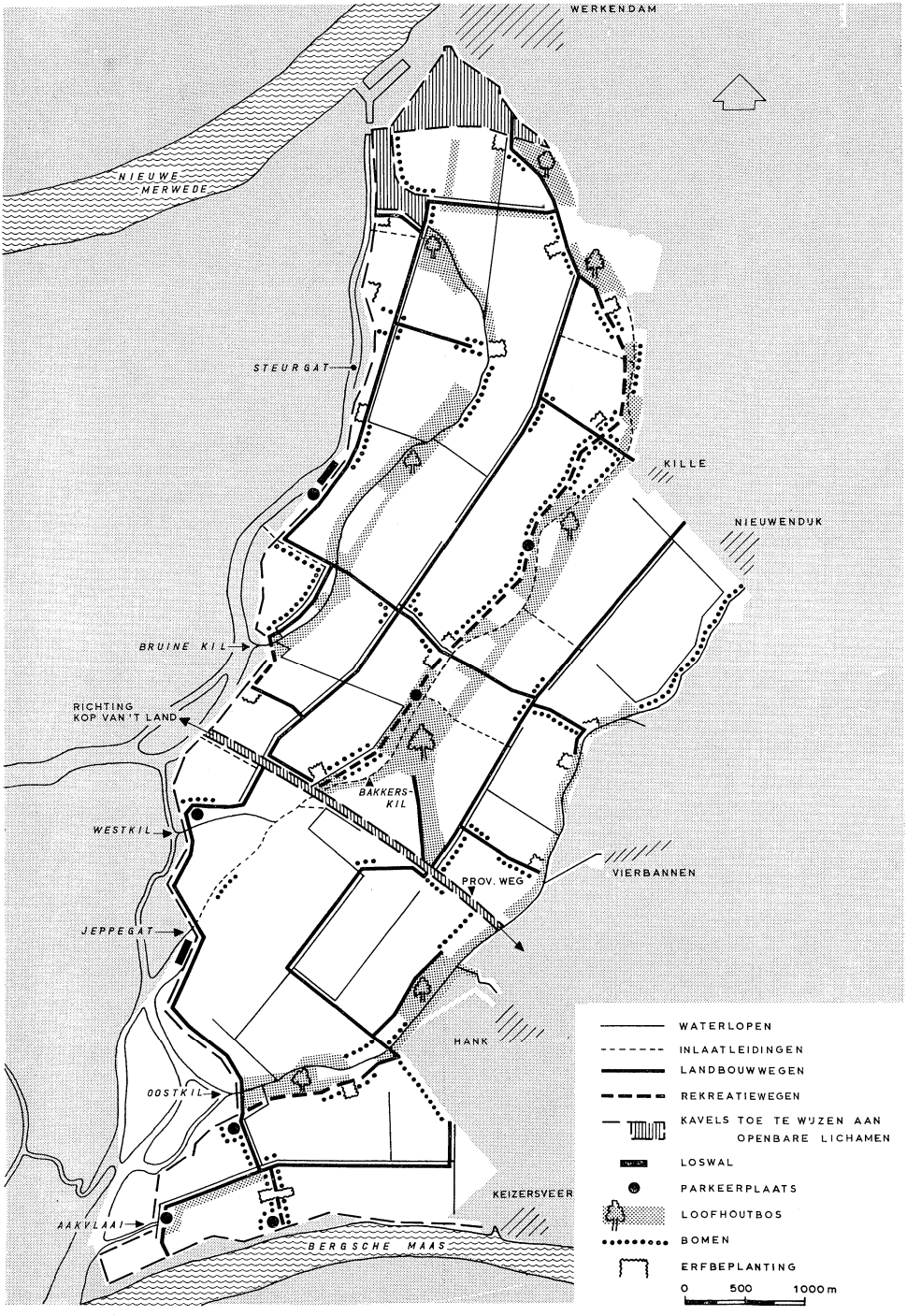
2



3



komen van de nodige aanpassingen in de provincie Noord-Brabant volgens aanvaardbare plannen.
De plicht tot het tot stand brengen van de nodige aanpassingen van waterstaatswerken berust krachtens artikel 3, lid 2, van de Deltawet bij de beheerders. In verband hiermede kwam op het bestuur van het waterschap 'De Brabantsche Biesbosch' een zware taak te rusten. Het waterschapsbestuur heeft, begeleid door de bovengenoemde werkgroep, deze taak met voortvarendheid aangepakt, met de Koninklijke Nederlandsche Heidemaatschappij en het Ingenieurs- en Architectenbureau v/h J. van Hasselt en De Koning als technische adviseurs.
In het navolgende zullen nadere bijzonderheden worden medegedeeld over de sinds 1962 ontwikkelde aanpassingsplannen, waarvan de uitvoering inmiddels ter hand is genomen.
De belangrijkste waterloopkundige gevolgen van het Deltaplan, die er de oorzaak van zijn dat in de Biesbosch aanpassingen moeten worden uitgevoerd, zijn een verhoging van de gemiddelde waterstand en een verkleining van het getij-verschil, zodat de hoogwaterstanden lager en de laagwaterstanden hoger zullen worden dan thans het geval is. Daarnaast zullen ook de extreem hoge waterstanden lager worden, waardoor de veiligheid van de Biesboschpolders tegen overstromingen zal toenemen.
De landbouwpolders in de Biesbosch worden door deze veranderingen als volgt beinvloed. Door het hoger worden van de laagwaterstanden zal de mogelijkheid tot natuurlijke lozing vervallen en moet in middelen voor kunstmatige waterlozing worden voorzien. De verhoging van de gemiddelde waterstanden zal een vergroting van de kwel naar de polders tengevolge hebben. Als gevolg van de bodemopbouw, waarbij een dikker of dunner dek van klei- of zavelgrond rust op meer doorlatende zandlagen, zijn de Biesboschpolders voor dit verschijnsel gevoelig. In verband met de grotere kwel kunnen bepaalde voorzieningen nodig zijn om een goede exploitatie van de gronden als bouwland mogelijk te maken, terwijl de bemalingskosten zullen toenemen.
De verhoging van de gemiddelde waterstanden zal tevens van invloed zijn op de kaden in die zin, dat de grondwaterstand in de kaden hoger komt te liggen, waardoor op enkele trajecten afschuivingen van het binnentalud zouden kunnen gaan optreden. Bovendien kunnen de verhoogde gemiddelde buitenwaterstanden, die gedurende langere perioden min of meer constant zullen zijn, aantasting van het buitentalud van de kaden veroorzaken. Een verdediging van het buitentalud en een aanpassing van het profiel van de kaden op de desbetreffende trajecten kan nodig zijn.


WERKENDAM
NIEUWE MERWEDE
STEURGAT
KILLE
NIEUWENDIJK
BRUINE KIL
RICHTING KOP VAN 'T LAND
BAKKERS-KIL
WESTKIL
PROV. WEG
VIERBANNEN
JEPPEGAT
HANK
OOSTKIL
KEIZERSVEER
AAKVLAAI
BERGSCHE MAAS
WATERLOPEN
INLAATLEIDINGEN
LANDBOUWWEGEN
REKREATIEWEGEN
KAVELS TOE TE WIJZEN AAN OPENBARE LICHAMEN
LOSWAL
PARKEERPLAATS
LOOFHOUTBOS
BOMEN
ERFBEPLANTING
0 500 1000 m

De verlaging van de hoogwaterstanden zou op plaatsen waar de bodemopbouw daartoe aanleiding geeft verdrogingsverschijnselen kunnen veroorzaken, en nopen tot maatregelen ter verzekering van een goede vochtvoorziening van de bodem.
De verlaging van de hoogwaterstanden tenslotte zal bovendien tot gevolg hebben, dat de bevaarbaarheid van een aantal killen, die thans nog onmisbaar zijn voor de bereikbaarheid van talloze polders en hun geheel op het getij berekende loswallen, vermindert. Deze killen moeten worden uitgediept, tenzij op een andere manier in de ontsluiting zou worden voorzien.
Uit de vorenstaande beschouwingen volgt wel dat het voor de aanpassing van de landbouwpolders in de Biesbosch nodig is een aantal maatregelen te treffen; om dit op efficiënte wijze te kunnen doen is het van belang om tot een zekere concentratie van polders te komen. De vraag is hoever deze concentratie moet gaan. Bij het voorheen gevoerde overleg was gebleken dat ten aanzien van de omvang die de concentratie van de landbouwpolders tot grotere bemalingseenheden in het oosten en noorden van de Biesbosch zou dienen te hebben, praktisch geen verschil van mening bestond. In 1963 zijn door het waterschap 'De Brabantsche Biesbosch' dan ook principeplannen voorgesteld voor de aanpassing van de tot een Oostwaard en een Noordwaard geconcentreerd gedachte polders in het oosten en het noorden. Beide plannen verwierven de instemming van Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant.
Het plan voor de Oostwaard voorziet in een afsluiting van de Aakvlaai, de Oostkil, de Bakkerskil (Jeppegat/Westkil), de Bruine Kil, en de kil te Werkendam. Aan de kaden die deel zullen uitmaken van de ringkade, zullen hier en daar voorzieningen worden getroffen. Het door de ringkade omsloten gebied zal afwateren op de Bruine Kil en de Oostkil, die als hoofdafvoerleidingen zijn geprojecteerd met een polderpeil van N.A.P. – 1,20 m, respectievelijk N.A.P. – 1,43 m. Deze hoofdafvoerleidingen zullen beide aan hun mond worden voorzien van een elektrische bemalingsinstallatie. Bij de bepaling van de capaciteit van deze gemalen is rekening gehouden met het toenemen van de kwel. De Bakkerskil is als centrale inlaatleiding geprojecteerd, terwijl de gelegenheid blijft bestaan elders water uit het Steurgat in te laten. In aansluiting op deze voorzieningen zal ook de detail-waterbeheersing worden aangepast en zal op bepaalde plaatsen een aanvullende drainage worden uitgevoerd om achteruitgang van de grond onder invloed van de sterkere kwel te compenseren. Voor het verkeer, dat momenteel nog voor een groot deel over water plaatsvindt, zullen voorzieningen worden getroffen in de vorm van een aanpassing en aanvulling van het bestaande wegenstelsel en de aanleg van enkele centrale loswallen. Het vervoer dat thans nog gebruik maakt van de haventjes van Werkendam, Kille, Nieuwendijk, Vierbannen en Hank, zal in de toekomst moeten geschieden via de aan te passen en de nieuwe wegen en de centrale loswallen, of geheel over de weg moeten plaatsvinden. Ook voor dat deel van het recreatieverkeer te water, dat thans Hank als basis heeft, zijn bepaalde compenserende voorzieningen nodig. De grienden en rietgorzen die binnen de ringkade komen te liggen, zullen hun betekenis voor de teelt grotendeels verliezen.
Het waterschapsbestuur is tot de conclusie gekomen, dat de te treffen voorzieningen – met uitzondering van de bouw van de gemalen – het beste kunnen worden gerealiseerd in het kader van een ruilverkaveling, waarmee tevens een belangrijke verbetering van de bestaande cultuurtechnische situatie kan worden bereikt. In verband hiermee heeft het waterschapsbestuur, in aansluiting op de aanvraag tot ruilverkaveling van het gehele waterschapsgebied, in 1962 aan Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant verzocht te willen bevorderen dat aan de ruilverkaveling van de Oostwaard voorrang wordt verleend. Deze ruilverkaveling bevindt zich thans in voorbereiding. Door de Centrale Cultuur-

technische Commissie is een plan voor wegen en waterlopen en een landschapsplan opgesteld.
Terwijl in de huidige toestand slechts ruim 15 km min of meer verharde wegen worden aangetroffen, voorziet het plan in ruim 45 km landbouwwegen, die uiteraard mede van belang zijn voor de recreatieve ontsluiting; in plaats van de bestaande 49 losplaatsen telt het plan voorlopig slechts 2 centrale loswallen. Bovendien is met een toeristisch doel bijna 7 km weg ontworpen langs de fraaiste delen van de Bakkerskil en de Oostkil, alsmede meer verspreid een 7-tal parkeer- en picknickplaatsen. Voor de ontsluiting van de gehele Biesbosch is van groot belang de ontworpen provinciale weg van Hank naar het veerhoofd tegenover Kop van het Land.
In het landschapsplan vormen de afgesloten kreken met de beplanting op de oeverlanden de bepalende elementen. In plaats van de verdwijnende grienden en rietvelden, waarvan wellicht enkele percelen met een verwilderende begroeiing kunnen worden gehandhaafd, is hier gedacht aan een afwisseling van bos en weide, waartoe ondermeer 150 ha loofhout kan worden ingeplant, met een in afhankelijkheid van bodemreliëf en bodemsamenstelling gevarieerd assortiment. Rondom andere percelen griend en rietgors, die voor ontginning tot landbouwgrond in aanmerking komen, zijn boom- en singelbeplantingen geprojecteerd. Ook elders in het gebied zijn beplantingen langs wegen en op erven voorzien.
De totale kosten van dit aanpassings- en ruilverkavelingsplan zijn geraamd op bijna f 16 600 000,–.
Er zij nogmaals op gewezen dat het hier geen plan voor hoogwatervrijmaking betreft. De gemiddelde overschrijdingskans van het waterpeil waarop de kerende hoogte van vele Bieschbosch kaden is gebaseerd, zal evenwel na de afsluiting van het Haringvliet dalen van eenmaal per 2 jaar tot minder dan eenmaal per 250 jaar. Hoewel de veiligheid van de Biesboschpolders tegen overstroming daarmee nog aanzienlijk zal liggen beneden het criterium dat voor andere delen van ons land wordt aanvaard, is de genoemde vergroting van veiligheid toch een voldoende, zij het voorlopige basis voor het ondernemen van de beschreven ingrijpende werken.

De voorzieningen die in de Noordwaard getroffen moeten worden zijn van dezelfde aard als die in de Oostwaard, maar minder ingrijpend. Naast het scheppen van een voor de landbouw bevredigende toestand is ook voor deze waard een goede landschappelijke verzorging van groot belang.
Ook de buitendijkse terreinen buiten de ringkaden zullen door de waterloopkundige gevolgen van het Deltaplan worden beïnvloed. In nr. 29 (augustus 1964) van deze Berichten werd reeds gewezen op de moeilijkheden die zich bij de exploitatie van grienden en rietgorzen zullen kunnen gaan voordoen. Mede gezien de moeilijkheden waarmede deze cultures thans reeds te kampen hebben, valt te verwachten dat op een tamelijk groot gedeelte der buitendijkse gronden het huidige bedrijf niet zal worden gecontinueerd.
Het buitendijkse gebied met de biezen-, riet- en griendpercelen, die ten dele verder aan hun natuurlijke ontwikkeling zullen worden overgelaten, zal grote veranderingen te zien geven. In de laag gelegen grienden zal de wilg zich waarschijnlijk niet kunnen handhaven en deze stervende grienden zullen gedurende de eerste overgangsjaren een weinig aantrekkelijke aanblik bieden. Al spoedig zal evenwel een nieuwe vegetatie tot ontwikkeling komen en ook in de hoger gelegen grienden zal de rijkdom aan soorten toenemen. Het hoger opgaande hout zal hier en daar een kans krijgen en de grienden zullen uiteindelijk een gevarieerder bijdrage leveren tot het landschapsbeeld; het is mogelijk dat het landschap daardoor een intiemer en minder wijd karakter zal krijgen.

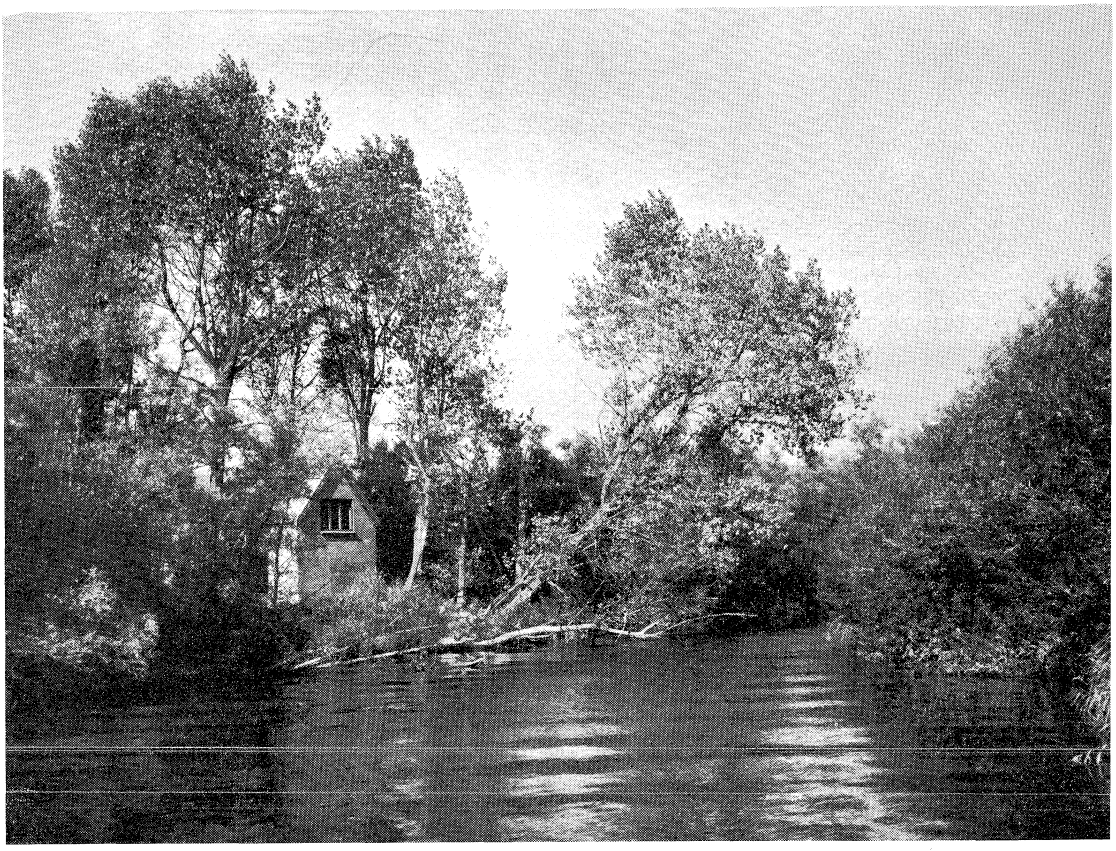


De lager gelegen begroeiingszones tussen het huidige H.W. en L. W., die thans zo sterk bijdragen tot het zeer dynamische karakter van het Biesboschlandschap, zullen gemiddeld hoger komen te liggen en smaller worden, waarbij het beeld vanaf het water gezien waarschijnlijk eenvormiger zal worden. De slikken en zandplaten zullen min of meer permanent onder water verdwijnen, waarbij op bepaalde gedeelten riet, biezen en ruigten een grotere kans krijgen. Ook al omdat de stroomsnelheden belangrijk zullen afnemen en het met het water meegevoerde sediment sneller zal bezinken, zal er een zekere kans bestaan dat vooral de kleinere killen dichtgroeien. Deze kans wordt uiteraard kleiner als men de killen uitdiept, terwijl tevens valt te bedenken dat de totale hoeveelheid sediment die de Biesbosch jaarlijks met het pulserende getij binnentrekt, zal afnemen.
De dierenwereld zal zich aan het veranderend milieu aanpassen. Ook hier enerzijds een verarming, anderzijds een verrijking.
Resumerende kan worden geconstateerd dat het Biesboschlandschap in de toekomst minder uniek, minder dynamisch en minder wijd zal worden, maar niettemin een uiterst boeiend natuurgebied zal blijven, dat in staat kan zijn grotere aantallen, zij het misschien iets minder diepgaand geïnteresseerde bezoekers te trekken, terwijl het ook voor het natuurwetenschappelijk onderzoek grote waarde zal behouden. Na de afsluiting van het Haringvliet zullen, zoals gezegd, de stroomsnelheden in de Biesbosch afnemen en de laagwaterstanden hoger worden dan thans het geval is, zodat vele killen beter bevaarbaar zullen worden voor de meest voorkomende kleinere pleziervaartuigen. Er zal dan op talrijke plaatsen langs de oever gemeerd kunnen worden zonder dat men gevaar loopt droog te vallen; met enig aanvullend baggerwerk zullen deze mogelijkheden nog toenemen. Ook de wateren rondom de Biesbosch zullen hydrologisch gezien een rustiger karakter verkrijgen en daardoor met minder risico door de kleinere pleziervaartuigen bevaren kunnen worden; hierbij moet evenwel worden aangetekend dat het niet uitgesloten is dat de beroepsvaart op de Nieuwe Merwede aanmerkelijk drukker zal worden dan thans het geval is. Van de zijde van de watersport hecht men in verband met het vorenstaande grote waarde aan een open verbinding van de Biesbosch met de Amer en de Bergsche Maas. De mogelijkheden nemen dan toe voor het vestigen van enkele grotere centra van watersport buiten het voor de recreatie en de natuurwetenschap belangrijkste gebied; in brede kring wordt deze ontwikkeling voorgestaan, want van de zijde van de watersport hecht men natuurlijk grote waarde aan het handhaven van de bestaande en



Zwarte stern





het scheppen van nieuwe vaarmogelijkheden in het zuidwestelijke deel van de Biesbosch. De grotere centra voor de watersport kunnen omvatten: een jachthaven met gelegenheid voor de berging en reparatie van boten, een parkeerplaats, een horecabedrijf, en een kampeer- en caravanterrein. In het recreatie- en natuurterrein zelf zou men kunnen denken aan aanlegplaatsen, wandelpaden en enkele kampeerpaspoortterreintjes.
De waarde van de Oostwaard en de Noordwaard voor de recreatie te land en als agrarische gebieden met een interessant landschappelijk karakter werd reeds genoemd. Vooral de voormalige kreken en de randen van deze gebieden zullen in dit opzicht van grote waarde blijken.
De geprojecteerde provinciale weg van Hank naar het veerhoofd tegenover Kop van het Land moet voor de ontsluiting van de Biesbosch in het algemeen en voor de recreatieve ontsluiting in het bijzonder, zowel naar het land als naar het water, van essentieel belang worden geacht. Wellicht dat op plaatsen waar de weg nabij de randen van de Oostwaard en de Noordwaard is gelegen, nadere voorzieningen voor de land- en oeverrecreatie plaats kunnen vinden.
Het zal duidelijk zijn dat voor de in het gebied gelegen gemeenten en het provinciaal bestuur van Noord-Brabant een belangrijke taak is weggelegd wat betreft het tot stand



brengen van de nodige voorzieningen voor de recreatie en voor de daarvoor vereiste organisatorische en bestuurlijke maatregelen. Door het provinciaal bestuur van Noord-Brabant is in 1961 de Provinciale Commissie voor de Biesbosch ingesteld; zij kreeg als taak het voorbereiden van een recreatieplan voor de Biesbosch. De werkzaamheden van deze commissie zijn helaas momenteel nog niet zover gevorderd dat aan de hand van een algemeen recreatieplan definitief kan worden aangegeven waar en op welke wijze voorzieningen voor de recreatie te water het best kunnen worden getroffen. De resultaten van de werkzaamheden van de Provinciale Commissie voor de Biesbosch worden dan ook met belangstelling tegemoet gezien.
In het voorgaande is stilzwijgend voorbijgegaan aan de vraag, op welke wijze de aanpassing van de landbouwpolders in het zuidwestelijke deel van de Biesbosch dient te worden gerealiseerd. Op langere termijn gezien zijn er in principe twee mogelijkheden. Men zou, als minimale oplossing voor de landbouw, het merendeel van de bestaande polders kunnen concentreren tot een ongeveer 1200 ha groot bemalingsgebied, de Zuidwaard, en voorzieningen kunnen treffen voor de ontsluiting, of wel deze maatregelen achterwege laten en een andere bestemming geven aan ongeveer 1000 ha goede landbouwgrond.

Dat enerzijds gesproken moet worden van een voor de landbouw minimale oplossing vindt zijn oorzaak in het volgende. Zoals gezegd zal na de afsluiting van het Haringvliet de veiligheid tegen overstroming van de Biesboschpolders belangrijk zijn toegenomen, maar ze blijft niettemin beneden hetgeen voor andere delen van ons land als criterium wordt aanvaard. Het streven zal dan ook waarschijnlijk wel zijn deze veiligheid verder te vergroten. In principe staan hiervoor twee mogelijkheden open, namelijk een verhoging en versterking van de ringkaden rond de geconcentreerde bemalingseenheden, ofwel het aanleggen van een ringdijk rond de gehele Biesbosch Voorzover het de Oostwaard en de Noordwaard betreft valt de eerstgenoemde methode niet zonder meer te verwerpen indien de lengte van de ringkade in verhouding tot de daar binnen gevatte oppervlakte land zo klein mogelijk wordt gehouden. Bij de Zuidwaard is deze laatste verhouding veel ongunstiger en is de eerstbedoelde oplossing kostbaar. Een bevredigende ontsluiting van de Zuidwaard is trouwens ook vrij kostbaar.
Bij overweging van het vorenstaande dringt de conclusie zich op dat bij het handhaven van het zuidelijk deel van de Biesbosch als watersportgebied van enig formaat, waarbij dan niet tot concentratie van polders in het zuidwestelijke deel van de Biesbosch kan worden overgegaan, op langere termijn gezien waarschijnlijk zou moeten worden gerekend met een andere bestemming van deze polders.
Wat betreft een dergelijke verandering van bestemming hebben de ideeën van de gemeente Rotterdam om in de Biesbosch spaarbekkens aan te leggen ten behoeve van de watervoorziening van de bevolking en de industrie van de Rotterdamse agglomeratie, de aandacht getrokken. Rotterdam is namelijk genoodzaakt om reeds vrij spoedig na het gereedkomen van het thans in uitvoering zijnde Beerenplaat-project verdergaande maatregelen te nemen ter verzekering van een goede watervoorziening. Welke oplossing voor dit Rotterdamse probleem uiteindelijk ook zal worden gevonden, als vaststaand kan worden aangenomen dat men in de komende decennia op meerdere plaatsen in ons land voor een goede watervoorziening van bevolking en industrie zijn toevlucht zal moeten nemen tot spaarbekkens. Ondermeer in het stroomgebied van de Maas zal zodoende een behoefte ontstaan aan vrij uitgestrekte terreinen die als spaarbekken kunnen worden ingericht. Het is zeker de moeite waard te onderzoeken of enkele landbouwpolders in het zuidwestelijk deel van de Biesbosch op ten aanzien van de landschapsvoorziening en recreatie verantwoorde wijze voor dit doel kunnen worden gebruikt.
De Biesbosch is eeuwenlang het onderwerp van veel onenigheid in ons land geweest. Wat betreft de toekomst beginnen zich langzamerhand enkele lijnen af te tekenen, voor het oosten en noorden meer, voor het zuidwesten minder duidelijk. Een eerste voorwaarde voor het bereiken van een oplossing van het Biesboschvraagstuk in zijn geheel lijkt dat de goede sfeer waarin dit geladen onderwerp tot dusverre kon worden behandeld, wat betreft de aanpassing aan de gevolgen van het Deltaplan ook in de toekomst behouden blijft.

Wateroverdrukken in een dijk in aanbouw; een onderzoek ten behoeve van de dam door het Brouwershavensche Gat

Onder de bekleding van de teen van een dijk treedt wateroverdruk op wanneer het freatisch vlak – dat is het vlak waarin de waterdruk gelijk is aan de druk van de buitenlucht – hoger ligt dan de vrije waterspiegel buiten de dijk. Wateroverdruk kan ontstaan na elk hoogwater, en in versterkte mate na een stormvloed, vooral als die langzaam oploopt, waardoor het water in de dijk na-ijlt. Zo'n situatie is ongunstig, en moet of door een filterconstructie ten spoedigste worden opgeheven, of door een voldoende dikke taludbekleding van de dijk worden tegengehouden; de dijk zou anders van binnenuit vernield worden.

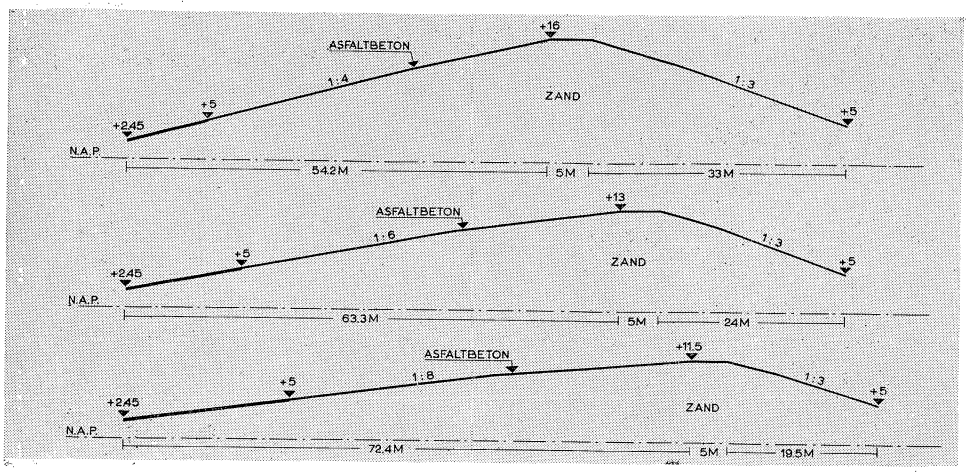
De grootte van de optredende waterdrukken is afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals de doorlatendheid van de bodem, de berging langs het vrije wateroppervlak in de dijk, de taludhelling van de dijk, de hoogte waarop het talud van de dijk begint, de vraag of er een damwand in de teen van de dijk, en of er perskaden in de constructie zijn opgenomen, het waterpeil achter de dijk, de onderkant van de kleilagen die het stroomvoerend grondpakket vormen, en zo meer. Dit grote aantal variabelen maakte het toch al zo moeilijke onderzoek vrijwel onmogelijk tot het moment waarop men elektrische analogiemodellen begon te gebruiken om de waterspanningen en de invloed van vele variabele factoren te berekenen.

In het artikel 'Onderzoek ter bepaling van de waterspanningen onder de asfaltbekleding van de dam in het Veersche Gat met behulp van een elektrische geleider' (Driemaandelijks Bericht nr. 13, augustus 1960) is beschreven hoe zulke metingen in het elektrisch analogon worden verricht.

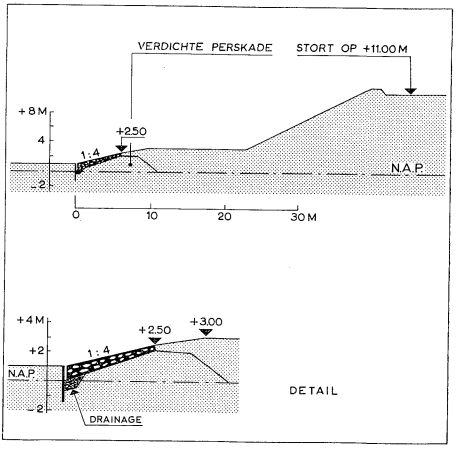
Het onderzoek voor de dam door het Veersche Gat was een van de eerste onderzoeken waarbij gebruik werd gemaakt van elektrische modellen. Hoewel de techniek van deze modellen nog in haar kinderschoenen stond kon op dat moment toch reeds een groot aantal veranderlijke factoren worden onderzocht. De invloed van àlle variabelen nagaan was niet mogelijk, eensdeels omdat de modeluitrusting nog enige beperkingen oplegde, maar vooral omdat het model pas beschikbaar kwam toen het dwarsprofiel van de dam eigenlijk al was vastgesteld.

Het onderzoek kon dan ook weinig anders doen dan aangeven hoe dik de bekleding bij het gekozen profiel moest worden.

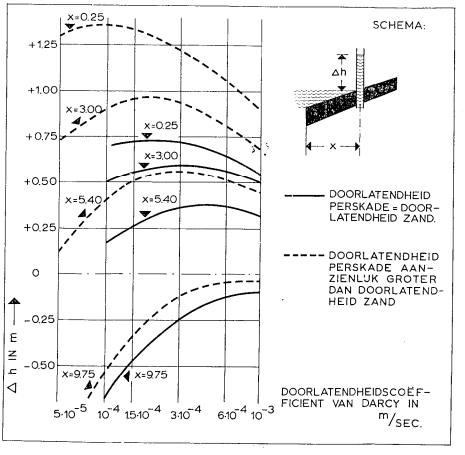
Ook enkele andere dijken die na de dam door het Veersche Gat zijn onderzocht waren al in zo'n vergevorderd stadium van ontwerp, dat moest worden volstaan met het bepalen van de bij dat ontwerp behorende dikte van bekleding. Pas later, toen er wat ruimte in het onderzoek ontstond, de problemen wat minder urgent waren en de modelapparatuur verder ontwikkeld was, ontstond de gelegenheid in een vroeger stadium van het ontwerp met het onderzoek te beginnen en daardoor systematisch een aantal bepalende factoren te variëren en in te passen in de overige elementaire gegevens van het ontwerp. De dam door het Brouwershavensche Gat was de eerste gelegenheid waarbij volgens deze methode



Dwarsprofielen bij verschillende taludhellingen



Maximaal toelaatbare hoogte van de taludbekleding wanneer de dijk daarachter nog op hoogte moet worden gebracht



Het getal $\triangle h$ – met behulp waarvan de overdrukken onder de bekleding worden gemeten – als functie van de doorlatendheid van het zandlichaam. De waarden veranderen wanneer in plaats van een relatief doorlatende perskade een weinig doorlatende kade wordt aangebracht

te werk kon worden gegaan. Het streven was door een goede keuze van ontwerpgrootheden te komen tot een profiel waarbij zo weinig mogelijk van het kostbare bekledingsmateriaal nodig was, zonder evenwel de betrouwbaarheid van de constructie als geheel aan te tasten, en rekening houdend met het feit dat de waterdrukken onder de bekleding niet de enige bepalende factor voor een teenconstructie vormen.
Onderzocht is in eerste instantie de invloed van de taludhelling op de overdrukken onder de bekleding. Daartoe is een serie metingen gedaan bij de taludhellingen 1 : 4, 1 : 6 en 1 : 8. Dat hierbij sprake is van een gehele serie metingen wordt duidelijk als men bedenkt dat pas een goede indruk van deze invloed wordt verkregen indien het effect ervan is gebleken bij wisselende omstandigheden. De variatie van de taludhelling betekent in feite dat tevens enkele andere grootheden moeten worden gevarieerd. Zo is voor elke taludhelling de doorlatendheid van de ondergrond gevarieerd, evenals de doorlatendheid van de mijnsteenperskade in de teen van de dam, en is zowel een doorlatende als een ondoorlatende teenbeschermingsconstructie op het strand onmiddellijk voor het talud in beschouwing genomen. De verschillende dwarsprofielen van de dam bij de taludhellingen 1 : 4, 1 : 6 en 1 : 8 zijn in een der figuren schematisch weergegeven. Buiten beschouwing bleef hierbij een eventuele buitenberm. Dat met de taludhelling tevens de hoogte van de dijk verandert, terwijl in alle drie de gevallen toch dezelfde stormvloed moet worden gekeerd, wordt duidelijk indien men bedenkt dat de golfoploop, een van de factoren waaruit de benodigde aanleghoogte van een dijk wordt gevonden, afhankelijk is van de taludhelling. De lengte van de bekleding ligt met de keuze van de taludhelling dus vast, zodat buiten het gebied waar wateroverdrukken voorkomen met deze keuze eveneens de vereiste hoeveelheid bekledingsmateriaal is bepaald. De totale hoeveelheid bekledingsmateriaal kan worden berekend zodra de dikte bekend is van dat deel van de bekleding waar de wateroverdrukken kunnen optreden.
Ook de doorlatendheid van de mijnsteenperskade moest in de proeven worden gevarieerd, omdat voor de perskade aan een nieuwe oplossing werd gedacht. Een normaal uitgevoerde perskade kan men zich moeilijk anders denken dan als een kade waarvan de doorlatendheid belangrijk groter is – bij voorbeeld tien maal zo groot – als de doorlatendheid van het omringende zand. Nu is uit eerder uitgevoerde proeven, zoals bijvoorbeeld uit de proeven voor de bekleding van de dam door het Veersche Gat, reeds duidelijk gebleken dat een doorlatende perskade het optreden van grote overdrukken in de hand werkt en dus grote hoeveelheden bekledingsmateriaal nodig maakt, en wel ongeveer zo dat een doorlatende kade twee maal zo hoge overdrukken veroorzaakt als een kade waarvan de doorlatendheid gelijk is aan die van zand. Reden voldoende dus om na te gaan of de doorlatendheid van het materiaal kan worden verkleind. Gedacht is daarbij aan een zodanige verdichting van de mijnsteenkade, dat de doorlatendheid ervan maximaal gelijk zou zijn aan die van het omringende zand. Er is aangetoond dat de overdrukken kleiner, dat wil zeggen gunstiger worden, als de doorlatendheid van de perskade nog kleiner wordt dan de doorlatendheid van het omringende zand.
Verder moest een doorlatende zowel als een niet doorlatende constructie op het strand voor het talud als variatie in de metingen worden opgenomen, omdat ook de oplossing hiervoor niet zonder meer vaststaat. Een constructie met losliggende stenen, bijvoorbeeld een kraagstuk verzwaard met stortsteen, heeft het bezwaar dat de losse stenen bij golfaanval op het talud kunnen worden geworpen, waardoor beschadigingen mogelijk zijn of op zijn minst een sterk verhoogde slijtage moet worden verwacht. Vastgelegde, bijvoorbeeld met asfaltspecie ingegoten stenen vormen een ondoorlatende constructie, waaronder onder bepaalde omstandigheden wateroverdrukken kunnen ontstaan, terwijl ze tevens invloed uitoefenen op de waterspanningen onder de bekleding van het achter-

liggende talud. De waterdrukken onder zo'n constructie zelf maken een vrij aanzienlijke dikte noodzakelijk, hetgeen weer in strijd is met de eis van grote flexibiliteit, nodig om enige verlaging van het strand te kunnen volgen zonder te breken.
Tenslotte moest voor elk van de hiervoor genoemde varianten de doorlatendheid van het zandlichaam in ruime mate worden gevarieerd, omdat die een bijzonder grote invloed heeft op de te verwachten overdrukken.
Een der figuren toont als voorbeeld een dwarsprofiel met een taludhelling van 1 : 4 en een doorlatende constructie voor het talud. Het doorlatendheidsinterval dat in die figuur wordt afgebeeld behoort tot de reële mogelijkheden bij normale zandsoorten, zodat duidelijk blijkt dat de doorlatendheid grote invloed heeft op de overdrukken. Uit deze figuur blijkt tevens de grote invloed van een doorlatende perskade in de teen van de dijk.
Het aantal metingen dat noodzakelijk is om de hiervoor genoemde varianten alle in voldoende mate in het onderzoek te betrekken groeit uit tot een omvangrijke meetserie. De metingen moeten alle worden verwerkt tot grafieken, waarmee dan de benodigde bekledingsdikte kan worden berekend voor de verschillende soorten bekledingsmateriaal. Hiermede is dan nog maar één vergelijkingsmogelijkheid verkregen, n.l. die tussen de te verwerken hoeveelheden zand en bekledingsmateriaal in de verschillende ontwerpen.
In het onderhavige geval kwam als voorlopige conclusie in dit stadium van het onderzoek naar voren, dat de voordeligste oplossing zou zijn een taludhelling van 1 : 4 voor het gedeelte van de bekleding waarvan de dikte wordt bepaald door de wateroverdrukken, en een taludhelling van 1 : 6 voor het overige gedeelte van het buitentalu. Toepassing van een verdichte perskade zou de benodigde hoeveelheid bekledingsmateriaal nog verder kunnen reduceren.

Eisen van de uitvoering

Het in het uiteindelijke profiel gebrachte zand moet zo spoedig mogelijk worden beschermd tegen het vrije buitenweer, dus tegen wisselende waterstanden, stromen en vooral tegen golven. Zodra dit mogelijk is wordt dan ook op het onderste deel van het talud reeds de bekleding aangebracht, bij voorkeur tot een zodanige hoogte dat het risico van een waterstand die hoger komt dan de bekleding, in de periode tot het verder doortrekken van de bekleding zo klein mogelijk blijft. Overigens moet getracht worden dit vroegtijdig aangebrachte deel van de bekleding niet zwaarder te maken dan nodig is voor het uiteindelijke werk. Nagegaan moet dus worden hoe hoog de waterspanningen onder dit deel van de bekleding in de verschillende uitvoeringsstadia van de dam kunnen oplopen, en welke eisen dit stelt aan de constructie en de afmetingen ervan.
Is een doorlatende perskade in de dijk opgenomen, dan kan die perskade dienst doen als drainage van het zandstort, zodat alleen voor een aantal tijdelijke openingen moet worden gezorgd waardoor het water uit de perskade kan afstromen. Zo'n perskade is van behoorlijke afmetingen, zodat over voldoende hoogte de bekleding kan worden aangebracht zonder dat de overdrukken een beperkende rol gaan spelen.
Is de perskade echter niet doorlatend ten opzichte van het omringende zand, dan moet door de hoge waterstanden die tijdens het opspuiten in de dijk kunnen optreden worden gerekend op aanzienlijke overdrukken onder de bekleding; overdrukken die zo groot kunnen worden dat de afmetingen van de bekleding, zoals die voor het uiteindelijke profiel zijn vereist, niet meer voldoende zijn om in het uitvoeringsstadium de benodigde tegendruk te leveren. Deze overdrukken kunnen weliswaar worden gereduceerd door in de teen van het talud een doorgaande drainage aan te brengen, en deze drainage weer van een aantal tijdelijke openingen te voorzien waardoor het water naar buiten kan

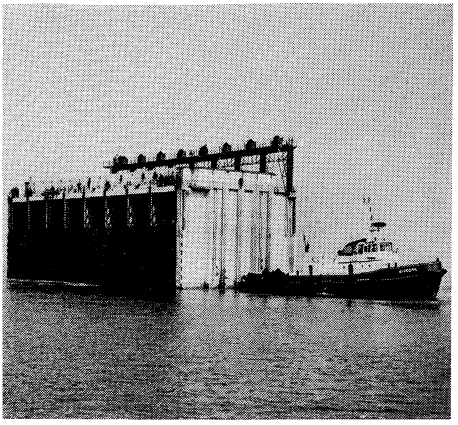
afstromen, maar een dergelijke drainage heeft door haar bescheiden afmetingen slechts een beperkte reikwijdte. De afmetingen van de aan te brengen bekleding moeten dus ook geringer blijven, en de mogelijkheid bestaat dan ook dat het voordeel van een verdichte perskade, dat tot uiting komt in een besparing op de uiteindelijk benodigde bekledingsdikte, weer teniet wordt gedaan door de extra voorzieningen die de verdichte perskade in het uitvoeringsstadium vereist. Voor de dam door het Brouwerhavensche Gat is dit probleem onderzocht, waarbij al dadelijk bleek, dat zonder een drainage in de teen een voor het uiteindelijke profiel gedimensioneerde bekleding de overdrukken tijdens de aanleg niet zou kunnen keren. Met een doorgaande drainage in de teen van de verdichte perskade en een stort waarvan de bijbehorende perskade, zoals in een der figuren is aangegeven, een tiental meters achter de bekleding begint, kon de definitieve bekleding de waterdrukken nog juist aan tot N.A.P. + 2,5 m, indien de teen op N.A.P. + 1 m werd gelegd.

Omdat voor het eerst uit te voeren gedeelte van de dam door het Brouwershavensche Gat een teenhoogte van NA.P. + 1 m was voorzien, en een bescherming tot N.A.P. + 2,5 m voor een korte periode nog wel aanvaardbaar werd geacht, bleef een constructie met verdichte perskaden voorlopig nog tot de mogelijkheden behoren. Wel bracht het besef dat N.A.P. + 2,5 m aan de lage kant is voor een beschermende bekleding de vraag naar voren, op welk moment de bekleding dan wel zou kunnen worden doorgetrokken tot een hoger peil, om te voorkomen dat door te lang wachten de risico's onnodig zouden worden vergroot. Dit is echter een driedimensionaal probleem, dat dus met de plaatvormige modellen waarmee de tot dusver beschreven proeven werden verricht niet meer goed kan worden opgelost. Om toch enig inzicht in het probleem te krijgen zijn nog enkele geschematiseerde en dus benaderende metingen uitgevoerd, maar de hieruit verkregen aanwijzing dat 50 à 100 m achter het stort de waterspanningen reeds voldoende zijn verlaagd om de gehele bekleding door te kunnen trekken, moet voorlopig met voorzichtigheid worden gehanteerd. Voorlopig, omdat het in het voornemen ligt door metingen in de natuur, bijvoorbeeld in de eerst uit te voeren gedeelten van de dam door het Brouwershavensche Gat, de inzichten omtrent deze en andere problemen bij een dijk in uitvoering verder te verdiepen.

Samenvattend kan worden gesteld dat een dijkvak met de teen op N.A.P. + 1 m het voordeligst kan worden bekleed wanneer een verdichte perskade in de teen van de dijk wordt opgenomen; zulks bij een taludhelling van 1 : 4 tussen N.A.P. + 1 m en N.A.P. + 2,5 m, waarop de bekleding zo spoedig mogelijk moet worden aangebracht, en een taludhelling van 1 : 6 voor het daarboven gelegen deel van het talud, waarop dan de bekleding pas mag worden aangebracht nadat het laatste stort 50 à 100 m is gepasseerd. Wordt een doorlatende perskade toegepast, dan is een grotere hoeveelheid bekledingsmateriaal vereist; het gestelde betreffende de taludhellingen blijft dan van kracht, doch het peil van N.A.P. + 2,5 m kan iets hoger worden gekozen om het risico tijdens de uitvoering te verkleinen. Op deze wijze voortgaande is als volgend punt de beschermende constructie op het strand voor het talud in het onderzoek betrokken. Hiervoor is reeds een groot aantal metingen uitgevoerd, waarbij steeds weer moest worden nagegaan welke invloed werd uitgeoefend op de al eerder gevarieerde en al min of meer vastgelegde grootheden. Uit de tot dusver uitgevoerde metingen kan worden afgeleid dat met een gedeeltelijk doorlatende constructie aanzienlijke besparingen kunnen worden verkregen op het benodigde bekledingsmateriaal. Een grote moeilijkheid is echter dat de eisen waaraan dit deel van de constructie moet voldoen nog niet voldoende duidelijk kunnen worden geformuleerd. Ook de uitvoeringseisen liggen dus niet vast, zodat niet alle factoren die nodig zijn om het ontwerp af te ronden voorhanden zijn.

De ontwikkeling van doorlaatcaissons sinds de sluiting van het Veersche Gat

De afsluiting van de noordelijke geulen van de Grevelingen met behulp van een kabelbaan heeft dit jaar de aandacht van het publiek wel heel sterk bepaald bij de geleidelijke sluiting en de technische realisering daarvan. Toch wordt door de Deltadienst nog evenveel aandacht geschonken aan de caissonsluiting. Met name is ruime aandacht gewijd aan het ontwerp van de doorlaatcaisson zelf. Daarbij is voortgebouwd op de ervaringen die zijn opgedaan bij de afsluiting van het Veersche Gat in 1961, waar voor het eerst doorlaatcaissons van grote afmetingen zijn toegepast. Mededelingen daarover werden gedaan in voorgaande nummers van de Driemaandelijkse Berichten: 'Het gebruik van doorlaatcaissons bij de sluiting van het Veersche Gat' (nr. 7, februari 1959); 'Enkele veranderingen in de constructie van de doorlaatcaissons' (nr. 13, augustus 1960); 'De voorbereiding van de sluiting van het Veersche Gat' en 'De bouw van doorlaatcaissons voor de afsluiting van het Veersche Gat' (nr. 16, mei 1961) en tenslotte 'Overzicht van de sluiting van het Veersche Gat' (nr. 17, augustus 1961).
Dit artikel beschrijft de verdere ontwikkeling van de doorlaatcaissons, de overwegingen welke bij het ontwerp een rol hebben gespeeld en de belangrijkste resultaten van de terzake verrichte proeven en berekeningen.
De ervaringen met de doorlaatcaissons voor het Veersche Gat zijn over het algemeen zeer gunstig geweest. Aangezien tijdens de sluitingsperiode het weer rustig was en de zee kalm, werd echter geen ervaring opgedaan met het verslepen, in het sluitgat manoeuvreren en zinken van caissons bij zeegang. Een nadere oriëntering omtrent de grens van werkbaarheid bij zulke manoeuvres is derhalve noodzakelijk. De dit jaar in gebruik genomen golf- en stromingstank van het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen biedt voor dit onderzoek nieuwe mogelijkheden.
Het slepen van de caissons bleek bij de sluiting van het Veersche Gat meer en sterkere boten te vergen dan aanvankelijk was voorzien. De gedrongen vorm van de sleep – lengte/breedteverhouding van 2,2 : 1 – was oorzaak van een geringe koersstabiliteit, zodat een relatief groot vermogen noodzakelijk was om de caissons onder alle omstandigheden in bedwang te houden. Langere caissons zouden in dit opzicht dus beter voldoen, ook al omdat het aantal zinkmanoeuvres bij een gegeven grootte van het sluitgat dan kan worden beperkt, en de periode rond doodtij intensiever kan worden gebruikt. Ze zouden de risico's dus verkleinen. Doordat bij de caissons voor het Veersche Gat de stalen schuiven en hun lierwerken aan een der lange zijden waren aangebracht, moest langs de



Een doorlaatcaisson voor het Veersche Gat wordt naar de plaats van bestemming gesleept

andere zijde ballast worden geplaatst om de caissons in drijvende toestand vlak te stellen. Deze ballast werd onder in de bodembak aangebracht, omdat plaatsing boven in de caisson de stabiliteit in dwarsrichting ongunstig zou hebben beïnvloed. Het gevolg was echter dat tijdens het zinken een geringe slagzij optrad vanwege de antimetrie der te vullen ruimen. Ze werd nog versterkt doordat de buitencompartimenten aan de laagste zijde grotendeels door overstort werden gevuld. Er bestond evenwel geen enkel gevaar van kenteren, en ook herstelde de horizontale stand zich min of meer voordat de caisson de bodem raakte, zodat slechts een geringe afwijking van de aslijn der caissonreeks ontstond. Toch moet ernaar gestreefd worden, de caisson ook tijdens het zinken horizontaal te houden. De plaatsing is dan nauwkeuriger, men heeft de caisson beter in zijn macht, en kleine afwijkingen worden door het langs elkaar glijden van de ribben op de kopwanden geredresseerd. Men kan dit bereiken door de caisson voorzover hij onder water verdwijnt niet alleen wat betreft de gewichtsverdeling, maar ook naar de vorm symmetrisch te maken ten opzichte van de langs- en dwarsscheepse assen. Dit wordt van meer belang naarmate de zinkweg groter is, dus bij diepgelegen drempels.

De caissons voor het Veersche Gat werden wel tralieliggercaissons genoemd, omdat de stalen verbanden in de langswanden waren uitgevoerd als een traliewerk. De gedachte die aan de constructie ten grondslag lag was dat de langswanden – die uiteraard open moeten zijn voor de doorstroming – zouden moeten bestaan uit een zware wapening zonder beton. Door de tralieligger voor elke langswand in tweeën te splitsen ontstonden bovendien aan weerszijden kooien, waarvan die aan de zijde van de schuif zou kunnen worden gevuld met stortmaterialen in het geval dat een schuif bij de sluiting zou weigeren. Bij de uitwerking en de uitvoering bleek de constructie van de tralieliggers tamelijk kostbaar. Ook was de weerstand in de stroom vrij hoog.

Wanneer de caisson op ongunstige wijze op de ruw gevormde drempel steunde traden er grote krachten in de langswanden op. Ongunstig wil in dit verband zeggen: alleen aan de einden of in het midden. Zo'n belastingstoestand kan zeer wel optreden. Het verdient daarom de voorkeur in plaats van traliewerk enkele forse diagonalen te kiezen, die tevens met een grotere veiligheid tegen knik kunnen worden uitgevoerd. Een tweede sluitingsmogelijkheid bij weigering van een schuif moet dan langs andere weg worden gevonden. Tenslotte zijn tijdens het gebruik nog enkele kleine bezwaren aan het licht gekomen die in een volgend ontwerp moeten zijn opgeheven. Het losmaken van de houten drijfschotten

was te omslachtig, er zou iets meer ruimte op de caissons moeten zijn om met trossen te manoeuvreren, en zo meer.

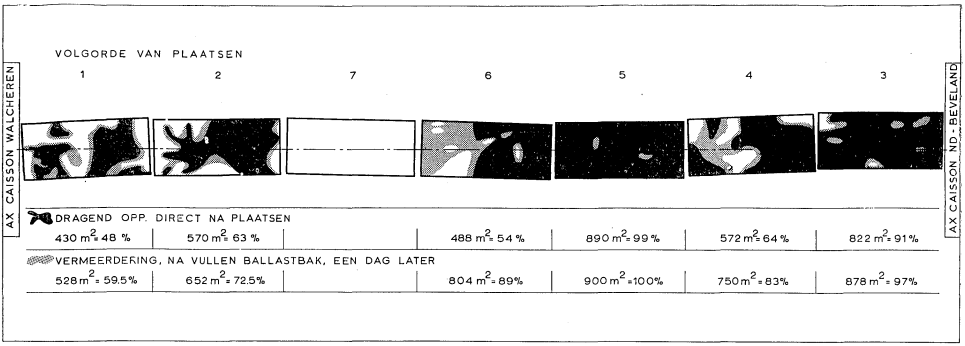
Factoren die de afmetingen bepalen

Het ontwerpen van doorlaatcaissons is een tamelijk gecompliceerde zaak vanwege de tegenstrijdige eisen: de constructie moet enerzijds licht en ijl zijn om zo weinig mogelijk weerstand in de stroom door het sluitgat te veroorzaken en om als vaartuig te kunnen worden gebouwd, versleept en gezonken. De diepte van het bouwdok en zijn bemaling en van de te baggeren vaargeul moet beperkt blijven, de sleepweerstand en de massakrachten tijdens het transport mogen niet te hoog oplopen, en ook is de dwarsstabiliteit gunstiger bij geringe diepgang. Anderzijds moet de constructie zwaar en sterk genoeg zijn om verval- en golfdrukken te weerstaan zonder te verschuiven – vandaar een ballastbak, die pas na het zinken wordt gevuld –, de constructie mag niet onderhevig zijn aan ontoelaatbare vervormingen onder invloed van de belasting, omdat tot elke prijs moet worden voorkomen dat de schuiven gaan schranken of klemlopen, hoe onregelmatig de ondersteuning ook zij.
Hoe groot nu het totale gewicht per strekkende meter moet zijn kan worden becijferd uit de maximaal in rekening te brengen belasting door verval en golven en de wrijvingscoëfficiënt tussen de bodem van de caisson en de stenen drempel van het sluitgat.
De verval- en golfdrukken volgen uit een statistische bewerking van langdurige waarnemingen van golfhoogten ter plaatse van het toekomstige sluitgat, in verband gebracht met in het laboratorium gemeten frequenties van golfkrachten op de schuiven onder wisselende omstandigheden.
Het resultaat van deze bewerking is een frequentiegrafiek, waarin zowel voor de quasistatische als voor de dynamische – zeer kort durende – belastingen de overschrijdingskansen zijn weergegeven gedurende een der zomermaanden april tot en met september. De sluiting vindt immers in een van deze maanden plaats, en men mag verwachten dat met het consolideren van de caissons door het aanspuiten van een zandlichaam niet later dan één maand na het neerlaten der schuiven zal worden aangevangen.
Nu zou het mogelijk zijn met behulp van de frequentiegrafiek de caisson zodanig te ontwerpen, dat het totaal van bouwkosten en schadeverwachting zo klein mogelijk is. Vanwege de vele onzekerheden die nog in de basisgegevens schuilen, en ook omdat het economisch en het kanscriterium hier slechts betrekkelijke waarde hebben – een mislukte sluiting heeft ook repercussies van andere aard – is van deze omvangrijke bewerking afgezien, en is een belasting gekozen met een overschrijdingskans van 1%. Er is hierbij dus een kans van 1% dat gedurende de maand volgende op de sluiting een stormschade van enige betekenis zal worden aangericht.
Ook in deze berekening zijn nog weer stille reserves verborgen. In de eerste plaats zullen de aanstortingen met steen naast de caissonreeks en het begin van de aanspuiting met zand binnen die maand hebben plaatsgevonden, waardoor de stabiliteit tegen verschuiven sterk toeneemt. Komt een caisson in beweging, dan neemt bovendien de wrijving tussen zijn bodem en de drempel gedurende de beweging nog toe, zodat hij zichzelf al schuivende afremt.
De hoogte van een caisson wordt door drie factoren bepaald: de gewenste doorlaat in verband met de drempeldiepte, de hoogte die de onderbak of de onderregel moet hebben met het oog op de stijfheid van de hele constructie en de mogelijkheid om naderhand steen aan te storten, en tenslotte de minimale hoogte die de onderkant van de ballastbak dient te krijgen vanwege de golven.

De breedte volgt uit stabiliteitseisen met betrekking tot de funderingsdrukken tijdens belasting door golven, en uit stabiliteitseisen met betrekking tot varen en zinken.
De maximale lengte wordt volledig bepaald door de over te brengen dwarskracht, die bij een oplegging op beide eindvelden of beide middelvelden vrijwel recht evenredig toeneemt met de lengte van de caisson.
Indien men met bovenstaande gegevens caissons gaat ontwerpen voor een drempel op zeven of acht meter beneden N.A.P. en daarbij de veiligheidsmarges in het oog houdt, komt men met behulp van een elementaire berekening tot caissons die niet langer zijn dan zes velden van 5,3 m, dus ruim 30 m. De toelaatbare spanningen schijnen dan te zijn bereikt. De benodigde breedte is ongeveer 15 m. Opnieuw ontstaat dus het gedrongen model van de caisson voor het Veersche Gat.
Op verschillende wijzen is getracht hieraan te ontkomen en langere eenheden te maken. Zo zijn, om de dwarskracht te elimineren, gelede kooivormige constructies onderzocht, die zich naar de ongelijkmatigheden van de drempel konden voegen. Ze zouden grotendeels met steen moeten worden gevuld. Verder is nagegaan of een gekoppelde reeks van op zichzelf stijve, doch korte caissonblokken een oplossing zou kunnen bieden. Ook is onderzocht of met water oppompbare rubberelementen zouden kunnen worden toegepast voor de afsluiting van zeearmen.
Dan is nagegaan of bodemloze caissons, te plaatsen met behulp van drijflichamen, de oplossing zouden kunnen vormen. Tenslotte is onderzocht of een plooibare stalen caisson voordelen zou kunnen bieden. Al deze ontwerpen en suggesties, hoe verdienstelijk soms ook op bepaalde punten, zijn tenslotte verworpen omdat de risico's te groot waren doordat, indien in de keten der te verrichten handelingen één schakel uitviel, geen redressering mogelijk bleek; ofwel, er kon geen besparing van betekenis van worden verwacht; ook bleek bij verschillende ontwerpen dat grote hoeveelheden steen binnen een te kort tijdsbestek zouden moeten worden verwerkt; vooral echter zouden de constructies bij de te verrichten handelingen voor het verslepen en plaatsen tijdens zeegang teveel risico opleveren. Bij werken aan de kust – en daarop moet toch het ontwerp van de afsluitmiddelen gericht zijn – weegt dit laatste zwaar. Bij de afsluiting van de Lauwerszee heeft men wèl het plan gebruik te maken van gekoppelde caissons. Een gunstige omstandigheid is daar immers, dat de Waddeneilanden het sluitgat afschermen van de zee, zodat er slechts korte windgolven en geen deining of zeegang met lange golven kan voorkomen.
Om toch langere caissons te kunnen maken is onderzocht of misschien meer gebruik kon worden gemaakt van de samenwerking tussen caisson en stenen drempel. Tot dat doel werd een meer exacte berekeningswijze opgesteld, die het ontwerpwerk verder heeft begeleid.

Samenwerking tussen caisson en stenen drempel

Allereerst werd nagegaan op welke wijze de caissons van het Veersche Gat door de stenen drempel van het wintersluitgat werden ondersteund. Daartoe zijn de uitkomsten van de laatste peilingen van de drempel – telkens genomen een à twee dagen voor de plaatsing van de caissons – vergeleken met de uit waterpassing volgende hoogteligging van de caissonbodems. Deze waterpassingen werden verricht onmiddellijk na het zinken, vervolgens nadat de ballastbak met zand was volgespoten, en verder met regelmatige tussenpozen tot ongeveer vier maanden daarna. Ofschoon de drempel zorgvuldig was opgestort en voor de caissonplaatsing nog met behulp van de emmerketting van een baggermolen was afgevlakt, kwamen over korte afstanden hoogteverschillen van ongeveer 50 cm voor.



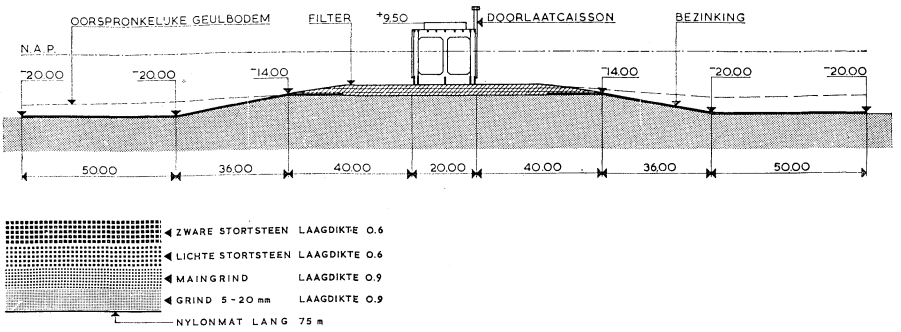
Dragend oppervlak van de doorlaatcaissons op de drempel in het Veersche gat. Van caisson 7, die het laatst werd ingevaren, zijn terzake geen gegevens beschikbaar.

Bulten van deze hoogte werden bij het plaatsen van de caisson nog wel min of meer platgedrukt. De gemiddelde belasting over het dragende oppervlak bedroeg toen 5 à 10 t/m²; als dragend oppervlak fungeerde 99 à 48% van de caissonbodem, een getal dat door het vullen van de ballastbak steeg tot 100 à 60% bij een gemiddelde belasting van 8 à 13 t/m². Hierbij trad een extra zetting op van ongeveer 15 cm.
Bij deze gunstige cijfers kan de vraag rijzen waarom de sterkteberekening toch uitgaat van een dragend gedeelte van niet meer dan 25%, namelijk twee van de acht velden. Echter, de berekening dient uit te gaan van de ongunstige toestand die redelijkerwijs kan worden verwacht.
Zulke ongunstige toestanden hebben zich voorgedaan. Uit de figuren blijkt, dat caisson 6 door een steenrug ongeveer in het midden van de caisson werd ondersteund, zodat vrijwel de helft van de caisson als een uitgekraagde ligger heeft gewerkt. Dit nu komt precies overeen met de meest ongunstige veronderstelling voor de statische berekening, zodat uit dien hoofde geen vrijheid kon worden gevonden een langere caisson te construeren.

Op tweeërlei wijze is daarom verder gewerkt aan de caissonvorm. In de eerste plaats is in samenwerking met het Instituut voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies van T.N.O. een exacte berekeningswijze opgesteld, in de tweede plaats is de bodemvorm van de caissons zodanig gewijzigd, dat een gunstiger ondersteuningswijze kon worden verkregen. De bruikbaarheid van deze laatste verandering is vervolgens aan de hand van zettings- en wrijvingsproeven geverifieerd.

Statische berekening

In statisch opzicht is de constructie een veelvoudig statisch onbepaalde vakwerkligger met verstijfde randen. De berekening van zo'n constructie is zeer tijdrovend, terwijl gebleken is dat sterke vereenvoudiging en schematisering – waarbij de constructie statisch bepaald wordt verondersteld door in alle knooppunten scharnieren te denken – tot volledig verkeerde uitkomsten leidt. In samenwerking met het I.B.B.C. is derhalve een realistische berekeningswijze opgesteld waarin alle buig- en rekstijfheden van de diagonalen, verticalen en randen zijn verdisconteerd. Deze gegevens werden als variabelen ingevoerd in

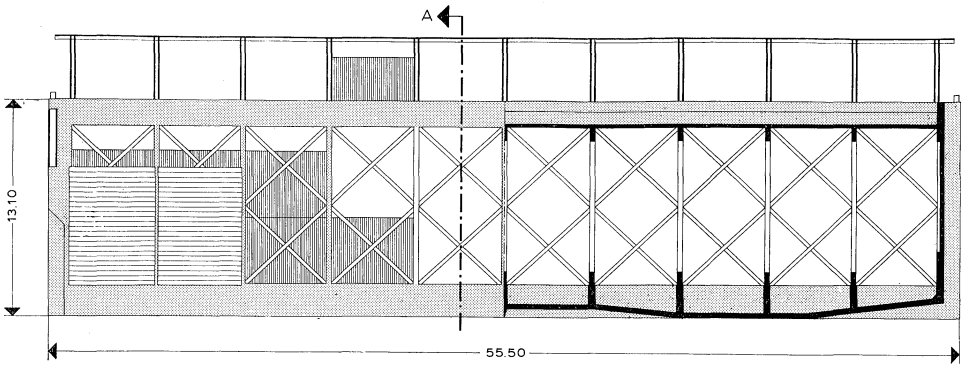


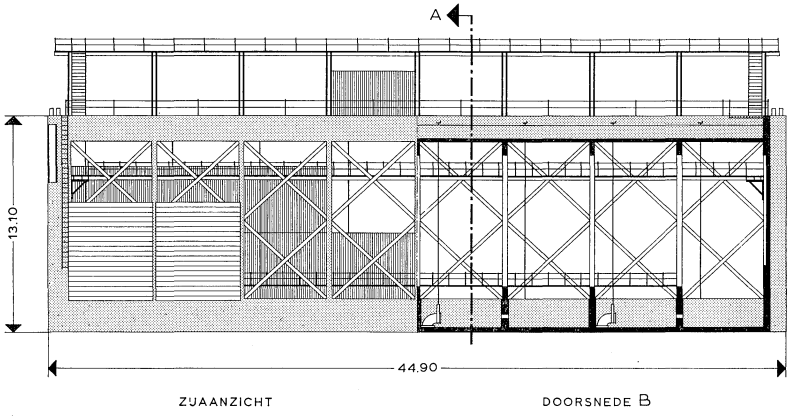
Dwarsdoorsnede van de drempel door het Veersche Gat met de opbouw van de filterconstructie

een computerprogramma waarin ook alle gewenste belastinggevallen konden worden ingesteld. Dit opent de mogelijkheid een doorlaatcaisson van naar believen gekozen afmetingen en belastingen in één dag geheel te berekenen. De computer geeft de uitkomsten meteen in de gewenste vorm, in normaalkrachten, dwarskrachten en momentlijnen, zodat de constructieafmetingen zodanig kunnen worden gekozen dat een minimaal materiaalverbruik nodig is. Het verdere werk wordt door deze methode sterk vereenvoudigd: men behoeft nu nog slechts aan de hand van de gevonden statische grootheden de wapening vast te stellen.
Tenslotte zijn uit doorberekening van sommige varianten ten aanzien van de afmetingen verschillende algemene richtlijnen verkregen voor het ontwerpen van caissons voor een willekeurig sluitgat.

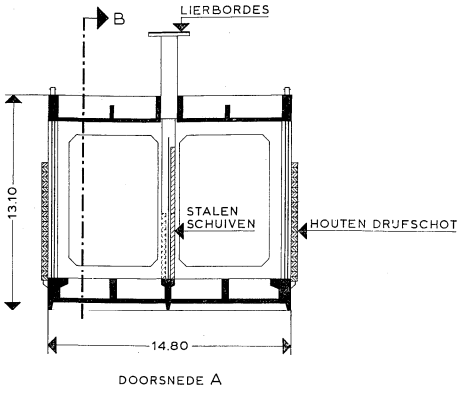
Voorontwerp van de caissons voor een der sluitgaten van het Brouwershavensche Gat

Op grond van bovenstaande overwegingen en berekeningen werd een voorontwerp gemaakt voor een der sluitgaten van het Brouwershavensche Gat, dat tevens kon dienen voor de doorlaatcaissons voor de afsluiting van het Volkerak. Het betreft hier een studieontwerp voor caissons aan open zee. De sluitingsmethode voor het Brouwershavensche Gat is evenwel nog niet vastgesteld, die van het Volkerak wèl. In het Volkerak zal de drempel worden opgebouwd tot N.A.P. – 7 m, de breedte van het sluitgat wordt ongeveer 550 m, de in rekening te brengen horizontale belasting door verval en golfdruk gaat 30 t/m' bedragen.
Het constructieplan voor het Volkerak voorzag in eerste opzet in tien caissons van 55,5 m elk, voorzien van tien doorstroomopeningen van 5 m in iedere caisson.
De ontworpen caisson is symmetrisch opgebouwd; om voldoende drijfvermogen te krijgen zijn de zijwanden tijdelijk gedicht met houten drijfschotten.
De schuiven zitten niet aan de buitenkant, maar in het midden. Deze oplossing maakt niet alleen het rechtstandig zinken gemakkelijker, maar nu vervalt ook de noodzaak een apart slingerschot te construeren en na het zinken neer te laten vallen. De taak van het slingerschot wordt tijdens transport en zinkmanoeuvre door de naast elkaar neergelaten schuiven overgenomen. Bij onverhoopt weigeren van een schuif kunnen schotten of schotbalken in een reservesponning worden neergelaten. Mocht ook dit mislukken, dan kan

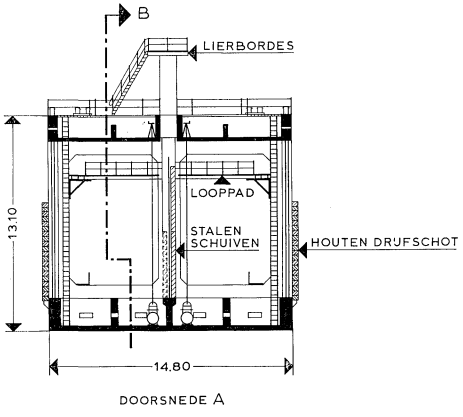




tot de gewenste hoogte steen worden gestort door de opening in het dek tussen de beide ballastbakken. Deze openingen kunnen ook worden gebruikt om de caissons naderhand vol zand te spuiten, zodat in het dijklichaam geen holle ruimte van betekenis overblijft. De aanstortingen met steen onmiddellijk na het zinken vinden nu in elk geval op een behoorlijke afstand van de schuifaanslagen plaats, wat de kans op een nietsluitende schuif geringer maakt. Een nadeel van de plaats der schuiven in het midden is, dat men bij een verschil in waterstand aan weerszijden van de caisson op de helft van de caissonbodem het gewicht aan water mist. Door iets meer zand in de bovenbak kan dit echter gemakkelijk worden gecompenseerd, terwijl bovendien de caisson in staat moet zijn de waterdruk naar weerszijden te keren. Na het zinken worden de schuiven gehesen door middel van elektrisch aangedreven lieren, en de houten drijfschotten verwijderd. Met steenstortingen aan weerszijden van de bodembak wordt de onderloopsheid bestreden en aan de caisson meer weerstand tegen verschuiven gegeven. Meteen worden ook de naadvullingen van grof grind tussen de kopribben aangebracht. Nadat alle caissons



Geschematiseerd voorontwerp van de doorlaatcaissons voor het Volkerak



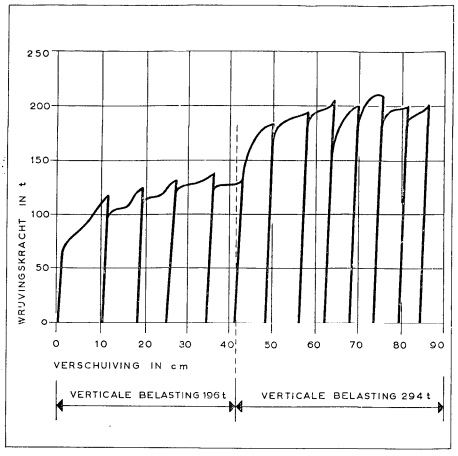
Geschematiseerd voorontwerp van de doorlaatcaissons voor een der sluitgaten van het Brouwershavensche Gat

aldus zijn geplaatst en geconsolideerd, worden de schuiven van de hele caissonreeks ongeveer tegelijkertijd tijdens de laagwaterkentering neergelaten, waarmede de afsluiting een feit is.

Constructief is de langsligger, bestaande uit ballastbak, bodembak en stalen diagonalen in dwarsdoorsnede verstijfd door spanten. Deze hebben openingen van zo groot mogelijke afmetingen om ook bij scheve aanstroming zo weinig mogelijk weerstand en wervelstraten te veroorzaken.

De onderbak bestaat uit een vijftal doorgaande ribben van twee meter hoogte, waartussen de vloervelden zodanig worden gestort dat de bodem enigszins gewelfd is. Op grond van wat in het Veersche Gat is geconstateerd ten aanzien van de spanningen en vervormingen van de stenen drempel is verondersteld dat ribben niet op de steen zullen blijven staan, maar gemakkelijker in de drempel dringen dan platen, met het gevolg dat de caisson voornamelijk op die plaatsen zal gaan dragen waar de onderkant van de vloerplaten op één hoogte ligt met de onderkant van de ribben. Uit de berekeningen van T.N.O. is

1 Voorbeeld van een wrijvingsgrafiek, ontleend aan wrijvingsproef 4

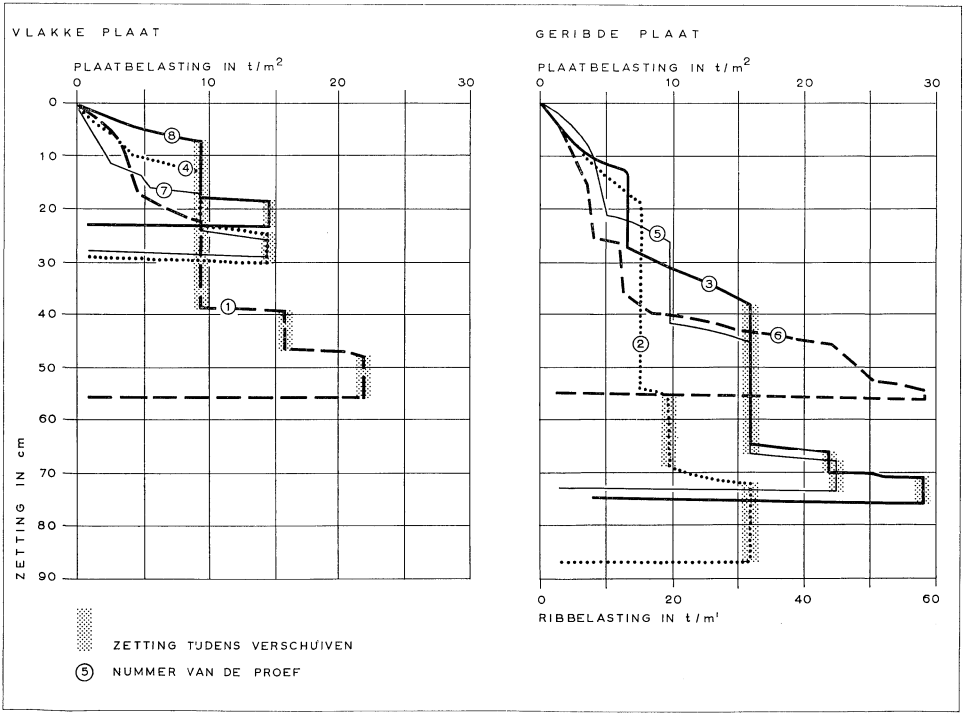


2 Zetting van een vlakke en een geribde plaat in een steenbed

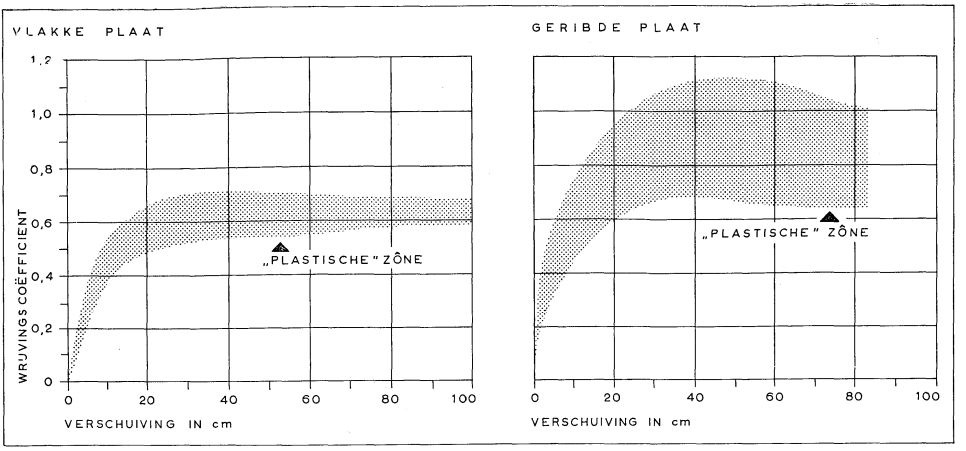
3 Wrijvingscoëfficiënt voor een geribde en een vlakke plaat in een steenbed

gebleken dat men met die bodemvorm ook bij een ruw gevormde drempel en een daarmee overeenkomende ondersteuning van de caisson een gelijkmatige en efficiënte krachtenverdeling in de constructie blijft behouden, terwijl toch de caissonlengte is uitgebreid tot tien velden, en dus een lengte/breedteverhouding heeft gekregen van ruim 3,5 : 1.

2

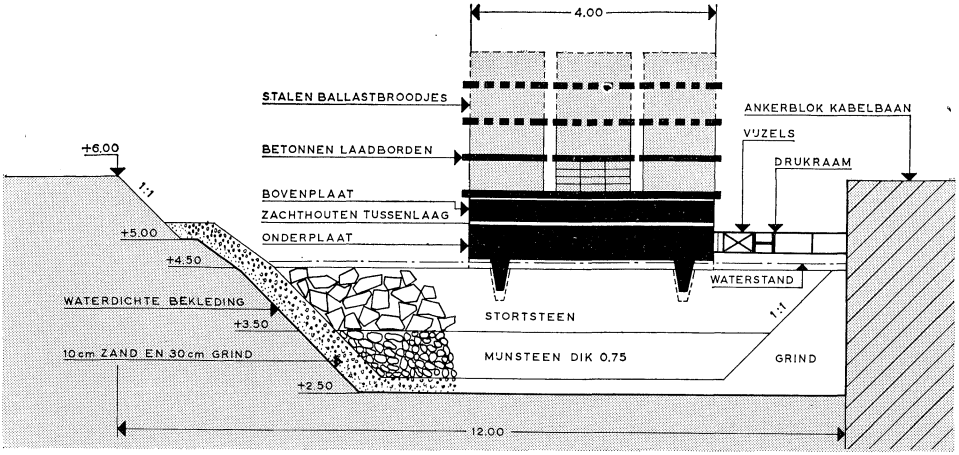


3



Zettings- en wrijvingsproeven

Om te onderzoeken of de hierboven aangenomen drukverdeling op de drempel inderdaad zal optreden is op forse schaal een serie zettingsproeven op zware stortsteen verricht, zowel met een vlakke als met een van ribben voorziene betonplaat. Teneinde meer inzicht te krijgen in de aard en de grootte van de wrijving tussen een caisson en een stenen drempel zijn deze proeven gecombineerd met wrijvingsproeven.
De opbouw van de drempel is op ware grootte aangebracht in een waterdichte put; daarop is een betonplaat gelegd van 10 m², aan de ene zijde vlak, aan de andere zijde voorzien van een tweetal ribben. Hierover is een betonplaat van 20 m² gelegd, om een te hoge en labiele stapeling van de voor het ballasten gebruikte stalen broodjes te vermijden. De plaat van 20 m² is tevens gebruikt om bepaalde proeven met de 10 m² plaat te herhalen, teneinde het schaaleffect vast te stellen.
De plaats voor de proeven is gekozen onder de railbaan van de kabelbaan over de Grevelingen, naast het zware verankeringsblok.
Met behulp van twee gondels konden de zware betonplaten worden verplaatst of gekanteld, terwijl het verankeringsblok voldoende reactiekracht leverde om de betonplaten met de maximale ballaststapeling – totaal gewicht rond 300 ton – in het ruwe steenbed te kunnen verschuiven ter bepaling van de wrijvingscoëfficiënt. Het verschuiven geschiedde met behulp van zware hydraulische vijzels.
In totaal werden acht proeven verricht, waarbij behalve in de vloervorm – geribde of vlakke vloer en in dit laatste geval 10 of 20 m² – ook variaties werden aangebracht in de drempelopbouw: 1 m à 1,25 m zware Belgische steen en basalt, beide 80/300 kg, op 75 cm mijnsteen en tenslotte 50 cm lichte Belgische steen 10/80 kg op 75 cm grof grind op 55 cm mijnsteen.
De steen werd op willekeurige wijze gestort; eenmaal werd de geribde plaat met zijn ribben op vier zeer zware stenen gelegd om na te gaan of de stenen zouden worden verdrongen of zouden splijten. Dit laatste bleek het geval. Er moet bij worden vermeld dat de ribben met een stalen beplating waren gepantserd en dat het hier Belgische kalksteen betrof. Naderhand is de proef herhaald op zwaar basalt, dat harder is, terwijl de stalen beplating was weggelaten. Ook nu werd de steen verbrijzeld, maar niet in die mate als de Belgische steen.



De betonnen ribben werden slechts hier en daar iets beschadigd. Na de eerste proef bleek de 75 cm dikke mijnsteenlaag onder een belasting van 22 t/m² 15 cm te zijn samengedrukt. Het was niet mogelijk de mijnsteenlaag voor elke proef geheel te vernieuwen; de laag is telkens losgewerkt en voor zover nodig aangevuld. Voor de gegeven zettingsgrafieken is zo goed mogelijk geschat hoe groot het effect van een nieuwe laag mijnsteen zou zijn geweest. De laag stortsteen is wèl voor elke proef nieuw aangebracht, behalve voor proef 7, waar de laag van proef 6 is gebruikt.

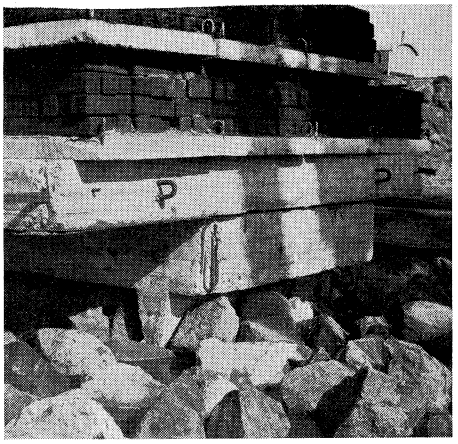
Wanneer de 50 cm hoge ribben ongeveer 40 cm in de steen zijn gedrongen begint ook de plaat op de steen te dragen. De overgang tussen de belastingschaal in t/m rib en t/m² plaat ligt dus bij 40 à 50 cm zetting; deze toestand treedt op bij een belasting van 15 à 30 t/m rib. De caissonbodem is zodanig geprofileerd, dat meteen na het zinken van de caisson de ribbelasting minstens 40 t/m bedraagt, zodat, wanneer de drempel ter plaatse van het midden van de caisson het hoogste ligt, ook de vlakke delen van de caisonbodem mee gaan dragen en een gunstige dwarskrachtverdeling optreedt bij het vullen van de ballastbak.

Opmerkelijk zijn de zettingen die door verschuiving van de caisson ontstaan; de caisson wordt als het ware in het steenbed gewreven, waarbij de aansluiting tussen caisson en drempel gunstiger wordt – o.a. tegen onderloopsheid – en de wrijvingscoëfficiënt toeneemt. De drempel wordt harder, compacter en dit komt tot uiting in het zogenaamde beddingsgetal, dat van 1 à 2 kg/cm² stijgt tot 3 à 4 kg/cm², zoals uit de opvering van de steen bij het verwijderen van de belasting kon worden afgeleid. Het beddingsgetal geeft de belasting in kg/cm² weer bij 1 cm indrukking van het steenbed.

Wat het verschijnsel van de wrijving zelf betreft werd het volgende opgemerkt. Onder invloed van een zijdelingse belasting van voldoende grootte verschuift de caisson 20 à 30 cm eer de schikking van de stenen op de drempel zodanig is gewijzigd, dat de maximale wrijving is gemobiliseerd. Wordt nu de zijdelingse belasting verwijderd, dan veert de caisson 1 à 2 cm terug. Opnieuw aanbrengen van de belasting – die in de natuur wordt veroorzaakt door verval en golven – doet allereerst deze elastische terugvering teniet, en laat vervolgens de caisson 5 tot 10 cm verschuiven terwijl de wrijvingskracht oploopt totdat ze weer haar maximale waarde heeft bereikt, daarna treedt doorgaande verschuiving op.

Er is dus een onderste grens aan de wrijvingscoëfficiënt waarbeneden de caisson slechts

2

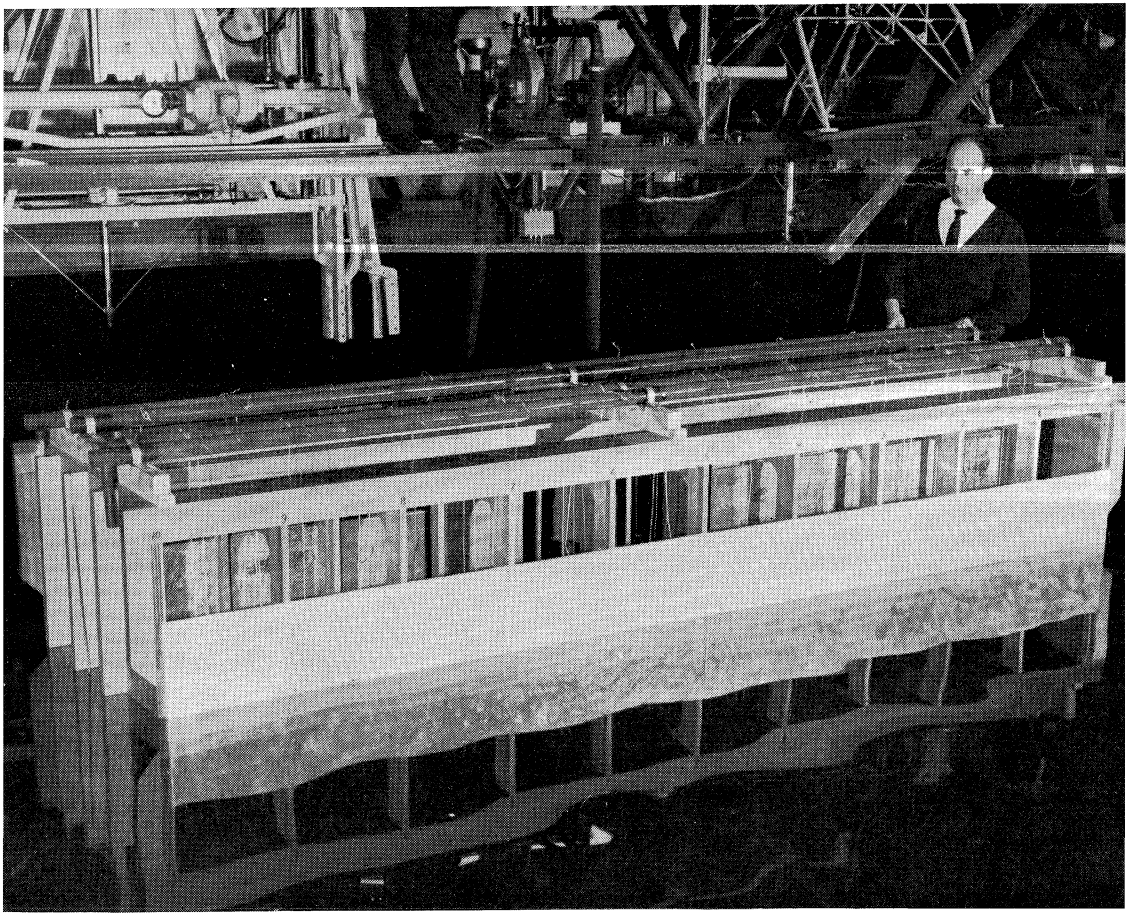


1 Zettings- en wrijvingsproeven. Schema van de proefopstelling

2 De geribde plaat dringt tussen de stenen. Voor de inspectie werd het water uit de put verwijderd

3 In het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen werd een caissonmodel schaal 1 : 15 beproefd

3



weinig beweegt, bijvoorbeeld in trilling geraakt bij wisselende golfbelasting, en er is een bovenste grens, waarboven doorgaande verschuiving optreedt.
Tussen deze uitersten ligt een 'plastische zone' waarbinnen kleine blijvende verplaatsingen mogelijk zijn, bijvoorbeeld onder invloed van zeer kort durende dynamische golfbelastingen, wanneer die in de korte tijd dat de caisson nog niet is geconsolideerd over de volle lengte aangrijpen. De wrijvingscoëfficiënt bedraagt bij een vlakke plaat minimaal 0,5, bij een geribde plaat minimaal 0,6. Daarboven ligt dus nog een veiligheidsmarge voordat de caisson doorgaand verschuift. Met deze wetenschap is een realistische bezwijkanalyse mogelijk, waarbij in elk geval de quasi-statische belasting beneden de ondergrens moet blijven. De dynamische verschijnselen ten gevolge van korte golfklappen zijn nog in onderzoek. De daarbij te hanteren 'veerstijfheid' van de drempel in horizontale zin ligt blijkens de proeven tussen 0,3 en 1,3 kg/cm³, met een gemiddelde van ongeveer 0,6 kg/cm³. Men zou dit het beddingsgetal in horizontale zin kunnen noemen.
De wrijvingscoëfficiënt is dus gunstiger dan de tot dusver aangenomen waarde van 0,33. Eerder genomen proeven te IJmuiden en te Veere wezen reeds in deze richting, maar daarbij werden alleen de uiterste waarden gemeten.
Door de hier gereleveerde proeven werden deze waarden goeddeels bevestigd en werd een genuanceerder inzicht verkregen in het wrijvingsverschijnsel zelf. Op de kosten van de caissons – altijd een belangrijk onderdeel vormend van de kosten van een afsluiting – heeft dit een opmerkelijk gunstig effect. De benodigde hoeveelheden beton en staal immers zijn ten naaste bij omgekeerd evenredig met de aan te nemen wrijvingscoëfficiënt.

Stabiliteit tijdens slepen en zinken van de caissons

In aansluiting op terzake uitgevoerde berekeningen werden in het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen dynamische zinkproeven verricht op een caissonmodel schaal 1 : 15, waarbij de bewegingen van de caisson volledig werden geregistreerd. Allerlei variaties werden beproefd met betrekking tot de mogelijkheid dat door foutieve handelingen een of meer afsluiters niet op tijd zouden worden geopend, waardoor de caisson een zekere slagzij zou krijgen. Daarbij is gebleken, dat de stabiliteit ook onder extreem ongunstige omstandigheden nog voldoende blijft om kenteren van de caisson te voorkomen.

Caissonontwerp voor de afsluiting van het Volkerak

Het sluitgat voor het Hellegat zal betrekkelijk klein zijn, zodat de behoefte aan een zo gering mogelijk aantal caissons van zo groot mogelijke lengte hier niet zo sterk wordt gevoeld. Daarom is de gewelfde bodem hier niet toegepast en is een caisson ontworpen van 45 m lengte, waarbij de maximum spanningen van dezelfde orde van grootte zijn als bij een caisson van rond 55 m lengte met een gewelfde bodemvorm, een en ander berekend volgens bovenbeschreven exacte methode. Het bouwen is wat eenvoudiger, de zinkmanoeuvre moet daarentegen 12 maal inplaats van 10 maal worden uitgevoerd. Aan de nadere detaillering van deze caisson wordt thans gewerkt.

Tenslotte dient nog te worden opgemerkt, dat de caissons voor de afsluiting van de Lauwerszee een antimetrische vorm hebben omdat de afsluitmiddelen hier uit kleppen in plaats van schuiven bestaan. De omstandigheden en overwegingen welke tot deze caissonvorm hebben geleid zullen in een volgend nummer der Driemaandelijkse Berichten nader worden uiteengezet.

Het dijkvak tussen de haven van Dirksland en de Plaat van Scheelhoek

Achter de dam door het Haringvliet zal langs de noordelijke oever van het eiland Goeree-Overflakkee, tussen de havens van Goeree en Dirksland, een boezemgebied worden gevormd met als belangrijkste functie de regeling van de waterhuishouding van het aangrenzende eilandgedeelte. Dit boezemgebied zal van het Haringvliet gescheiden worden door een waterkering die, voorzover ze op de Plaat van Scheelhoek ligt, wordt aangelegd in de vorm van een breed zandlichaam. Aansluitend op dit kunstmatig duin wordt over een afstand van bijna 3 km oostwaarts een met asfalt beklede dijk gemaakt. Deze dijk wordt in dit artikel nader beschreven.

Dit dijkgedeelte is geprojecteerd langs de buitenrand van een gorzen- en slikkengebied waar al sinds 1949 door het Rijk landaanwinningswerken zijn uitgevoerd, en dat thans rijp is voor inpoldering. Bij de bepaling van het dijktracé kwam dan ook de wens naar voren de dijk zover mogelijk buitenwaarts te leggen, om zoveel mogelijk land te winnen. Niettemin was enige voorzichtigheid geboden omdat de langs de oever liggende geul zich aan het ontwikkelen was, vooral langs de oostelijke helft van het dijkvak, en daarbij gemiddeld over de laatste jaren een verplaatsing naar de oever toe onderging, die op enkele plaatsen 15 m per jaar bedroeg.

Om te voorkomen dat de verplaatsing van deze geul op een zeker moment de aanleg van zeer kostbare stroomgeleidende werken noodzakelijk zou maken, is de ligging van de dijk zodanig gekozen dat bij een in het zelfde tempo doorgaande oeverafneming tot aan het tijdstip van afsluiting van het Haringvliet in 1969 geen aanvullende beschermingen nodig zullen zijn. Bij het na 1969 geheel veranderde rivierregime wordt geen verdere verdieping of verplaatsing van de geul verwacht.

Ook bij de bepaling van de kruinhoogte zijn twee afzonderlijke perioden in beschouwing genomen, waarvan de eerste zich uitstrekt van het tijdstip van instelling van de boezem in het najaar van 1965 tot de sluitingsdatum van het Haringvliet in 1969. De tweede periode valt na de afsluiting.

Zoals te verwachten was is de eerste periode ten aanzien van de bepaling van de kruinhoogte maatgevend gebleken. Gerekend is met een waterstand van N.A.P. + 3,50 m, welke hoogte gemiddeld eens in de 40 jaar overschreden kan worden. De golfhoogte kan, tijdens N.N.W.-wind met een snelheid van 30 m/sec (windkracht 11 Beaufort) 1,6 m bedragen. De verticale golfoploop tegen een beloop met helling 1 : 4 en een golfrichting onder een hoek van 55° met een lijn loodrecht op de dijkrichting bedraagt dan 1,84 m.

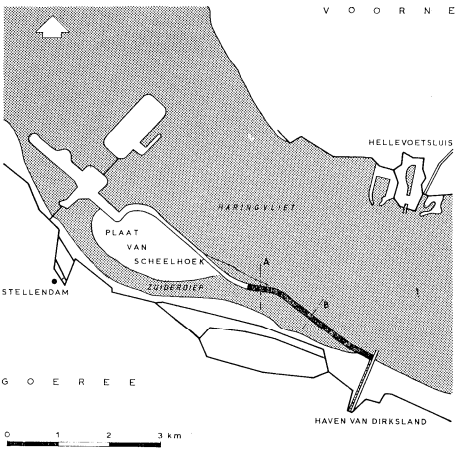
1 De ligging van het dijkvak

2 Dwarsdoorsneden A en B

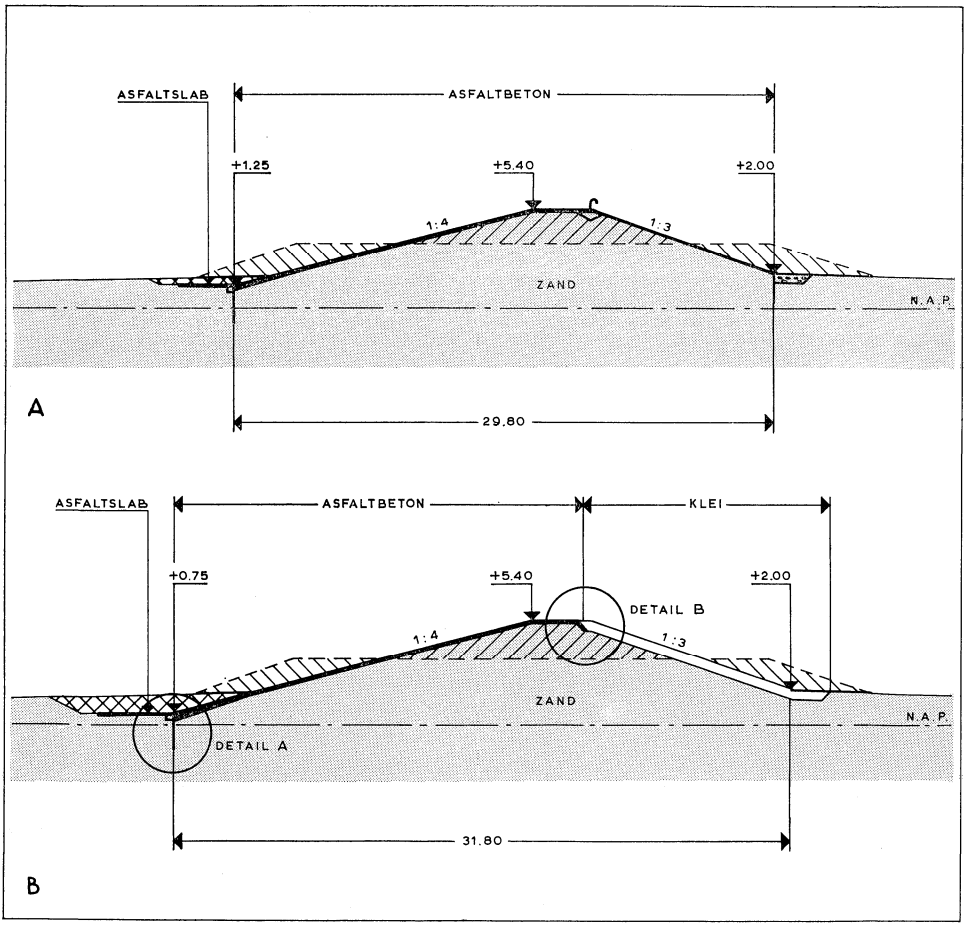
3 Detail A van de teenconstructie

4 Detail B, aansluiting kruin en talud

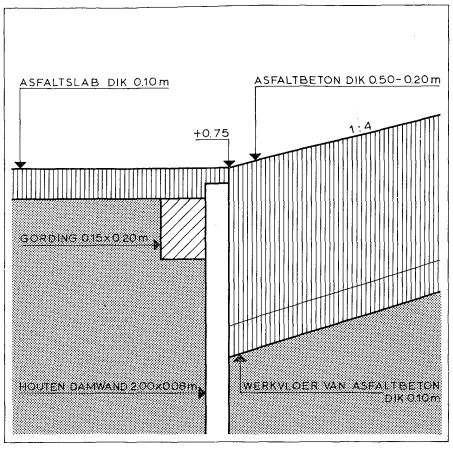
1



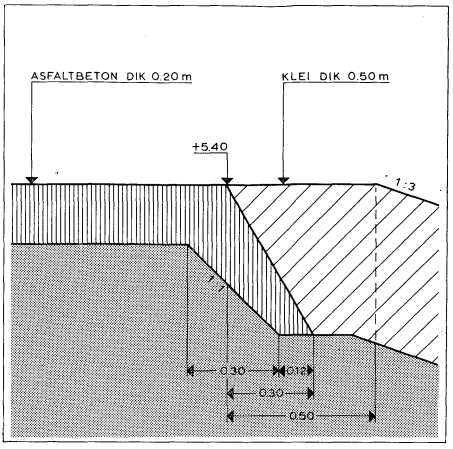
2



3



4



Gaan we uit van de ongunstige veronderstelling dat de hoogst mogelijke waterstand en de grootst denkbare golfaanval gelijktijdig optreden, dan is het niet nodig om ook nog een waakhoogte in te voeren, en komen we tot een dijkkruinhoogte van 3,50 + 1,84 = 5,34 of – afgerond – N.A.P. + 5,40 m. Voor de toestand na 1969 geeft een dergelijke berekening een vereiste kruinhoogte van N.A.P. + 5 m, nu echter gebaseerd op een overschrijdingsfrequentie van eens per 10 000 jaar.

Op de constructie van de dijk zijn de mogelijkheden van uitvoering van onmiddellijke invloed geweest. De zate is gelegen op een gemiddelde hoogte van N.A.P. + 0,50 m, dus tussen H.W. en L.W. ter plaatse. Aangezien de bodem zeer slibrijk is, is het terrein niet toegankelijk voor rijdend materieel, terwijl varend materieel niet voldoende waterdiepte vindt. Vrijwel de enige mogelijkheid om onder deze omstandigheden met het werk boven water te komen bestaat uit het spuiten van een zandplaat tot op enige hoogte boven hoogwater, in dit geval tot N.A.P. + 2 m. De zijwaartse belopen van deze zandplaat zullen een natuurlijk profiel vormen, in dit geval waarschijnlijk onder een helling van 1 : 30 à 1 : 40. Op deze zandplaat, die men op het werk 'pannekoek' noemt, kan het profiel dan verder op de gebruikelijke wijze worden opgebouwd, namelijk door middel van het oppersen van zand tussen twee perskaden.

De eerste fase van het werk bestond uit het aanbrengen van het benodigde zand in een breed en zwaar profiel, zodat het enige tijd onbeschermd zou kunnen blijven liggen. Het zand werd aangevoerd uit de ontgraving binnen de bouwput voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet. Aan dit werk werd begonnen in het voorjaar van 1964.

De tweede fase bestond uit het profileren van dit zandlichaam en het erop aanbrengen van een bekleding.

Voordat een keus werd gemaakt ten aanzien van de soort dijkbekleding van het buitenbeloop werd een vergelijkende prijsberekening opgezet. De conclusie was dat een bekleding van asfaltbeton voordeliger uitkwam dan toepassing van natuursteen- of betonglooiingen. Voor het bovenste gedeelte van het buitenbeloop zou een asfaltbekleding ongeveer 10% duurder zijn dan een kleibekleding met grasmat. Onder meer in verband met mogelijke schade aan een nieuw grasbeloop is voor het hele buitenbeloop asfalt gekozen.

Ook op de kruin wordt een asfaltbekleding gemaakt, teneinde zowel ten behoeve van het onderhoud als in geval van calamiteit transport per vrachtauto mogelijk te maken.

De buitenteen is op een zodanige hoogte aangelegd, dat slechts een zeer klein strookje van de asfaltbekleding in de tijzone komt te liggen – en dan nog maar tot het jaar 1969 – zonder dat evenwel bij een verlaging van het kunstmatige strand ten gevolge van de reeds genoemde geulverplaatsing onmiddellijk gevaar voor de teenconstructie ontstaat. Een slab van gietasfalt ter dikte van 10 cm zorgt voor een aanvullende bescherming van de teen. De dikte van de asfaltbekleding bedraagt aan de teen 50 cm en verloopt naar 20 cm op N.A.P. + 2 m. Voor het onderste gedeelte is deze dikte bepaald op grond van het te verwachten drukverschil tussen boven- en onderzijde van de bekleding. De teenconstructie bestaat uit een gecreosoteerd grenen damwand van 2 m lengte en 8 cm dikte, voorzien van een gording.
Het binnenbeloop van de dijk wordt afgedekt met een laag klei van 50 cm.
Tussen de binnenteen en het aan de achterzijde evenwijdig aan de dijk te graven boezemkanaal is een berm geprojecteerd met een breedte van 10 m. Het westelijk deel van de dijk wordt binnenwaarts afgebogen, om een behoorlijke aansluiting te krijgen op het zandlichaam over de Plaat van Scheelhoek. De aan de buitenzijde hierdoor gevormde driehoek is bedoeld als broedterrein voor vogels, die door de inpolderingswerken immers hun oorspronkelijke broedplaatsen op de Plaat verliezen.
Met het profileren en bekleden van de dijk is dit voorjaar een aanvang gemaakt; men wil het asfaltwerk voor de herfst gereed hebben.
Over de uitvoering zal in een volgende aflevering nader worden bericht.

Een asfaltverdeel- en afwerkmachine brengt de bekleding aan op het talud van de dijk



D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Het werkplan voor de uitvoering van de Lauwerszeewerken

Bij de opstelling en de uitwerking van het werkplan voor de Lauwerszeewerken moest onder meer rekening worden gehouden met een aantal elementaire gegevens van waterloopkundige en uitvoeringstechnische aard, die in hoge mate het tijdschema en de volgorde bleken te beïnvloeden.

Door de aanleg van de werken wordt ingegrepen in de waterloopkundige toestand van het gebied. Het in gedeelten blokkeren van het doorstromingsprofiel van 13 km veroorzaakt voortdurend wijzigingen in de richting en de snelheid van de stromen; de daardoor optredende veranderingen van het toch al beweeglijke bodemprofiel moeten zoveel mogelijk worden voorzien en opgevangen. De uit fijn zand bestaande wadbodem past zich aan bij het voortdurend veranderende stroombeeld. Kleine ontgrondingen nabij de werken kunnen wel worden geduld, mits hun verloop met behulp van peilingen wordt gevolgd; grotere uitschuringen echter moeten, desnoods met behulp van dure zinkwerken, worden voorkomen. Het is dus zaak de meest ingrijpende veranderingen in de waterloopkundige toestand zich zo laat mogelijk te laten voltrekken. Daarom moeten eerst die dijkvakken worden aangelegd die een plaat tot ondergrond hebben, omdat daar de geringste waterbewegingen voorkomen. Wanneer de werken zover zijn gevorderd dat een felle stroom zich een weg moet banen door een sterk vernauwd geulprofiel, moet de afsluiting met grote snelheid worden voltooid, om het water niet de kans te geven met onaangename verrassingen tussenbeide te komen.

Binnen het totaal der werkzaamheden kunnen verschillende 'bedrijven' worden onderscheiden:

het natte grondbedrijf, voornamelijk baggerwerken,

het droge grondbedrijf, zoals grondwerken en taludbekledingen,

zinkwerken,

asfaltwerken en

het losbedrijf.

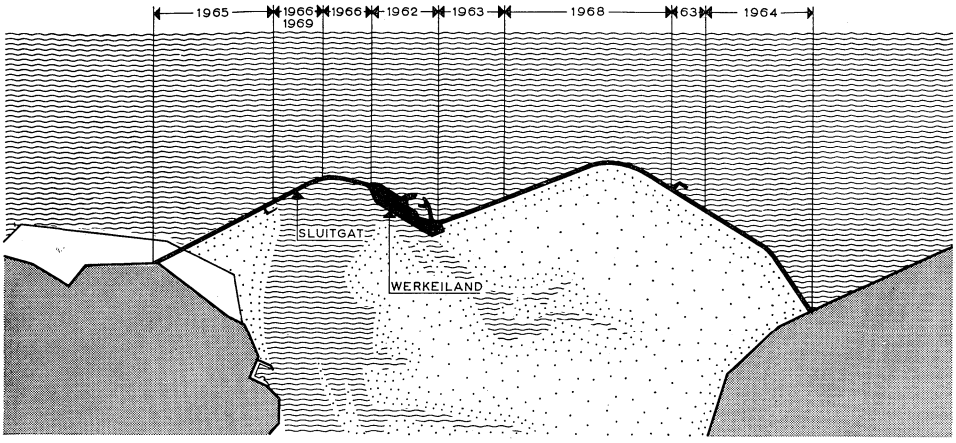
Daarbij komt dan nog, als geheel afzonderlijk bedrijf, de bouw der kunstwerken zoals sluizen en bruggen.

De aannemer van de Lauwerszeewerken, de 'Kombinatie Lauwerszee', heeft behalve een vaste staf personeel veel voor de duur van de werken gebouwde installaties, steigers en gebouwen in bedrijf. Hij gebruikt veerboten, overslagkranen en vletten om de werken vlot

uit te voeren. Daarnaast heeft hij uit de omgeving losse werkkrachten aangetrokken en opgeleid. Het is niet alleen gewenst dat de Lauwerszeewerken regelmatig voortgang vinden, maar ook dat elk van de bedrijven voortdurend een taak heeft en dat het materieel een maximaal rendement oplevert.
Belangrijk voor het waterbouwkundig bedrijf is vooral dat de vaste kern van het personeel, die met de werkomstandigheden in dit gebied vertrouwd is geraakt, steeds in stand blijft. Een regelmatige uitvoering der werken heeft voorts uit budgetair oogpunt het voordeel dat jaarlijks ongeveer gelijke bedragen worden verbruikt, hetgeen de financiële planning vergemakkelijkt.

Tot dusver uitgevoerde werken

Na de aanleg van de werkhaven in het Bootsgat in Oostmahorn in 1961 werd in 1962 begonnen met de eigenlijke werken aan de afsluitdijk door de bouw van het werkeiland. Dit werkeiland vormde met zijn havens en opslagterreinen, de bouwputten voor de kunstwerken en de concentratie van stafleden en aannemers en directie de basis voor de verdere werken. In de winterseizoenen van 1963 op 1964 en van 1964 op 1965 werd aan de oostzijde van het werkeiland een bouwput voor de doorlaatcaissons voor de sluiting aangelegd. Door die voorziening werd het mogelijk alle betonwerken zodanig in een werkschema in te passen dat met behoud van de eis der continuïteit de uitwateringssluizen, de schutsluis en de caissons tijdig voor het sluiten van de dijk gereed zouden komen. In het najaar van 1963 werd begonnen met de bouw van de uitwateringssluizen en in de zomer van 1965 met de schutsluis. Deze kunstwerken zullen in 1968 gereedkomen, zodat zij na de sluiting in 1969 meteen in dienst kunnen worden gesteld. Met de bouw van de doorlaatcaissons, waarvoor 3 jaar nodig wordt geacht, zal in het voorjaar van 1966 worden begonnen.
De dijkwerken werden intussen in 1963 voortgezet met de bouw van een 1500 m lang dijkvak aan de oostzijde van het werkeiland. In 1963 werd, tegelijk met dat dijkvak, op 2,5 km uit de Groninger kust, nabij het Vierhuizer Gat een dijkvakje gemaakt met een lengte van 550 m. Dit dijkgedeelte werd ingericht als werkhaven. Het voor het definitieve profiel benodigde zand werd aangebracht en afgemaakt tot een vlak terrein op een hoogte van N.A.P. + 3,50 m. Erlangs is een havenkom gebaggerd. De ligging van de losplaats werd bepaald door de geul van het Vierhuizer Gat, omdat die het meest oostelijke



punt van de afsluitdijk aangeeft dat varend kan worden bereikt. Deze losplaats werd aangelegd als uitgangspunt voor de bouw van een ongeveer 3 km lang dijkvak naar de Groninger kust, dat voor 1964 was voorzien. In één jaar een 3 km lang dijkgedeelte aan te leggen zonder uitgangspunt werd moeilijk haalbaar geacht, temeer omdat de aansluiting op de bestaande zeedijk in ieder geval voor de herfststormen van datzelfde jaar tot stand moest komen. Ook al zou er slechts een opening van enkele honderden meters overblijven, dan was te vrezen dat de door dat gat trekkende stroom de resultaten van de landaanwinningswerken die daar zijn uitgevoerd, teniet zou doen. Trouwens, na 1 oktober mogen aan bestaande zeedijken geen werken meer worden uitgevoerd. Het maken van een losplaats een jaar tevoren was dus de aangewezen oplossing. Van daaruit kon op eenvoudige wijze in 1964 een dijkvak van 2,5 km naar de Groninger kust worden gelegd.

Door de tot dusver genoemde dijkvakken werd het totale doorstromingsprofiel in het tracé van de afsluitdijk nog weinig gewijzigd. Veelal liep ter plaatse van deze dijkvakken nauwelijks stroom of de stroming liep er, zoals bij het dijkvak aan de Groninger kust, vrijwel evenwijdig mee. Deze gunstige toestand kan nog één jaar worden gehandhaafd door na de uitvoering van het dijkvak aan de Groninger kust de bouw van het 2500 m lange dijkvak tussen het sluitgat en de Friese kust ter hand te nemen, hetgeen dit jaar gebeurt. Ook over de plaat waarop dit dijkvak ligt, is slechts een geringe waterbeweging. Met dit dijkvak wordt tevens het westelijke, het 'Friese' landhoofd van het sluitgat geformeerd.

Het werkplan voor de komende jaren

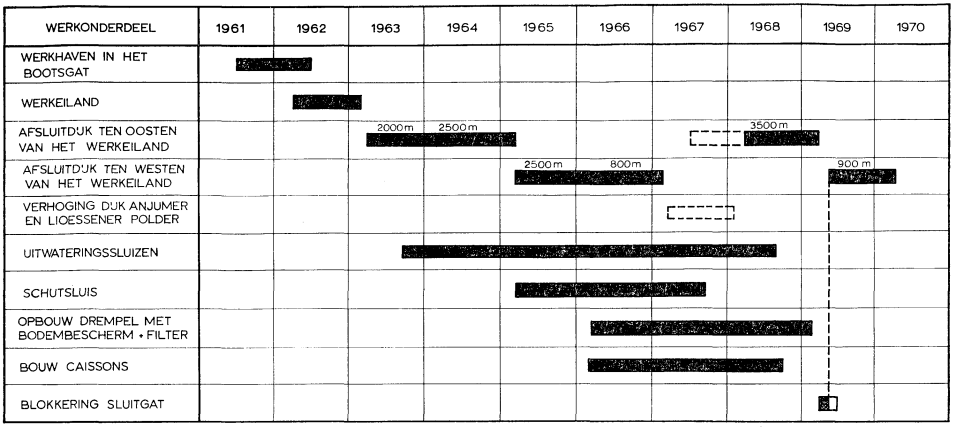
Voor het vervolg van de dijkwerken zijn er nu twee mogelijkheden:

a. aanleg van een laatste, 3,5 km lang dijkvak ten oosten van het werkeiland op de zandplaat Zuidwal, gevolgd door formatie van het sluitgat ten westen van het werkeiland;

b. formatie van het sluitgat, gevolgd door aanleg van het dijkvak op de Zuidwal, zo kort mogelijk voor de sluiting.

Zou men de eerstgenoemde volgorde kiezen, dan zou dat tot gevolg hebben dat het gebied van de Zuidwal, dat nu door eb- en vloedbewegingen wordt gevoed via het tracé van de dijk, tot het stroomgebied van het Nieuwe Robbengat gaat behoren. Dit betekent

1



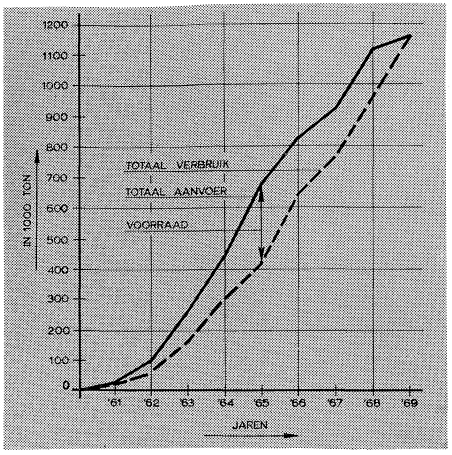
een toeneming van het vermogen van het Nieuwe Robbengat met ongeveer 50%. Als gevolg hiervan zou een ernstige verstoring van het nu bereikte evenwicht ten westen van het werkeiland verwacht moeten worden, terwijl de uitlopers van het Nieuwe Robbengat zich verder in de Ballastplaat zouden gaan uitstrekken. Daarbij komt, dat deze volgorde niet meer dan twee jaar zou overlaten voor de vorming en de afwerking van de sluitgatdrempel en dan nog wel bij fellere stroom ter plaatse.

Bij de tweede werkvolgorde komt er drie jaar beschikbaar voor de formatie van het sluitgat. De ongunstige toestand in het sluitgat tengevolge van de bouw van het dijkvak op de Zuidwal treedt dan maar gedurende één jaar op, terwijl het sluitgat dan inmiddels goed verdedigd is. Wel wordt het profiel van het sluitgat bij deze werkwijze al een jaar eerder verkleind, zodat in totaal groterere ontgrondingen in het gebied van het sluitgat moeten worden verwacht. Getracht is van de grootte van deze ontgrondingen een indruk te krijgen door modelonderzoek en berekening. Het modelonderzoek leverde kwalitatieve resultaten, terwijl de berekeningen, die uitgingen van een tweedimensionale stroming en waarbij men zich dus een oneindig breed sluitgat dacht waarin dezelfde stroomsnelheden optraden, een kwantitatief inzicht verschaften.

Uiteindelijk werd de tweede werkwijze gekozen, omdat die de meeste tijd biedt voor de afwerking van het 900 m brede sluitgat. In 1966 wordt dan een dijkvak van 800 m gebouwd aan de westelijke zijde van het werkeiland, waarin tevens het oostelijke, 'Groninger' landhoofd van het sluitgat is opgenomen. Tegelijkertijd wordt het grondlichaam van de sluitgatdrempel opgebouwd tot een hoogte van N.A.P. – 8 m en door zinkwerk beschermd. De diepte van de geul aldaar varieert nu van N.A.P. – 4 m tot N.A.P. – 14 m, zodat in de flanken van de geul moet worden gebaggerd. In 1967 wordt de bodembescherming rond het sluitgat afgewerkt. De filterconstructie op de drempel, die tevens de grondslag vormt waarop de caissons zullen worden geplaatst, wordt in 1968 aangebracht. De bovenkant van de drempel ligt dan op N.A.P. – 6 m. In datzelfde jaar wordt ook het dijkvak op de Zuidwal gemaakt. In het voorjaar van 1969 wordt door de plaatsing van de doorlaatcaissons het sluitgat geblokkeerd. Het 900 m lange dijkvak in het sluitgat wordt in hetzelfde jaar nog zover afgewerkt dat het bestand is tegen de herfststormen.

In 1967 zou dus geen dijkbouw plaatsvinden, wat wel indruist tegen de eis van de continuïteit in de bedrijven. Misschien echter zal het verkieslijker blijken, het dijkvak op de Zuidwal in twee werkseizoenen aan te leggen. In dat geval zou er in 1967 een begin

2



1 Werkschema voor de afsluiting van de Lauwerszee

2 Door de beperkte capaciteit van de sluis te Zoutkamp is het nodig depots aan te leggen in verband met het grote materiaalverbruik in de laatste jaren van de uitvoering

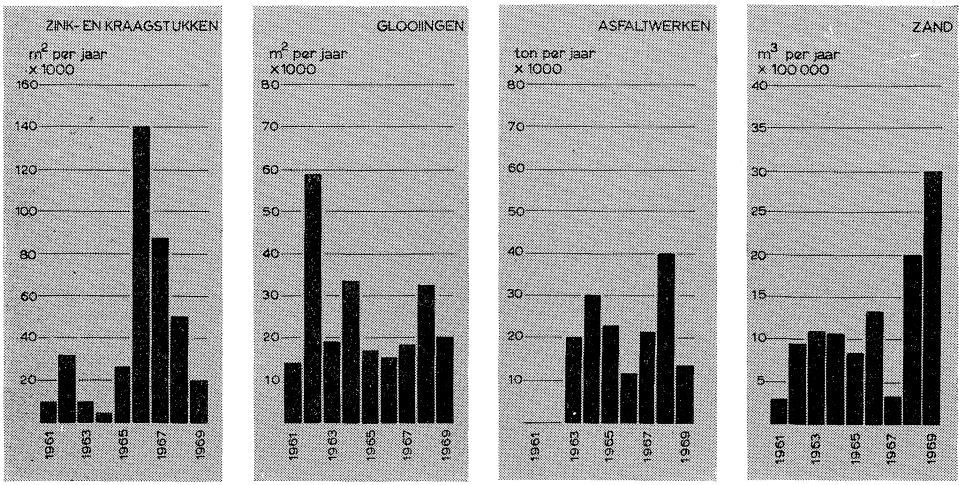
3 De per jaar door de verschillende bedrijven te verwerken hoeveelheden

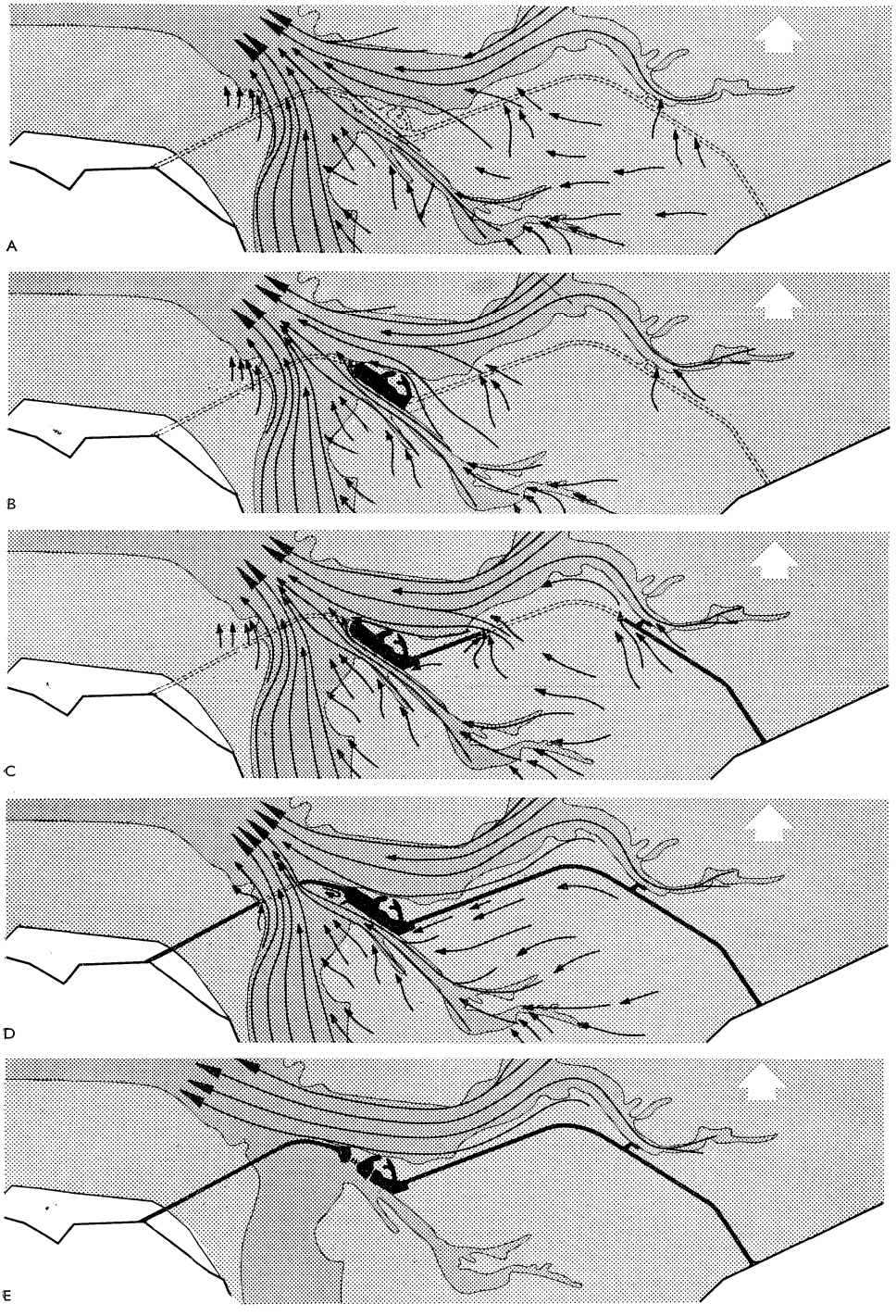
mee moeten worden gemaakt. Ook wordt overwogen in 1967 de noodzakelijke verhoging van de aansluitende Friese zeedijk tot bij het vissersdorpje Paesens te doen uitvoeren door het dan beschikbare apparaat van de aannemer, wanneer het althans mogelijk blijkt die verhoging financieel in te passen in het geheel van het programma van dijkverhogingen.

Waterloopkundige toestand

De gevolgen van de aanleg van het werkeiland voor de waterloopkundige toestand zijn in deze Berichten al eerder besproken (nr. 28, mei 1964). Daar werd uitgelegd hoe door de bouw van het werkeiland de overtrek over de daar liggende zandplaat werd afgesneden, en hoe de stroom zich sindsdien aan de westzijde van het werkeiland concentreerde, en er een geul uitschuurde tot N.A.P. – 9 m. Na de aanleg, in 1963, van het dijkvak van 1500 m aan de oostzijde van het werkeiland is de uitschuring nog verder voortgegaan,

3




A
B
C
D
E

De uitvoering van de werken heeft duidelijk invloed op de waterbeweging in het noordelijk deel van de Lauwerszee

A. Voor de aanvang van de werken
B. Verandering van het stroombeeld bij eb 1962
C. Verandering van het stroombeeld bij eb 1964
D. Verandering van het stroombeeld bij eb 1968
E. Na afloop van de werken

totdat een evenwicht intrad. Waterloopkundig gesproken zijn de gevolgen van de aanleg van het dijkvak naar de Groninger kust gering geweest; ze beperken zich tot enige stroomconcentratie voor de kop van het werk. Hier is een ongevaarlijke geul gevormd met een diepte tot ongeveer N.A.P. –2 m. Pas in 1966 zal, door de verkleining van het profiel van het sluitgat tot N.A.P. – 8 m een vergroting van de stroomsnelheid in het sluitgat gaan optreden tot gemiddeld 1,2 m/sec, zodat een begin van ontgrondingen in de omgeving van de drempel moet worden verwacht. Bij verdere verkleining van het profiel door ophoging van de drempel tot N.A.P. – 6 m en door de toeneming van het debiet ten gevolge van de bouw van het dijkvak op de Zuidwal zullen de stroomsnelheden in het sluitgat verder toenemen tot gemiddeld 1,4 m/sec.

Aanvoer van materialen

Verreweg het grootste deel van de voor de werken benodigde materialen zoals zink- en stortsteen, glooiingblokken, rijsmaterialen en materialen voor de beton- en asfaltwerken, wordt per schip aangevoerd. Uit het werkplan kunnen de telkenjare benodigde hoeveelheden worden afgeleid. Vrijwel alle schepen bestemd voor de Lauwerszeewerken komen via de Provinciale Zeesluis in het Reitdiep bij Zoutkamp op de Lauwerszee. Deze sluis, die een schutkolklengte heeft van 35 m en een breedte van 8 m, is het knelpunt in de gehele aanvoerweg. Schepen die vanwege hun afmetingen niet kunnen worden geschut worden bij gelijk water buiten en binnen of tijdens spuien door de dan openstaande sluis gebracht. Doordat uit de Friese boezem water in Groningen wordt ingelaten dat via het Reitdiep bij Zoutkamp weer wordt gespuid, is het aantal malen spuien en daarmee de mogelijkheid tot vlotte doorvoer van schepen aanmerkelijk uitgebreid. De op deze wijze vergrote capaciteit van de sluis moet zoveel mogelijk worden uitgebuit om de totale aanvoer te kunnen verwerken.
Dit betekent, dat de aanvoer van de benodigde materialen vroegtijdig moet worden geplanned. Met name de behoefte aan zink- en stortsteen voor werken rond het sluitgat zal gedurende de jaren 1966–1968 zó groot zijn, dat de benodigde hoeveelheden niet in die jaren kunnen worden aangevoerd.
Men is dan ook reeds in 1962 begonnen met de vorming van depots, zodat nu een hoeveelheid van rond 120 000 ton steen in voorraad ligt. Aanvoer via de sluis zal het verdere verbruik in de topjaren mede kunnen dekken.

A. De werken van het Deltaplan

De uitwateringssluizen in het Haringvliet

De aanvoer en montage van de schuiven vorderden regelmatig. Aan het eind van het derde kwartaal waren in totaal 26 schuiven aangevoerd. Voor 10 schuiven is het bewegingsmechanisme opgesteld of aangevoerd; 8 schuiven zijn door middel van lagers scharnierend bevestigd aan de Nablaligger.

De stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

Het stortebed aan de zeezijde kwam, voorzover het ligt binnen de ringdijk, gereed. Er werd een filterconstructie opgebouwd uit achtereenvolgens grof zand, nylondoek, grindzand, grind en stortsteen. De ontgravingen en de opbouw van de filterconstructie aan de rivierzijde hadden een regelmatige voortgang. De uit de ontgraving komende grond werd in depot gereden en vandaar geperst naar onder andere de mond van het Zuiderdiep en verwerkt in de afsluiting.

Bekleden van het zandlichaam tussen de Plaat van Scheelhoek en de haven van Dirksland

Aan het einde van de verslagperiode was voor de bekleding van het buitentalud 30 000 ton asfaltbeton verwerkt met behulp van de verbeterde verdeel-afwerkmachine. Ook het nodige gietasfalt is geheel verwerkt. De binnendijkbekleding, bestaande uit een kleilaag, kwam voor ongeveer de helft gereed.

De afsluiting van het Zuiderdiep

Volgens overeenkomst DED 761 werd de afsluiting van het Zuiderdiep aan de westzijde tussen de Plaat van Scheelhoek en Goeree opgedragen aan de Deltacombinatie.
Ter plaatse werd eerst een grondverbetering gemaakt door de slappe bodemlagen tot een diepte van N.A.P. – 6 m weg te baggeren en het cunet weer aan te vullen met zand. Daarna werd in het toekomstige sluitgat een bezinking aangebracht. Deels bestond deze uit klassieke rijshouten stukken, deels ook uit beschermingsmatten van polyetheen-folie met draadgaas. Voor de versteviging werden hierbij wiepen en azobélatten gebruikt.
Na het afstorten van de bezinking werden ter weerszijden hiervan dijkkoppen uitgebouwd van mijnsteen en zand, dat via een persleiding werd aangevoerd uit

het depot dat bij het uitgraven van de stortebedden was gevormd. Na de voltooiing der dijkkoppen is een begin gemaakt met het maken van de drempel van mijnsteen.

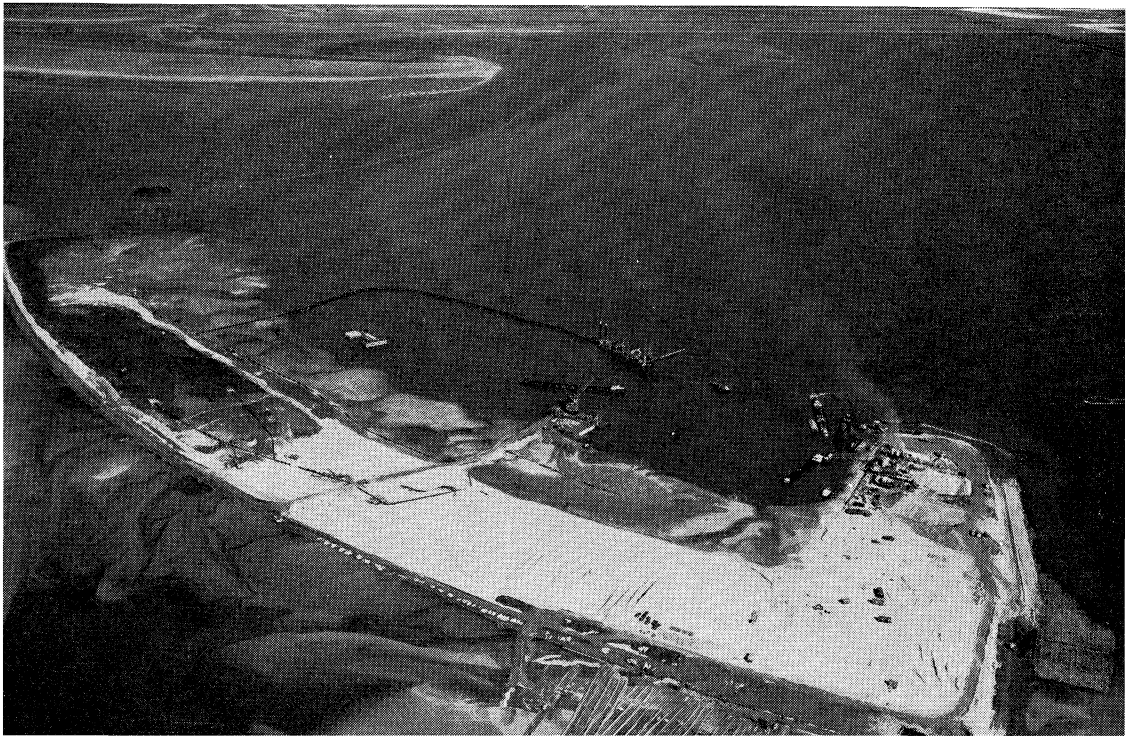
De vissershaven in het Haringvliet bij Stellendam

In de binnenhaven bij de schutsluis in het Haringvliet worden ten behoeve van de visserij steigers gebouwd. De eerste steiger (zie Driemaandelijks Bericht nr. 31, februari 1965) werd op 1 september 1965 in gebruik genomen.
Aangevangen werd met het maken van een tweede steiger. Ook deze zal als ligplaats voor de vissersschepen dienen. De lengte zal ± 190 m bedragen, terwijl het rijdek 3 m breed wordt.
Het bij de vissershaven gebouwde magazijn met 20 boxen voor het opbergen van materiaal van de vissers werd opgeleverd en in gebruik gegeven aan de vissersvereniging van Stellendam.

Het damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

De werkzaamheden werden in een vlot tempo voortgezet. Het grootste gedeelte van de voor het werk benodigde hoeveelheden zand en mijnsteen is in de verslagperiode aangebracht. In de werkhaven zijn de twee uit betonelementen opgebouwde loswallen gereed gekomen. De betonnen damwand langs de buitenteen van het damvak is aangebracht, terwijl het aanbrengen en met grind vullen van de langs deze damwand te plaatsen steenkorven nagenoeg is voltooid.
Na de bouwvakvakantie is een begin gemaakt met het aanbrengen van de asfaltbekleding op het buitenbeloop. Beneden het peil van N.A.P. + 5 m wordt stortsteen aangebracht die wordt gepenetreerd met gietasfalt; boven dit peil wordt het beloop bekleed met asfaltbeton.
Voortgegaan werd met het aanbrengen van de teenconstructie langs de dijkkoppen en het beloop aan de havenzijde van de dam, en met het leggen van zink- en

Het Damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat. Opname augustus 1965





kraagstukken daarlangs. Het zetten van Portugees graniet op de belopen van de damkoppen en van koperslakblokken langs de havenzijde van de dam vindt eveneens voortgang.

De dam door de noordelijke geul van de Grevelingen

Het aanbrengen van klei- en taludbekledingen kwam gereed. Hiermede was het werk aan de dam aan het einde van de verslagperiode vrijwel voltooid, zodat op 15 oktober de oplevering kan worden verwacht.

Rijksweg naar en op de Grevelingendam

De werkzaamheden werden in de verslagperiode nagenoeg voltooid. De oostelijke rijbaan op het damvak in de noordelijke geul van de Grevelingen kwam in de loop van augustus gereed, zodat het verkeer sindsdien over de volle 7,5 km van de hoofdrijbaan gebruik kan maken. De westelijke rijbaan op dit damgedeelte zal in verband met de demontage van de kabelbaan voorlopig nog voor het verkeer gesloten blijven. Het werk zal op 31 oktober worden opgeleverd.

De schutsluizen in het Volkerak

In juli kwam het betonwerk aan de beide schutsluizen gereed, geheel overeenkomstig het tijdschema dat maanden tevoren was opgesteld in verband met het invaren van de vierentwintig sluisdeuren en twee basculebruggen.
Om het stortebed aan de zijde van het Hollandsch Diep en de taluds beneden N.A.P. + 0,75 m in de eerste week van augustus gereed te krijgen moest met veertig arbeiders in de bouwvakvakantie worden doorgewerkt. Op 4 augustus kon worden begonnen met het inunderen van de bouwput. Daartoe werden eerst alleen de pompen van de bronbemaling ingeschakeld, daarna ook de zuiger 'Amsterdam' en het tijdelijk pompstation voor de waterinlaat van het waterschap 'De Striene'. De capaciteit bedroeg toen 350 m³ per uur. Op vrijdag 13 augustus werd in de bouwput een waterstand bereikt van N.A.P. Op 19 augustus werd de korte ringdijk aan de Hollandsch-Diepzijde doorgebaggerd, waardoor de sluizen met het buitenwater in verbinding werden gebracht. Vervolgens werd een vaargeul gebaggerd voor het inhangen van de sluisdeuren. Deze geul kwam tijdig gereed; van 8 t/m 10 september konden 12 sluisdeuren worden ingehangen.
Voor het afwerken van het sluizencomplex resten nu nog de zeer bewerkelijke bedieningsgebouwen en de verdere afbouw van viaduct en aanbrug. Het dek van de basculekelder kan eerst worden afgewerkt na het plaatsen van de twee basculebruggen.
De grondaanvullingen voor het sluizencomplex werden voortgezet.
Begin september werd het werk ten behoeve van de stortebedden en dijken met oevervoorzieningen ter weerszijden aansluitend op het sluizencomplex voor de eerste maal opgeleverd, binnen de daartoe gestelde termijn.
Op 1 augustus werd met de Aannemerscombinatie 'Willemstad' een onderhandse overeenkomst gesloten voor het doorgraven van het zuidelijk en noordelijk ringdijkgedeelte van de bouwput en het aanvullen van de sluisterreinen voor een bedrag van f 2 237 500,–. De cutterzuiger 'Holland XVIII' is begonnen met het wegbaggeren van de korte ringdijk met aangrenzende terreinen aan de zijde van het Hollandsch Diep. De uitkomende goede specie werd verwerkt in de aanvulling van het sluiseiland als ook ten oosten van de eerste sluis.

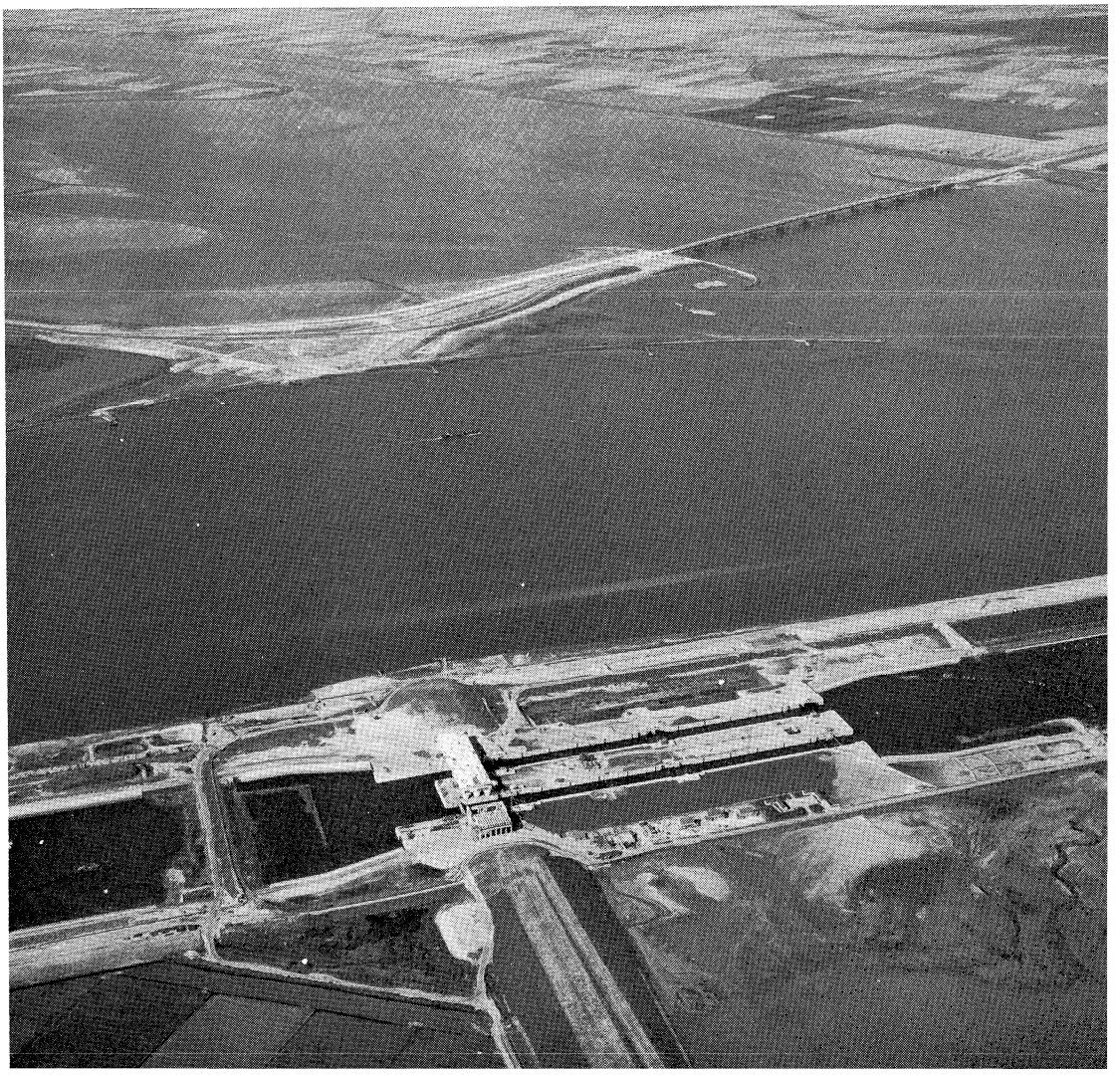
Geleidewerken en wachtplaatsen voor de Volkeraksluizen

Deze werken, uitvoerig beschreven in nr. 32 van het Driemaandelijks Bericht, wer-

den voor een bedrag van f 15 956 853,– bij onderhandse overeenkomst opgedragen aan Mannesmann Nederland N.V.
Reeds in mei is men begonnen met het inrichten van het werkterrein. Er werden 110 m lange en 11 m brede conserveringsloodsen gebouwd. In deze loodsen worden de stalen buizen en gewalste profielen door middel van een straalprocédé metallistisch blank gemaakt, waarna in drie lagen 350 micron Inertol R wordt aangebracht.

Tevens werd een grote zaagloods gebouwd voor het verwerken van 3250 m³ tropisch hardhout, azobéhout.
Het werkterrein is over de gehele lengte bereikbaar voor twee 20-tons portaalkranen. De railbanen voor deze kranen leiden naar een aan de kop van het werkterrein gemaakte haven, waar de materialen worden gelost en geladen.
Reeds is men begonnen met het heien van betonpalen voor de looppaden en wachtplaatsen aan de Hollandsch-Diepzijde,

De werken in het Volkerak. Opname oktober 1965



het vervaardigen van hardhouten beschermingsschotten voor de drijvende geleidewerken, en met de werkzaamheden ter conservering van de stalen buizen en andere stalen onderdelen.
Op de toeleveringsbedrijven is men bezig met het maken van betonpalen, betonnen loopbruggen en 30 m lange secties en andere stalen onderdelen voor de geleidewerken.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen te Willemstad

In het afgelopen kwartaal kwam de uitbreiding van de terreinen ten westen van het sluizencomplex inclusief de glooiingen van gevlijde stortsteen langs de Geul van Maltha vrijwel gereed. Het glooiingssysteem werd ter plaatse van de bouwput voor de doorlaatcaissons aangepast aan de gewijzigde omstandigheden. De terreinuitbreiding werd grotendeels voorzien van een laag grond ter dikte van 80 cm, waarop beplanting zal worden aangebracht.
Ook de afsluitdijk met terrein vanaf het zuidelijkste punt van de ringdijk van de bouwput tot de bandijk van de Sabina-Henricapolder is bijna gereed.
In uitvoering is de uitbouw van de havendam van de voorhaven, waartoe reeds in een vroeg stadium de bezinking werd aangebracht. De verdere opbouw geschiedt met mijnsteen, die rechtstreeks uit de schepen in de dam wordt gelost. Achter deze mijnsteen wordt zand gespoten. De specie wordt door twee cutterzuigers, t.w. de 'Rupel' en de 'Amsterdam I', onttrokken aan het bekken van de voorhaven.
Er werd reeds ruim 800 000 m³ zand in de te maken werken geperst. Helaas bleek het zand van slechte kwaliteit; het veroorzaakte door zijn slechte ontwatering veel moeilijkheden op de storten.
Voorts werd beneden een peil van N.A.P. – 4 m de slechte grond verwijderd. In het geheel dient 766 000 m³ specie te worden gecutterd en geperst in het daartoe gevormde grondstort. Zodra voldoende zand achter de mijnsteenkaden van de havendam zal zijn geperst, kunnen in een hoog tempo – vóór het naderende winterseizoen – de glooiingen tot een verantwoord peil worden opgetrokken.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De bouw van het dijkvak aan de Friese kust vordert goed. Met het zandlichaam werd de bestaande zeedijk bereikt. Het persen van zand was aan het einde van de verslagperiode bijna voltooid. De bekledingen worden in een vlot tempo aangebracht, dank zij het mooie weer na de bouwvakvakantie. Voor de kop van het dijkvak werd aan de westelijke rand van de diepe stroomgeul, het vaarwater naar Oostmahorn, een inbaggering gemaakt en met zinkstukken vastgelegd ten behoeve van het toekomstige sluitgat. Eenzelfde inbaggering werd gemaakt aan de oostkant van de geul; de begrenzingen van het sluitgat zijn hiermee vastgelegd.
Van de uitwateringssluizen is de onderbouw van de westelijke kokergroep thans op hoogte.
Aan de Waddenzeezijde van de sluizen zijn boven het kokerdek betonnen bakken aangebracht, die aan de bovenzijde hellend zijn afgewerkt, zodat het dijkprofiel ononderbroken over de sluizen kan doorlopen. Deze bakken worden gevuld met schuimslakken, afgedekt met een laag asfaltbeton. De schuimslakken zijn gekozen vanwege hun laag volumegewicht – 750 kg/m³ – en ook omdat de energie van op het beloop brekende golven door dit materiaal wordt geabsorbeerd en omgezet in een elastische volumeverandering.
De ontgraving voor de bouw van de schutsluis en het aanbrengen van de bemalingsinstallatie werden voortgezet.
Met de aanmaak van de benodigde betonpalen werd een aanvang gemaakt.

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
DED 574b	12 juli 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 574a voor het hu van de motorvlet 'Jumbo'
DED 597a	23 juni 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 597 voor het v richten van ontgravingen en het maken van stortebedden in de bouw voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet
DED 600a	29 mei 1965	Overeenkomst tot wijziging en aanvulling van overeenkomst DED 600 v het huren van de motorsleepboot 'Temi'
DED 638a	12 juli 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 638 voor het ter schikkingstellen en onderhouden van een ingericht directiekantoor bij W Repart onder de gemeente Middenschouwen
DED 642a	31 mei 1965	Overeenkomst tot ontbinding van overeenkomst DED 642 voor het veren van stortsteen t.b.v. de Volkerakwerken
DED 704a	24 augustus 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 704 voor het afslui van de noordelijke geul van de Grevelingen en het aanleggen van het dijk door die geul, met bijkomende werken onder de gemeenten Bruinisse, O Tonge en Nieuwe Tonge
DED 750	31 mei 1965	Het leveren van zetsteen, t.b.v. het maken van stortebedden en dijken oevervoorzieningen ter weerszijden aansluitend op het schutsluiscomp in de gemeente Willemstad
DED 753	31 mei 1965	Het aansluiten op het elektriciteitsnet van de N.V. Electriciteitsmij. 'Goe Overflakkee' van een tijdelijk gemaal t.b.v. de afsluiting van het Haringv
DED 754	12 juli 1965	Het aanleggen van een damvak op de Middelplaat in het Brouwershavens Gat, met bijkomende werken, onder de gemeenten Ouddorp en Midd schouwen
DED 755	14 mei 1965	Het leveren van zinksteen t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche
DED 756	14 mei 1965	Het leveren van koperslakblokken t.b.v. de afsluiting van het Brouw havensche Gat
DED 758	6 mei 1965	Het leveren van steenkorven t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavens Gat
DED 759	14 mei 1965	Het leveren van grof grind t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche
DED 760	18 juni 1965	Huur en verhuur van een gedeelte van een loods te Willemstad t.b.v. op van materialen
DED 762	31 maart 1965	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 763	19 juli 1965	Het doorgraven van het zuidelijk en noordelijk ringdijkgedeelte van de bo put en het aanvullen van de sluisterreinen van de Volkeraksluizen in de meente Willemstad
DED 764	20 juli 1965	Huur van een elektrische bemalingsinstallatie t.b.v. de uitwatering van gedeelte van het grondgebied behorende tot de waterschap 'De Striene Klundert
DED 767	24 augustus 1965	Levering van duikerelementen van gewapend beton voor een viertal in Noord-Sloe te bouwen duikers
DED 768	18 mei 1965	Het leveren van rijsmaterialen voor de afsluiting van het Brouwershaven Gat
DED 769	18 mei 1965	Het leveren van rijsmaterialen voor de afsluiting van het Brouwershaven Gat
DED 770	18 mei 1965	Het leveren van rijsmaterialen voor de afsluiting van het Brouwershaven Gat
DED 771	24 augustus 1965	Het vervaardigen en leveren van Enkalondoek-matten t.b.v. het dijkvak o 'Middelplaat'
DED 772	3 juni 1965	Het leveren van rijsmaterialen voor de afsluiting van het Brouwershaven Gat

erken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
—	W. van Laar te Soest
aann.som verhoogd van f 18 890 000,— tot f 19 707 800,—	Deltacombinatie te 's-Gravenhage
—	T. Dijkhuizen te Amsterdam
—	N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage
—	M. A. van der Ploeg te 's-Gravenhage
—	Combinatie 'Grevelingen' te Hardinxveld
eenheidsprijs	fa. Jan B. Petit en Zn. te Breda
f 4 800,— per jaar	N.V. Elektriciteitsmij. 'Goeree Overflakkee' te Middelharnis
f 8 787 450,—	N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	N.V. Handelmaatschappij 'De Keerkring' te Utrecht
eenheidsprijzen	'Mavotrans' N.V. te 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	'Rotterdamsche Wegenbouw' te Rotterdam
eenheidsprijzen	N.V. Utroma te Arnhem
f 175,— per maand	H. H. Harmsen te Willemstad
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
f 2 237 500,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
eenheidsprijzen	Verhuurbureau D. de Witte N.V. te Leeuwarden
f 50 400,—	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes
eenheidsprijzen	N.V. Aannemersbedrijf Jac. v. d. Vlies te Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	F. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	Nico ter Kuile en Zonen N.V. te Neede
eenheidsprijzen	Fa. v/h T. W. Volker en Zn te Sliedrecht

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

J. M. Clement	203
Bart Hofmeester	170, 174, 175, 176, 182, 183, 184, 217, 218, 220
A. Janse	178, 183
G. de Klerk	208
Rijkswaterstaat	193
Scheepsbouwkundig Proefstation-Wageningen	203

Inhoud nr. 35

A. De werken van het Deltaplan

227 De heer Von Amsberg bezoekt de Deltawerken

228 Automatische verwerking van peilgegevens

237 De afsluiting van het Zuiderdiep

244 Werkzaamheden in het boezemgebied van het Zuiderdiep

248 De zuidelijke voorhaven van het schutsluizencomplex in het Volkerak

253 Het damvak op de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuwsch-Vlaanderen en Walcheren

255 Versterking van de zeewering tussen Breskens en de uitwateringssluis bij Nummer Eén

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

259 Scheepvaart in het Lauwerszeegebied

272 **Vorderingen**

De heer Von Amsberg bezoekt de Deltawerken

Als onderdeel van zijn oriënterende gesprekken en kennismakingsbezoeken aan verschillende ministeries heeft de heer Von Amsberg enige tijd geleden een onderhoud gehad met Minister Suurhoff, die hem een uiteenzetting gaf over de Deltawerken.
De heer Von Amsberg, die grote belangstelling toonde, heeft gaarne de kans aangegrepen om met eigen ogen iets van de Deltawerken te zien.
Daarbij werd hem een uitvoeriger en gedetailleerder uiteenzetting gegeven van de plannen en de huidige stand van zaken.
In gezelschap van prinses Beatrix bracht de heer Von Amsberg op 22 oktober 1965 per helikopter bezoeken aan verschillende onderdelen van de werken.
Het programma omvatte een bezoek aan het sluizencomplex in het Haringvliet, het damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat, de Veersche-Gatdam en de werken in het Volkerak.



Automatische verwerking van peilgegevens

Kennis van de figuratie van een rivier- of zeebodem is noodzakelijk voor vele doeleinden, waarvan het beschermen van scheepvaartbelangen, de voorbereiding en uitvoering van werken en het rivierbeheer wel de voornaamste zijn. Sinds eeuwen worden dan ook al lodingskaarten ofwel peilkaarten en hydrografische kaarten vervaardigd. In samenhang met de ontwikkeling van techniek en wetenschap is de behoefte aan peilgegevens sterk gestegen en worden niet alleen aan de hoeveelheid maar ook aan de nauwkeurigheid dier gegevens steeds hogere eisen gesteld.
Sedert de dertiger jaren zijn reeds enkele belangrijke verbeteringen in de opnemingstechniek tot stand gebracht. De invoering van het echolood en de introductie van radioplaatsbepalingssystemen als Decca (Driemaandelijks Bericht nr. 7, februari 1959), Hi-Fix en Atlasradiolog na de oorlog betekenen in wezen al een automatisering van de diepte- en plaatsbepaling. Zij hebben geleid tot grotere nauwkeurigheid en sterk versneld opnemingswerk. Nog steeds worden in deze apparaten verbeteringen aangebracht.
Het uitwerken van de opnemingsresultaten, het vervaardigen van peilkaarten en de verdere studie zijn echter nog in het geheel niet geautomatiseerd.
Deze werkzaamheden zijn in hoge mate arbeidsintensief en komen voor een goed deel neer op routinewerk. De alombestaande moeilijkheden met de personeelsvoorziening en de afnemende bereidheid om zulk routinewerk te verrichten stellen de meetdiensten voor ernstige problemen. Vooral voor de Deltawateren, waar de Deltawerken en de aanleg van het Europoortgebied om een brede stroom van meetgegevens vragen, dreigt een ernstige achterstand in de verwerking der peilgegevens te ontstaan. Onophoudelijk veranderen hier het stroombeeld en de bodemfiguratie. Verregaande automatisering is nodig, willen de meetdiensten nog een actueel beeld van de situatie in het Deltagebied kunnen blijven leveren.
Medio 1964 is daarom een oriënterend onderzoek verricht naar de mogelijkheid het gehele complex van peilwerkzaamheden te automatiseren. Hierbij is uitgegaan van een analyse van de huidige methodes, waarbij men kan onderscheiden:

het opnemingswerk,

de verwerking van de meetgegevens tot peilkaarten en profielen,

de verdere bewerking van de peilkaartgegevens.

Het opnemingswerk

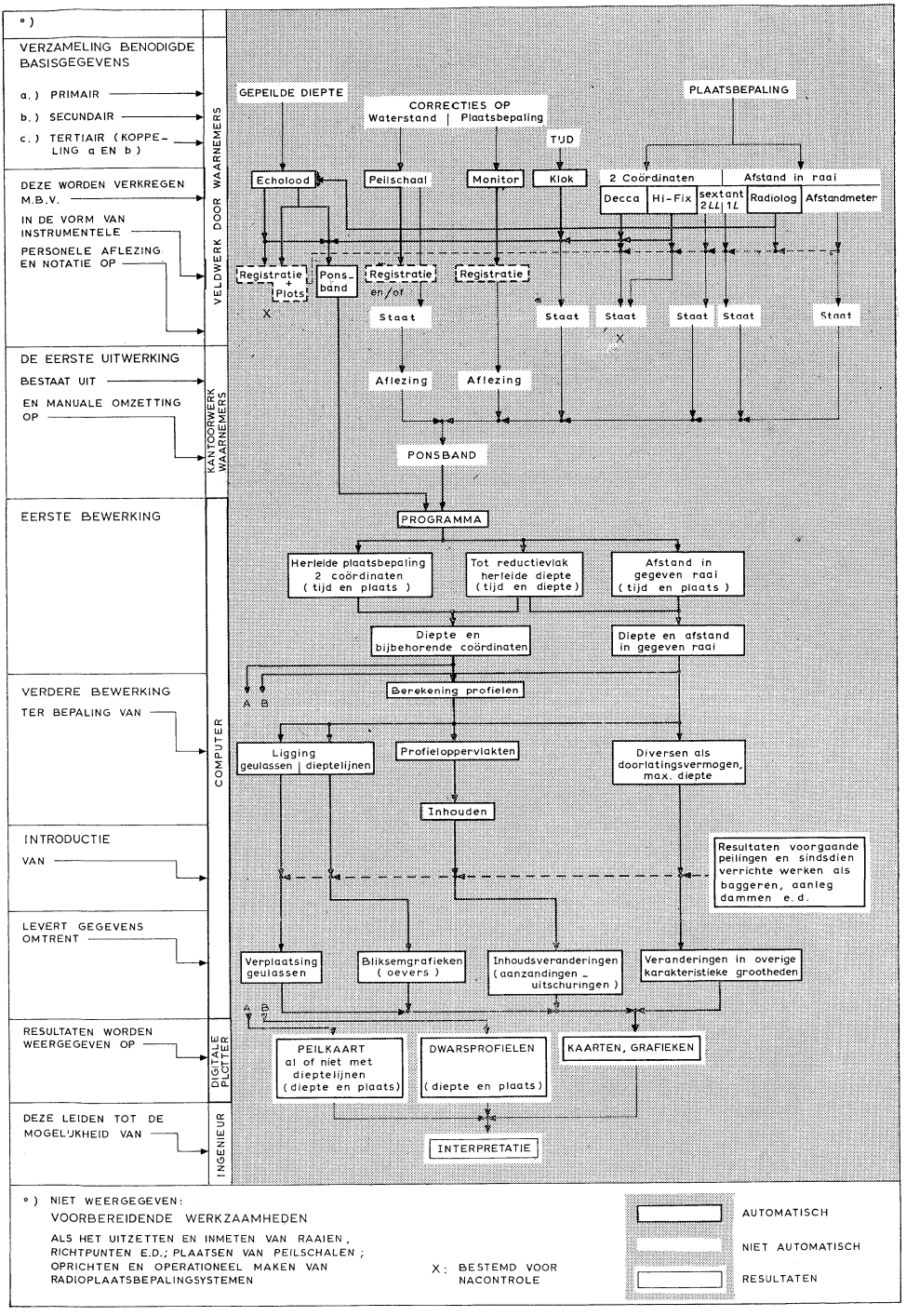
Omdat op een peilkaart de diepten worden weergegeven als functie van de plaats en herleid worden tot een vergelijkingsvlak (bv. N.A.P.), bestaat het opnemingswerk uit diepte-, plaats- en tijdsbepaling. Ook de waterstanden worden opgenomen. De grootheid tijd is nodig om later de noodzakelijke correcties op diepte en plaats aan te kunnen brengen.
De dieptebepaling geschiedt als regel vanaf een peilvlet met een echolood, dat de diepte registreert. Waar te weinig water staat voor de peilvlet wordt de diepte gemeten met een peilstok of handlood; boven water gelegen gronden worden gewaterpast.
Voor de plaatsbepaling bestaan verschillende methoden; de keuze daaruit wordt bepaald door de omstandigheden. Ze zijn te onderscheiden in radiografische methoden (Decca, Hi-Fix, radiolog) en optische systemen (sextant, afstandsmeter).
De waterstanden worden visueel opgenomen of later van peilschaalregistraties afgelezen. Onjuistheden in de plaatsbepaling tijdens het loden als gevolg van variaties in het Decca- of Hi-Fix-systeem worden gecorrigeerd aan de hand van de monitorregistratie. Het is duidelijk dat de tijd als bindend element tussen al deze registraties onmisbaar is. Tijdens het opnemen worden op de registratierollen van het echolood merkstrepen aangebracht die de tijdstippen van de plaatsbepaling aangeven.
De opnemingsresultaten komen in de vorm van automatische registraties en met de hand ingevulde staten ter beschikking.

Verwerking tot peilkaarten

De eerste behandeling der gegevens bestaat in het aflezen van de gemeten diepten en de herleiding ervan door middel van de waargenomen waterstand tot het gewenste vergelijkingsvlak. De plaatsbepalingen die met radiosystemen of met behulp van de afstandsmeter zijn verricht, worden voorzien van de nodige correcties; de met behulp van een sextant gemeten hoeken worden hetzij grafisch, hetzij analytisch herleid tot coördinaten.
De aldus verkregen combinaties van herleide diepte en plaats vormen het materiaal waaruit peilkaarten en/of dwarsprofielen kunnen worden samengesteld.

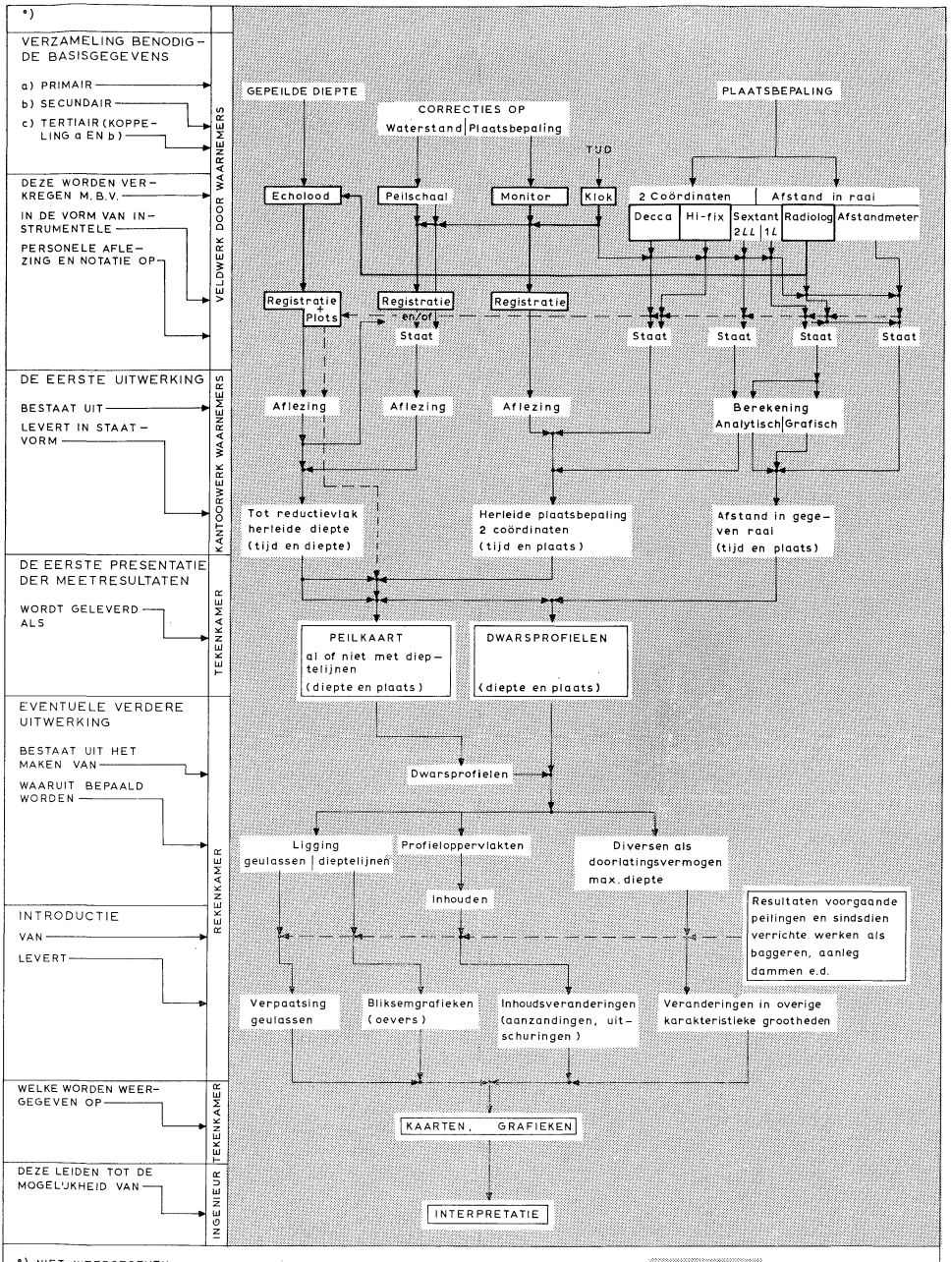
Verdere bewerking

In een peilkaart wordt de bodemfiguratie in cijfers vastgelegd. De verbinding van punten van gelijke diepte door middel van dieptelijnen geeft daarvan een visuele verduidelijking, doch mogelijk tevens een vertekening: de meetraaien liggen n.l. veel verder uiteen dan de meetpunten op één raai, zodat het aantal gegevens in de ene richting veel groter is dan in de andere. Zonder meer is een verdergaande interpretatie van een peilkaart niet mogelijk. Pas na vaststelling van profieloppervlakten, rivierinhoud, ligging van geulassen en dieptelijnen kan, door vergelijking met overeenkomstige gegevens van vorige peilkaarten, worden vastgesteld waar kwalitatief en kwantitatief veranderingen zijn opgetreden, in de vorm van uitschuringen, aanzandingen, geulverplaatsingen, oeveraantasting en dergelijke (Driemaandelijks Bericht nr. 5, augustus 1958). Dit inzicht is onmisbaar voor de beoordeling van de noodzaak van rivierwerken, of bij de bestudering van de invloed die bepaalde werken op een rivier of rivierenstelsel zullen hebben, bij voorbeeld de invloed van de Deltawerken op de rivieren in het Deltagebied en op het voorliggende kustgebied.


°)
VERZAMELING BENODIGDE BASISGEGEVENS
a.) PRIMAIR
b.) SECUNDAIR
c.) TERTIAIR (KOPPELING a EN b)
DEZE WORDEN VERKREGEN M.B.V.
IN DE VORM VAN INSTRUMENTELE
PERSONELE AFLEZING EN NOTATIE OP
VELDWERK DOOR WAARNEMERS
DE EERSTE UITWERKING
BESTAAT UIT
EN MANUALE OMZETTING OP
KANTOORWERK WAARNEMERS
EERSTE BEWERKING
VERDERE BEWERKING
TER BEPALING VAN
COMPUTER
INTRODUCTIE
VAN
LEVERT GEGEVENS OMTRENT
RESULTATEN WORDEN WEERGEGEVEN OP
DIGITALE PLOTTER
DEZE LEIDEN TOT DE MOGELIJKHEID VAN
INGENIEUR
GEPEILDE DIEPTE
CORRECTIES OP
Waterstand | Plaatsbepaling
TIJD
PLAATSBEPALING
Echolood
Peilschaal
Monitor
Klok
2 Coördinaten
Afstand in raai
Decca
Hi-Fix
sextant 2LL 1L
Radiolog
Afstandmeter
Registratie + Plots
Pons-band
Registratie en/of
Registratie
X
Staat
Staat
Staat
Staat
Staat
Staat
X
Aflezing
Aflezing
PONSBAND
PROGRAMMA
Herleide plaatsbepaling 2 coördinaten (tijd en plaats)
Tot reductievlak herleide diepte (tijd en diepte)
Afstand in gegeven raai (tijd en plaats)
Diepte en bijbehorende coördinaten
Diepte en afstand in gegeven raai
A B
Berekening profielen
Ligging geulassen | dieptelijnen
Profieloppervlakten
Diversen als doorlatingsvermogen, max. diepte
Inhouden
Resultaten voorgaande peilingen en sindsdien verrichte werken als baggeren, aanleg dammen e.d.
Verplaatsing geulassen
Bliksemgrafieken (oevers)
Inhoudsveranderingen (aanzandingen _ uitschuringen)
Veranderingen in overige karakteristieke grootheden
A B
Z
PEILKAART al of niet met dieptelijnen (diepte en plaats)
DWARSPROFIELEN (diepte en plaats)
KAARTEN, GRAFIEKEN
INTERPRETATIE
°) NIET WEERGEGEVEN:
VOORBEREIDENDE WERKZAAMHEDEN
ALS HET UITZETTEN EN INMETEN VAN RAAIEN, RICHTPUNTEN E.D.; PLAATSEN VAN PEILSCHALEN; OPRICHTEN EN OPERATIONEEL MAKEN VAN RADIOPLAATSBEPALINGSYSTEMEN
X: BESTEMD VOOR NACONTROLE
AUTOMATISCH
NIET AUTOMATISCH
RESULTATEN

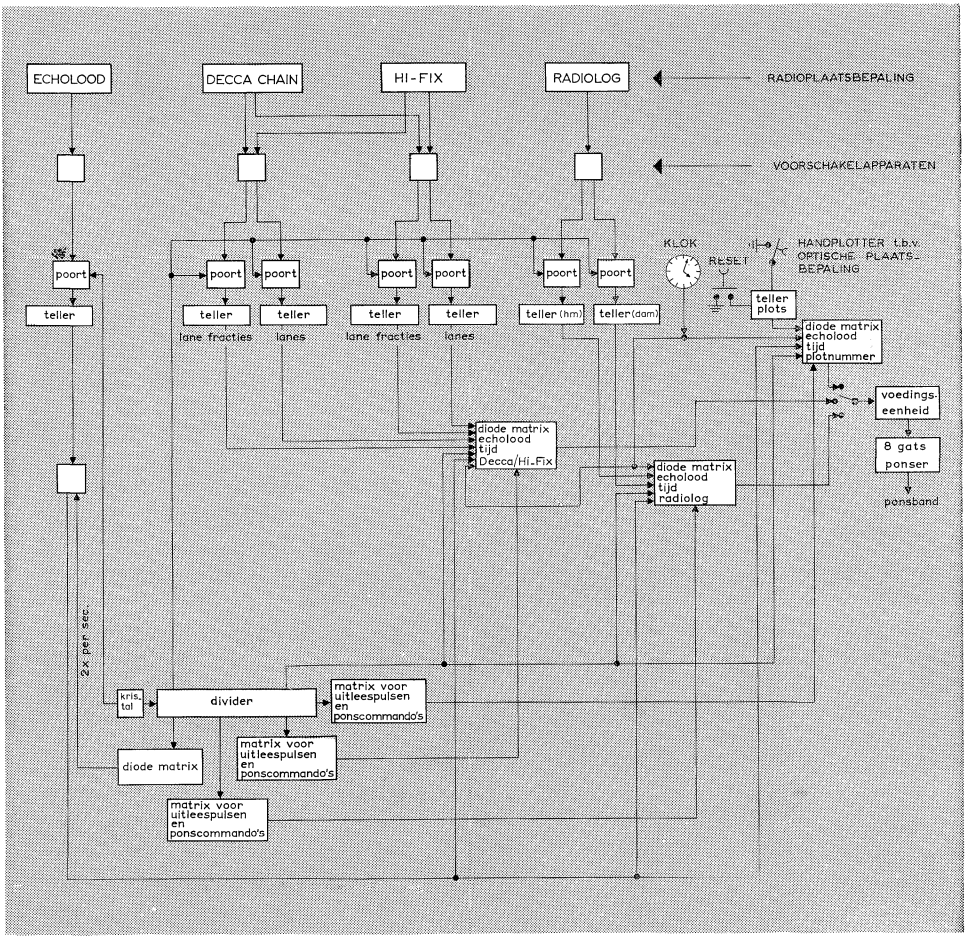
Analyse van de peilwerkzaamheden volgens de gebruikelijke methode

De behoefte aan automatisering doet zich vooral gelden bij de arbeidsintensieve en tijdrovende verwerking van de peilingen tot peilkaarten en bij de verdere bewerkingen. Men zou hier tot een automatisering kunnen komen door de resultaten van het opnemingswerk of de gegevens van peilkaarten over te brengen op ponsbanden en de verdere bewerking over te laten aan een computer. Deze methode, die overigens reeds incidenteel toepassing heeft gevonden, heeft het nadeel dat men het met de hand vervaardigen van ponsbanden en de tijdrovende controle erop in het werkproces invoert, en dus geen feitelijke oplossing bereikt. De voorkeur gaat uit naar een systeem waarbij de vereiste lodinggegevens reeds tijdens het opnemen automatisch worden weergegeven op een ponsband die onmiddellijk geschikt is voor invoer in een computer. De secundaire gegevens, als waterstanden, correcties op de langs radiografische weg verkregen plaatsbepalingen en eventueel optisch verkregen plaatsbepalingsgegevens, moeten dan weliswaar nog met de hand op een tweede ponsband worden overgezet, doch dit betreft zelden grote aantallen gegevens.
Uit vergelijking der bijgevoegde figuren blijkt dat aldus een bevredigende mate van automatisering verkregen kan worden door de gehele loop van het proces heen.
De laatste stap in het oriënterend onderzoek was na te gaan of dit schema technisch uitvoerbaar is, met name voor wat betreft de opnemingsapparatuur. Hiertoe werden besprekingen gevoerd met de fabrikanten van de thans bij de Rijkswaterstaat in gebruik zijnde apparatuur. Daarbij bleek dat dezen bij de ontwikkeling van de digitale weergave – dat is een weergave in cijfercode – van hun apparaten al zover waren gevorderd dat er principieel geen onoverkomelijke moeilijkheden waren; doch ook, dat de ontwikkeling nog in het beginstadium verkeerde.
Nu de conclusie gewettigd was dat automatisering volgens het bijgevoegde schema uitvoerbaar is, werden ook de andere belanghebbende Rijkswaterstaatsdiensten op de hoogte gesteld en uitgenodigd tot gezamenlijk overleg. Ook het bureau Hydrografie van het departement van Marine werd bij dit overleg betrokken. De bedoeling van het overleg is, de mogelijkheid te scheppen tot een zo breed mogelijke toepassing van de automatisering. Om dit doel te bereiken zal de te ontwikkelen boordapparatuur zo ver mogelijk aan de in gebruik zijnde opnemingsmethoden tegemoet moeten komen. Ook moeten zowel deze apparatuur als de gehele uitwerkingsprocedure waar mogelijk gestandaardiseerd worden, zonder evenwel de vrijheid van elk der diensten afzonderlijk –


*)
VERZAMELING BENODIGDE BASISGEGEVENS
a) PRIMAIR
b) SECUNDAIR
c) TERTIAIR (KOPPELING a EN b)
VELDWERK DOOR WAARNEMERS
DEZE WORDEN VERKREGEN M.B.V.
IN DE VORM VAN INSTRUMENTELE
PERSONELE AFLEZING EN NOTATIE OP
DE EERSTE UITWERKING
BESTAAT UIT
LEVERT IN STAATVORM
KANTOORWERK WAARNEMERS
DE EERSTE PRESENTATIE DER MEETRESULTATEN
WORDT GELEVERD ALS
TEKENKAMER
EVENTUELE VERDERE UITWERKING
BESTAAT UIT HET MAKEN VAN
WAARUIT BEPAALD WORDEN
INTRODUCTIE
VAN
LEVERT
REKENKAMER
WELKE WORDEN WEERGEGEVEN OP
TEKENKAMER
DEZE LEIDEN TOT DE MOGELIJKHEID VAN
INGENIEUR
GEPEILDE DIEPTE
CORRECTIES OP
Waterstand
Plaatsbepaling
TIJD
PLAATSBEPALING
Echolood
Peilschaal
Monitor
Klok
2 Coördinaten
Afstand in raai
Decca
Hi-fix
Sextant
2LL
1L
Radiolog
Afstandmeter
Registratie
Plots
Registratie
en/of
Staat
Registratie
Staat
Staat
Staat
Staat
Staat
Aflezing
Aflezing
Aflezing
Berekening
Analytisch
Grafisch
Tot reductievlak herleide diepte (tijd en diepte)
Herleide plaatsbepaling 2 coördinaten (tijd en plaats)
Afstand in gegeven raai (tijd en plaats)
PEILKAART
al of niet met dieptelijnen
(diepte en plaats)
DWARSPROFIELEN
(diepte en plaats)
Dwarsprofielen
Ligging
geulassen
dieptelijnen
Profieloppervlakten
Diversen als dooriatingsvermogen max. diepte
Inhouden
Resultaten voorgaande peilingen en sindsdien verrichte werken als baggeren, aanleg dammen e.d.
Verpaatsing geulassen
Blikseminafieken (oevers)
Inhoudsveranderingen (aanzandingen, uitschuringen)
Veranderingen in overige karakteristieke grootheden
KAARTEN, GRAFIEKEN
INTERPRETATIE
*) NIET WEERGEGEVEN:
VOORBEREIDENDE WERKZAAMHEDEN
ALS HET UITZETTEN EN INMETEN VAN RAAIEN, RICHTPUNTEN E.D.; PLAATSEN VAN PEILSCHALEN; OPRICHTEN EN OPERATIONEEL MAKEN VAN RADIOPLAATSBEPALINGSYSTEMEN
AUTOMATISCH
NIET AUTOMATISCH
RESULTATEN

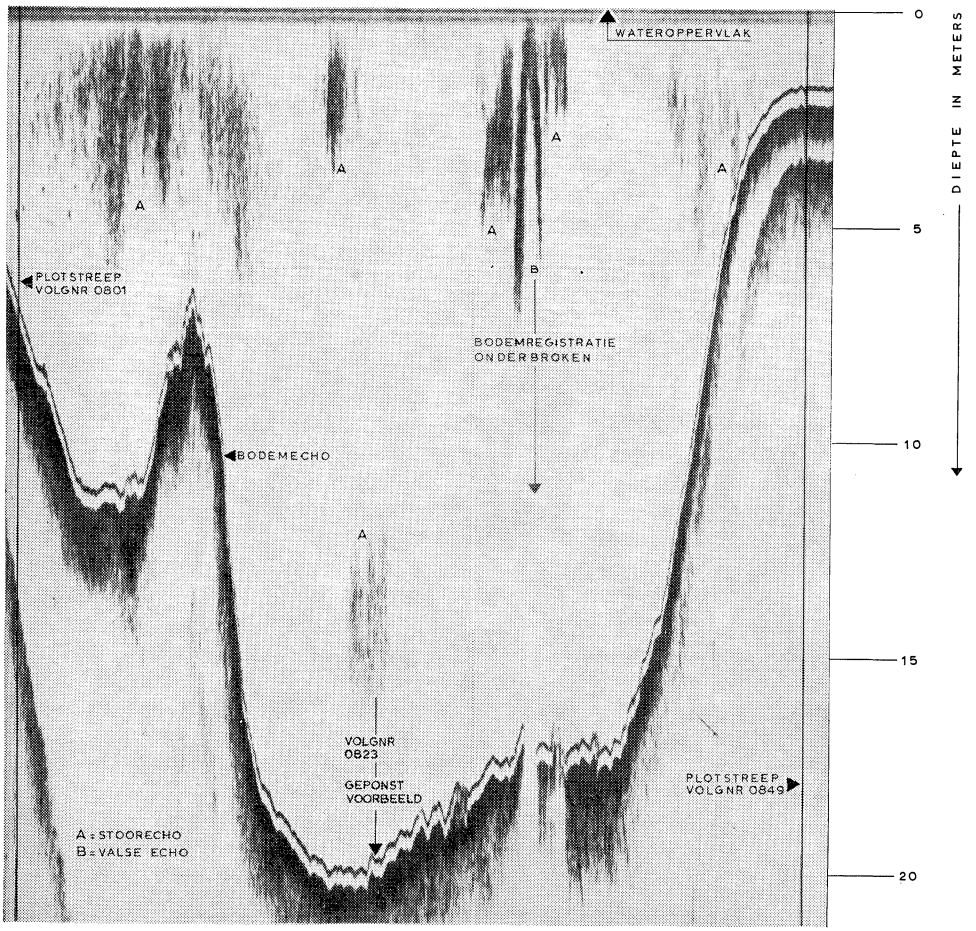
Analyse van de peilwerkzaamheden volgens de geautomatiseerde methode

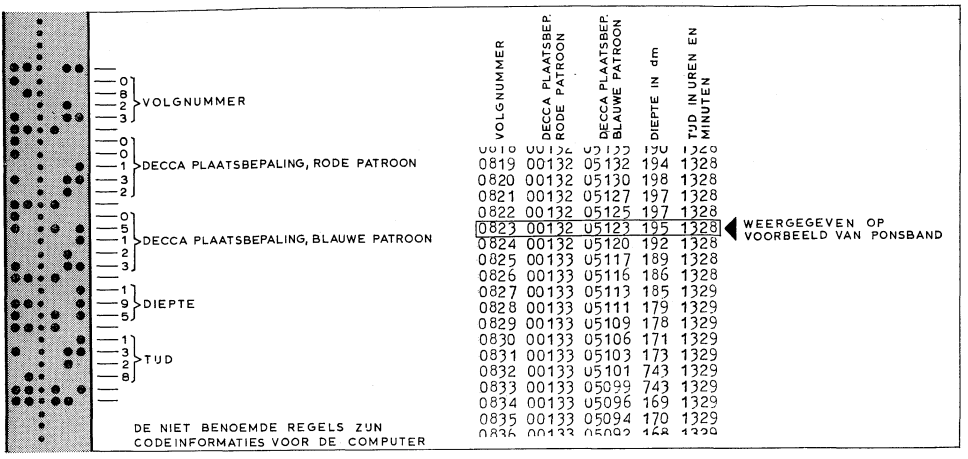
Principeschema van het stuurapparaat met ponser



Automatisch verkregen informatie betreffende een punt van de echoloodregistratie op de ponsband en in cijfercode

Echoloodregistratie van een dwarsprofiel





bv. bij de keuze van een echolood — in het gedrang te brengen. Naast de nieuwe werkwijze moet de mogelijkheid blijven bestaan om volgens de huidige methode te blijven werken bij lodingswerk van geringe omvang. En hiermee zijn nog niet alle overwegingen genoemd.

Teneinde gegevens te verkrijgen over de omvang van het tegenwoordige lodingswerk en de daarbij toegepaste methodes is een inventarisatie gemaakt die interessante en waardevolle gegevens heeft opgeleverd. Het voert te ver om er hier diep op in te gaan. Ter illustratie volgen slechts enkele globale cijfers, betrekking hebbend op de gehele Rijkswaterstaat:

echoloden	53 stuks, binnenkort uit te breiden tot 67,
radioplaatsbepalingsapparaten	29 stuks, binnenkort uit te breiden tot 49,
gepeild oppervlak	4500 km² per jaar,
peillengte	ruim 50 000 km per jaar.

Naast het voortdurend overleg binnen de Rijkswaterstaat wordt een intensief contact onderhouden met de fabrikanten en hun Nederlandse vertegenwoordigers. Zo kunnen zij van hun kant op de hoogte blijven van de ontwikkeling der gedachten binnen de Rijkswaterstaat, en kan ervoor gezorgd worden dat hun research gelijkgericht blijft met de wensen en later te stellen eisen van de Rijkswaterstaat. Dit contact is zeer waardevol, hetgeen mag blijken uit het feit dat reeds nu voor dit doel een samenwerking tussen de fabrikanten tot stand begint te komen, terwijl zij toch in veel opzichten elkaars concurrenten zijn. In november hebben de fabrikanten op verzoek van de Rijkswaterstaat gratis technisch personeel en materieel ter beschikking gesteld voor proeven die inzicht moesten verschaffen in de mogelijkheden van de opnemingstechniek met geautomatiseerde apparatuur. Ook zou men hierdoor materiaal ter beschikking krijgen waarmee de gecompliceerde programmering van de computer kan worden ontwikkeld. De resultaten van deze eerste proeven zijn zeker hoopgevend, en vormen een belangrijke steun bij de verdere ontwikkeling, ondanks het feit dat de gebruikte apparatuur in zijn geheel voor de Rijkswaterstaat geen operationele betekenis heeft.

In een der bijgevoegde figuren is ter illustratie een bij de proeven gelood dwarsprofiel weergegeven, samen met de automatisch vastgelegde plaats-, diepte- en tijdgegevens, en een gedeelte van een ponsband.

Op de echoloodregistratie zijn naast de bodemfiguratie ook nog andere echo's afgebeeld. Ze kunnen worden veroorzaakt door de schroefbeweging van een passerend schip, door vis, in het water zwevende voorwerpen en zo meer. Veelal blijft de bodemregistratie zichtbaar. Wordt de stoorecho echter te sterk, dan valt de bodemecho weg en blijft alleen de valse echo. Visueel zijn beide soorten gemakkelijk te onderscheiden. Bij digitale weergave echter bestaat het gevaar dat veel van deze storingen als bodemecho's op de ponsband worden weergegeven, zodat ze veel moeilijker, of in het geheel niet te elimineren zijn. Om dit gevaar zoveel mogelijk te bezweren zijn zowel door Kelvin Hughes als door Atlas in hun in ontwikkeling zijnde digitale echoloodsystemen voorzieningen getroffen die het mogelijk maken de bodemecho's onder vrijwel alle omstandigheden te blijven herkennen. Bovendien wordt een terugmelding van de naar de ponser gestuurde waarde zichtbaar gemaakt op de echoloodregistratie; daardoor is een snelle visuele controle mogelijk.

In de volgende fase zal door de samenwerkende fabrikanten een prototype van de boordapparatuur voor automatische weergave van de lodings- en plaatsbepalingsgegevens op een ponsband worden ontwikkeld.

Dit apparaat moet in staat zijn de digitale informatie te verwerken zowel van het Atlas-echolood als van het Kelvin Hughes-echolood voor dieptebepaling, van de Decca- en Hi-Fix-ontvangers en het radiolog voor de radioplaatsbepaling. Voor het geval dat er van optische plaatsbepaling gebruik wordt gemaakt moet door handbediening een volgnummer kunnen worden ingevoerd dat verwijst naar de waarnemingsstaten. Ook een digitale klok moet aanwezig zijn. Naast gegevens van administratieve aard moeten via een in het stuurapparaat opgenomen programmering op de uitkomende ponsband worden opgenomen: tijd, diepte, plaatsbepalingsgegevens, c.q. volgnummer. Hierbij wordt gedacht aan de volgende ponsfrequenties: tijd en plaats 1 maal per 3 of 5 seconden, de diepte 2 maal per seconde.

Aanvankelijk wenste men de programmering van het stuurapparaat variabel te maken, ten behoeve van de uiteenlopende doelstellingen der peilwerkzaamheden. De ponsfrequentie zou dan gevarieerd kunnen worden van b.v. 2 keer per seconde tot 1 keer per 5 seconden; of men zou de ponsfrequentie binden aan de plaatsbepaling en bijvoorbeeld 1 keer per 5 of 10 meter, dan wel 1 keer per 0.01 of 0.10 breedte van een strook of 'lane' van het Hi-Fix en Decca-systeem peilen.

Gevolg van deze variatiemogelijkheden zou echter een aanzienlijk kostbaarder en kwetsbaarder apparatuur aan boord zijn. Ook vraagt de computerbewerking een zover mogelijk doorgevoerde standaardisering van de te verwerken gegevens. Om deze redenen is de keus gevallen op de bovengenoemde programmering; daarmee kan aan bijna alle voorkomende gevallen tegemoet worden gekomen.

De afsluiting van het Zuiderdiep

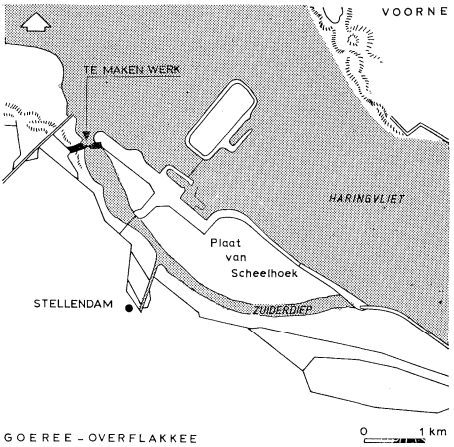
Over het boezemgebied van het Zuiderdiep, dat zich zal strekken langs de noordelijke oever van het eiland Goeree-Overflakkee tussen de haven van Goedereede en de haven van Dirksland, is reeds het een en ander geschreven in de nummers 28 (april 1964) en 34 (november 1965) van het Driemaandelijke Bericht, waarbij meer in het bijzonder de uitwateringssluis en het dijkvak tussen de Plaat van Scheelhoek en de haven van Dirksland werden behandeld.

Het aansluiten van de reeds eerder op de westpunt van de Plaat van Scheelhoek gemaakte dijkkop op het eiland Goeree vormde de laatste schakel van de rondom de boezem aan te leggen waterkeringen, zij het dan ook volgens een voorlopige begrenzing van het boezemgebied. De wijdte van deze opening was ruim 500 m. Door dit gat werd het af te sluiten gebied bij ieder getij gevuld en geledigd, waarbij de waterbeweging onder normale omstandigheden plaats vond door een geul met een breedte op N.A.P. van 125 m. Bij sterk verhoogde waterstanden op zee ging ook de resterende breedte een belangrijke rol spelen. Een bijzonderheid van het in te dijken gebied was wel dat het naast de geul met bijbehorende oevers van het Zuiderdiep tevens de Plaat van Scheelhoek omvatte, die boven normaal hoog water ligt. Dit betekent dat de berging van het gebied bij hoge waterstanden, als de plaat onder water komt, sterk toeneemt, hetgeen duidelijk af te lezen is uit de grafiek, waar bij iedere waterstand de bijbehorende wateroppervlakte is uitgezet. Bij een stormtij van N.A.P. + 2,50 m – dat een frequentie heeft van 0,9 maal per jaar – blijkt de hoeveelheid water die per tij in- of uitstroomt, tengevolge hiervan ruim 6 maal zo groot te zijn als bij een normaal getij, althans zo lang het sluitgat na het leggen van de drempel nog niet verder is verkleind. Het behoeft nauwelijks betoog dat een dergelijke vergrote komvulling na het formeren van het eigenlijke sluitgat, dus nadat de dijkkoppen tot aan het sluitgat zijn uitgebouwd, ook een sterke vergroting van de doorstroomsnelheid tengevolge zal hebben. Dit is dan ook de reden waarom de volgorde der werkonderdelen zo is gekozen, dat eerst de grondbezinking klaar werd gemaakt en pas daarna de dijkkoppen werden gevormd, zodat bij het voorkomen van een dergelijke hoge waterstand geen uitschuringen in het sluitgat waren te vrezen.

Er waren meer omstandigheden waarmede bij het ontwerpen van het plan rekening moest worden gehouden.

De plaats van de afsluiting was met varend materieel slechts te bereiken door ondiepe geulen met een bodemdiepte van ongeveer N.A.P. – 1 m. Later trad hierin wel enige

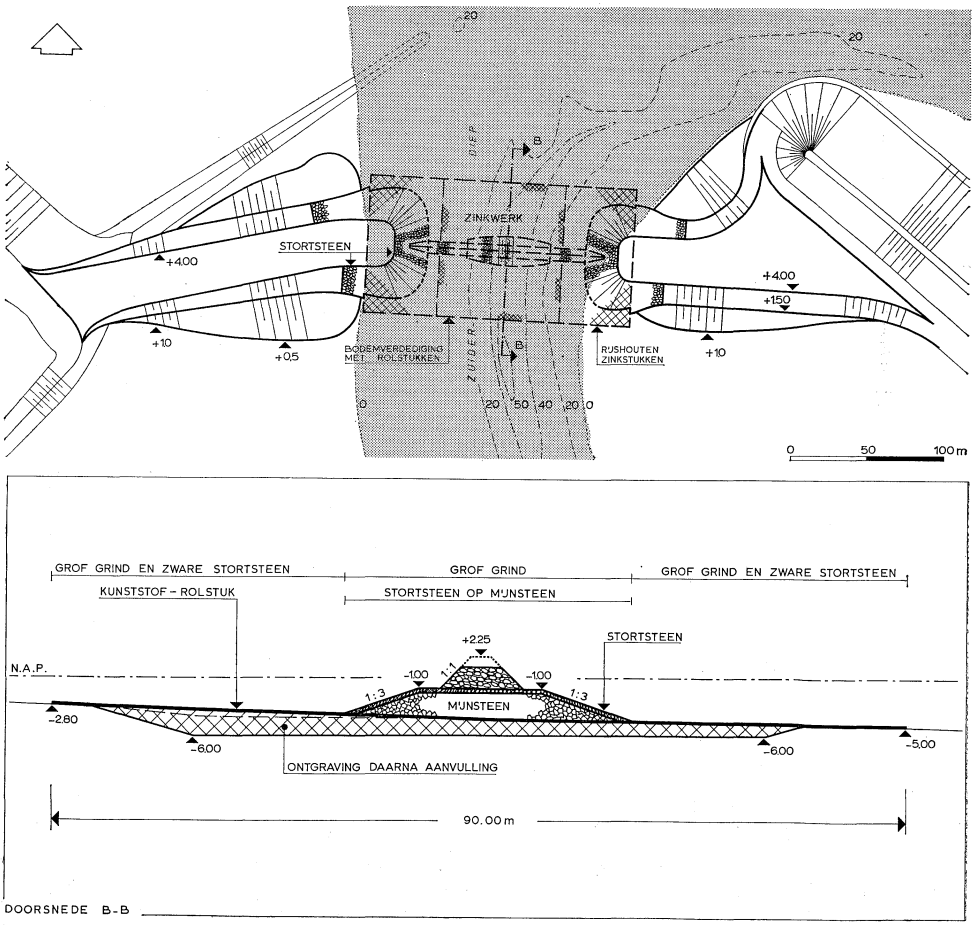
Situatie van de afsluitdam



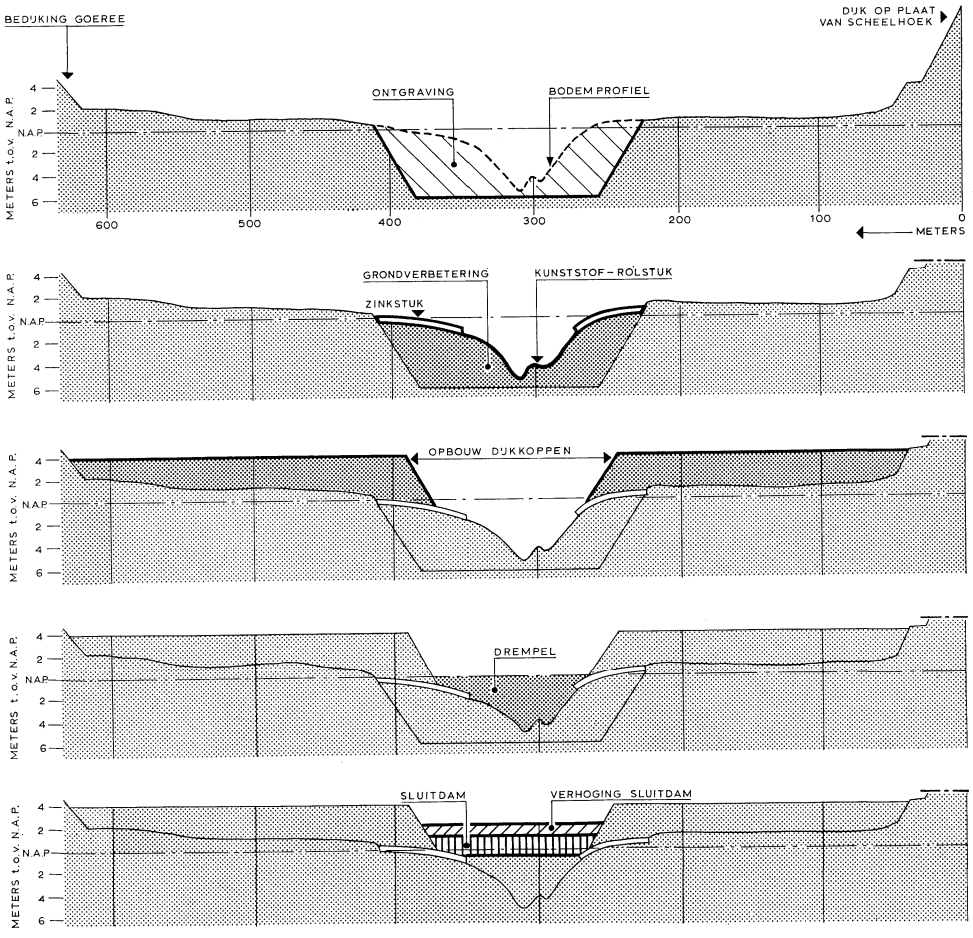
Het uitrijden van de sluitdam; foto genomen bij laag water buiten



Situatie van de afdamming met doorsnede B–B



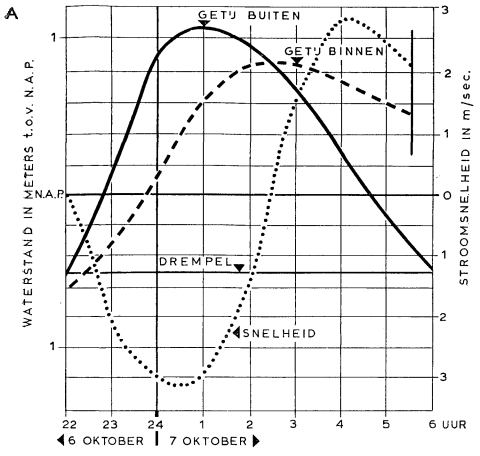
Profiel over het sluitgat in de verschillende fasen van de afsluiting

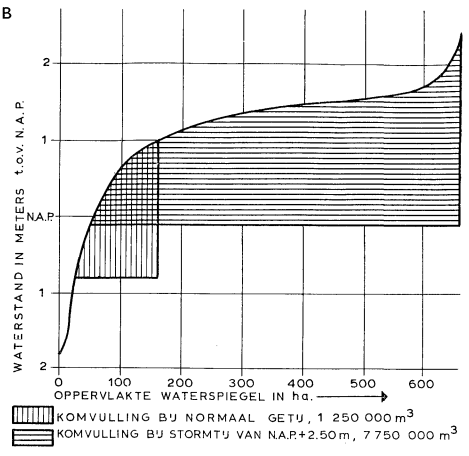


verbetering op doordat één der geulen nog verder verzandde en daardoor de andere een verdieping onderging.
Grondonderzoek had bovendien uitgewezen dat de grondslag ter plaatse vooral in de bovenlagen zo slecht was, dat het maken van een sluitdam alleen mogelijk zou zijn na het uitvoeren van een grondverbetering.

Uit een onderzoek naar de meest geschikte werkwijze kwam als gunstigste oplossing te voorschijn een sluitgat met een breedte van 100 m en een drempel op N.A.P. – 0,50 m. Wanneer na het gereedkomen van de drempel een stormtij zou optreden van N.A.P. + 2,50 m als hiervoor genoemd, zou volgens uitgevoerde berekeningen de maximumsnelheid niet groter worden dan 3,5 m/sec., dank zij het feit dat de drempel dan zou gaan werken als een volkomen overlaat. De drempel kon met behulp van varend materieel worden aangebracht; de eigenlijke sluitdam van stortsteen zou van weerszijden met behulp van vrachtauto's moeten worden uitgereden.
De slechte grond werd tot een diepte van N.A.P.– 6 m verwijder door een cutterzuiger met een buisdiameter van 60 cm, die de specie door een gedeeltelijk drijvende en gedeeltelijk vaste leiding wegperste naar een stortplaats op een afstand van 1500 m.
Het weer aanvullen van het gebaggerde cunet geschiedde met een andere zuiger, die zand aanvoerde dat bij het ontgraven van de bouwput voor de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet was vrijgekomen, en voorlopig was opgeslagen in een depot buiten de ringdijk. Ook hierbij werd gebruik gemaakt van een stuk drijvende leiding. De mond van de persleiding werd naar behoefte verhaald en dank zij veelvuldig peilen kon bereikt worden dat het gat vrij nauwkeurig tot de gewenste hoogte werd opgevuld.

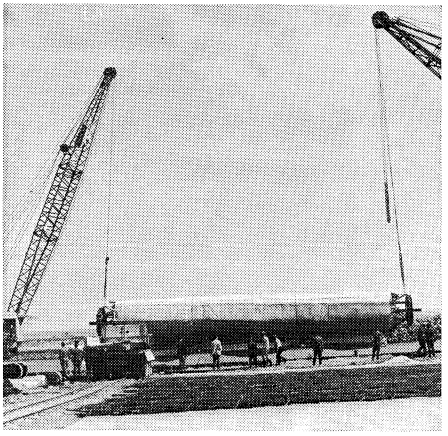
Zoals hiervoren reeds vermeld moest vervolgens de grondbezinking in het sluitgat worden aangebracht. In verband met het zeer tijdelijke karakter van deze bezinking werd het zinvol geacht om hier verder te experimenteren met de toepassing van 'rolstukken', temeer omdat deze werkwijze een financiële besparing kon opleveren. In verband met de beschikbare vaardiepte kon deze methode echter alleen in het midden van het sluitgat worden toegepast; de rest van de bezinking, de helft van de totale hoeveelheid, moest op de klassieke wijze met zinkstukken van rijshout worden uitgevoerd.
De rolstukken werden samengesteld uit een 0,2 mm dikke polyetheenfolie met daarop een laag harmonicagaas. In dwarsrichting werd op onderlinge afstanden van 1 m een verstijving aangebracht van een azobélat aan de onderzijde, die verbonden werd met een wiep van rijshout aan de bovenzijde. Aan de einden werd het stuk afgewerkt met een 5 m brede strook nylonweefsel, bestaande uit twee lagen. In dit dubbele weefsel zaten pijpvormige holtes, waarvan men er enkele vulde met zand door er een zand-water mengsel in te spuiten.
Deze verzwaring der uiteinden had ten doel om het stuk, ook in geval van ontgronding achter de bezinking, stijf op de bodem te houden en zo te voorkomen dat het, wanneer de ballast er mocht afrollen, in de stroom zou gaan klapperen en vernield worden.
De afmeting van de stukken bedroeg 16 × 90 m. Ze werden op de wal gemaakt, en daarna op een haspel gewonden. De haspel werd dan met behulp van twee kranen geplaatst in op een zolderbak gemonteerde draaitoppen.
Eenmaal bij het sluitgat aangekomen werd, na het uitbrengen en aan het stuk bevestigen van kopankers, de haspel afgerold door de bak te verhalen in de richting van een voorbij het andere eind van de bezinking verankerde zolderbak, waartoe op laatstgenoemde bak een motorlier was opgesteld.



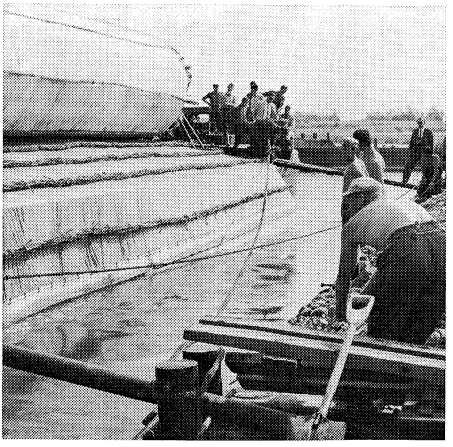


A. Stroomsnelheden in het sluitgat gedurende de laatste fase van de afsluiting

B. Oppervlakte van de waterspiegel van het af te sluiten gebied bij verschillende waterstanden



Een op de haspel gerold zinkstuk van kunststof wordt op de zolderbak geplaatst



Het zinken van een zinkstuk

Het aan de grond brengen gebeurde evenals bij het zogenaamde stroomzinken met de stroom mee; men gebruikt dan de stroomdruk op de bak en het neerhangende gedeelte van het stuk als hulp bij het afrollen. Op deze bezinking is per m² een bestorting aangebracht van 400 kg grof grind en 350 kg zware stortsteen. Een gedeelte van het grind werd bij het afzinken opgebracht vanaf een aan de bak met de haspel gekoppelde zolderbak.
Er werden tijdens de uitvoering tal van leerzame ervaringen opgedaan, onder meer ten aanzien van de dikte van de folie. Aanvankelijk was met te dunne folie gewerkt, en traden tijdens het maken en afrollen beschadigingen op; een dikte van 0,2 mm bleek goed te voldoen. Bij toepassing op grotere schaal zou de haspel lager opgesteld moeten worden om de windvang te verminderen, terwijl dan om sneller te kunnen werken het grind mechanisch zou moeten worden gestort.

Na het gereedkomen van de gehele bezinking kon worden begonnen met het vernauwen van de opening tussen dijkkop en eiland tot de gekozen sluitgatbreedte van 100 m.
Dit gebeurde op de gebruikelijke wijze: er werd zand gespoten achter twee ter begrenzing van het sluitgat opgezette perskaden van mijnsteen. Nadat deze werken tot ruim boven hoogwater waren gevorderd werd het sluitgat verder vernauwd door het opstorten van de mijnsteendrempel en het bekleden van deze drempel met een laag stortsteen. Deze fase van het werk werd begunstigd door uitzonderlijk fraai herfstweer; op een voortdurend mooi weer mocht echter niet worden gerekend, en er werd ook de grootste spoed betracht bij de uitvoering, teneinde nog voor de herfststormen gereed te zijn. Vooral bij het opstorten van de drempel kon de aannemer een aanzienlijke tijdwinst boeken door ook 's nachts ieder getij te benutten en door een efficiënte werkwijze toe te passen.

Intussen waren aan weerszijden van het sluitgat, ten behoeve van de met stortsteen uit te voeren laatste fase van de afsluiting, steendepots ingericht waarin de voor de afsluiting benodigde hoeveelheid steen, inclusief enige reserve voor kleine tegenslagen, was opgeslagen.
Zo kon op 6 oktober 1965 om 8.00 uur worden begonnen met het uitrijden van de sluitdam. Hiervoor werden acht auto's gebruikt, ieder met een laadvermogen van 12 ton. Deze werden uit de steendepots geladen door vier met polypgrijpers uitgeruste mobiele kraantjes. De geladen auto's reden achterwaarts over het reeds gestorte deel van de sluitdam. Bulldozers zorgden voor het egaliseren van de gestorte steen, terwijl voor het goed berijdbaar maken de kruin van de dam werd opgevuld met mijnsteen. Om onnodige risico's te vermijden werd 's nachts door gewerkt. Op 7 oktober om 5.30 uur kon de dam worden gesloten. In een tijd van 21½ uur was op deze wijze 3000 ton stortsteen in de sluitdam verwerkt.
Tengevolge van de heersende oostenwind kwamen in de laatste fasen van de sluiting zeer lage zeestanden voor. Onder deze omstandigheden was de komvulling van het af te sluiten gebied relatief gering en was het stroombeeld in het sluitgat weinig spectaculair. Toen in de nacht van de sluiting bij een sluitgatbreedte van ongeveer 25 m onverwacht een iets hogere H.W.-stand optrad, liep de snelheid nog op tot ruim 3 m/sec.

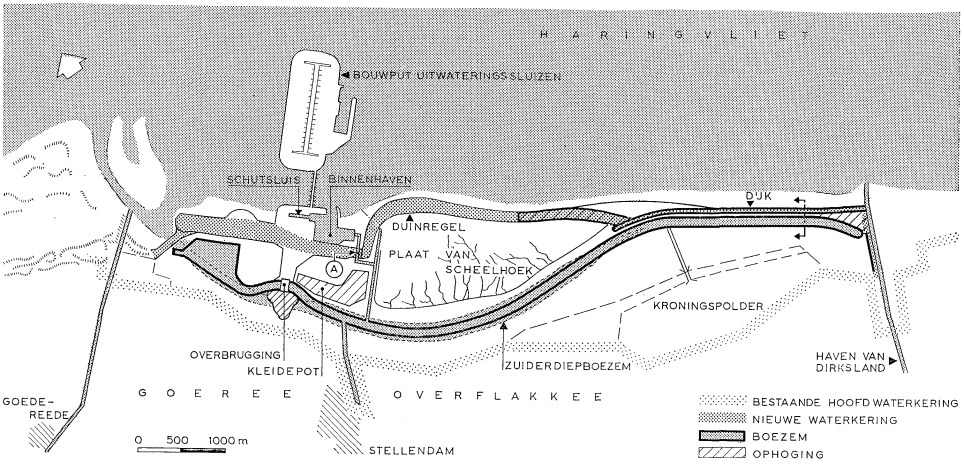
Op de dag van de sluiting werd de stenen dam verhoogd van N.A.P. + 1,25 m tot N.A.P. + 2,25 m. De verdere consolidatie, nodig om met deze dicht bij zee gelegen afsluidam veilig de winter te doorstaan, is uitgevoerd met zand. Achter een flauw hellend strandprofiel werd daartoe een als duin fungerende zanddam opgebouwd.

Werkzaamheden in het boezemgebied van het Zuiderdiep

Met de afsluiting van de benedenmond van het Zuiderdiep in begin oktober 1965 is de Zuiderdiepboezem in zijn voorlopige begrenzing tot stand gekomen. Op het ogenblik zijn de havens van Goedereede en Dirksland, die in de eindtoestand wel deel zullen uitmaken van de boezem, er nog niet op aangesloten. Voorlopig lozen alleen de gebieden die op de haven van Stellendam en via de Kroningspolder uitslaan, hun water op de boezem.
Allereerst moest dan ook een tijdelijke voorziening worden getroffen voor het lozen van dit water op het Haringvliet. Daartoe is een geul gegraven tussen boezem en binnenhaven, waarin ter plaatse van de kruising met de nieuwe waterkering – op de bijgevoegde schets punt A – een kering van stalen damwand is geplaatst. Deze keerwand is voorzien van twee afsluitbare openingen met een gezamenlijke oppervlakte van 2,2 m². Daarnaast is, om ook bij hoge buitenwaterstanden te kunnen lozen, een pompinstallatie opgesteld met een capaciteit van 30 m³ per minuut.
Vervolgens is men begonnen aan de werkzaamheden om de boezem zijn uiteindelijke gedaante te geven. Voor het grootste gedeelte volgt de boezem de oude geul van het Zuiderdiep; dit water wordt oostwaarts van de haven van Stellendam echter steeds ondieper en heeft bij de oostelijke punt van de Plaat van Scheelhoek nog maar een bodemdiepte van omstreeks N.A.P.
Vandaar moet naar de haven van Dirksland een verbindingskanaal gegraven worden achter langs de daar aangelegde dijk en door een terrein met een gemiddelde hoogte van N.A.P. + 1 m. Dit kanaal moet zodanige afmetingen hebben dat het kan voldoen aan twee belangrijke eisen: allereerst dient het dwarsprofiel ervan een vlotte doorstroming vanaf de haven van Dirksland naar de definitieve uitwateringssluis aan de westzijde te garanderen; bovendien moet het kanaal ertoe bijdragen dat de gehele boezem de noodzakelijke oppervlakte verkrijgt. De oppervlakte bepaalt namelijk de bergingscapaciteit van een boezem, met andere woorden de hoeveelheid water die de aanliggende polders op de boezem kunnen bergen tijdens een periode waarin tengevolge van hoge buitenwaterstanden niet geloosd kan worden.
De waterdiepte speelt hierbij geen rol en er wordt dus gestreefd naar een zo klein mogelijke baggerdiepte, ten einde met zo gering mogelijke kosten toch een voldoende oppervlakte te krijgen. Dit zou men kunnen bereiken door baggermateriaal te gebruiken dat op geringe diepte kan werken en door daarnaast nog tijdelijk het boezempeil te verhogen. Met het oog op de belangen van de waterlozing van het aangrenzende gebied is een tijdelijk boezempeil van N.A.P. gekozen. Bij dit peil wordt een baggerdiepte mogelijk

Gebied tussen de haven van Dirksland (voorgrond) en de Plaat van Scheelhoek, voordat met het graven van het kanaal achter de dijk was begonnen.



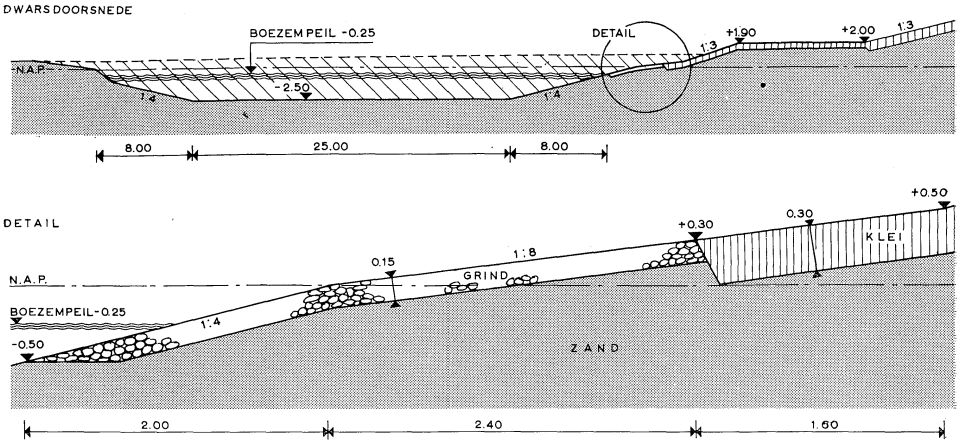


Het boezemgebied na afloop van de hier beschreven werken

geacht van N.A.P. – 2,50 m. Om aan de vereiste boezemoppervlakte te komen wordt aan het westelijk einde een kleine plas gebaggerd, die een functie zal krijgen in het landschapsplan. Het gehele baggerwerk omvat een hoeveelheid specie van 1 500 000 m³. 400 000 m³ grond, die zal vrijkomen uit het verbindingskanaal tussen het Zuiderdiep en de haven van Dirksland, is vrij zanderig en zal worden verwerkt in het nabij gelegen gedeelte van het kunstmatige duin op de Plaat van Scheelhoek. De uit het Zuiderdiep te baggeren 260 000 m³ specie bestaat vrijwel geheel uit slib en klei en zal worden geperst naar een achter de binnenhaven daartoe aan te leggen depot. De meer westelijk te ontgraven specie is bruikbaar en zal worden verwerkt in de basis van het weglichaam van de dammenweg waar deze door het Zuiderdiep loopt; het resterende deel zal worden gebruikt voor ophogingen buiten het boezemgebied.

De werken moeten worden uitgevoerd in een geheel afgesloten gebied en dat maakte het dubbel noodzakelijk dat men zich van te voren goed beraadde op de keuze van het materieel. De werktuigen zijn namelijk vanuit de haven van Dirksland naar binnen gebracht door een grondsluis, waarbij ze vanaf het buitenwater in een vooraf gemaakte kom werden gebracht, die daarna met een gronddam van het buitenwater werd afgesloten. Via een nieuwe doorgraving aan de voorkant van de werktuigen konden ze in hun eigenlijke werkgebied komen. Na beëindiging van het werk zullen ze op soortgelijke wijze weer moeten worden afgevoerd.

Omdat in verband met de beschikbare tijd van tweeëneenhalf jaar voor het hele werk een gemiddelde weekcapaciteit moet worden gehaald van 10 000 m³, werd een cutterzuiger het meest geschikte werktuig geacht. Het gehele zuigwerk zal zich vanaf het punt aan de oostzijde van de boezem, waar de zuiger naar binnen is gebracht, in westelijke richting bewegen. Gedurende het baggerwerk staat de kom waarin de zuiger werkt tengevolge van de hoge ligging van het terrein niet in verbinding met de boezem. Dientengevolge moet het perswater dat door de zuiger wordt gebruikt, worden gesuppleerd door een pompinstallatie die water uit de haven van Dirksland in de kom brengt. In het laatste stadium van het werk, als de zuiger in het boezemwater is gekomen en de specie buiten de boezem wordt verwerkt, kan zonodig water worden ingelaten door de tijdelijke lozingsinstallatie.



Dwarsprofiel van het kanaal naar de haven van Dirksland met detail van de oevervoorziening

Het verbindingskanaal krijgt een bodembreedte van 25 m op een diepte van N.A.P. – 2,50 m. De onderwaterbelopen krijgen een helling van 1:4. Thans wordt alleen de oever aan de kant van de dijk afgewerkt, omdat hier kan worden gewerkt vanaf de hoog gelegen berm. De andere zijde is onbegaanbaar en zal, nadat enige consolidatie is opgetreden tengevolge van lagere waterstanden, in het kader van de daar uit te voeren landaanwinningswerken worden aangepakt.

Het ligt in de bedoeling om in de toekomst een rietberm langs de oever tot ontwikkeling te brengen. Dit kan echter pas plaats vinden als de boezem zal worden verzoet, dus na de afsluiting van het Haringvliet. Nu wordt volstaan met het maken van het later daartoe vereiste profiel, waarbij het beloop thans over enige afstand beneden en boven de waterlijn wordt beschermd met een laag grof grind ter dikte van 15 cm. Boven N.A.P. – 0,50 m sluit hier de kleibekleding van de berm tussen kanaal en dijk op aan.

De in het Zuiderdiep te baggeren geul is zodanig gedimensioneerd dat samen met het reeds aanwezige profiel minstens een profieloppervlak wordt verkregen als in het beschreven verbindingskanaal. De belopen worden hier niet afgewerkt, omdat verwacht wordt dat in de slikgronden op natuurlijke wijze een geschikt oeverprofiel tot stand zal komen.

Het landschapsplan dat het Staatsbosbeheer voor de Zuiderdiepboezem heeft ontworpen verdeelt het gebied naar zijn bestemming in tweeën. De terreinen ten westen van de dammenweg en het daar voor de berging gebaggerde plasje krijgen een recreatieve bestemming. Van het oostelijk gedeelte wil men een rustig gebied maken ten dienste van de natuurbescherming. Het overblijvende gedeelte van de Plaat van Scheelhoek dat hier ligt, zal tengevolge van de indijking wel van karakter veranderen, maar niettemin kunnen blijven dienen als pleisterplaats voor overtrekkend waterwild. Daartoe is het noodzakelijk dat de waterstand wordt opgezet tot een hoger peil dan de boezemstand. Om dit mogelijk te maken wordt een kade langs de zuidelijke rand van de plaat gelegd, met daarbinnen een watergang voor de distributie van het uit de boezem door middel van een vijzelpomp op te malen water.

De zuidelijke voorhaven van het schutsluizencomplex in het Volkerak

De aanleg van de zuidelijke voorhaven van het schutsluizencomplex in het Volkerak is om verschillende redenen in twee delen gesplitst. Allereerst kwam het uitvoeringstechnisch zo beter uit, en voorts bleef er, tijdens het aanleggen van het eerste gedeelte, tijd over om studies te verrichten met betrekking tot de problemen van het tweede, met name voor onderzoek ten behoeve van de havenmond en de scheepvaartgeul naar de haven. Het eerste gedeelte omvatte in hoofdzaak de aanleg van een dijk met aansluitend haventerrein aan de oostzijde van de zuidelijke voorhaven. Deze dijk, die tevens de Oude Heinigse Haven afsluit, vormt thans de nieuwe waterkering. Verder werd de eerste aanzet van de westelijke havendam gemaakt, terwijl tenslotte voor het bergen van de onbruikbare specie die vrijkomt bij het op diepte brengen van de haven in de polder Maltha een gronddepot werd gemaakt.
Bij het ontwerp van het tweede gedeelte diende met drie opeenvolgende waterstaatkundige toestanden rekening te worden gehouden:
In de periode van eind 1966 tot medio 1968 wordt de scheepvaart door de schutsluizen geleid om de werkzaamheden in het sluitgat van de dam niet onnodig te bemoeilijken. Dagelijks treedt tweemaal eb- en vloedstroom op; het tijverschil is ca. 2 m. Bij harde wind uit Z.W.-richtingen kunnen, afhankelijk van de windsterkte en de stroomrichting, golven van 1 à 1,5 m voorkomen. Deze golven hebben een periode van 2 à 3 sec. Deiningsgolven treden in het Volkerak niet op.
Tussen midden 1968 en 1978 zal het Volkerak zijn afgesloten, maar de Oosterschelde nog niet. De getijstromen vervallen, maar het verticaal getij neemt toe. Het tijverschil wordt nu 4 m. Ten gevolge van de hogere waterstand op het Volkerak zal de golfbeweging sterker kunnen zijn dan in de vorige periode. Bij H.W. staan de platen en zandbanken dan immers dieper onder water, zodat aan de golven minder weerstand worden geboden.
Na 1978, wanneer ook de Oosterschelde zal zijn afgesloten, vervalt de getijbeweging geheel. Men heeft dan te maken met een nagenoeg constant waterpeil, dat afhankelijk van het seizoen kan variëren tussen N.A.P. + 0,50 m en N.A.P. – 0,50 m. Vermoedelijk zullen de windgolven kleiner zijn dan in de voorafgaande periode.

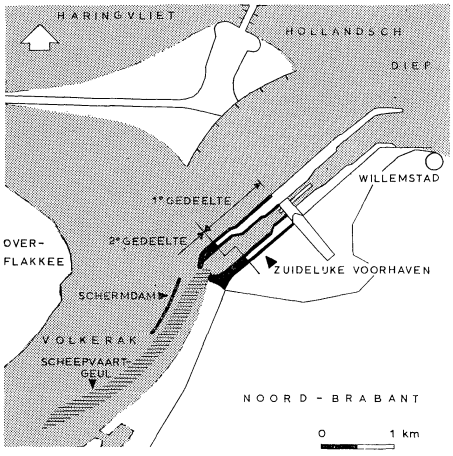
Eisen waaraan de haven, de havenmond en de scheepvaartgeul moeten voldoen

In de haven dient de schepen een zo rustig mogelijke ligging te worden geboden; van

buiten de haven dienen dan ook zo weinig mogelijk golven in de haven door te dringen. Vooral voor uitvarende schepen is het van belang dat het golfbeeld in en nabij de havenmond rustig is.
In de eerste periode moet de overgang van het gebied met stroom naar dat zonder stroom en omgekeerd zo geleidelijk mogelijk zijn om het gevaarlijke 'omzetten' van een schip door de stroom te voorkomen. Willen de schepen goed kunnen manoeuvreren, dan moet nabij de havenmond voldoende ruimte aanwezig zijn. Ook het uitzicht moet ruim zijn, zodat de schippers te allen tijde een goed overzicht hebben van het scheepvaartverkeer in en buiten de haven.
De scheepvaartgeul dient voldoende breed en diep te zijn. Er is van uitgegaan dat vier schepen, bijvoorbeeld twee op- en twee afvarende, elkaar ruim moeten kunnen passeren en/of inhalen, terwijl dan nog voldoende ruimte overblijft voor een werktuig dat onderhoudsbaggerwerk in de geul uitvoert. Gekozen werd daarom een breedte van 200 m, gemeten op de bodemdiepte van N.A.P. – 7 m. Voor de vaardiepte is de periode met afgesloten Volkerak en nog open Oosterschelde maatgevend. In deze periode zal de waterstand ten gevolge van afwaaiing gemiddeld eens in de 80 jaar kunnen dalen tot of beneden N.A.P. – 3,50 m. De gekozen diepte garandeert ook dan vrijwel alle schepen een voldoende vaardiepte.

Mogelijkheden voor de uitvoering van havenmond en scheepvaartgeul

De grens tussen het eerste en tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven werd indertijd zo gekozen, dat er nog vele mogelijkheden voor de aanleg van de havenmond en de scheepvaartgeul – tezamen de meest belangrijke onderdelen van het tweede gedeelte – bleven bestaan. Onderzocht zijn drie tracés voor de scheepvaartgeul: in westelijke richting dwars door een plaat, aanvankelijk langs de Brabantse oever en na afsluiting van het Volkerak dwars door de plaat naar het westen, of voorgoed langs de Brabantse oever.
De eerste mogelijkheid lijkt een erg voor de hand liggende oplossing te bieden.
Door de uitbouw van de oostelijke havendam over een voldoende lengte kunnen golven uit Z.W.-richting gemakkelijk uit de haven worden geweerd. Nadere bestudering van deze mogelijkheid, onder andere in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst', bracht echter nadelen aan het licht die dit ene voordeel weer te niet doen.
De stroomrichting staat zowel bij eb als bij vloed praktisch loodrecht op de geulas en de vaarrichting. Dit betekent dat de schepen moeten bijsturen en bijgevolg een grotere breedte van het kanaal in beslag nemen. Met het oog daarop moet òf de geulbreedte groter worden gemaakt, òf de richting ervan worden veranderd; in beide gevallen neemt het baggerwerk enorm toe. Over de plaat ten zuiden van de geul treedt, vooral bij vloedstroom, al of niet gecombineerd met windgolven, zandtransport op. In twee jaar tijd zou de geul weer geheel kunnen aanzanden. Ook hieruit resulteert dus een verzwaring van het baggerprogramma. De overgang van het gebied met stroom naar dat zonder stroom en omgekeerd zou hier abrupt zijn, zodat werd betwijfeld of een duwvaartconvooi een zo gesitueerde haven wel altijd veilig zou kunnen in- en uitvaren. Tenslotte zou het kopeffect van de uitgebouwde oostelijke havendam veel ontgrondingen veroorzaken.
Gedurende de eerste periode, waarin het Volkerak nog open zal zijn, moet de geul dus in elk geval langs de Brabantse oever lopen. Ook die situatie werd in het model aangebracht en onderzocht. Toen bleek dat in de geul langs de Brabantse oever de stroomrichting zowel bij eb als bij vloed praktisch samen valt met de geulrichting. Hier zal de overgang van het gebied met naar het gebied zonder stroom en omgekeerd geleidelijk



Situatie van de zuidelijke voorhaven en de scheepvaartgeul.

zijn, wat grote voordelen heeft vooral bij vloedstroom en voor verkeer naar de haven toe. Een oostelijke havendam hoeft dan niet te worden uitgebouwd, er kan worden volstaan met een eenvoudige havenrol aan de oostzijde van de havenmond. Het onderhoudsbaggerwerk zal naar men verwacht veel geringer zijn.
Bezwaarlijk is wel dat de haven geheel open ligt voor golven uit Z.W.-richtingen. Dit bezwaar kan echter worden ondervangen door de aanleg van een schermdam over de plaat. Die schermdam moet dan ongeveer 900 m lang zijn, en zo gelegd worden dat hij in de periode waarin het Volkerak nog niet is afgesloten praktisch geheel volgens de eb- en vloedstroomlijnen ligt. De dam vormt dan voor de stroom geen weerstandbiedend obstakel. Uit berekeningen blijkt, dat de golven nabij de havenmond en nabij de wachtplaatsen in de haven door deze dam tot ongeveer de helft zullen worden gereduceerd.

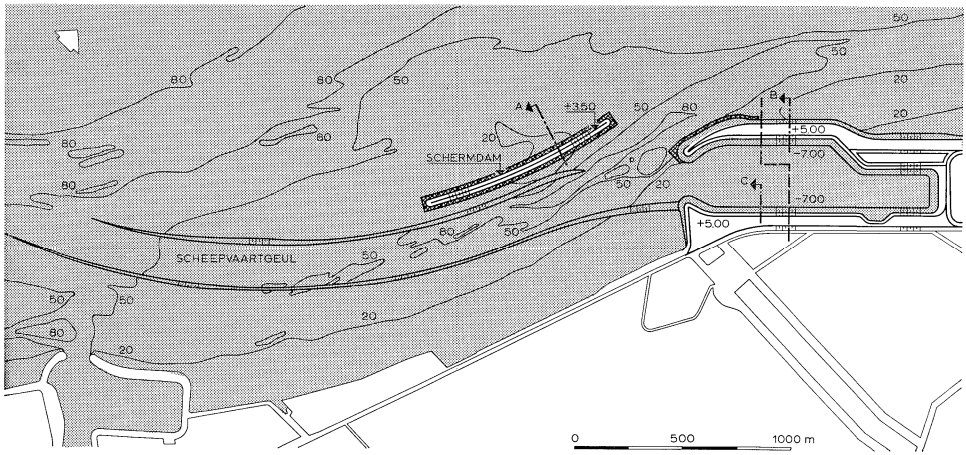
Heeft het nu zin, de geul die aanvankelijk langs de Brabantse oever loopt, na de afsluiting te verleggen? Daarmee zou een aanzienlijk bedrag gemoeid zijn, terwijl de geul langs de Brabantse oever maar twee à drie jaar zou zijn gebruikt. Bovendien zou de westelijke geul ook na de afsluiting van het Volkerak, nu niet meer ten gevolge van de stroom, maar als gevolg van de windgolven waarschijnlijk in aanzienlijke mate onderhevig zijn aan verzanding. Daarom werd besloten de geul voorgoed langs de Brabantse wal te leggen.

Onderzocht werd ook de mogelijkheid, de functie van de schermdam te laten overnemen door een zodanige verlenging van de westelijke havendam, dat voldoende afscherming zou worden verkregen tegen de golven. De hoeveelheid te baggeren specie voor het maken van de geul werd bij deze variant echter aanzienlijk groter; daarnaast zou een goede verdediging van de oever tegen haalgolven van passerende schepen nodig worden. Ze zouden de kosten van deze oplossing aanzienlijk hoger komen te liggen dan die van de uitvoering met een schermdam. De variant werd dan ook verworpen.

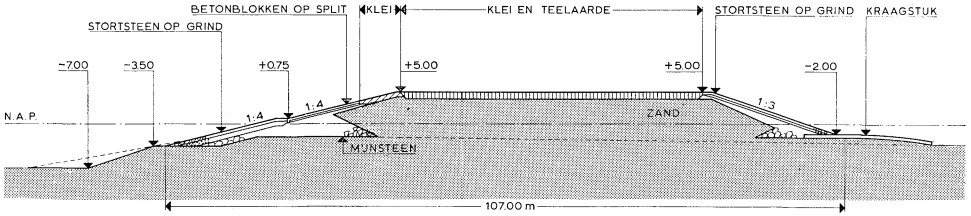
Korte bespreking van enkele onderdelen

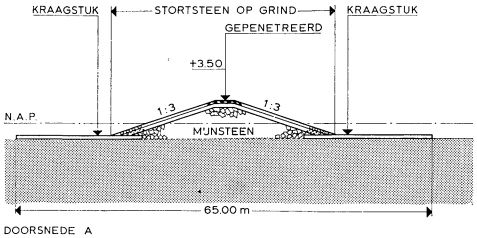
Uit het grondmechanisch onderzoek bleek dat bij de gekozen taludhellingen de stabiliteit van het talud aan de havenzijde niet voldoende verzekerd was; er kwamen daar dermate

De zuidelijke voorhaven en de scheepvaartgeul volgens het uiteindelijk ontwerp. Dwarsdoorsneden A, B en C

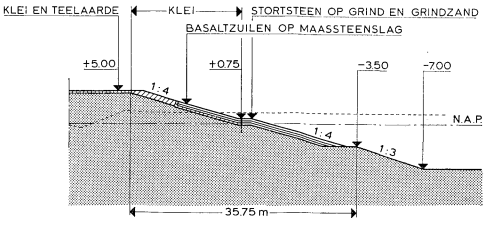


DOORSNEDE B



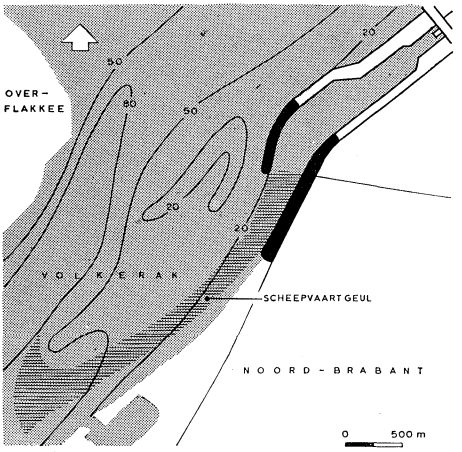


DOORSNEDE A

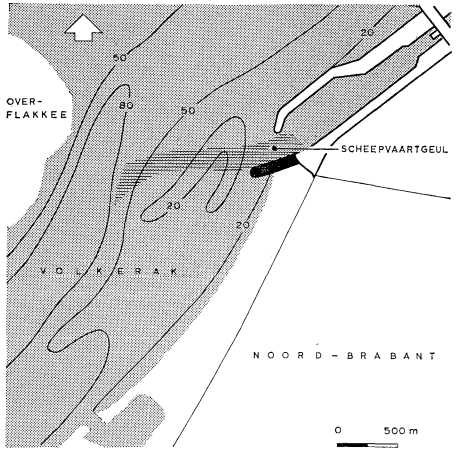


DOORSNEDE C

De scheepvaartgeul dichter onder de Brabantse wal. Deze oplossing werd te duur.



De scheepvaartgeul door de plaat. Deze oplossing had teveel nadelen.



slappe lagen voor in de grond, en de te verwachten zettingen waren er zo groot, dat het beter leek ter plaatse van de westelijke havendam de slappe lagen tot een diepte van N.A.P. – 8 m weg te baggeren en te vervangen door zand. Ook onder de havennol aan de oostzijde zal een grondverbetering worden uitgevoerd.

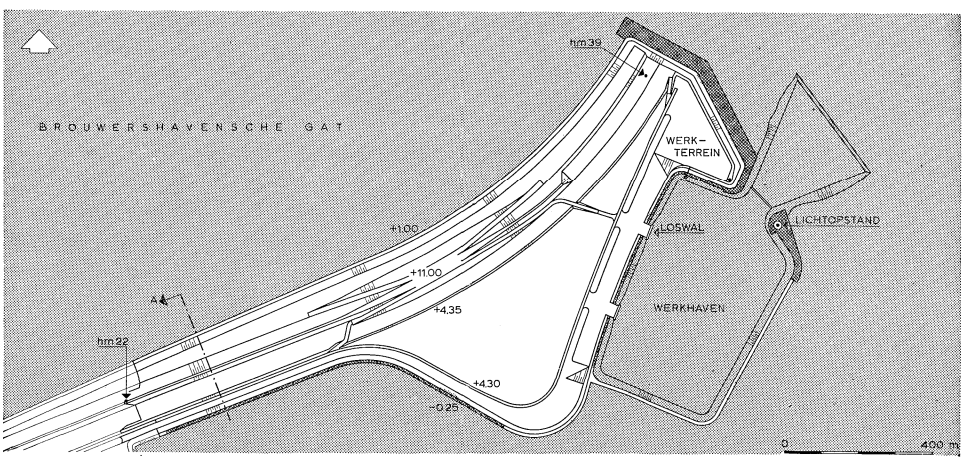
Op de taluds worden filterglooiingen aangebracht, van ongeveer dezelfde opbouw als die zijn toegepast bij de noordelijke voorhaven (zie Driemaandelijks Bericht nr. 29, augustus 1964).

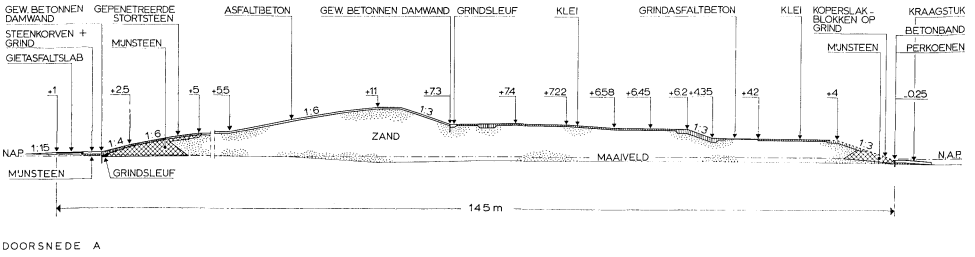
De schermdam op de plaat krijgt een kruinhoogte van N.A.P. + 3,50 m en een kruinbreedte van 3 m. De taludhellingen zullen zowel aan de binnen- als aan de buitenzijde 1:3 bedragen. De dam zal als volgt worden opgebouwd: eerst worden de grondstukken gezonken en gedeeltelijk afgestort. Daarna wordt de kern van de dam, bestaande uit mijnsteen, aangebracht. Vervolgens wordt de mijnsteen afgedekt met een 60 cm dikke laag grind 3–20 cm, waarop aan de zijde van de scheepvaartgeul 550 kg/m² lichte stortsteen, aan de westzijde en op de kruin 750 kg/m² zware stortsteen wordt aangebracht en gevlijd. Om de stabiliteit van de zware stortsteen op de kruin tegen overslaande golven te verzekeren zal de steen op de kruin met gietasfalt worden gepenetreerd.

Het damvak op de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat

Aansluitend op het damvak op de Middelplaat dat in 1965 werd uitgevoerd (zie Driemaandelijks Bericht nr. 31, februari 1965) zal in het komend werkseizoen de dam door het Brouwershavensche Gat in noordoostelijke richting worden uitgebouwd.
De lengte van het te maken werk bedraagt 1700 m. Het grootste deel zal komen te liggen op de Kabbelaarsbank, die ter plaatse van het werk zelfs gedeeltelijk tot boven gemiddeld hoogwater reikt.
Na het gereedkomen van dit damvak zal weliswaar 2800 m, of ruim een derde van de totaal te maken lengte van 6200 m zijn uitgevoerd, maar de grote stroomgeulen blijven onaangetast, en het doorstroomprofiel van het zeegat zal dus nog maar in beperkte mate zijn verkleind. Slechts de ruim 300 m brede geul tussen de Middelplaat en de Kabbelaarsbank, die in het damtracé ongeveer een diepte van N.A.P. – 6 m heeft, wordt met de bouw van het damvak over de Kabbelaarsbank afgesloten.

Ontwerp voor het damvak op de Kabbelaarsbank





DOORSNEDE A

Doorsnede A van het damvak.

Het dwarsprofiel van het te maken werk wijkt midden op de Kabbelaarsbank (hm 29–33) enigszins af van het normale profiel van de dam. Er worden hier op- en afritten aangebracht, die de overgang zullen vormen tussen de verkeerswegen op de berm aan de binnenzijde, en de berm aan de zeezijde, waarop een weg zal komen te liggen met een toeristische bestemming. Deze opritten zijn ontworpen ter plaatse van de Kabbelaarsbank, omdat verwacht wordt dat hier te zijner tijd grote behoefte zal ontstaan aan een wegverbinding tussen de gebieden gelegen aan de rivierzijde en die aan de zeezijde van de dam. De Kabbelaarsbank is namelijk hoofdzakelijk gelegen binnen de afsluiting, en als gevolg daarvan zal deze plaat na de afsluiting droogvallen. Met zijn oppervlakte van ca. 90 ha zal hij een ruime gelegenheid bieden voor alle mogelijke vormen van recreatie.
De op- en afritten en de ruimte op de werkterreinen zullen het mogelijk maken de verbindingen tussen het recreatiegebied binnen het terrein aan de zeezijde en hun aansluiting op de weg voor snelverkeer volledig kruisingsvrij uit te voeren.
Door inbaggering in de Kabbelaarsbank aan de binnenzijde van het damvak aansluitend aan de stroomgeul de Kous zal een werkhaven worden gevormd voor de komende werken in de noordelijke geulen van de zeearm. Langs deze werkhaven komen de werkterreinen, met twee loswallen. De opbouw van het damvak op de Kabbelaarsbank vergt grote hoeveelheden materialen: ruim 3 millioen m³ zand, 250 000 ton mijnsteen en 90 000 ton asfaltmengsels. De verwerking hiervan binnen een seizoen kan slechts bij een fors werktempo met groot materieel worden gehaald. Doordat vanaf het begin van het werk kan worden beschikt over de volledig ingerichte werkhaven met terreinen op de Middelplaat en niet eerst een provisorisch steunpunt behoeft te worden gemaakt, wordt het mogelijk geacht dit werktempo te realiseren. In een vroeg stadium van het werk dient de Kabbelaarsgeul te worden gekruist. Dat onderdeel van de werkzaamheden zal bijzondere aandacht vragen.

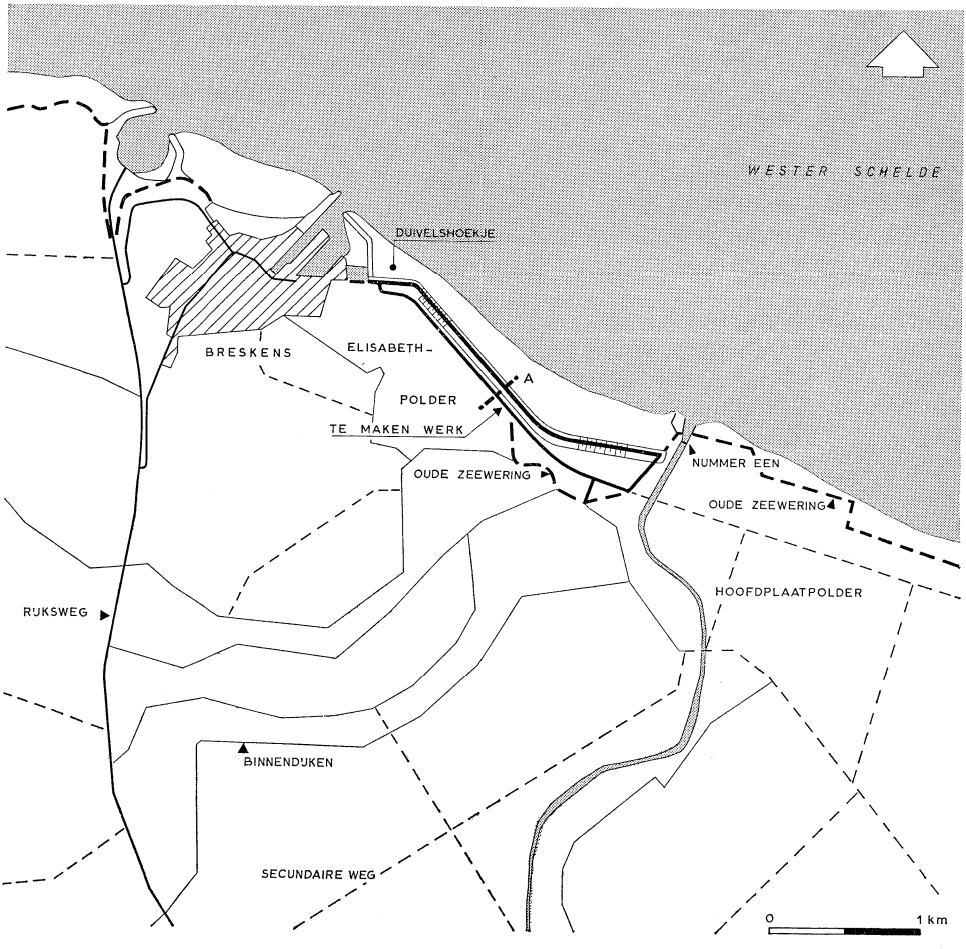
B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuws-Vlaanderen en Walcheren

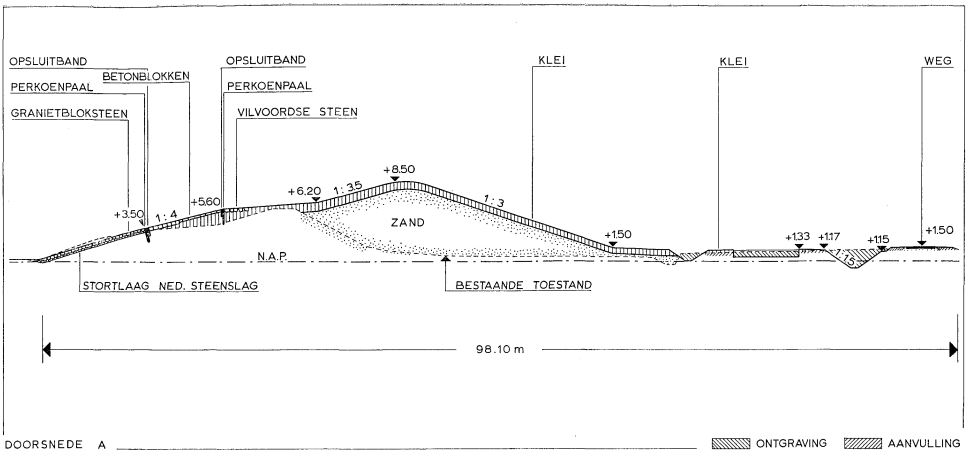
Versterking van de zeewering tussen Breskens en de uitwateringssluis bij Nummer Eén

Regelmatig wordt voortgewerkt aan de aanpassing van de hoogwaterkeringen langs de Westerschelde aan de peilen die als maatgevend zijn gekozen bij het uitvoeren van de Deltawerken. Omtrent de vorderingen van de werken langs de Westerschelde werd laatstelijk verslag gedaan in het Driemaandelijks Bericht nr. 29 (augustus 1964) en nr. 31 (februari 1965). Onlangs is een aanvang gemaakt met de versterking van de zeewering tussen Breskens en de ruim 2,5 km oostelijk daarvan gelegen uitwateringssluis bij stroomdam Nummer Eén. De bestaande dijk heeft een kruinhoogte van 5,50 m tot 6 m boven N.A.P., uitgezonderd het meest westelijke gedeelte, waar met behulp van een zgn. Muraltmuur de kerende hoogte van de dijk op ongeveer 6,50 m boven N.A.P. is gebracht. De buitenberm heeft een hoogte van ongeveer 3,50 m boven N.A.P. en een breedte van 6 à 7 m. De ligging van de laagwaterlijn van het dijkvak wordt bepaald door een tweetal vaste punten aan beide einden van dit kustvak, nl. aan de westzijde door de Oosthavendam van de handelshaven van Breskens en aan de oostzijde door de vooroeverwerken van de uitwateringssluis bij Nummer Eén. De breedte van het bij laagwater droogvallende voorland bedraagt minimaal 115 m en neemt in oostelijke richting toe tot een breedte van 750 m voor het landinwaartswijkende gedeelte van de hoogwaterkering. Het ongeveer 1500 m lange westelijke gedeelte van de ontworpen nieuwe dijk zal het tracé van de bestaande dijk volgen, terwijl het oostelijk daarop aansluitende ongeveer 1100 m lange gedeelte op de aldaar voor de zeedijk gelegen slikken zal worden aangelegd. Dat wordt dus een nieuwe hoogwaterkering.
Uitgaande van een stormvloedstand ter plaatse van N.A.P. + 5,60 m is de hoogte van de kruin van de nieuwe dijk ontworpen op N.A.P. + 10 m, behalve voor het in noordwest-zuidoostelijke richting gelegen middelste gedeelte, waarvan de kruinhoogte N.A.P. + 8,50 m zal worden. De buitenberm is ontworpen op een hoogte van N.A.P. + 5,60 m en zal een breedte van 10 m krijgen. Het buitentalud wordt gebracht onder een helling van 1 : 3,5, het binnenbeloop onder een helling van 1 : 3.
Tegelijk met de dijkverzwaring zal het grondwerk van het nog niet verbeterde gedeelte van de tertiaire weg Breskens–Hoofdplaat worden gemaakt. Het in de Elisabethpolder geprojecteerde gedeelte van de weg volgt de nieuwe dijk. Op de in te dijken slikken wordt op enige afstand achter de nieuwe dijk het weggedeelte gelegd dat aansluiting geeft op het reeds verbeterde gedeelte naar Hoofdplaat.

Dijkversterking in doorsnede A.

De te versterken en gedeeltelijk nieuw aan te leggen zeewering.





Versterking van de bestaande zeewering

Waar het tracé van de bestaande zeewering wordt gevolgd zal de versterking worden uitgevoerd als een verzwaring en verhoging aan de landzijde van de dijk. Het buitentalud sluit aan op de bestaande glooiing van natuursteen, die reikt tot een hoogte van N.A.P. + 3,50 m. Tussen deze glooiing en de buitenberm wordt een verdediging van betonblokken aangebracht op een 80 cm dikke kleilaag. Daarop aansluitend wordt op de buitenberm een 3 m brede strook van uit het werk vrijkomende Vilvoordse steen gelegd.
Op de buitenberm, het buitenbeloop en de dijkkruin zal de kleibekleding van de tegen de bestaande dijk aan te brengen zandkern een dikte hebben van 80 cm, op het binnenbeloop een dikte van 60 cm.

Aanleg van het nieuwe dijkgedeelte

Omdat de bestaande zeedijk voor de Voisepolder en de Nieuwe Havenpolder een erg bochtig tracé heeft, lag het niet voor de hand bij de versterking van de zeewering het bestaande tracé te volgen. Een verzwaring en verhoging aan de landzijde van dit dijkgedeelte ontmoette bovendien bezwaren door de aanwezigheid van een boerderij en een aantal woningen vlak achter de dijk.
Het ontworpen nieuwe dijkgedeelte over de slikken, die daar een hoogte hebben van N.A.P. + 0,70 m, levert een verkorting van de hoogwaterkering van 600 m op.
Een ander voordeel van deze oplossing is dat de ring van eerste binnendijken hier door handhaving van de huidige zeedijk aanmerkelijk wordt verbeterd. De indijking van de slikken opent tevens de mogelijkheid om het stuk tertiaire weg dat hier moet worden aangelegd, een aantrekkelijker tracé te geven.
Aan de buitenteen van het nieuwe dijkvak wordt een kade van mijnsteen gelegd tot een hoogte van N.A.P. + 3 m, waarachter plaatzand voor de dijkkern wordt gespoten. In verband met de geringe draagkracht van de ondergrond werd besloten onder het westelijk gedeelte van het nieuwe dijkvak over een lengte van ruim 300 m de slappe ondergrond in het waterbeloop tot een hoogte van N.A.P. – 1 m te verwijderen en te vervangen door mijnsteen. De mijnsteenkade krijgt een glooiing van Portugees graniet

dik 25/30 cm, gezet op een 10 cm dikke stortlaag van Nederlandse steenslag 20/40. De zandkern krijgt net zo'n kleibekleding als het te versterken gedeelte van de zeewering. De benodigde 100 000 m³ klei zal worden ontleend aan enkele binnendijken, die daartoe tot maaiveldhoogte zullen worden afgegraven. De over deze dijken lopende grindwegen zullen na de afgraving van de dijken als asfaltwegen opnieuw worden gelegd. Er kon niet tijdig worden beschikt over enkele percelen grond in de buurt van Duivelshoekje, waarop een vismeelfabriekje is gevestigd. De verzwaring en verhoging van het westelijk daarvan gelegen dijkgedeelte is daarom niet in het bestek opgenomen. De onteigeningsprocedure voor deze percelen is thans zover gevorderd dat de verzwaring en versterking van het westelijk gedeelte zal kunnen plaatsvinden door een uitbreiding van het inmiddels in uitvoering genomen werk.

Het werk werd door de besturen van het Waterschap 'Het Vrije van Sluis' en de Waterkering van de calamiteuze polders Hoofdplaat en Thomaes op 12 juli 1965 aanbesteed. De laagste inschrijver op het bestek, waarbij geen verrekening van wijziging in lonen en sociale lasten plaatsvindt, was de Aannemingsmaatschappij N.V. A. J. van Haaften te 's-Gravenhage met een bedrag van f 3 968 000,– aan wie het werk werd gegund.

Op 6 september hebben de werkzaamheden een aanvang genomen.

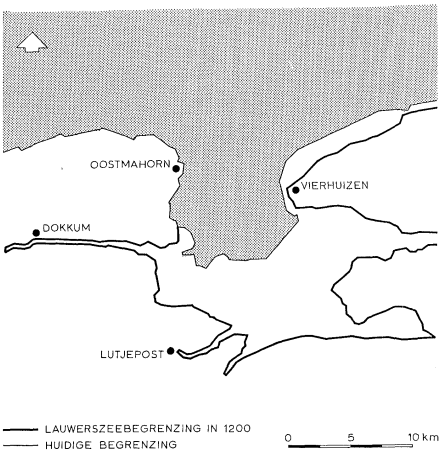
Het gehele werk, dat thans volgens dit bestek in uitvoering is, moet voor de eerste maal worden opgeleverd op 6 december 1967.

De voor de glooiingen benodigde granietbloksteen en betonblokken worden aan de aannemer ter beschikking gesteld.

Voor de levering van 13 195 ton Portugees graniet, waarmee een bedrag van rond f 500 000,— zal zijn gemoeid, werd op 2 februari 1965 een onderhandse overeenkomst gesloten met de Fa. J. B. Petit en Zoon te Breda. De levering van 21 300 m² betonblokken met bijbehorende opsluitbanden werd op 13 september 1965 openbaar aanbesteed en gegund aan de laagste inschrijver, de N.V. Pit Beton te Middelburg, voor een bedrag van f 546 478,40.

Scheepvaart in het Lauwerszeegebied

De enige plaats in het kustgebied tussen Harlingen en Delfzijl waar de zee met voor de scheepvaart voldoende diepe geulen de kusten van Friesland en Groningen nadert en zelfs binnendringt, is de Lauwerszee. Over deze zeearm lagen vroeger zeevaartroutes naar Groningen en Dokkum, beide indertijd belangrijke zeehavens. Hoewel de zee in dit gebied door inpolderingen steeds verder is teruggedrongen, bleven de scheepvaartverbindingen met Groningen en Dokkum bestaan. Aan de kronkelende loop en de in zeewaartse richting toenemende afmetingen van het Reitdiep en het Dokkumer Grootdiep is nog duidelijk te zien, dat deze wateren vroeger niet onbelangrijke zeearmen zijn geweest. Beide hebben thans een voorname functie in de afwatering van het oude land. Het Reitdiep vormt de hoofdwatergang van het waterschap Electra in Groningen, het Dokkumer Grootdiep en de Zwemmer verbinden de Dokkumer Nieuwe Zijlen met de Friese boezemwateren.
De zeesluizen te Zoutkamp in het Reitdiep en de Dokkumer Nieuwe Zijlen aan de Friese kust zijn in de eerste plaats uitwateringssluizen, zoals duidelijk blijkt uit de vorm: breed, maar kort. In beide gevallen is de middelste sluiskoker tevens ingericht als scheepvaartsluis, zij het met een vrij korte schutlengte. Tijdens het spuien kan de sluis te Zoutkamp door krachtige schepen worden gepasseerd, omdat de drempel diep genoeg ligt om het water tijdens het doorvaren onder het schip te laten doorvloeien, zodat het schip de doorstroming niet blokkeert. De diepte van de sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen is echter zo gering, dat het doorlaten van schepen tijdens het spuien vrijwel onmogelijk is.
Door de Minister van Verkeer en Waterstaat is in 1947 een commissie ingesteld met de taak om de waterwegen in de vier noordelijke provincies te normaliseren. Deze commissie 'Vaarwegen Noorden des Lands' bracht in december 1949 een rapport uit, waarin zij voorstellen deed om de aanwezige en toekomstige binnenvaartvloot naar de afmetingen, in het bijzonder de breedte van de vaartuigen, in klassen te verdelen. De vaarwegen en de daarin voorkomende kunstwerken als bruggen en sluizen moesten aan deze classificatie worden aangepast.
De kleinere schepen werden door de commissie verdeeld in motorzeilschepen van ca. 150 ton, spitsen van 250 à 350 ton en kempenaars van 500 à 600 ton.
Het Reitdiep vormt de scheepvaartverbinding met het Fries-Groningse grote-scheepvaartkanaal. Het voldoet aan alle eisen die aan een kanaal voor spitsen kunnen worden gesteld. Ook het Dokkumer Grootdiep is tot Dokkum voor spitsen bevaarbaar. De grotere



Vroeger liepen de zeearmen van de Lauwerszee tot aan Dokkum en Groningen.

spitsen mogen deze vaarweg alleen met vergunning van de beheerder, de provincie Friesland, bevaren. De beide kanalen zijn dan ook in 1949 ingedeeld bij de kanalen voor spitsen. De Dokkumer Nieuwe Zijlen met een aansluitend kort kanaalvak zijn echter wegens de geringe drempeldiepte van deze sluis aangeduid als kanaal voor tjalken.

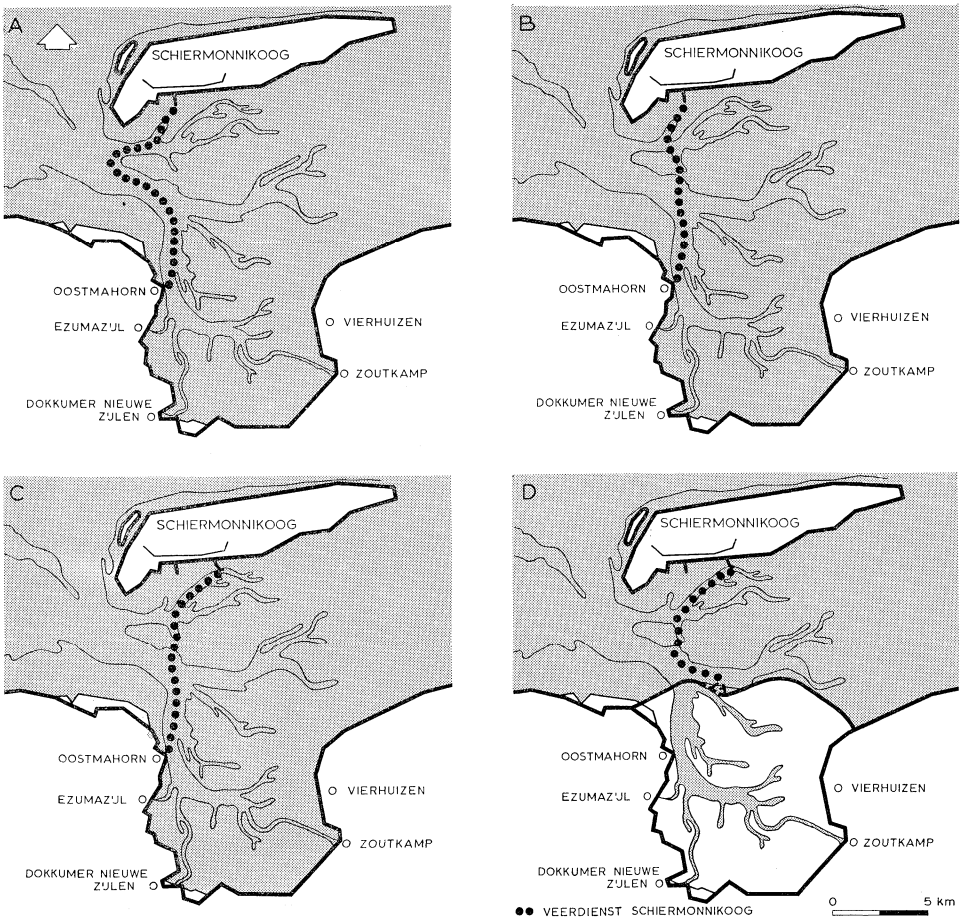
De vaarmogelijkheden op de Lauwerszee en de aangrenzende Waddenzee worden sterk beïnvloed door het getij. De Slenk en het Vaarwater naar Oostmahorn zijn weliswaar voldoende diep, namelijk N.A.P. – 6 m tot – 14 m, zodat hier bij laag-laagwater-springtij nog ruim 4 m water staat, maar in de Zoutkamperril en het Dokkumer Diep bevinden zich drempels van N.A.P. – 3 m tot – 3,50 m, waar bij L.L.W.S. slechts 1 tot 1,50 m water staat.

Het Friese Zeegat tussen Ameland en Schiermonnikoog, de toegang van de Lauwerszee naar de Noordzee, bestaat uit een groot zandbankengebied dat voortdurend aan veranderingen onderhevig is. Een enkele geul met een beperkte diepgang vormt hier de scheepvaartroute. Bij sterke noordelijke winden staat er een heftige golfslag in het zeegat en binnenlopende zeeschepen moeten dan ook voldoende water onder de kiel houden om bij het doorstampen de grond niet te raken. Dit is de reden dat geen grotere schepen dan kustvaarders tot ongeveer 300 B.R.T. dit zeegat kunnen binnenlopen. Ook het uitvoeren van grote baggerwerken zou hierin geen blijvende verbetering brengen. Er is dus geen reële mogelijkheid om, zoals wel eens is voorgesteld, aan het Friese Zeegat een derde zeehaven te stichten naast Delfzijl en Harlingen.

Niettemin is er enige zeevaart, hoofdzakelijk van kustvaarders tussen het Friese Zeegat, het Reitdiep en het Dokkumer Grootdiep. Bovendien word er nog over de Waddenzee gevaren, hoofdzakelijk naar Schiermonnikoog.

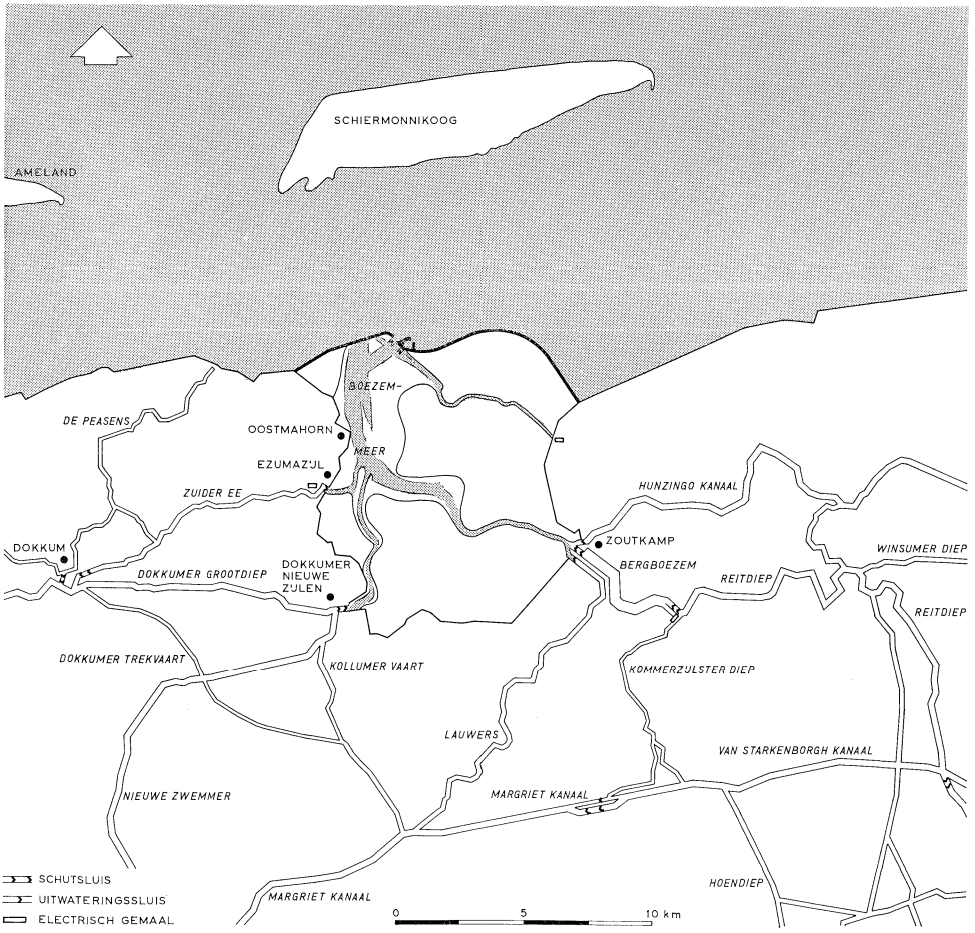
Omdat zowel over het Reitdiep als het Dokkumer Grootdiep en de aansluitende Dokkumer Ee tussen Dokkum en Leeuwarden bruggen liggen met een onbeperkte doorvaarthoogte, kiezen vele jachten met een vaste mast de vaarweg over de Lauwerszee tussen Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen om de bruggen over het van Starkenborg-kanaal, die een beperkte doorvaarthoogte hebben, te kunnen vermijden. Ook varen deze jachten vaak over de oostelijke Waddenzee en vervolgens via de Lauwerszee en de Dokkumer Nieuwe Zijlen. De Lauwerszee vormt daardoor een deel van een internationale route voor de recreatievaart tussen het Oostzeegebied, Denemarken en Duitsland enerzijds en de Nederlandse plassen en meren en Groot-Brittannië anderzijds.

De route voor de bootdienst naar Schiermonnikoog wordt steeds verbeterd. Aanvankelijk kon alleen bij H.W. worden gevaren, thans kunnen de boten op vaste tijden onafhankelijk van het getij de oversteek maken

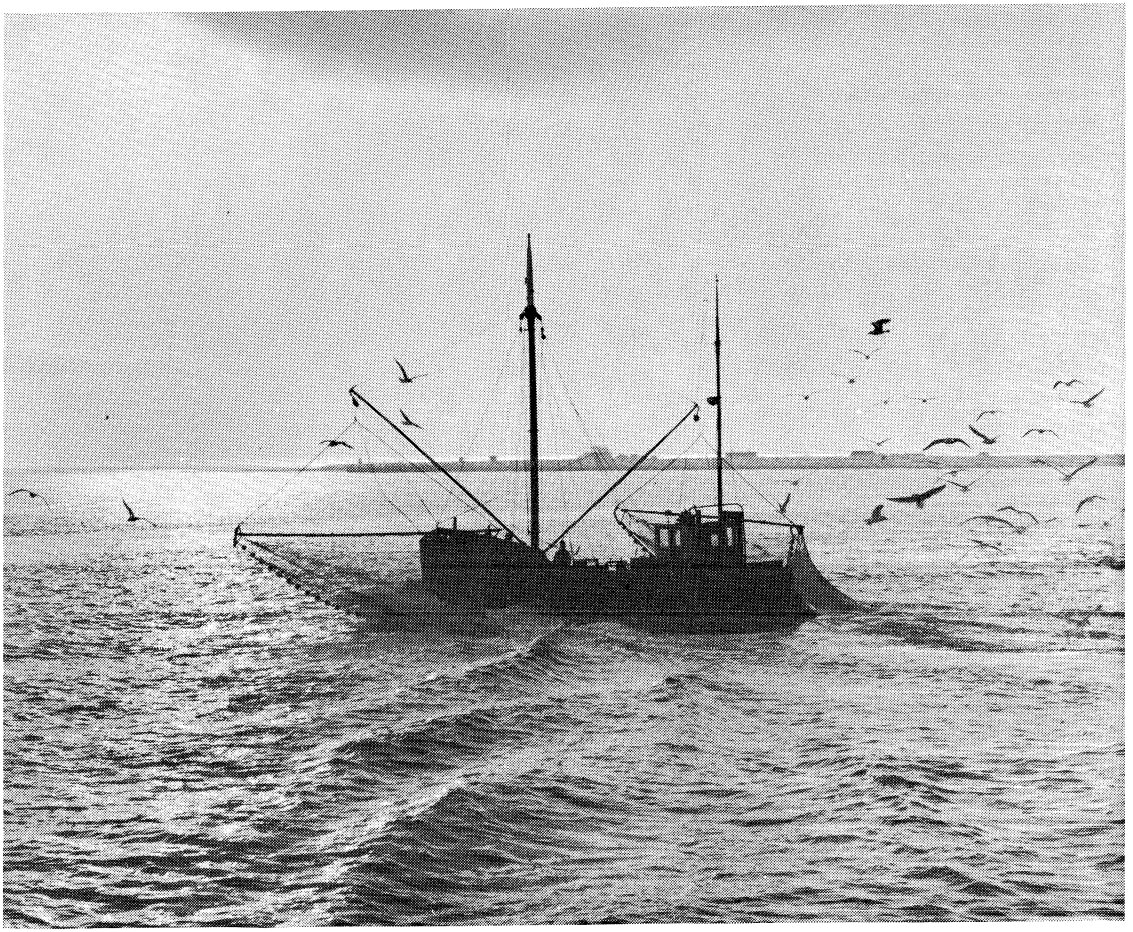


Langs de Lauwerszeeoevers liggen drie haventjes. Die van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen liggen langs het stroomkanaal juist binnen de zeesluis; het haventje van Oostmahorn is buiten de bestaande zeewering uitgebouwd. In Zoutkamp horen ongeveer dertig vissersschepen en enkele schelpenzuigers thuis. Buiten de sluizen van Zoutkamp zijn twee houten hoofden uitgebouwd, waar vele vissers hun schepen 's nachts neerleggen om 's morgens zonder tijdrovend schutten te kunnen uitvaren. In de zomer vertrekt hier de boot van Zoutkamp naar Schiermonnikoog.
Dokkumer Nieuwe Zijlen is de thuishaven van de tien garnalenschepen van de vissers van Paesens-Moddergat en Wierum. De haven van Oostmahorn is behalve ligplaats voor de bekende reddingboot 'Insulinde' van de K.N.Z.H.R.M. – sinds kort vervangen door de 'Gebroeders Luden' – ook de haven voor de bootdienst Oostmahorn–Schiermonnikoog. De capaciteit van deze aanlegplaats is uitermate beperkt.

Een wijd vertakt net van stroomkanalen loopt naar de sluizen aan de Lauwerszee.
Alleen het Reitdiep en het Dokkumer Grootdiep zijn bruikbaar voor de scheepvaart.



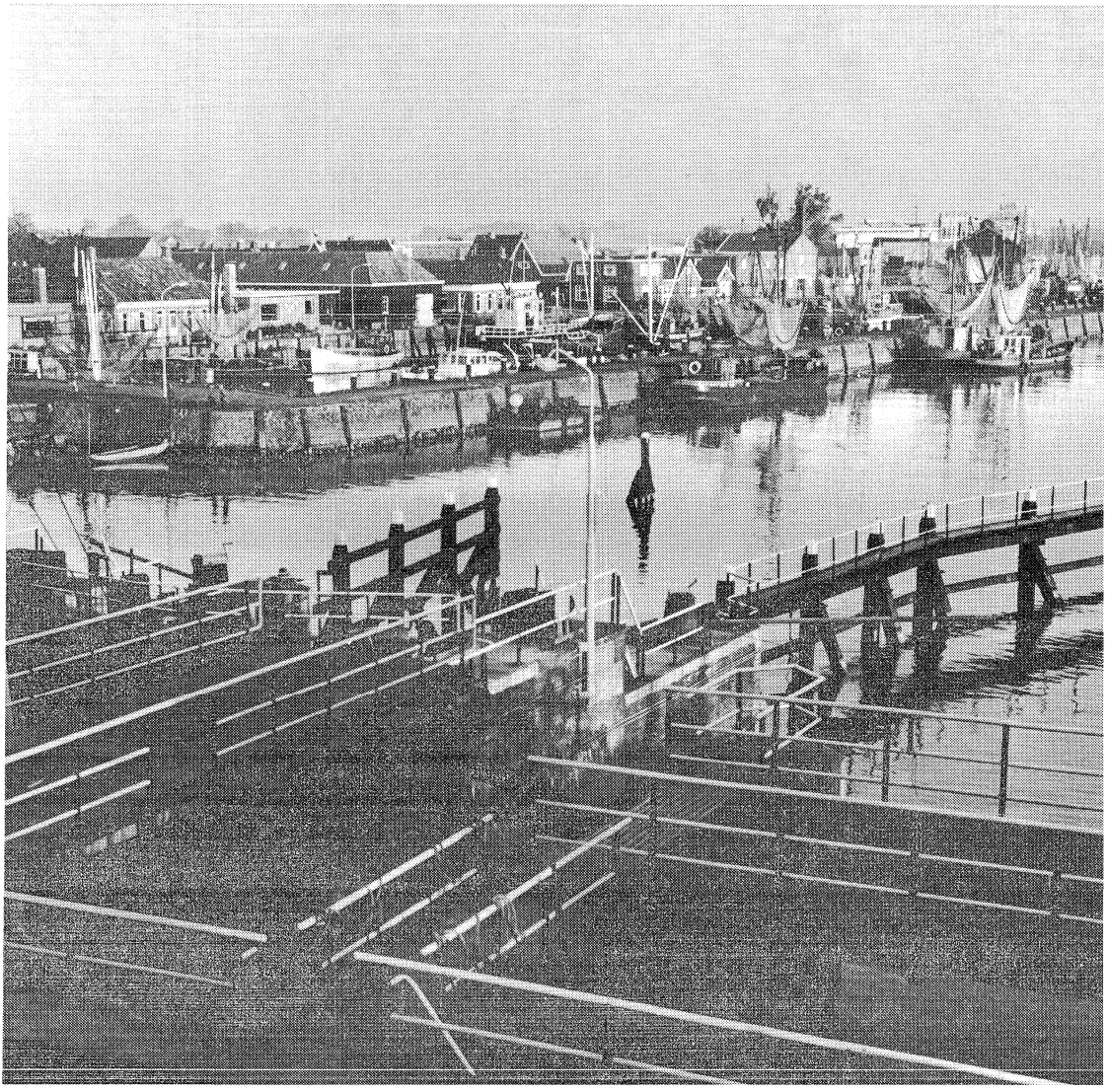
Garnalenvisser bij Oostmahorn



Gevolgen van de afsluiting van de Lauwerszee

De afsluiting van de Lauwerszee zal voor de scheepvaart grote veranderingen meebrengen. De boten van de lijndiensten naar Schiermonnikoog zullen in het vervolg vertrekken uit de buitenhaven bij de sluizen aan het Oort. Ook alle vissersschepen van Zoutkamp, Dokkumer Nieuwe Zijlen en eventueel Usquert kunnen in die haven een veilige ligplaats vinden.
Niettemin mag de bestaande scheepvaartroute door de Lauwerszee niet zonder meer door de afsluitdijk worden geblokkeerd. Scheepvaart met kustvaarders van de Noordzee naar Dokkum, Zoutkamp en verder gelegen plaatsen moet ook in de toekomst mogelijk zijn. Ook schepen naar Schiermonnikoog en niet te vergeten de recreatievaart zullen de vaarweg over de Lauwerszee willen blijven gebruiken.

Vissershaven te Zoutkamp gezien vanaf de provinciale zeesluis in het Reitdiep



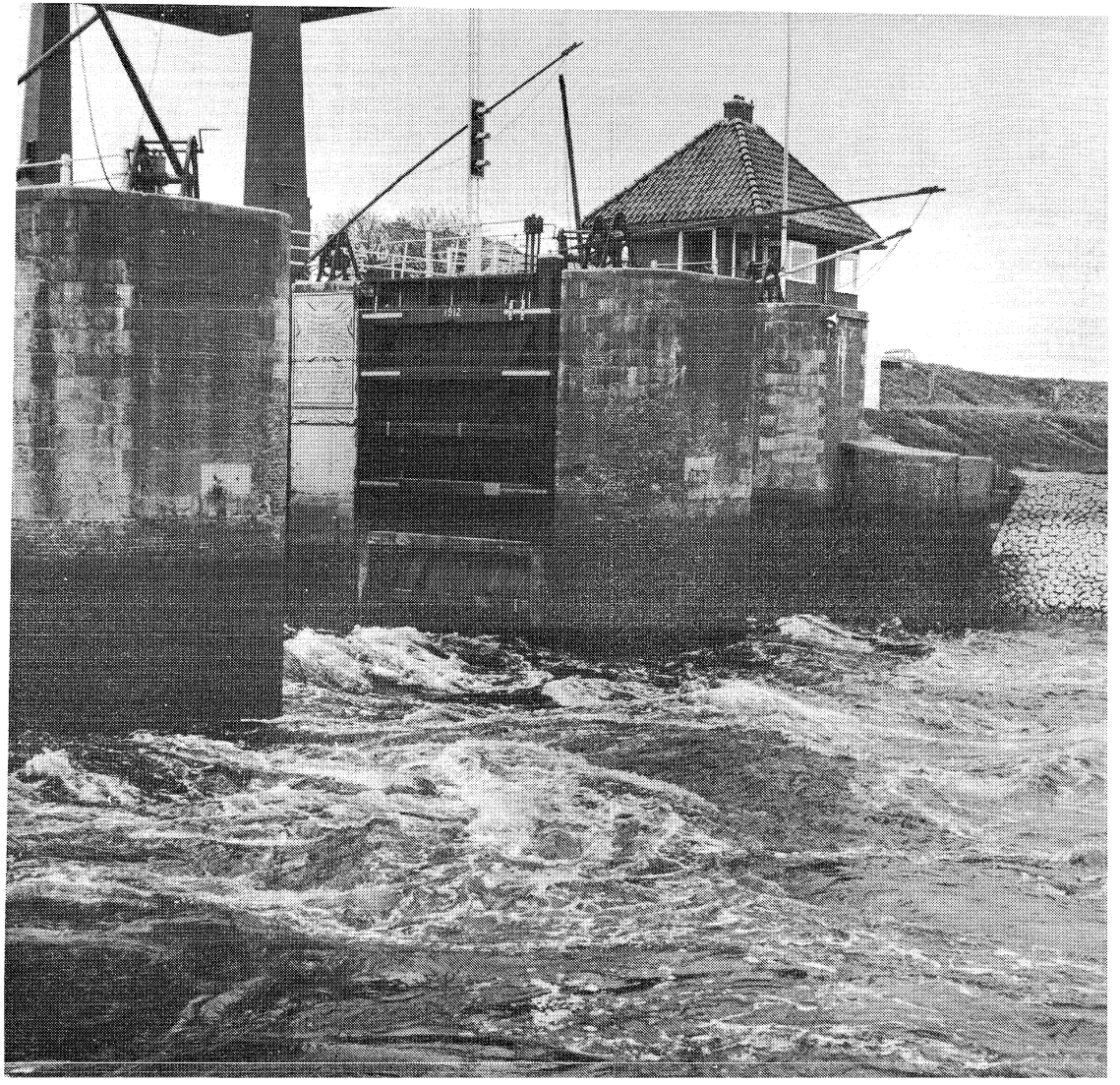
Vissersvaartuigen en veerboten zullen voor onderhoud en reparatie naar Zoutkamp en naar werven in Friesland en Groningen moeten blijven varen. Komt het ooit tot uitvoering van werken in de Waddenzee, dan zal de scheepvaartgeul door de Lauwerszee zonder twijfel een belangrijke aanvoerweg vormen voor materialen ten dienste van werken in het middelste gedeelte van de Waddenzee. Ook nu worden alle benodigde materialen voor de uitvoering van de Lauwerszeewerken aangevoerd over de binnenscheepvaartwegen en niet over de Wadden- of Noordzee. Alleen een enkel scheepje met rijshout waagt nog weleens de oversteek over de Waddenzee van Harlingen uit.
Het Reitdiep is de belangrijkste aanvoerweg voor de Lauwerszeewerken. Ten laste van de voor de Lauwerszeewerken beschikbare fondsen is deze vaarweg overal op een diepte van tenminste 2,80 m onder kanaalpeil gebracht. Ook het zuidelijke hoofd van de sluis te Wetsinge, die alleen nog als keersluis dienst doet in geval van een overstroming, is geheel opgeruimd. De totale kosten van de verbetering van het Reitdiep ten behoeve van de Lauwerszeewerken hebben f 175 000,– bedragen. Het Reitdiep is thans te gebruiken voor kempenaars met een diepgang van 2,40 m à 2,50 m, een lengte tot 50 m en een breedte tot 6,60 m. De grootste kempenaars hebben een draagvermogen van ongeveer 600 ton. Voor de Lauwerszeewerken zijn ook nog grotere binnenvaartuigen tot 850 ton in gebruik geweest.
Dat dit kon is mede te danken aan de grote doorvaartwijdte van de kunstwerken in het Reitdiep: 9 m bij alle bruggen en 8,05 m in de sluis te Zoutkamp. De doorlaatwijdte van deze sluis kan worden vergroot tot 9 m, wanneer men na de afsluiting van de Lauwerszee de dan overbodig geworden extra ebdeuren verwijdert.
Inmiddels nemen de afmetingen van binnenschepen steeds meer toe. In het bijzonder geldt dit voor de lengte, omdat die in mindere mate dan de breedte bepaalt of het schip vele scheepvaartwegen in Europa zal kunnen bevaren. De neiging bestaat om de afmetingen van kustvaarders steeds meer op te voeren.
Normale afmetingen zijn thans voor schepen van 300 B.R.T.: 41 x 7,20 bij 2,80 m diepgang; voor schepen van 400 B.R.T.: 47 x 7,90 bij 3,10 m diepgang; en voor schepen van 500 B.R.T. 51 x 8,30 bij 3,40 m diepgang. Er zijn echter al schepen van ongeveer 500 B.R.T. met grotere afmetingen in de vaart.

De schutsluis in de afsluitdijk

In de afsluitdijk zal dus een schutsluis worden opgenomen. De afmetingen van deze sluis zijn bepaald op grond van de volgende overwegingen.
Kempenaars die door het Reitdiep in de Lauwerszee kunnen komen moeten ook de sluis kunnen passeren. Hiervoor zou een schutkolk van 65 bij 7,5 m noodzakelijk zijn.
Omdat alle kunstwerken in het Reitdiep een doorvaartwijdte van 9 m hebben, is het gewenst om de sluis eveneens 9 m breed te maken.
Binnenschepen met een breedte van 8 à 9 m hebben vrijwel alle een draagvermogen van 800 tot 1000 ton. De diepgang van deze schepen ligt tussen 2 en 3 meter; de lengte tussen 60 en 70 m. Om dus in een uitzonderingsgeval ook een schip van deze afmetingen, dat met enige moeite het Reitdiep kan passeren, te kunnen schutten is het gewenst een schutlengte van 70 m beschikbaar te hebben.
De meeste kustvaarders die vanwege hun diepgang zonder bezwaar het Friese Zeegat kunnen binnenlopen, zullen ook een sluis met een breedte van 9 m en een lengte van 65 m kunnen passeren.

Men hoeft geen kustvaarders te verwachten van een grotere inhoud dan ongeveer 300 B.R.T.; ook thans komen zulke schepen af en toe in de Lauwerszee.
In bepaalde gevallen kan het nodig zijn om een aantal vissersschepen tegelijk te schutten. Bij de huidige samenstelling van de vissersvloot kunnen in een schutkolk van 9 m breedte gemakkelijk telkens twee vissersvaartuigen naast elkaar worden gelegd, en bij een lengte van 65 m drie, soms vier achter elkaar. Dit betekent dat er zes schepen tegelijkertijd kunnen worden geschut. Wanneer de afmetingen van de vissersschepen in de toekomst in het algemeen zullen stijgen, bv. door aanschaf van viskotters van 15 à 20 m lengte, 4,5 à 5 m breedte en 1,8 à 2 m diepgang voor de kleine zeevisserij dan zullen er niet meer dan 3 vissersschepen tegelijkertijd kunnen worden geschut. De behoefte aan schutten zal dan echter zeker kleiner zijn dan nu.

De bestaande sluizen aan de Lauwerszee zijn prachtige voorbeelden van de waterbouw van onze voorouders. De Dokkumer Nieuwe Zijlen zullen niet alleen voor de afstroming van Friesland, maar ook a's monument behouden blijven.



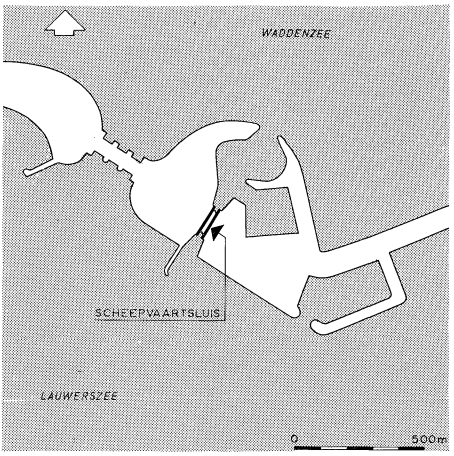
De drempeldiepte van de schutsluis is vastgesteld op N.A.P. – 4,50 m. Ook bij lage waterstanden op de Lauwerszeeboezem – bv. N.A.P. – 1,40 m – zullen schepen met een diepgang van 2,8 à 3 m nog door de sluis kunnen varen. Een zo lage waterstand zal tot de uitzonderingen behoren.
Op grond van deze eisen zijn de afmetingen van de schutsluis als volgt gekozen: een schutlengte van 65 m, voor uitzonderingsgevallen van 70 m, een kolkwijdte van 9 m en een drempeldiepte van N.A.P. – 4,50 m.

De schutsluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen

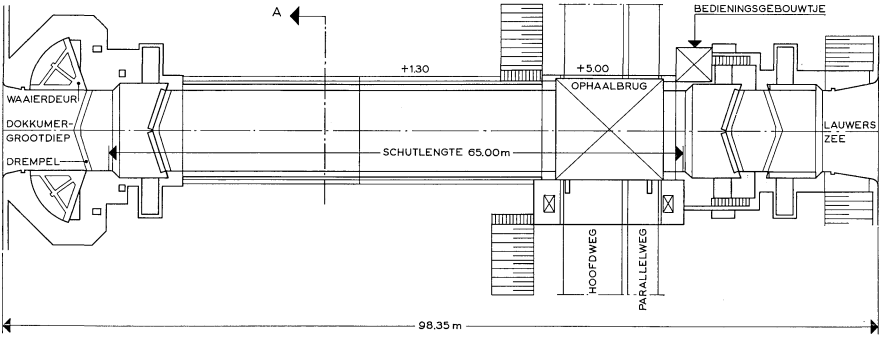
De schutkolk van de huidige Dokkumer Nieuwe Zijlen heeft een zeer beperkte drempeldiepte, n.l. van N.A.P. – 2,77 m, d.w.z. 2,27 m onder de op de Friese boezem normale waterstand van N.A.P. – 0,50 m. Op de Lauwerszeeboezem zal een waterstand van N.A.P. – 0,83 à 0,93 m worden nagestreefd.
Boven de zeewaartse drempel van deze sluis zal na de afsluiting onder normale omstandigheden niet meer dan 2,77 – 0,83 = 1,94 m water staan. De toch al beperkte mogelijkheden voor de scheepvaart zullen hierdoor nog verder afnemen.
Met het oog hierop is naast de Dokkumer Nieuwe Zijlen een schut-, tevens uitwateringssluis ontworpen, waarvan de afmetingen geheel zijn aangepast aan die van de schutsluis in de afsluitdijk, zodat alle schepen die van de Noordzee, de Waddenzee of via het Reitdiep in de Lauwerszee komen, ook het Dokkumer Grootdiep kunnen binnenvaren. Deze sluis zal komen te liggen ter plaatse van de zuil die even ten zuiden van de Dokkumer Nieuwe Zijlen op de Statendijk is geplaatst ter herinnering aan de afsluiting van het Dokkumer Grootdiep in 1729. De gedenkzuil, die thans vermoedelijk staat opgesteld boven de plaats waar het Dokkumer Grootdiep definitief werd afgesloten, zal elders een passende plaats krijgen. Bij het verrichten van grondboringen ten behoeve van de bouw van de nieuwe sluis tekende de vorm van de voormalige stroomgeul zich duidelijk af. Misschien zullen bij het ontgraven van de bouwput voor de sluis nog resten van de sluitkade in deze geul worden aangetroffen.

De constructie van de sluizen

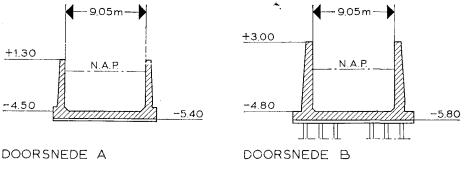
De constructie van de beide schutsluizen is in grote trekken dezelfde; beide hebben een bakprofiel. Elk der sluizen bestaat uit een binnenhoofd, een door een tussenhoofd in twee moten verdeelde schutkolk, een bruggehoofd waarop een ophaalbrug wordt geplaats en een buitenhoofd.
De sluis in de afsluitdijk is iets langer dan die te Dokkumer Nieuwe Zijlen, omdat daarin een extra stel buitendeuren is opgenomen als reservestormvloedkering. In de sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen, die deel uitmaakt van de tweede waterkering rond de Lauwerszee, is een dubbel stel vloeddeuren niet nodig.
De puntdeuren in de sluizen zijn zoveel mogelijk van het zelfde type; ze kunnen dan zo nodig worden uitgewisseld.
In beide sluizen kan zowel over de eb als over de vloed, dat wil zeggen zowel met een ten opzichte van het binnenpeil hoger als lager buitenpeil worden geschut. In de sluishoofden zijn dus vloed- en ebdeuren aanwezig.
Om de sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen ook als uitwateringssluis te kunnen gebruiken heeft men in het binnenhoofd een stel waaierdeuren opgenomen. Dit type deuren, dat

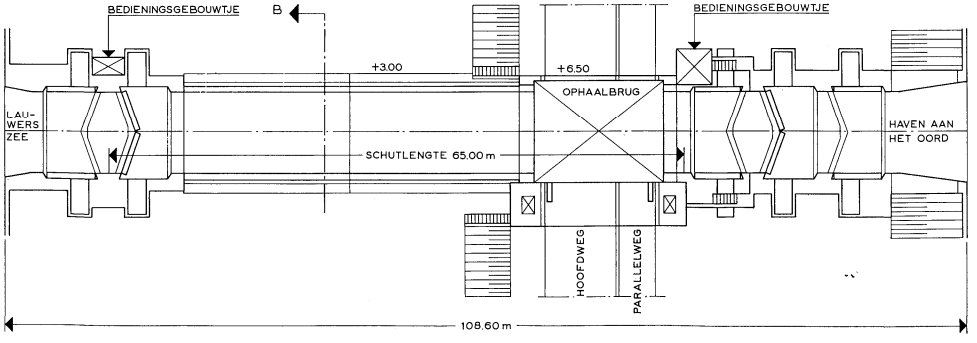


Situatie van de schutsluis in de afsluitdijk van de Lauwerszee

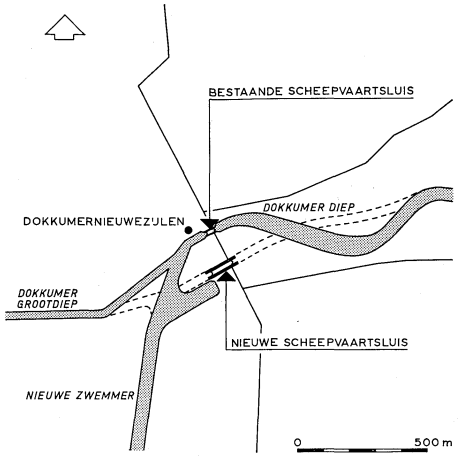


Ontwerp van de schutsluis bij Dokkumer Nieuwe Zijlen





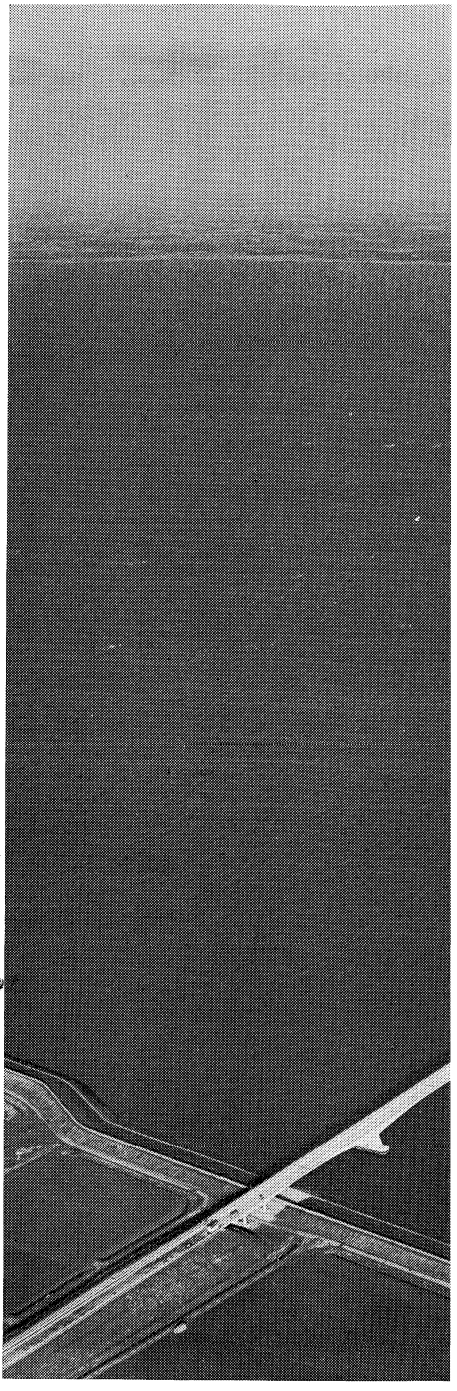
Plattegrond van de schutsluis in de afsluitdijk van de Lauwerszee

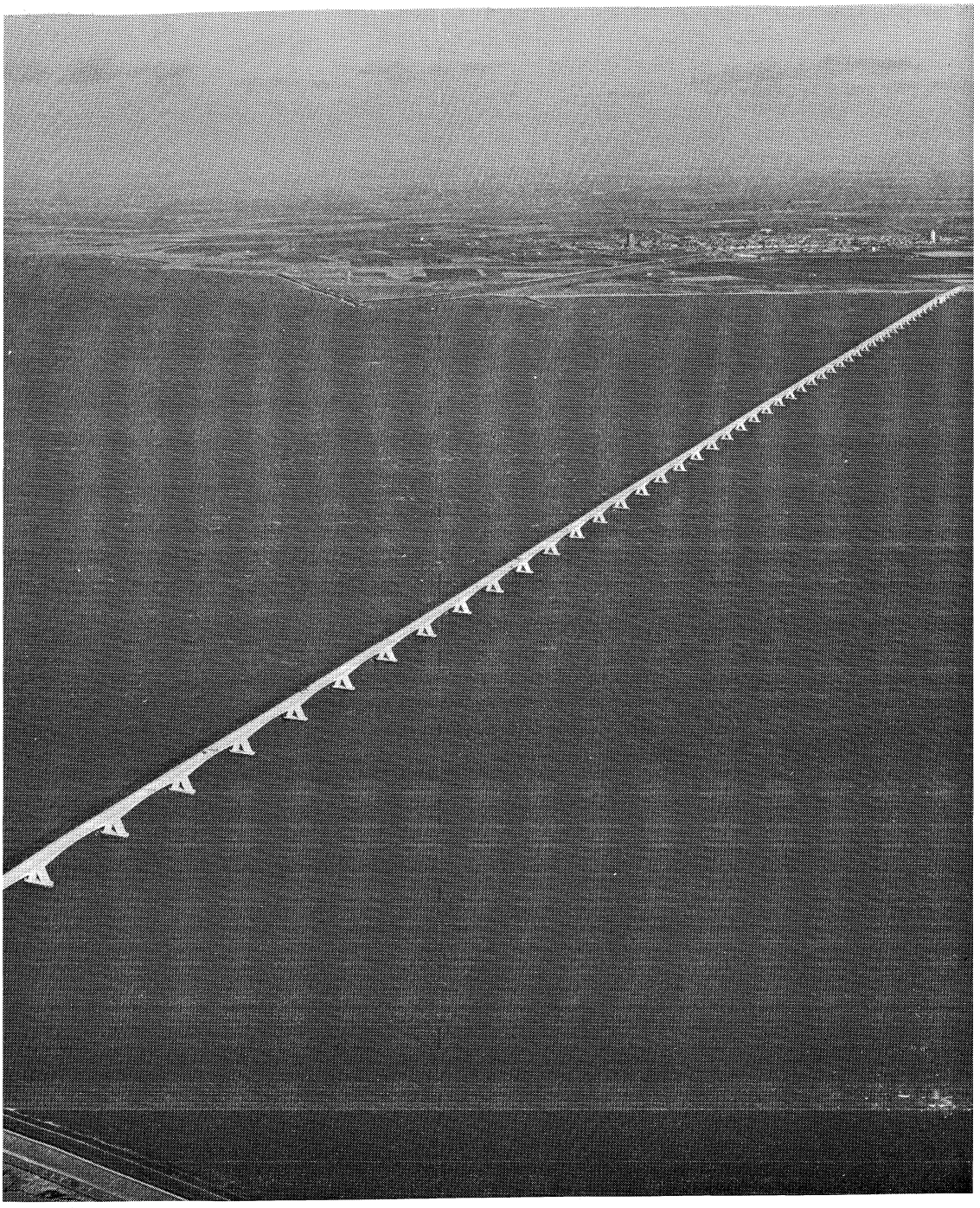


Situatie van de schutsluis bij Dokkumer Nieuwe Zijlen

zowel in stromend water als tegen een verval kan worden gesloten en geopend, werd voor de Dokkumer Nieuwe Zijlen gekozen omdat uit de eisen voor het spuien volgt, dat de deuren bij verval moeten kunnen worden geopend, zelfs als de elektriciteitsvoorziening zou zijn gestoord, en voorts omdat een onbeperkte doorvaarthoogte nodig is. Eén stel waaierdeuren kan naar beide zijden keren. Indien de stalen waaierdeuren voor onderhoud moeten worden verwijderd zou zonder verdere voorzieningen het schutten niet meer mogelijk zijn. Daarom is in de kolkmuur nabij het binnenhoofd een stel puntdeuren toegevoegd, kerend naar de zijde van Frieslands boezem.
Het schutten behoeft daardoor niet te worden stilgezet, omdat het peil in de Lauwerszee vrijwel altijd lager is dan dat van de Friese boezem.
Ten behoeve van de bouw van de sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen wordt de zeedijk daar tijdelijk naar buiten omgelegd, om een bouwput te kunnen uitgraven ter plaatse van de bestaande Statendijk. Het buitenhoofd van de sluis kan dan in de bestaande dijk worden gebouwd, zodat de verkeersweg over de dijk een recht tracé krijgt. Aan de zijde van de Friese boezem is een eenvoudige kade voldoende om de bouwput te beschermen. Deze sluis zal voor een deel rechtstreeks rusten op een in de ondergrond aanwezige zandlaag, terwijl ter plaatse van een oude geul een grondverbetering zal worden aangebracht.
In de nieuwe toeleidingskanalen van het Dokkumer Grootdiep en het Dokkumer Diep naar deze sluis zullen houten geleidewerken voor de scheepvaart worden gebouwd.
De bouwput van de schutsluis was te klein om hem vooraf met een zandzuiger op diepte te brengen, zoals met de bouwput voor de uitwateringssluizen is gebeurd. Hij wordt nu in den droge uitgegraven, na de inwerkingstelling van een bronbemaling.
Onder een gedeelte van deze sluis komt in de ondergrond potklei voor. Daarom wordt de sluis geheel op palen gefundeerd die tot dicht op de vaste grondlaag onder de potklei reiken.
Zowel binnen als buiten de schutsluis in de afsluitdijk worden door middel van havendammen beschutte ligplaatsen voor wachtende vaartuigen gemaakt; houten geleidewerken zullen voldoende gelegenheid bieden om de schepen vast te leggen. Ook voor de recreatievaart zijn er aanlegplaatsen ontworpen, waar zeiljachten en dergelijke beschermd tegen grotere schepen en vissersvaartuigen een veilige ligplaats kunnen vinden.

De brug over de Oosterschelde is geen werk van de Rijkswaterstaat. Er is in de Driemaandelijkse Berichten dan ook maar één artikel over verschenen, en wel in nr. 21 (augustus 1962), toen het plan voor de brug pas was vastgesteld.
Geheel volgens het tijdschema is de brug eind 1965 klaargekomen en voor het verkeer opengesteld. Reeds in 1962 werd verwacht dat dit jaar een miljoen auto's van de brug gebruik zouden maken.
De Provincie Zeeland heeft door de bouw van deze brug de weg over de Grevelingendam en de brug over het Haringvliet pas hun volledige functie gegeven in de verbinding van Zeeland met de randstad Holland.





A. De werken van het Deltaplan

De uitwateringssluizen in het Haringvliet

Aan het einde van de verslagperiode waren in totaal 28 schuiven uit de aangevoerde onderdelen samengebouwd; 12 van deze schuiven waren ook reeds voorzien van lagerhuizen en lagers en, op 2 schuiven na, door middel hiervan aan de Nablaligger bevestigd.
Van de 68 te monteren bewegingswerken waren er 28 gereedgekomen.

De ontgravingen in de bouwput en de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

In de verslagperiode werden nog enige ontgravingen verricht, terwijl uit het depot buiten de bouwput zand werd ontleend en gespoten naar de afsluiting van het Zuiderdiep.
De aanvoer van stortsteen voor de stortebedden werd voortgezet, terwijl met het schikken van steen in de stortebedden goede voortgang werd gemaakt.

De schutsluis in het Haringvliet

De ophaalbrug over de sluis in de weg langs de binnenhaven kwam geheel gereed, evenals de beide basculebruggen in de oprit van de weg die in de toekomst Goeree en Voorne zal verbinden.

De dijk tussen de Plaat van Scheelhoek en de haven van Dirksland

De bekleding van de dijk met asfalt en klei kwam gereed.

De afsluiting van het Zuiderdiep

Het Zuiderdiep werd op 7 oktober 1965 aan de westzijde afgesloten. De consolidatie van de afsluiting met zand werd voltooid.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

Op 5 november 1965 vond de aanbesteding plaats van het maken van een uitwateringssluis, een viaduct en een brug van gewapend beton met bijkomende werken in het Zuiderdiep volgens bestek S.S. 365. Het werk werd gegund aan de N.V. L.B.M. te Raamsdonkveer voor een bedrag van f 4 100 000,–.
Met de voorbereidende werkzaamheden zoals het plaatsen van keten, het inrichten van werkterreinen en het maken van een tijdelijke loswal ten oosten van de

vissershaven is inmiddels begonnen. Ook is een aanvang gemaakt met het plaatsen van de bronnen voor de bemaling van de bouwput waarin de brug over het Zuiderdiep zal worden gebouwd.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

In de verslagperiode werd een begin gemaakt met het maken van een kanaal aan de binnenzijde van de dijk langs de Plaat van Scheelhoek, waartoe een 'Beaver giant' cutterzuiger via een grondsluis vanaf de haven van Dirksland in de boezem werd gebracht. De specie wordt geperst in een stort langs de Plaat van Scheelhoek. Tevens werden perskaden gemaakt voor het vormen van een bassin ter berging van specie uit de boezem.
Nabij de vissershaven werd een tijdelijke lozingsinstallatie in bedrijf gesteld.

Het damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

Het damvak is in de verslagperiode nagenoeg gereedgekomen. Begin november kwamen het zandpersen en de teenvoorzieningen, eind november de asfaltwerken en eind december de glooiingen langs de binnentaluds en de afdekking van het haventerrein gereed.
Er is een begin gemaakt met het aanbrengen van een kleidekking op de binnenbermen, de plaatsing van geleidewerken voor de scheepvaart en de opbouw van een dam van stortsteen langs de noord-, oost- en zuidoostzijde van de werkhaven. De stormen van begin december hebben geen schade van betekenis aan de dam aangericht.

De dam door de noordelijke geul van de Grevelingen

Het werk werd in de verslagperiode voltooid en op de 15e oktober 1965 voor de eerste maal opgeleverd. Er werd door de stormen van begin december geen schade van betekenis aangericht.

Rijksweg naar en op de Grevelingendam

De werkzaamheden konden in de verslagperiode worden voltooid, zodat het werk op 31 oktober 1965 voor de eerste maal kon worden opgeleverd. De demontage van de kabelbaan vordert regelmatig; als gevolg daarvan moest het verkeer een paar maal gedurende enige uren worden omgeleid. De westelijke rijbaan over de dam door de noordelijke geul van de Grevelingen is in verband met de demontagewerkzaamheden nog niet voor het verkeer opengesteld.

Demontage van de kabelbaan bij de Grevelingendam

De beide kabels zijn thans neergehaald. Hierbij hebben zich geen moeilijkheden voorgedaan. Onderzocht wordt, of de kabels opnieuw te gebruiken zijn of bruikbaar gemaakt kunnen worden voor de sluiting van het Haringvliet. Begonnen is met de demontage van de zuidelijke pyloon.

De schutsluizen in het Volkerak

De afbouw van de zeer bewerkelijke bedieningsgebouwen maakte goede vorderingen. De werkzaamheden aan het viaduct kwamen nagenoeg gereed, die aan de aanbrug worden nog voortgezet.
Op 13 oktober en 16 november 1965 werden respectievelijk de kleine en de grote basculebrug ingevaren en op hun plaats gebracht. Na het ballasten van de staarten van deze bruggen werd de verdere afbouw van de basculekelder ter hand genomen.
Op 17 en 18 november 1965 werden acht stalen puntdeuren in de eerste sluis in-

gehangen. Bij het sluiten van de deuren bleken de voorharren niet te sluiten. De opening tussen twee deuren varieerde van 12 tot 19 mm. Met behulp van een duiker is de opening onder water nauwkeurig opgemeten. De bevestiging van de houten voorharren is losgenomen, waarna de voorharren zijn verwijderd. Hierna kon een stalen strip ter dikte van de gemeten opening worden geplaatst, en de voorhar opnieuw worden gemonteerd. Deze ingreep veroorzaakte geen vertraging in de voortgang van de andere werkzaamheden aan de sluis.
Bij de daarna te plaatsen deuren is het mogelijk gemaakt kleine maatverschillen op eenvoudige wijze te corrigeren. Nog vier deuren zullen begin januari worden geplaatst, terwijl in een tijdelijke deurenbergplaats twee reservedeuren zullen worden opgeslagen. De definitieve deurenbergplaats zal eerst kunnen worden gebouwd wanneer de in gebruik zijnde werkterreinen aan de waterzijde kunnen worden ontruimd.
De grondaanvullingen voor het sluizencomplex vorderen snel.
Het op diepte baggeren van dat gedeelte van de voorhaven aan de Hollandsch-Diepzijde dat het sluizencomplex met de voorhaven verbindt, kwam gereed. Men is begonnen met het wegbaggeren van de korte ringdijk met aangrenzende terreinen aan de Volkerakzijde.
Op 6 december 1965 werd deze dijk doorgebaggerd, zodat het buitenwater ook van deze zijde met de sluizen in verbinding werd gebracht.
De uitkomende goede specie wordt verwerkt in de sluisaanvullingen; de niet bruikbare specie wordt geborgen in een gronddepot in de buitenpolder Maltha.
Op 2 november 1965 werd door de Combinatie Schutsluizen Volkerak te Willemstad een prijsaanbieding gedaan tot het maken van een bouwput met bijbehorende bronbemaling ten westen van het sluizencomplex ten behoeve van de caissonbouw; er zou een bedrag van f 1 920 000,– mee gemoeid zijn. Reeds is een aanvang gemaakt met de ontgravingen; de bronbemaling zal naar verwachting in februari 1966 geheel bedrijfsklaar zijn.

Geleidewerken en wachtplaatsen voor de Volkeraksluizen

Voortgegaan werd met het heien van betonpalen voor de ondersteuning van de betonnen loopbruggen in de noordelijke voorhaven; stalen buispalen werden geheid voor de wachtplaatsen en de drijvende geleidewerken.
Het ter conservering staalstralen en in drie lagen aanbrengen van Intertol R op drijvende en vaste secties, buispalen en schortbeslag werd voorgezet. De vervaardiging van hardhouten beschermingsschotten verloopt in een hoog tempo.
Eind december 1965 werd met een bok de eerste drijvende sectie van dertig meter lengte gesteld. Bij de jaarwisseling lagen reeds 9 secties op hun plaats.
De werken hadden tot nu toe een goed verloop.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen te Willemstad

In het Driemaandelijks Bericht nr. 34 (november 1965) werd melding gemaakt van de slechte kwaliteit van het zand, afkomstig uit de zuidelijke voorhaven. Dit zand is uitzonderlijk fijn, bevat veel slib en ontwatert slecht; het verliespercentage is ten gevolge van de fijnheid en van het slibgehalte zeer hoog.
Gebleken is, dat hoe verder de ontgraving van de haven in zuidelijke richting vorderde hoe slechter de kwaliteit van het zand werd. In novermber 1965 werd besloten de resterende hoeveelheid van het in de haven aanwezige zand niet

meer te gebruiken, daar de havendam niet van deze specie kon worden gemaakt.
Sedert begin december 1965 wordt zand gewonnen in het Hellegat door de zuiger 'Holland IV' terwijl het zand door de bakkenzuiger 'Anversoise III' in het werk werd gebracht.
De gecutterde specie wordt door twee zuigers t.w. de 'Rupel' en de 'Holland XVIII' in het grondstort geperst.
Met uitzondering van de havendam en de ontgraving van de grond beneden N.A.P. – 4,50 m is het werk grotendeels gereedgekomen.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de zeedijk Afsluitdijk–Slachte

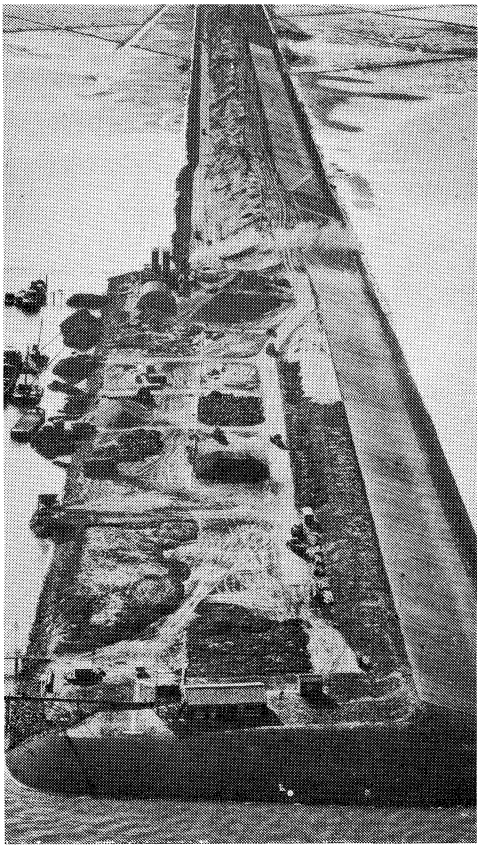
Van het in drie bestekken verdeelde 9,5 km lange traject Afsluitdijk–Harlingen werd het eerste gedeelte, van de Afsluitdijk tot Zurich, opgeleverd. Van het tweede gedeelte, Zurich–Dijksterburen, is het nieuwe dijklichaam nagenoeg voltooid. De afwerking en de aanleg van een wegverharding op de binnenberm zullen in 1966 plaatsvinden. Het derde gedeelte, Dijksterburen–Harlingen, werd in april 1965 aanbesteed en voor de som van f 3 341 000,– gegund aan de N.V. Gebroeders Van Oord te Werkendam. Het dijklichaam van dit gedeelte is in 1965 voor de helft onder profiel gebracht.
Het ligt in het voornemen in 1966 een aanvang te maken met de eveneens in drie bestekken gesplitste verhoging van het dijkgedeelte benoorden Harlingen. Er zal vanaf Slachte gewerkt worden in de richting Harlingen, omdat door de gemeente Harlingen aanhangig gemaakte havenplannen de vormgeving van het dijkgedeelte bij Harlingen wellicht nog zullen beïnvloeden.
In afwijking van het in Driemaandelijks Bericht nr. 26 (november 1963) weergegeven dwarsprofiel van de dijkverhoging zal over het gehele traject Afsluitdijk–Slachte in het buitenbeloop van de dijk een drie meter brede onderhoudsberm worden aangebracht. De berm zal boven en aansluitend op de steenbekleding worden aangelegd, onder een helling van 1 : 10, en worden voorzien van een klinkerbestrating.
Voorts wordt in het dijkgedeelte Dijksterburen–Harlingen, ter hoogte van het tijdelijk verwijderde beeld van de Stenen Man, dat de nagedachtenis van Caspar de Robles levendig houdt, in het buitenbeloop een ongeveer acht meter brede wandelweg van grindasfaltbeton gemaakt, over een lengte van 300 meter. Dit onderdeel van het werk wordt bekostigd door de gemeente Harlingen, omdat het voornamelijk wordt uitgevoerd in het belang van het aldaar gevestigde zeezwembad.

Verhoging van de zeedijk Slachte–Afsluitdijk Lauwerszee

Er is nog geen algemeen plan vastgesteld voor de versterking van dit gedeelte van de zeedijk. In de voorstudies voor de dijkversterking moet namelijk rekening worden gehouden met onlangs geopperde plannen om een verbindingsdam naar Ameland te leggen of de Waddenzee met behulp van twee dammen van de Friese kust naar Ameland gedeeltelijk in te polderen. Realisering van deze plannen zou de plaatselijke omstandigheden ingrijpend wijzigen.

Verlegging van de zuidelijke toegangsweg naar Harlingen

De verharding van de nieuwe zuidelijke toegangsweg naar Harlingen is voltooid.



De losplaats op de Hoek van de Bant vormde in 1965 de basis voor de aanleg van het dijkvak aan de Friese kust.

De uitwateringssluizen in aanbouw. Rechts de Waddenzee, links de Lauwerszee.



Aangelegd zijn een 6,6 m brede rijbaan, tevens inspectieweg voor de dijk, en een rijwielpad ter breedte van 3 meter. In het belang van de dijkverhoging die naast dit werk in uitvoering is, werd de weg nog niet voor het verkeer opengesteld.

Verbetering van de zeedijk van het waterschap 'De Terschellingerpolder'.

Het eerste, 5300 m lange gedeelte van deze dijkverhoging, tussen West-Terschelling en Stryp, is voltooid. Het tweede gedeelte, dat over een afstand van 4800 m van Stryp naar de Kunneweg loopt, is op hoogte gebracht en kan in de eerste helft van 1966 worden opgeleverd. Het derde en laatste gedeelte, van de Kunneweg tot de Dwarsdijk, 3750 m lang, zal in 1966 in uitvoering worden genomen.

Verbetering van de zeedijk van de Banckspolder op Schiermonnikoog

De aansluiting van de reeds versterkte zeedijk op het oostelijk duingebied en de versterking van de zeewerende duinregel aan de westzijde door een zware zanddijk kwamen in 1965 gereed. Hiermee zijn alle krachtens de Deltawet op Schiermonnikoog uit te voeren werken voltooid.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Het dijkvak aan de Friese kust is thans gereed op het aanbrengen van een deel van de kleibekledingen na. De vrij heftige stormen in de laatste maanden van 1965 zijn door het pas voltooide werk goed doorstaan. Ook de andere werken in de Lauwerszee hebben weinig schade opgelopen. Alleen enkele tijdelijke dijkbekledingen aan de Lauwerszeezijde van de reeds voltooide dijkvakken zijn plaatselijk iets beschadigd geraakt; de schade is inmiddels hersteld.

Het betonwerk van de onderbouw voor de westelijke sector van de uitwateringssluizen is voltooid. Met de beide andere sectoren worden goede vorderingen gemaakt. Inmiddels is een aanvang gemaakt met het maken van de stortebedden en de daarop aansluitende glooiingen. Het stortebed bestaat uit een filter, opgebouwd uit 20 cm dikke lagen grindzand en grind op de wadbodem, afgedekt met koperslakzuilen van 20 cm lang en breed bij hoogten van 40 tot 25 cm.

De bouwput voor de schutsluis is voltooid. Met het heien van de betonpalen is begonnen.

In kringen van de natuur- en vogelbescherming bestond de vrees dat de brandganzen, die bij duizenden overwinteren in de Bantpolder bij Paesens, door de uitvoering van de Lauwerszeewerken zouden worden verjaagd. Omdat hier bijna de helft van de wereldbevolking van deze zeldzame vogelsoort, die ongeveer 40 000 exemplaren omvat, overwintert zou dit bijzonder te betreuren zijn. Tijdens de uitvoering van het dijkvak aan de Friese kust, dat over een lengte van 600 meter door de Bantpolder loopt, wordt de uiterste zorgvuldigheid in acht genomen. Er wordt vooral tegen gewaakt dat men van het werk de polder inloopt en de dieren verontrust. De Bantpolder is in deze tijd voor publiek van elders gesloten.

Voor vrachtauto's en draglines koesteren de brandganzen geen enkele vrees. Ze naderen vaak tot op enkele tientallen meters.

De brandganzen zijn dit najaar in grotere aantallen verschenen dan ooit, en het ziet ernaar uit, dat zij ook volgende jaren weer hierheen zullen komen.

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
BR 2958b	26 mei 1965	Het houden van toezicht en controle op de montage c.q. demontage van d Seatrist pakkingen (olieafdichtingsringen) t.b.v. de plunjergeleidingen e draaipunten c.a. voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3186a	17 mei 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst ER 3186 voor het volledig toezicht en controle op de vervaardiging en levering van cilinders en plunjer voor de bewegingswerken van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3431	14 juni 1965	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 24 stuks elektro hydraulische deurbewegingsinrichtingen t.b.v. de schutsluizen in het Volkera
BR 3461	14 oktober 1964	Het leveren van diverse soorten olie c.a. voor de uitwateringssluizen in he Haringvliet
BR 3565	19 maart 1965	Het vervaardigen en leveren van roosters c.a. voor inspectiebordessen van d uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3601	3 mei 1965	Het vervaardigen en bedrijfsvaardig leveren op de bouwplaats van de complet afsluitbomen voor de basculebruggen over de schutsluizen in het Volkerak
BR 3631	21 juni 1965	Het vervaardigen en leveren van diverse verven voor het conserveren va de schuiven voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3632	18 augustus 1965	Bewerken 4 stuks ophangplaten t.b.v. de bouw van de uitwateringssluizen i het Haringvliet
BR 3664	16 juli 1965	Het vervaardigen en leveren van diverse verven t.b.v. de sluisdeuren in he Volkerak
BR 3678	18 augustus 1965	Het vervaardigen en leveren van diverse verven t.b.v. de schermwand van d sluisdeuren in het Volkerak
BR 3681	18 augustus 1965	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig aanbrengen van stalen scherm wanden c.a. op 26 stuks sluisdeuren van de Volkeraksluizen
BR 3687	20 augustus 1965	Het vervaardigen en leveren van diverse verven t.b.v. de sluisdeuren in he Volkerak
Z 951	—	Verbeteren van de afwateringsgeul gelegen tussen de uitwateringssluizen i de voormalige zeedijk van de Quarlespolder en in de afsluitdijk in het Noorc Sloe
Z 971	14 januari 1965	Het leveren van 12 000 ton basaltzuilen t.b.v. de verhoging van de wate kering ter plaatse van de voormalige Marinehaven de Oranjedijk en de Weste of Koopmanshaven te Vlissingen
Z 972	14 januari 1965	Het lossen en op de wal overslaan van basaltzuilen langs het Kanaal doc Walcheren

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

Nummer van het bestek	Dienstjaar	Omschrijving van het werk
DED 757	1965—1966	Het onderhoud van beplantingen en grasgewas alsmede het uitvoeren va onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelege heden, op en langs terreinen van de werkhaven, het sluizencomplex en de i eigendom van het Rijk zijnde terreinen van de buitenpolder Maltha
DED 765	1965—1966	Het maken van wegen, kunstwerken en bijkomende werken in het Noord-Slo onder de gemeenten Arnemuiden, 's Heer Arendskerke en Wolfaartsdijk

erken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
verrekenprijzen	N.V. Technisch Bureau van der Mark en Co. te Amsterdam
verrekenprijzen	Röntgen Technische Dienst N.V. te Rotterdam
f 1 161 687,—	Dok- en Werf-Maatschappij Wilton Fijenoord N.V. te Schiedam
f 75 574,—	Aanschaffings- en Bouwbureau N.V. te 's-Gravenhage
f 307 913,—	Esso Nederland N.V. te 's-Gravenhage
f 25 760,—	Constructiewerkplaats en Machinefabriek B. Bosman N.V. te Rotterdam
verrekenprijzen	N.V. Vernis- en Verffabriek v/h H. Vettewinkel en Zonen te Amsterdam
f 13 946,—	Dok- en Werf-Maatschappij Wilton Fijenoord N.V. te Schiedam
eenheidsprijzen	N.V. Vernis- en Verffabriek v/h H. Vettewinkel en Zonen te Amsterdam
eenheidsprijzen	N.V. Vernis- en Verffabriek v/h H. Vettewinkel en Zonen te Amsterdam
f 333 950,—	De Groot, Zwijndrecht N.V. te Zwijndrecht
eenheidsprijzen	N.V. Vernis- en Verffabriek v/h H. Vettewinkel en Zonen te Amsterdam
f 74 800,—	van Hattum en Blankevoort N.V. te Beverwijk
eenheidsprijzen	J. Verburg te 's-Gravenhage
eenheidsprijs	Fa. L. Potter en Zonen te Middelburg

egunde werken

Aannemingssom	Aannemer
f 78 000,—	Aannemingsbedrijf D. v. d. Heuvel en Zn. te Werkendam
f 1 440 000,—	Firma F. Duynhouwer en Zonen te Goes

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aero-Camera	276
Hameeteman	238
Hofmeester	245-270
G. de Klerk	227-241
H. de Vries	263-264-267

Inhoud nr. 36

A. De werken van het Deltaplan

283 Veranderingen in de getijbeweging westelijk van de Grevelingendam

293 Demontage en hergebruik van de kabelbaan

299 Het bouwdok voor de doorlaatcaissons ten behoeve van de Volkerakafsluiting

303 Golfmetingen in de mond van het Haringvliet ten behoeve van het morfologisch onderzoek van de bodem

316 Verwarming van de schuiven aan de rivierzijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

318 Het dambouwschip

323 Een nieuw voorlichtingscentrum te Hellevoetsluis

326 **Vorderingen**

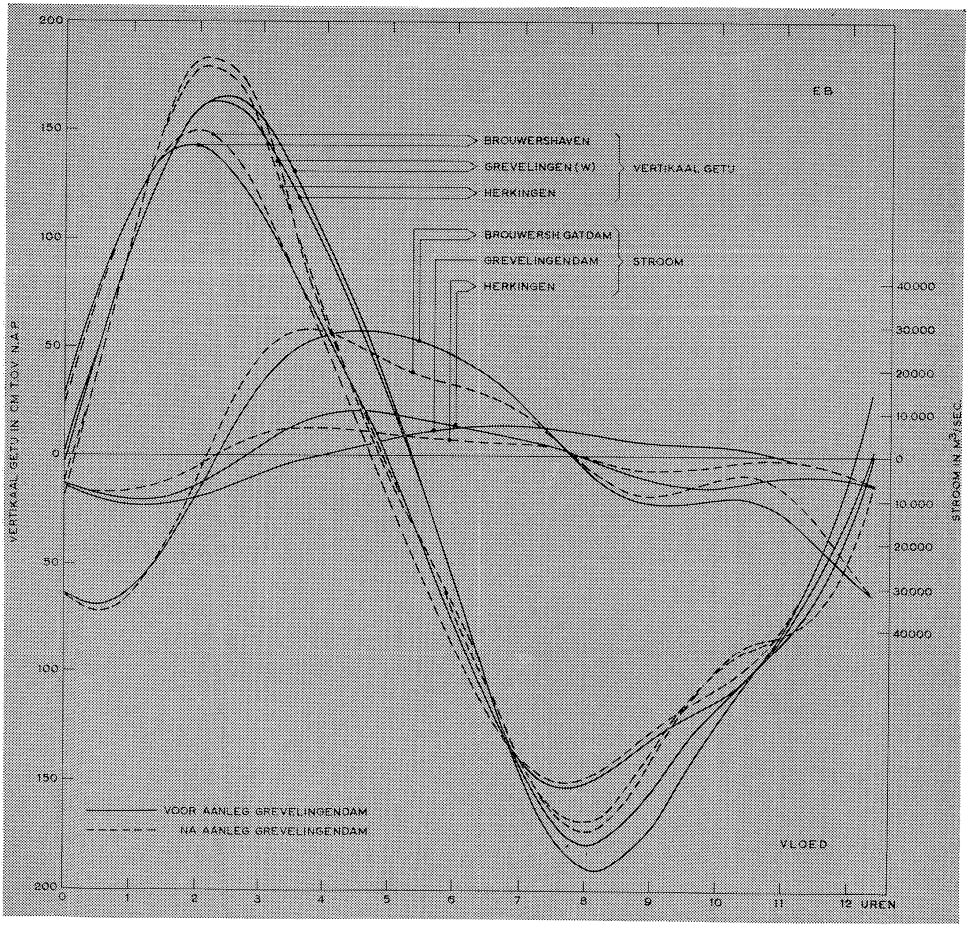
Veranderingen in de getijbeweging westelijk van de Grevelingendam

Toen na de stormramp van 1953 het Deltaplan vorm begon te krijgen en daarbij de aanleg van een dam door de bovenmond van de Grevelingen werd overwogen, is reeds spoedig een begin gemaakt met het onderzoek naar de gevolgen die de aanleg van zulk een afsluitdam met zich zou kunnen brengen voor de getijbeweging in de westelijk daarvan gelegen zeearm. Bij de aanleg van een dam door het Brouwershavensche Gat zou men immers ook met die gevolgen geconfronteerd worden.
Bij dit onderzoek zijn naast elkaar twee verschillende methoden toegepast: bij de ene is men uitgegaan van getijberekeningen, bij de andere is het onderzoek gebaseerd op metingen in het hydraulisch model van het Deltagebied in het Waterbouwkundig Laboratorium te Delft.
Zowel bij de berekeningen als bij het onderzoek in het hydraulisch model is als randvoorwaarde – d.w.z. als onveranderlijk gegeven – het verticaal getij, ofwel de waterhoogten, zeewaarts van de lijn Brouwershaven–Ouddorp ingevoerd, en wel zover zeewaarts dat de afsluiting van de Grevelingen door geen invloed meer op zou doen gelden. Op deze kwestie komen we straks terug.

Getijberekeningen

Bij de getijberekeningen is men uitgegaan van de uitkomsten van een serie getij- en stroommetingen die in het voorjaar van 1959 in het Brouwerhavensche Gat werden verricht, en meer in het bijzonder van de meetresultaten betreffende het eerste getij op 22 mei van dat jaar. Aan de hand van de meetresultaten werd de voortplanting berekend van de verschillende sinusoïden waarin dit getij kon worden ontleend.
Als randvoorwaarden voor de daarop volgende berekeningen ter vaststelling van de toestand vóór de afsluiting koos men het verticale getij in de buitenmond van het Brouwershavensche Gat en dat te Stavenisse en Willemstad.
Bij het berekenen van de toestand ná de aanleg van de Grevelingendam is de getijbeweging westelijk van de dam bepaald door uit te gaan van het verticale getij in zee en door rekening te houden met het feit dat ter plaatse van de dam de stroom op ieder moment nul moet zijn.
De getijkrommen en de stroomkrommen voor verschillende plaatsen werden vervolgens

Volgens de sinusoïdale methode berekende verticale getijden en stromen met als randvoorwaarde het getij in zee op 22 mei 1959



wederom bepaald uit de gevonden sinusoïden door de waarden van de sinusoïden op eenzelfde tijdstip bij elkaar op te tellen.
Door vergelijking der grafieken konden zo de te verwachten veranderingen in de getijbeweging door de bouw van de Grevelingendam op eenvoudige wijze worden afgelezen. In een der figuren zijn de berekende verticale getijden voor en na de afsluiting grafisch voorgesteld voor Brouwershaven, Herkingen en Grevelingen-West, terwijl in onderstaande tabel een overzicht wordt geven van de berekende hoog- en laagwaterstanden en de bijbehorende tijdstippen, alsmede van de veranderingen die het gevolg zijn van de aanwezigheid van de Grevelingendam.
Opgemerkt wordt, dat het getij van 22 mei 1959, dat als basis van de studie werd gebruikt, een tijverschil te Brouwershaven toonde van 295 cm. Dit tijverschil is groter dan het gemiddelde tijverschil bij springtij te Brouwershaven, dat 267 cm bedraagt.

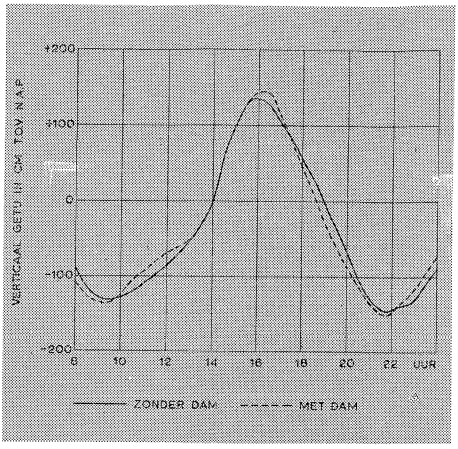
	Toestand 1959 ($T_{(0)}$)				Toestand na aanleg Grevelingendam ($T_{(1)}$)				Veranderingen in het L.W., H.W. en de tijden ($T_{(1)} - T_{(0)}$)			
	H.W. t.o.v. N.A.P.	L.W. t.o.v. N.A.P.	tijdstip H.W.	tijdstip L.W.	H.W. t.o.v. N.A.P.	L.W. t.o.v. N.A.P.	tijdstip H.W.	tijdstip L.W.	H.W. verandering	L.W. verandering	H.W. verandering in minuten	L.W. verandering in minuten
Brouwershaven	143 cm	—152 cm	1.54	7.44	150 cm	—150 cm	2.02	7.44	+7 cm	+2 cm	+ 8	0
Herkingen	163 cm	—177 cm	2.20	8.05	179 cm	—167 cm	2.10	8.00	+16 cm	+10 cm	—10	— 5
Grevelingen-West	166 cm	—189 cm	2.30	8.10	183 cm	—174 cm	2.10	8.02	+17 cm	+15 cm	—20	— 8

Het resultaat van de berekening toont een opvallend sterke vervorming van het verticale getij aan de westzijde van de Grevelingendam tengevolge van de aanleg van deze dam. In de figuur is ook het berekend verloop van de stromen in het Brouwershavensche Gat aangegeven, zowel voor als na de aanleg van de Grevelingendam. Hieruit blijkt dat de aanleg van de Grevelingendam nauwelijks verandering teweegbrengt in de maximum stroomsnelheden, zowel bij eb als bij vloed. Wel verandert het verloop van de stroomkromme – het zgn. horizontale getij –, en eveneens de totale hoeveelheden water die gedurende de vloedperiode en de ebperiode door het dwarsprofiel ter plaatse van de toekomstige dam door het Brouwershavensche Gat trekken. De berekeningen geven aan dat deze hoeveelheden tengevolge van de aanleg van de Grevelingendam kleiner worden; het vloedvolume neemt af met 10% en het ebvolume met 5%.
De voortplanting van het getij werd ook nog op andere wijze berekend, en wel door uit te gaan van de werkelijke vorm van de getijlijnen, dus zonder ze in sinusoïden te ontleden. Hierbij werden over het algemeen overeenkomstige waarden voor de veranderingen gevonden. De veranderingen in de L.W.-standen echter bleken volgens deze berekening belangrijk geringer dan volgens de sinusoïdale methode.

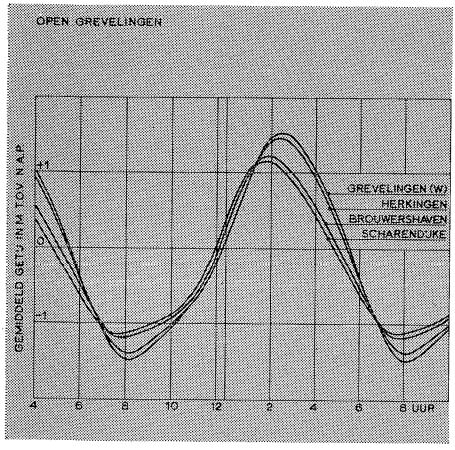
Metingen in het model

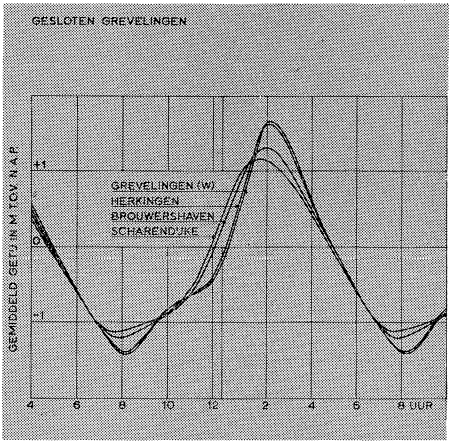
Niet alleen door getijberekeningen, maar ook door metingen in het hydraulisch model heeft men in de loop der jaren getracht er achter te komen welke veranderingen in de getijden zouden kunnen worden verwacht ten gevolge van de afdamming van de Grevelingen. De modelproeven werden enkele malen herhaald omdat het model vooral

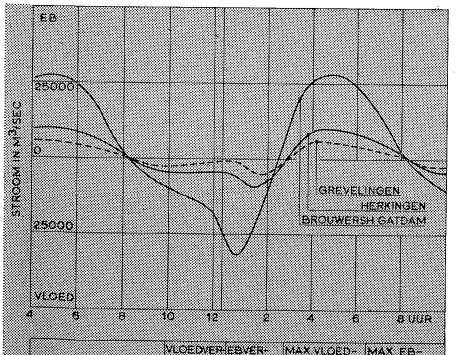
a



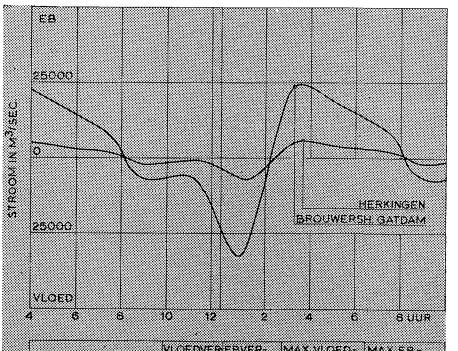
Berekende verticale getijden en stromen uitgaande van de werkelijke vorm van het gemiddeld getij in zee voor en na afsluiting van de Grevelingen





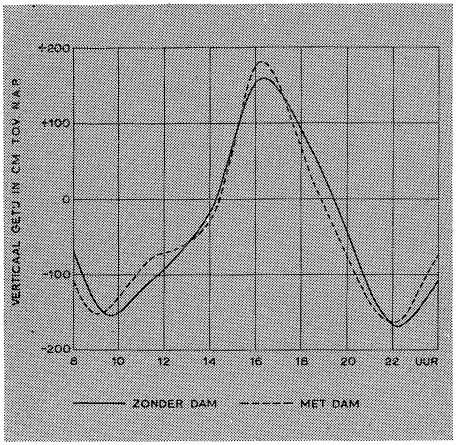


	VLOEDVERMOGEN	EBVERMOGEN	MAX VLOEDSTROOM	MAX EBSTROOM
BROUWERSH. GATDAM	$36.10^6 M^3$	$37.5.10^6 M^3$	$32000 M^3/SEC$	$27500 M^3/SEC$
HERKINGEN	$12.0.10^6 M^3$	$13.0.10^6 M^3$	$9500 M^3/SEC$	$10000 M^3/SEC$
GREVELINGEN	$6.0.10^6 M^3$	$7.0.10^6 M^3$	$5100 M^3/SEC$	$5900 M^3/SEC$

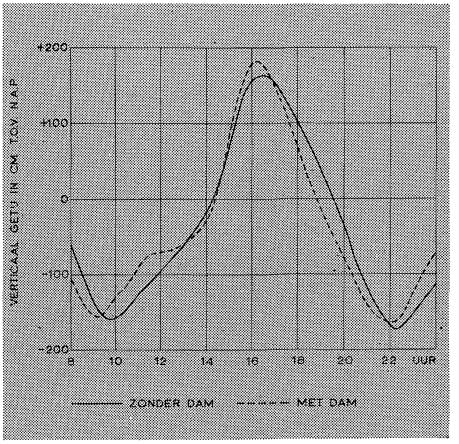


	VLOEDVERMOGEN	EBVERMOGEN	MAX VLOEDSTROOM	MAX EBSTROOM
BROUWERSH. GATDAM	$32.0.10^6 M^3$	$32.0.10^6 M^3$	$32500 M^3/SEC$	$24500 M^3/SEC$
HERKINGEN	$6.7.10^6 M^3$	$6.7.10^6 M^3$	$7100 M^3/SEC$	$5500 M^3/SEC$
GREVELINGEN	0	0	0	0

b



c



Verticaal getij te Brouwershaven (a), Herkingen (b) en Grevelingen-West (c) volgens modelproeven met als randvoorwaarde het getij in zee op 2 juni 1965

in de laatste jaren is aangepast aan de gewijzigde bodemfiguratie van het Deltagebied, en ook omdat de meetapparatuur aanzienlijk werd verbeterd. De laatste proef dagtekent van 1965. Men onderzocht toen een getijperiode die eind mei en begin juni 1965 was geregisteerd. In deze periode was de Grevelingendam in werkelijkheid reeds aanwezig. De veranderingen die de Grevelingendam veroorzaakt had, konden nu worden aangetoond door de dam in het model te verwijderen. De verticale getijden vóór en ná de afdamming zijn in een der figuren grafisch voorgesteld, terwijl in onderstaande tabel de standen van hoogwater en laagwater zijn vermeld, met hun tijd van optreden. Deze gegevens hebben betrekking op het tweede getij van 2 juni 1965. Ook de veranderingen tengevolge van de aanleg van de Grevelingendam zijn in de tabel opgenomen.

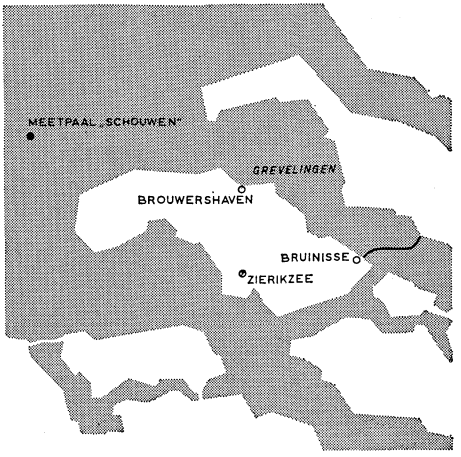
	Toestand 1965 2e getij van 2-6-'65 (zonder dam) ($T_{(0)}$)				Toestand 1965 2e getij van 2-6-'65 (met dam) ($T_{(1)}$)				Veranderingen in het L.W., H.W. en de tijden ($T_{(1)} - T_{(0)}$)			
	H.W.	L.W.	tijd-stip H.W.	tijd-stip L.W.	H.W.	L.W.	tijd-stip H.W.	tijd-stip L.W.	H.W.	L.W.	t H.W.	t L.W.
Brouwershaven		—131		10.20		—135		10.10		—4		—10 min
	+136	—145	16.40	22.35	+144	—150	17.10	22.35	+ 8	—5	+30 min	0
Ouddorp		—127		10.20		—130		10.05		—3		—15 min
	+138	—142	16.55	22.35	+150	—146	17.05	22.30	+12	—4	+10 min	— 5 min
Herkingen		—155		10.30		—152		9.55		+3		—35 min
	+160	—169	17.10	23.05	+180	—162	17.05	22.50	+20	+7	— 5 min	—15 min
Grevelingen-West		—159		10.40		—156		10.00		+3		—40 min
	+164	—173	17.20	23.05	+182	—164	17.05	22.55	+18	+9	—15 min	—10 min

Waarneming in de natuur

Na de afsluiting van de Grevelingen moest in de natuur worden waargenomen welke veranderingen in werkelijkheid waren opgetreden, mede ter verificatie van de eerder genoemde uitkomsten.
Om de te Brouwershaven opgetreden verandering te kunnen bepalen werden twee methoden gevolgd.
Bij de eerste methode werden de getijverschillen gemeten bij de meetpaal Schouwen en bij de registrerende peilschaal te Brouwershaven, met elkaar vergeleken door de gemiddelde tijverschillen per maand te bepalen over de zomermaanden juni, juli en augustus van de jaren 1959 t/m 1965.
Uit de figuur waarin deze tijverschillen grafisch zijn voorgesteld blijkt, dat ten gevolge van de afsluiting het tijverschil te Brouwershaven (registrerende peilschaal) met 19 cm is toegenomen. Ter plaatse van de meetpaal Schouwen werden geen veranderingen van betekenis in het tijverschil geconstateerd.
De veranderingen in de hoogwater- en laagwaterstanden te Brouwershaven werden bepaald door vergelijking met de hoog- en laagwaterstanden van de meetpaal Schouwen, waar het verticaal getij geen invloed ondergaat van de Grevelingendam.
Ook deze verschillen in hoog- en laagwaterstanden tussen de meetpaal te Schouwen en de registrerende peilschaal te Brouwershaven zijn in een der figuren grafisch voorgesteld. Hieruit zou volgen, dat het gemiddelde H.W. te Brouwershaven met 9 cm is verhoogd en het L.W. met 10 cm is verlaagd.
Bij de tweede methode werden de opgetreden veranderingen in de hoog- en laagwaterstanden te Brouwershaven bepaald door vergelijking van de gemeten grootheden te Brouwershaven en te Zierikzee, waarbij ervan is uitgegaan dat ook het verticale getij te Zierikzee niet noemenswaard door de aanleg van de Grevelingendam wordt beïnvloed. De relaties die er bestaan tussen de H.W.'s resp. L.W.'s te Brouwershaven en Zierikzee werden grafisch voorgesteld, uitgaande van de waarnemingen over de maanden januari t/m oktober 1965.
Ook werd nagegaan of het getij bij Zierikzee inderdaad niet beïnvloed is door de afsluiting van de Grevelingen. Hierbij werd een verdeling aangebracht in doodtij, gemiddeld tij en springtij. Het doodtij werd gedefinieerd als het getij dat twee dagen na eerste en laatste kwartier optreedt, en het springtij als het getij twee dagen na nieuwe en volle maan. De relatie tussen de H.W.'s en L.W.'s te Zierikzee en Brouwershaven is met een aan het springtij ontleend voorbeeld grafisch voorgesteld in een bijgevoegde figuur.
Uitgaande van bovenstaande definities vindt men over de bovengenoemde acht maanden de volgende gemiddelde H.W.'s en L.W.'s te Zierikzee:

	H.W.	L.W.
doodtij	N.A.P. + 116 cm (+ 116)	N.A.P. — 136 cm (— 132)
gem. tij	N.A.P. + 142 cm (+ 142)	N.A.P. — 147 cm (— 148)
springtij	N.A.P. + 159 cm (+ 162)	N.A.P. — 158 cm (— 158)

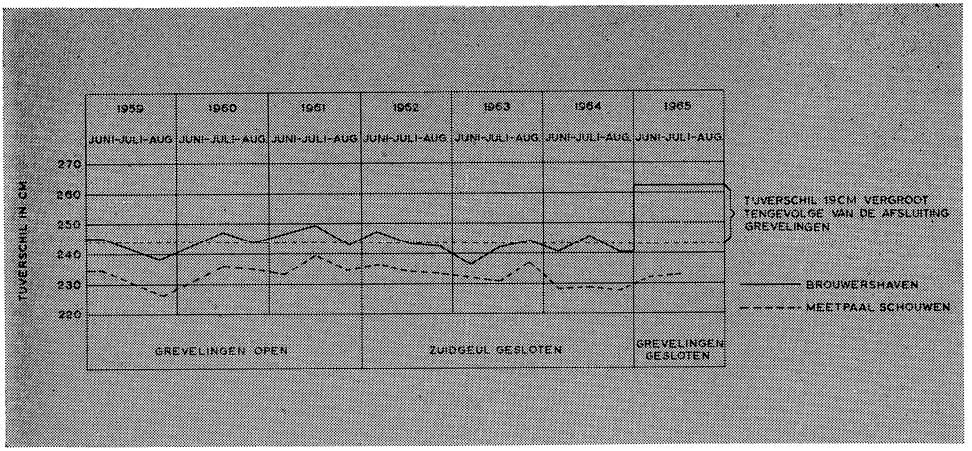
De tussen haakjes geplaatste getallen geven de hoog- en laagwaterstanden aan volgens het tienjarig overzicht (1951–1960) van de waterhoogten en -afvoeren. Hieruit blijkt, dat deze waarden en de gemiddelde waarden over de genoemde acht maanden nauwelijks verschillen. De veronderstelling dat het verticale getij te Zierikzee nauwelijks is veranderd door de aanleg van de Grevelingendam blijkt dus gerechtvaardigd.



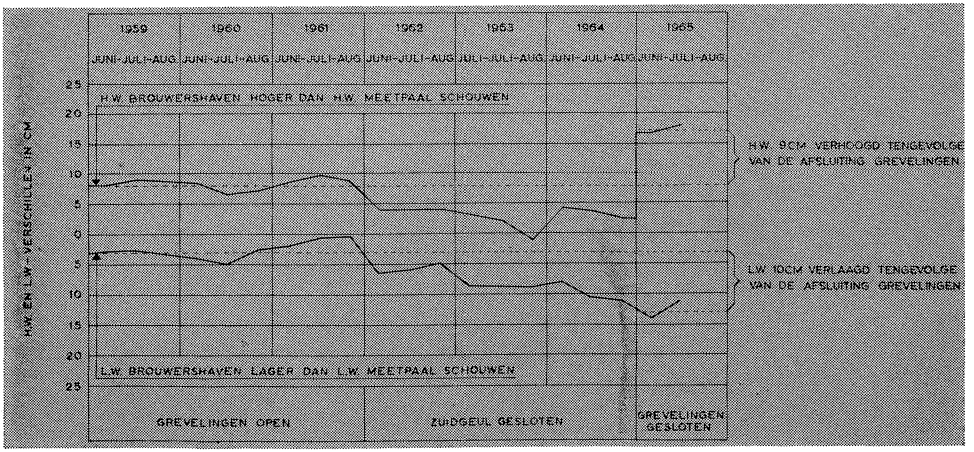
1 Toeneming van het tijverschil te Brouwershaven ten gevolge van de afsluiting van de Grevelingen

2 Veranderingen in de hoog- en laagwaterstanden te Brouwershaven ten gevolge van de afsluiting van de Grevelingen

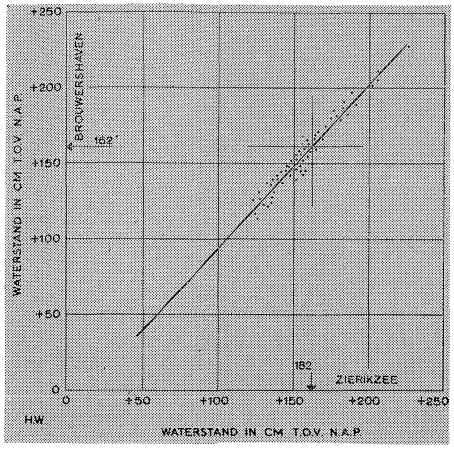
1



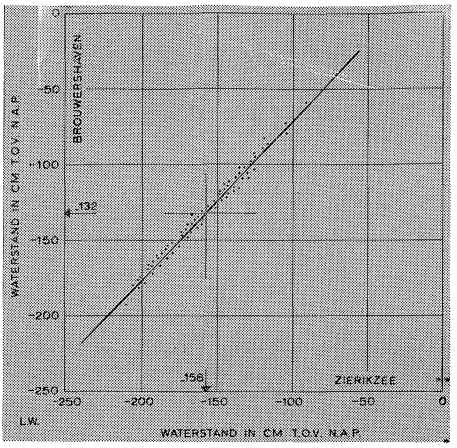
2



a



b



Uit de relaties tussen de H.W.'s en L.W.'s te Zierikzee en Brouwershaven volgt voor Brouwershaven:

	H.W.	L.W.	Tijverschil
doodtij	N.A.P. + 110 cm (+ 102)	N.A.P. — 111 cm (— 107)	221 (209)
gem. tij	N.A.P. + 140 cm (+ 129)	N.A.P. — 122 cm (— 114)	262 (243)
springtij	N.A.P. + 162 cm (+ 149)	N.A.P. — 132 cm (— 118)	294 (267)

De tussen haakjes geplaatste getallen zijn weer de slotgemiddelden uit het tienjarig overzicht 1951–1960. Uit deze tabel blijkt dat door de aanleg van de dam de volgende veranderingen in de L.W's, H.W.'s en tijverschillen te Brouwershaven zijn opgetreden:

	H.W.	L.W.	T.V.
doodtij	+ 8 cm	— 4 cm	12 cm
gem. tij	+ 11 cm	— 8 cm	19 cm
springtij	+ 13 cm	— 14 cm	27 cm

De volgens beide methoden gevonden veranderingen in de H.W.'s, L.W.'s en tijverschillen te Brouwershaven tengevolge van de afsluiting van de Grevelingen blijken onderling goed overeen te stemmen.

De na afsluiting opgetreden relaties tussen de H.W.- en L.W.-standen van de registrerende peilschalen te Brouwershaven en Grevelingen-West, gelegen aan de westzijde van de scheepvaartsluis in de dam, werden bepaald uit de geregistreerde getijden in de maanden januari t/m oktober 1965.

Voor Grevelingen-West resulteerden daaruit de volgende gemiddelde hoog- en laagwaterstanden:

	H.W.	L.W.	T.V.
doodtij	N.A.P. + 133 cm	N.A.P. — 122 cm	255 cm
gem. tij	N.A.P. + 170 cm	N.A.P. — 141 cm	311 cm
springtij	N.A.P. + 193 cm	N.A.P. — 156 cm	349 cm

Betrekkingen tussen de H.W.'s (a) en L.W.'s (b) te Zierikzee en Brouwershaven bij springtij na afsluiting van de Grevelingen.

Van Grevelingen-West zijn van vóór 1962 geen natuurmetingen bekend, zodat het niet zonder meer mogelijk is de veranderingen in de H.W.'s en L.W.'s aan te geven. Uit vergelijking met de peilschaalgegevens van Bruinisse vóór de afdamming valt af te leiden dat te Grevelingen-West de volgende waarden zijn voorgekomen:

	H.W.	L.W.	T.V.
doodtij	N.A.P. + 120 cm	N.A.P. — 132 cm	252 cm
gem. tij	N.A.P. + 151 cm	N.A.P. — 148 cm	299 cm
springtij	N.A.P. + 171 cm	N.A.P. — 159 cm	330 cm

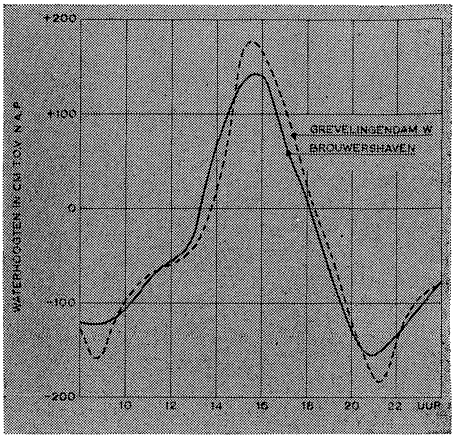
De veranderingen in de L.W.'s, H.W.'s en T.V.'s te Grevelingen-West tengevolge van de aanleg van de Grevelingendam bedragen dus:

	H.W.	L.W.	T.V.
doodtij	+ 13 cm	+ 10 cm	3 cm
gem. tij	+ 19 cm	+ 7 cm	12 cm
springtij	+ 22 cm	+ 3 cm	19 cm

Er werd ook een onderzoek ingesteld naar de veranderingen in de tijdstippen van H.W. en L.W. te Brouwershaven en Grevelingen-West.
Uit het Tienjarig Overzicht 1951–1960 blijken voor Zierikzee en Brouwershaven de gemiddelde havengetallen en de tijdsverschillen hierin:

	H.W.	L.W.
Zierikzee	2 u 16 min	8 u 04 min
Brouwershaven	1 u 58 min	7 u 55 min
Verschil	18 min	9 min

Ter toelichting diene, dat onder gemiddeld havengetal voor een bepaalde plaats verstaan wordt het gemiddelde tijdsverschil van alle hoog- en laagwaters ten opzichte van de maanculminatie, gemeten over een voldoend lange periode.



Geregistreerd verticaal getij te Brouwershaven en Grevelingen-West op 25 oktober 1965

Na afsluiting van de Grevelingen zijn de genoemde gemiddelde verschillen in H.W.-tijd en L.W.-tijd tussen Zierikzee en Brouwershaven resp. — 10 minuten en + 27 minuten geworden.
De nieuwe gemiddelde havengetallen te Brouwershaven worden dus voor H.W. 2 u 26 min en voor L.W. 7 u 37 min; dat wil zeggen, dat het tijdstip van H.W. te Brouwershaven gemiddeld 28 min later komt en dat van L.W. 18 min eerder dan vóór de afsluiting van de Grevelingen.
De gemiddelde havengetallen te Grevelingen-West worden bij de nieuwe toestand: voor H.W. 2 u 26 min en voor L.W. 7 u 47 min.

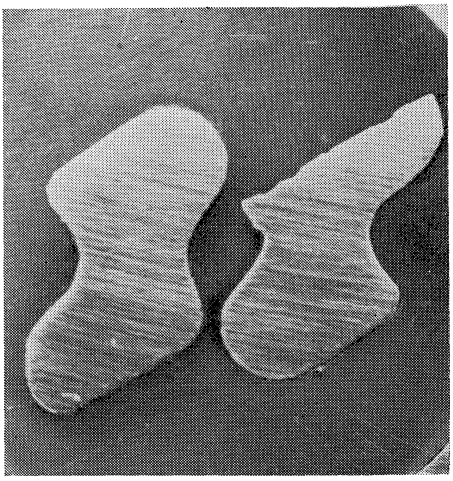
Vergelijking der uitkomsten

Ten aanzien van het hoogwater te Brouwershaven blijken zowel de resultaten van de getijberekeningen als die van de modelproeven overeen te stemmen met de volgens de natuurmetingen geconstateerde veranderingen. Het L.W. daarentegen ondergaat een grotere verandering dan de berekeningen aangaven. De resultaten van de modelproeven benaderen de werkelijkheid in dit opzicht nog het meest.
Bij Grevelingen-West stemt de verandering van het H.W. volgens de berekeningen en de modelproeven vrij goed overeen met die welke volgt uit de waarnemingen in de natuur. De verandering van het L.W. is volgens de betreffende berekening en de modelproef te Grevelingen-West goed in overeenstemming met de uit de natuurmetingen blijkende verandering. De sinusoïdale methode gaf een grotere afwijking.
Vergelijkt men de vorm van het verticaal getij te Brouwershaven en Grevelingen-West, zoals dat in een laatste figuur is weergegeven, met de vorm volgens berekeningen en modelproeven, dan blijken de drie uitkomsten vooral voor Grevelingen-West goed overeen te stemmen.
De veranderingen in de stromen, ofwel het zogenaamde horizontaal getij, die ter plaatse van het tracé van de dam door het Brouwershavensche Gat optreden tengevolge van de aanleg van de Grevelingendam, zijn alleen in voldoende mate uit berekeningen en modelproeven bekend. Eerst wanneer hier ter plaatse over een langere periode stroommetingen zullen zijn verricht wordt een betrouwbare vergelijking met de uitkomsten van de berekeningen en modelproeven mogelijk.

Demontage en hergebruik van de kabelbaan

De kabelbaan over de Grevelingen heeft eind 1964 bij de sluiting van de noordelijke geulen zowel goede kwaliteiten als gebreken getoond. De gebreken bleken van zodanige aard te zijn dat zij door een grondige revisie en verbetering van enkele kwetsbaar gebleken onderdelen opgeheven zouden kunnen worden. Aan de gunstige ervaringen met de kabelbaan als instrument voor de geleidelijke sluiting kon derhalve wel zoveel waarde worden gehecht, dat hergebruik bij een volgende sluiting verantwoord leek.
Voordat besloten kon worden tot hergebruik van de kabelbaan moest eerst worden nagegaan of de afsluitingen van het Volkerak bij het Hellegat en van het Haringvliet in het Rak van Scheelhoek, die als eerste op het programma staan, zich wel voor een geleidelijke sluiting met behulp van een kabelbaan zouden lenen, of dat daar om enigerlei reden een caissonsluiting de voorkeur verdiende.
Daarbij dient in aanmerking te worden genomen dat in de loop der jaren ruime aandacht is geschonken aan de verdere ontwikkeling van doorlaatcaissons (Driemaandelijks Bericht nr. 34, november 1965), met het gevolg dat voor de komende grote sluitingen twee op zichzelf gelijkwaardige oplossingen ter beschikking stonden. Uit een oriënterend onderzoek bleek dat er geen omstandigheden waren aan te wijzen waardoor een toepassing van een van beide methodes in het Hellegat of in het Rak van Scheelhoek beslist zou moeten worden ontraden.
Ook de kostenfactor bleek niet doorslaggevend te zijn. Uiteraard levert herhaald gebruik van dezelfde kabelbaan een besparing op, maar daar staat tegenover dat er telkens een aanpassing aan de nieuwe situatie nodig is, en dat nieuwe technische inzichten nopen tot veranderingen welke kosten met zich brengen. Omdat de twee genoemde afsluitingen vlak na elkaar zullen plaatsvinden, is het niet mogelijk dezelfde kabelbaan voor beide te gebruiken; er moest dus een keuze worden gedaan.
Er is naar gestreefd de keuze zo te bepalen dat een maximum aan ervaring zou kunnen worden opgedaan met het oog op mogelijke toepassing van de kabelbaan bij de afsluitingen van het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde.
Een belangrijk vraagpunt bij de opbouw met stortmaterialen van dicht aan open zee gelegen dammen is de weerstand die deze materialen bieden tegen de gecombineerde werking van hoge wind, golven en getijstromen. Omdat geheel betrouwbare gegevens hierover slechts te verkijgen zijn bij uitvoering van een dergelijk werk op een plaats waar sterke golfbeweging gepaard gaat met een krachtige stroom, verdient gebruik van

1



1. Plaatselijke slijtage van een draad uit de buitenlaag van de kabel. Links een dwarsdoorsnede van de oorspronkelijke draad, rechts van de gesleten draad

2. Trekproef op de volledige kabel. Foto genomen onmiddellijk na de breuk

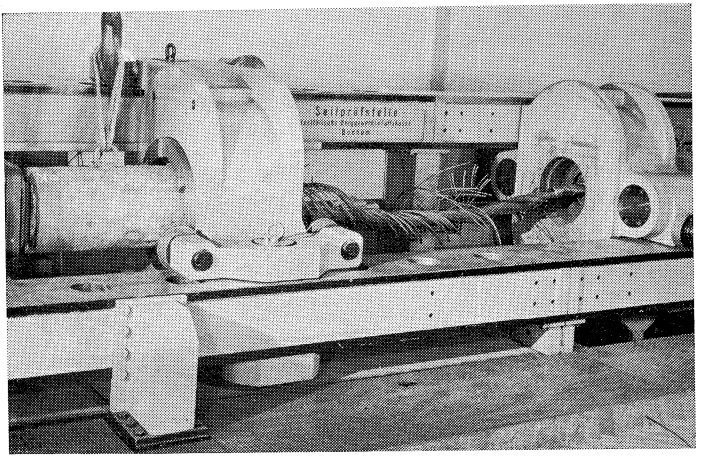
3. Detail van de breuk in een proefstuk van de tweede kabel

de kabelbaan in het Haringvliet vanuit dit oogpunt de voorkeur boven toepassing in het Volkerak.
Een tweede belangrijk argument voor toepassing van de kabelbaan in het Haringvliet is van uitvoeringstechnische aard. De tijd die bij een geleidelijke sluiting nodig is voor het gereedmaken van het sluitgat en in het bijzonder van de drempel, is aanzienlijk korter dan bij een caissonsluiting. De tijdschema's der werkzaamheden die nog moeten worden verricht voor men tot sluiting kan overgaan, geven aan dat in het Haringvliet naar verhouding minder tijd beschikbaar zal zijn voor het opbouwen van een sluitgatdrempel. Ook om deze reden leek het raadzaam de kabelbaan in het Haringvliet toe te passen.

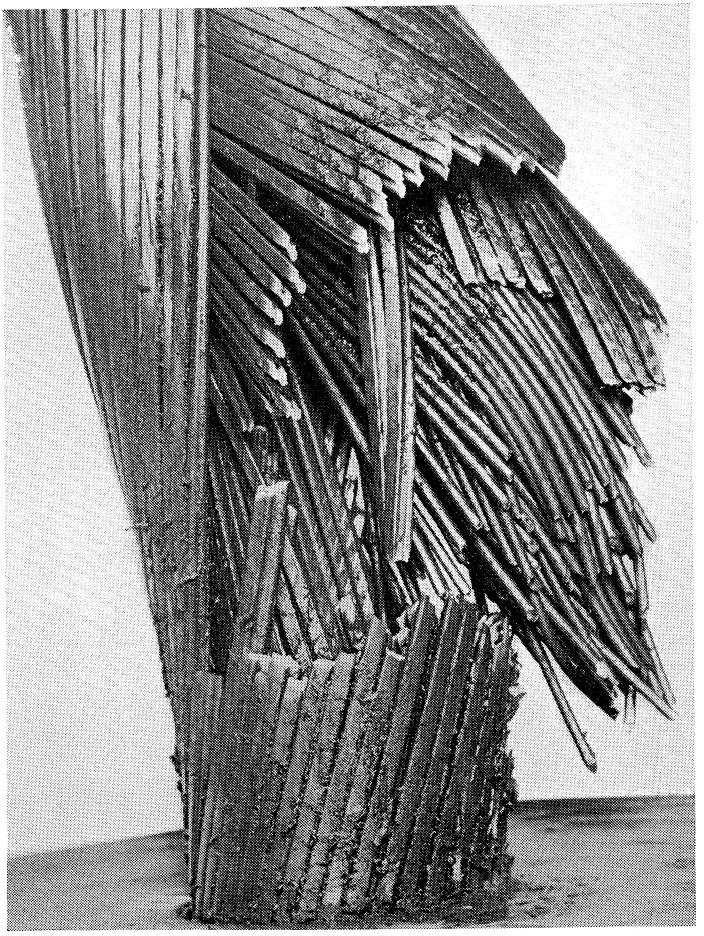
Demontage van de kabelbaan

Nadat voorbereidende maatregelen waren getroffen is de spanning van de kabels boven de Grevelingendam afgelaten, waarbij men de werkzaamheden in tegenovergestelde volgorde deed verlopen als bij het op spanning brengen in 1964 (Driemaandelijks Bericht nr. 29, augustus 1964). Van elke kabel werd de trekkracht eerst teruggebracht van 300 tot 200 ton. Daartoe werd het contragewicht in zo hoog mogelijke stand gebracht door er een hoeveelheid ballast uit te verwijderen. Tussen de inmiddels aan de noordzijde aangebrachte kabelklem en het vaste verankeringsblok werd wederom een zware takel aangebracht, en een lier opgesteld met behulp waarvan de kabel werd gevierd.
Toen de spanning was verlaagd tot 200 ton werd een etmaal gewacht om de kabels gelegenheid te geven zich ook inwendig te ontspannen. Toen 80 ton spanning was bereikt werd voor hetzelfde doel wederom 24 uur gewacht. Tenslotte werden de kabels op provisorische ondersteuningen neergelaten, aan de zuidzijde afgesneden en onder een permanente spanning van vijf ton op de haspel gewonden waarop zij indertijd ook waren aangevoerd. Van de staalcontructies is de zuidelijke pyloon reeds gedemonteerd omdat deze de wegaanleg over de Grevelingendam ter plaatse hindert. De rest van de staalcontructies zal spoedig volgen. De onderdelen zullen worden ontroest om vervolgens nabij Hellevoetsluis opnieuw te worden gemonteerd.
De railbaan aan de zuidzijde blijft voorlopig intact, zodat de gereviseerde gondels erop kunnen proefrijden.

2



3



Onderzoek van de draagkabels

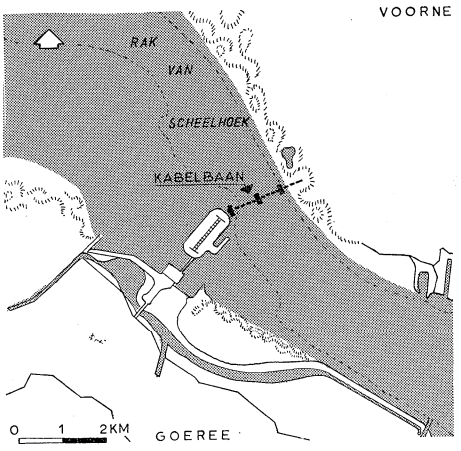
Voor de nieuwe opstelling over het Rak van Scheelhoek zijn ter beperking van de kabelspanning de afstanden tussen de pylonen wat kleiner gekozen dan bij de Grevelingen. Van beide kabels konden dan ook zonder bezwaar stukken van ruim 60 m worden afgesneden om te dienen als proefstukken, waarmee men aan de hand van een serie onderzoekingen zou kunnen vaststellen of de kabels nog betrouwbaar genoeg zijn voor hernieuwd gebruik. Door schuring op enkele steunpunten bleek de buitenste laag draden vrij sterk gesleten te zijn. De smering had hier blijkbaar niet voldoende gefungeerd, met het gevolg dat door metallisch contact tussen kabel en glijgoot onder warmteontwikkeling een structuurwijziging in het oppervlak van de kabel had plaatsgevonden. Dit was een aanwijzing dat voor bepaalde opleggingen bronzen voeringen zeer gewenst zijn.
De breuktrekproeven op enkele kabelmonsters gaven niet geheel bevredigende resultaten. Wel moet hierbij worden opgemerkt dat de interpretatie van dergelijke proeven altijd moeilijk blijft, omdat een te lage breekkracht kan worden veroorzaakt door kleine ongelijkmatigheden in het korte proefstuk, die zijn ontstaan bij het aangieten van de conische koppen die voor het inspannen in de trekbank noodzakelijk zijn.
Toch leek het niet verantwoord de kabels zonder meer opnieuw te gebruiken. Bij verder onderzoek aan de hand van de proefstukken bleek het inwendige van de kabel nergens corrosie te vertonen. De zilte atmosfeer had slechts de buitenkant doen roesten; ditzelfde beeld vertoonde zelfs een proefstuk van de in 1963 gebroken kabel, dat een half jaar onder water had gelegen en daarna een paar jaar aan weer en wind was blootgesteld geweest.
Zeer gunstige resultaten werden echter bereikt met breekproeven op een paar proefstukken waarvan de buitenste laag geheel was doorgesneden. Op grond van deze resultaten wordt thans overwogen de kabels van een nieuwe buitenlaag profieldraden te voorzien. Dit is met gesloten draagkabels al eerder gedaan, en met gunstig resultaat. Een voorwaarde is natuurlijk dat de kern geheel gaaf is, en dat een goede samenwerking tussen kern en buitenlaag verzekerd is. De problemen die zich hierbij voordoen zijn thans nog in studie.

Revisie van de gondels

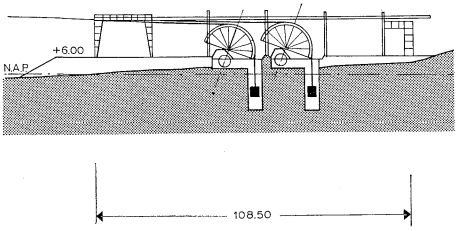
Afgaande op de ervaringen tijdens de afsluiting van de Grevelingen heeft men een voorlopig programma van revisie en incidentele verbetering van de gondels opgesteld en in uitvoering genomen. Daartoe zijn alle gondels van de baan genomen en ondergebracht in twee nissenhutten, welke voor dit doel zijn neergezet nabij de plaats van het vroegere laadstation op de Grevelingendam.
Om te beginnen wordt één gondel geheel gereviseerd, met de bedoeling dat aan de hand van de bevindingen een definitief programma voor de behandeling van de gehele serie zal kunnen worden opgesteld.

Opstelling bij het Haringvliet

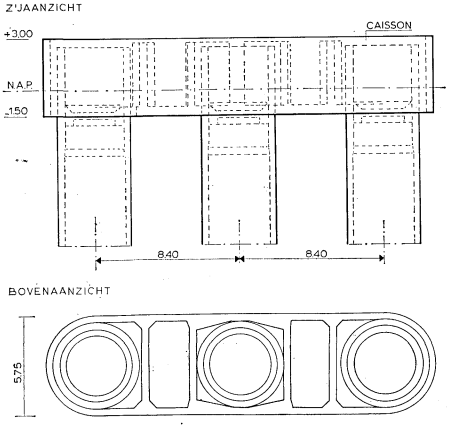
In beginsel zal de opstelling van de kabelbaan boven het Rak van Scheelhoek niet zoveel verschillen van die over de Grevelingen. De hoofdoverspanningen worden 565 en 580 m lang, de zijoverspanningen 95 en 165 m. De lengte der overspanningen volgt uit de plaatselijke omstandigheden en uit eisen ten aanzien van de maximale hellingen en maximale doorhang van de kabels. Het verschil van 15 meter in de lengte der hoofd-



Geprojecteerd tracé van de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek



Ontwerp van de beweegbare kabelverankering aan de noordzijde



Zij- en bovenaanzicht van een pijler voor de fundering van de pylonen

overspanningen heeft ten doel eventuele resonanties in de slingeringen van de kabels te onderdrukken.
Het vaste verankeringspunt komt aan de zuidzijde. Reeds bij de bouw van de uitwateringssluizen is met de behoefte aan zo'n verankeringspunt rekening gehouden, en is in het landhoofd van de sluis een tiental verankeringskabels ingestort die gezamenlijk op 1000 ton trek kunnen worden belast. De normale trekkracht in elk der beide kabels zal waarschijnlijk 280 ton bedragen, zodat een ruime veiligheidsmarge aanwezig is. De contragewichten aan de noordzijde zullen zo worden uitgevoerd, dat de kabelkracht op eenvoudige wijze constant kan worden gehouden. De kabels worden geleid over een tweetal segmenten met een straal van 9 m en vervolgen verbonden aan de tegengewichten die, vrijhangend in twee verticale schachten, op en neer kunnen bewegen.
De oude constructie, die bestond uit kantelbare gewichten met correctieslinger, wordt dus verlaten: er kleven teveel bezwaren aan. De nieuwe constructie vergemakkelijkt de montage van de kabels, omdat een grotere uitslag van de tegengewichten mogelijk is. De railbanen waarover thans kan worden beschikt wil men bij het Haringvliet allemaal gebruiken, maar ze dan zo opstellen dat er zo weinig mogelijk rails tussen de draaischijven ligt. Het circuit wordt daardoor korter, en er blijft een langer garagespoor beschikbaar. Dit garagespoor wordt opgesteld aan de Voornse zijde van de baan, omdat er aan de zijde van de uitwateringssluizen geen plaats voor is. Het spoor wordt T-vormig: aan beide takken kan dan een verschillende functie worden gegeven. Een der nissenhutten zal waarschijnlijk te zijner tijd van de Grevelingendam naar Voorne worden verplaatst en als reparatieloods worden gebruikt. De onderbouw van de hutten is met het oog hierop uit geprefabriceerde elementen samengesteld.

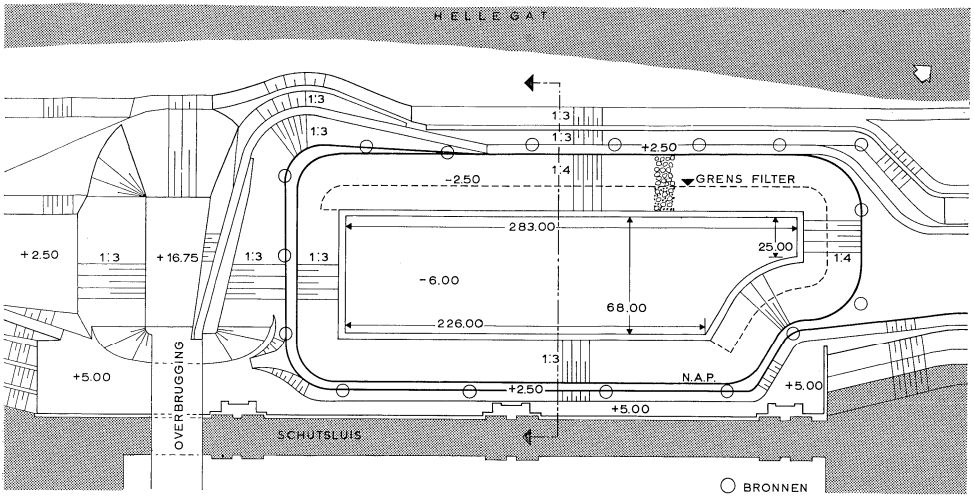
Fundering van de pylonen

De drie pylonen of draagtorens zullen worden gefundeerd op rivierpijlers van dezelfde constructie als de pijlers van de brug over de Oosterschelde (zie Driemaandelijks Bericht nr. 21, augustus 1962). Uit een vergelijking van voorontwerpen en kostenramingen is gebleken dat van alle oplossingen die in technisch opzicht geheel bevredigen en in open water aan de kust kunnen worden uitgevoerd, deze de meest voordelige is. De uitvoering kan met behulp van het voor de bouw van de Oosterscheldebrug geconstrueerde zware materieel op korte termijn worden gerealiseerd, omdat ze aansluit op de voltooiing van die brug.
De geprefabriceerde onderdelen van de pijlers liggen opgeslagen op het werkterrein te Kats; zij worden naar het Rak van Scheelhoek getransporteerd en daar tot pijlers samengesteld.
Elke pijler bestaat uit drie putten van voorgespannen beton met een doorsnede van 4,25 m, die aan elkaar worden gekoppeld door een caisson van hetzelfde materiaal.
In de koppen van de putten en in de caisson wordt vulbeton gestort; wanneer dat beton verhard is, worden de pijlers en de caisson door het spannen van voorspankabels tot één geheel verbonden. In het bovenvlak van elk der pijlers worden stalen verankeringen ingebetonneerd, waarop de bovenbouw met behulp van drijvende bokken kan worden gemonteerd. De funderingsdiepte van de putten is voor elk der pijlers aan de hand van diepsonderingen en steekboringen vastgesteld, overeenkomstig het advies van het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft en in gemeenschappelijk overleg met de aannemer, de 'Combinatie Brug Oosterschelde'. Hierbij is er rekening mee gehouden dat te zijner tijd, ten gevolge van het opstorten van de drempel en van de sluitdam zelf, een aanzienlijke negatieve kleef op de putten zal optreden.

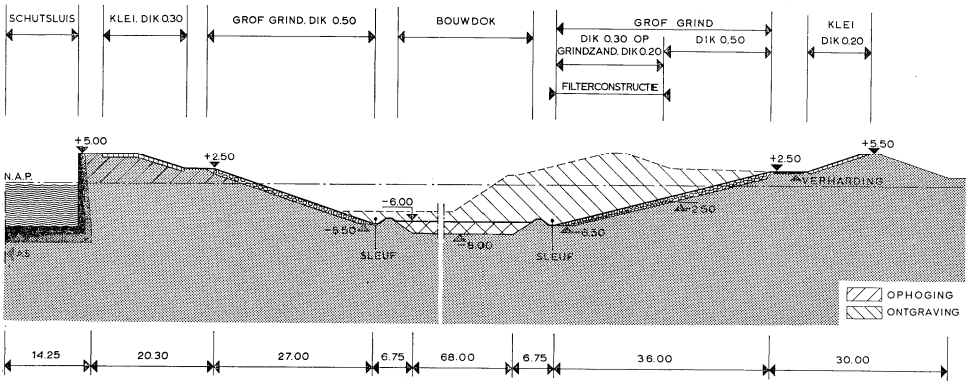
Het bouwdok voor de doorlaatcaissons ten behoeve van de Volkerakafsluiting

Het Volkerak zal worden afgesloten door middel van doorlaatcaissons. In totaal zullen twaalf caissons in het sluitgat geplaatst worden. De lengte, breedte en hoogte van deze caissons zijn respectievelijk 45 m, 15 m en 13 m. In drijvende toestand is de diepgang 4,6 m. Voor de bouw van de doorlaatcaissons – in totaal dertien, waarvan één reserve – is een bouwdok nodig. De oppervlakte van dit dok wordt bepaald door het aantal en de afmetingen van de te bouwen caissons en de ruimte die beschikbaar moet zijn voor het tijdens de bouw te gebruiken hulpmaterieel. Bij het uitvaren van de caissons naar het sluitgat moet er bovendien voldoende ruimte voor de sleepboten zijn.
De diepte van het dok wordt bepaald door de diepgang van een drijvend caisson. Daarbij wordt er van uitgegaan dat de caissons tijdens de H.W.-periode uit het dok gesleept zullen worden.
De caissons zullen gebouwd worden op een filterbed van grof grind ter dikte van 50 cm, zodat bij een diepte van het dok van N.A.P. – 6 m de onderkant van de caissons op N.A.P. – 5,50 m ligt. Bij een waterstand van ca. N.A.P. zullen de caissons loskomen en opdrijven. Voor het uitvaren tijdens de H.W.-periode is dan voldoende tijd beschikbaar waarin de ruimte tussen de bodem en de onderkant van het drijvend caisson groot genoeg is.
Voor de plaats van het bouwdok werden verschillende mogelijkheden onderzocht; de aanlegkosten van de verschillende oplossingen werden onderling vergeleken. Overwogen zijn:
gecombineerde bouw van de caissons voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat en het Volkerak in één dok;
een dok alleen bestemd voor de Volkerakcaissons bij de zuidelijke toerit van de brug nabij Numansdorp; en
een dok alleen bestemd voor de Volkerakcaissons ter plaatse van het terrein waar in de toekomst eventueel een derde schutsluis zal worden gebouwd.
Bij nader onderzoek van de eerste mogelijkheid bleek, dat het kostenverschil tussen een gecombineerde en een afzonderlijke bouw zeer gering zou zijn. Bovendien werden de voordelen van een gecombineerde bouw overtroffen door de nadelen.
Om te kunnen kiezen tussen de beide andere mogelijkheden werd een grondmechanisch onderzoek ingesteld en aan het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening advies gevraagd omtrent het te verwachten waterbezwaar en de in verband daarmee benodigde capaciteit van de bemaling.

1



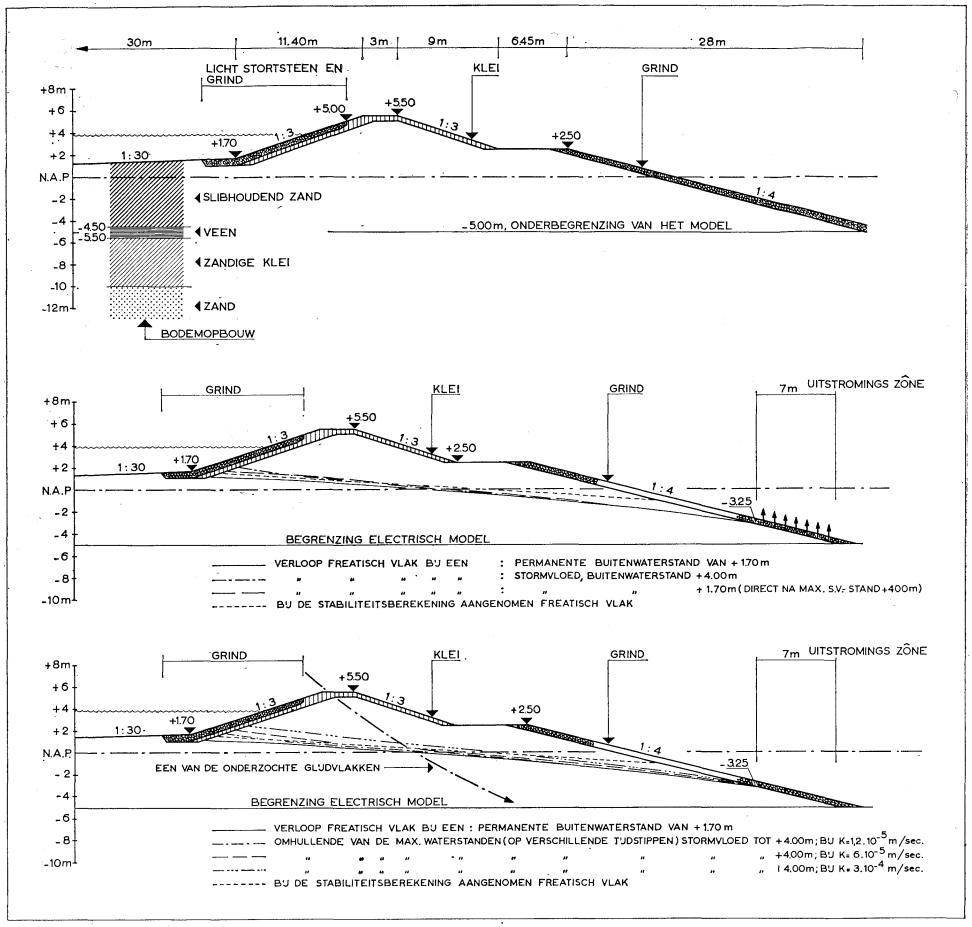
2

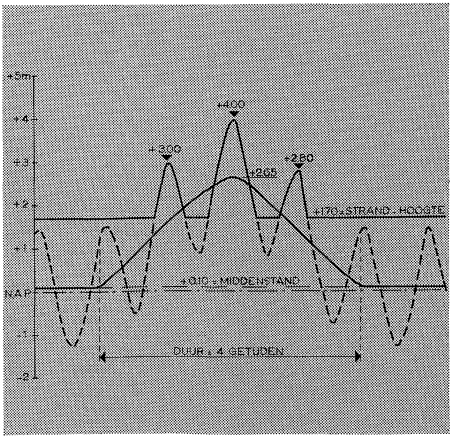


Plattegrond van het bouwdok voor de doorlaatcaissons (1) met dwarsdoorsnede (2)

Uit de gemaakte kostenramingen bleek, dat een dok ter plaatse van de derde sluis goedkoper zou zijn dan een dok bij de zuidelijke toerit van de brug. Een doorslaggevend argument hierbij was dat het overtollige zand, vrijkomende bij de ontgraving van het dok ter plaatse van de derde sluis, meteen verwerkt kon worden bij de aanvulling van de sluisterreinen.

De grondgesteldheid van het voor de bouw van het dok gekozen terrein is blijkens de verichte boringen en sonderingen als volgt: van maaiveldhoogte tot N.A.P. – 4,50 m fijn





a. Uiteindelijk vastgesteld dwarsprofiel van de ringdijk om het bouwdok

b en c. Modelresultaten van het verloop van de grondwaterstanden in het dijklichaam

Het verloop van de buitenwaterstand bij stormvloed, gebruikt als randvoorwaarde voor het onderzoek in het elektrisch model

zand met slib; een veenlaag van N.A.P. – 4,50 m tot N.A.P. – 5,50 m; daaronder tot N.A.P. – 10 m een zandhoudende kleilaag en beneden N.A.P. – 10 m vastere zandlagen.
Uit een door het Laboratorium voor Grondmechanica nader ingesteld onderzoek volgde dat een grondverbetering tot N.A.P. – 8 m noodzakelijk was om de zetting, maar vooral de zettingsverschillen tijdens de bouw van de caissons te reduceren tot aanvaardbare grootte.
Verder dienden de binnentaluds aan de N.W.- en N.O.-zijde van het dok ter verzekering van de stabiliteit onder een helling van 1 : 4 te worden gebracht. Aan de andere twee zijden van het dok kon met een helling van 1 : 3 worden volstaan.
Om de stabiliteit van de oprit naar de bruggen over de sluizen niet in gevaar te brengen tijdens de ontgraving diende op N.A.P. + 2,50 m een berm ter breedte van 10 à 15 m te worden gemaakt. Het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening berekende het waterbezwaar van het dok op 900 à 1000 m³/u, zodat voor de bronbemaling 19 à 20 putten nodig zijn, ieder met een onderwaterpomp met een capaciteit van 50 m³/u.
Deze diepe bronbemaling moet reeds bij de ontgraving van het dok in werking zijn om opbarsting van de klei- en veenlagen te voorkomen.
De bronnen voor de diepe bemaling werden in de binnenberm op N.A.P. + 2,50 m geplaatst. De verdeling van de bronnen langs de omtrek van het dok werd zodanig gekozen, dat de onderlinge tussenafstanden langs de N.W.- en N.O.-zijde kleiner zijn dan langs de zijden van de schutsluis en de oprit. De omstorting met fijn grind van de diepe bronnen wordt ook doorgevoerd tot in het ondiepe pakket van fijn zand, zodat een deel van de grondwaterstroom door deze zandlaag kan worden opgevangen.
Het grootste gedeelte van deze grondwaterstroom dringt tussen de diepe bronnen door naar het dok. In het advies van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening werd voorgesteld deze resterende hoeveelheid ondiep grondwater door een ondiepe bemaling af te voeren.
Onderzocht is of deze ondiepe bemaling niet kan worden weggelaten en vervangen worden door een open bemaling en zo ja, welke nadere voorzieningen dan getroffen moeten worden om de stabiliteit van het binnentalud te verzekeren.
Uit dit onderzoek, dat werd uitgevoerd met behulp van een elektrisch analogon, bleek dat de ondiepe bemaling kan worden weggelaten bij een talud van 1 : 4 en een 5 m brede berm op N.A.P. + 2,50 m. Om uitspoelen van het fijne zand te voorkomen dient een filterconstructie op het zandlichaam te worden aangebracht. De hoeveelheid water die door de open bemaling verwijderd dient te worden, wordt geschat op 40 m³/u.
Op grond van deze uitkomsten zal langs de N.W.- en N.O.-zijde van het dok een filterconstructie worden aangebracht vanaf N.A.P. – 2,50 m tot N.A.P. – 6,50 m. Het filter zal bestaan uit een 20 cm dikke laag grindzand, afgedekt door een laag grof grind van 30 cm dikte.
Om de hinder van het uittredende grondwater tijdens de ontgraving en het aanbrengen van de filterconstructie te voorkomen is een tijdelijke vacuümbemaling van de ondiepe zandlaag noodzakelijk.
Na het gereedkomen van het dok zal het uittredende grondwater opgevangen worden in een sleuf of sloot, die zich onderaan de teen van het binnentalud bevindt. Deze sleuf zal men vormen door bij het ontgraven een rug van klei te laten staan.
Boven het peil van N.A.P. – 2,50 m wordt de grove grindlaag doorgezet tot N.A.P. + 2,50 m; hij dient dan als bescherming van de taluds tegen de schroefstroom van sleepboten tijdens het uitvaren van de caissons.
De aanleg van het dok is thans in volle gang en men verwacht nog dit jaar met de bouw van de caissons te kunnen beginnen.

Golfmetingen in de mond van het Haringvliet ten behoeve van het morfologisch onderzoek van de bodem

De afsluiting van het Haringvliet en de uitbouw van de havenhoofden van de Europoort zullen de getijstromen zeewaarts van de uitwateringssluizen wijzigen. In algemene zin komt de verandering hierop neer, dat de stromen zullen afnemen, omdat de uitwateringssluizen gedurende de helft van de tijd geheel dicht zullen zijn. Slechts tijdens de eb zal worden geloosd. Bij vloed zal alleen de kom westwaarts van de sluizen gevuld worden, met ca. 30 000 000 m^3 water, terwijl het getijvolume van het nog niet afgesloten Haringvliet 240 000 000 m^3 bedraagt.
Deze vermindering zal niet zonder gevolgen blijven voor de bodemfiguratie. In de ruime geulen zullen de snelheden na de voltooiing van de afsluiting zodanig verminderen, dat alleen de golfbeweging nog zandtransport zal teweegbrengen; daardoor zullen in de mond zandbanken ontstaan, waardoor het doorstroomprofiel in belangrijke mate zal worden vernauwd.
De bodem zal weer enigszins tot rust komen nadat een nieuwe evenwichtstoestand tussen de getijstromen en de golven zal zijn ingetreden. Dan immers zal ook de aanvoer van het zand door de golfbeweging in evenwicht komen met de afvoeren door de sluizen in het Haringvliet, gecombineerd met de kombergingsstromen.
Tot zolang zal vooral de golfbeweging een overheersende invloed hebben op de bodemveranderingen in de relatief ondiepe onderwaterdelta van het Haringvliet.
De omvang van de te verwachten veranderingen kan onder andere worden geschat aan de hand van de veranderingen die na de afsluiting in 1951 voor de mond van de Brielse Maas optraden (Driemaandelijks Bericht nr. 20, mei 1962).
Het is van groot belang de toekomstige veranderingen nu reeds te kunnen bepalen, teneinde eventuele ongunstige ontwikkelingen, met name ongewenste oevererosie of sedimentatie, te lokaliseren, zodat er volgens nadere studies maatregelen tegen genomen kunnen worden.
In dit artikel zal het golfonderzoek, op zichzelf slechts een deel van het waterloopkundig onderzoek dat de gestelde vragen moet beantwoorden, nader worden belicht.

Invloed van de golven op de bodem

De bodemligging wordt in een gebied waar golven een dominerende invloed hebben, bepaald door de twee voornaamste eigenschappen van de golfbeweging: het massawatertransport en de refractie.

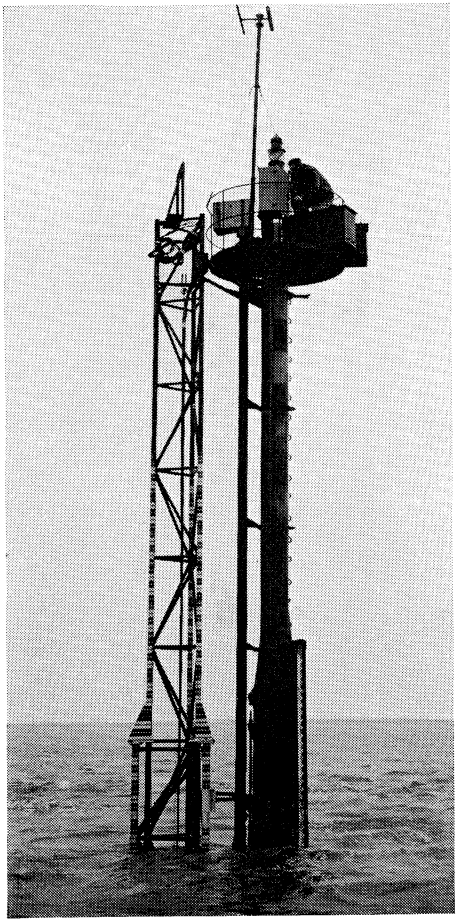
Het massawatertransport is de door de golfbeweging veroorzaakte waterbeweging. Deze zal zijn invloed voornamelijk doen gelden bij de bodem. Het duidelijkst tekent het massatransport zich af in de branding op het strand, waar voorwerpen zowel langs de bodem als langs de wateroppervlakte op de kust worden aangespoeld. Zo zijn in het Deltagebied op de stranden van de eilanden na de stormramp van 1953 op vele plaatsen zelfs bakstenen van ingestorte huizen teruggevonden. Deze stenen zijn klaarblijkelijk door de golven langs de bodem verplaatst en tot op het strand gerold. Het massatransport kan natuurlijk niet slechts in één richting doorgaan. Het water dat door de golven naar de kust wordt gebracht, moet terugstromen en zoekt hiervoor de weg van de minste weerstand: de diepere geulen. Zijn die er niet, dan ontstaan ze door de stroomconcentratie nabij het strand. Ze zijn berucht onder de naam muien, en de verraderlijk grote stroomsnelheden die erin kunnen optreden hebben reeds menige zwemmer het leven gekost. Met dit massatransport wordt veel zand verplaatst, en wel zolang tot zich een helling vormt waarbij de zwaartekracht op de korrels de invloed van de waterbeweging op de korrels compenseert. Naarmate het massatransport in een kleinere laag water, bij hogere en steilere golven, wordt geconcentreerd, en dus intensiever wordt, vormt zich een steilere helling. Volgens dit mechanisme ontstaan brandingsruggen, en zo is bijvoorbeeld ook de vorming van de Westplaat voor de afgesloten Brielse Maas ingeleid. Er zijn aanwijzingen dat bij het massatransport door golven reeds op ca. 7 m diepte in de Noordzee belangrijke hoeveelheden zand dwars op de richting van de getijstromen worden verplaatst. De refractie wordt veroorzaakt door het verschil in voortplantingssnelheid van de golven op plaatsen met verschillende diepte. In minder diep water gaan de golven langzamer lopen, waardoor ze naar de kust toe als het ware 'bijdraaien'. De refractie beïnvloedt niet alleen de richting van de golfbeweging, maar ook de golfhoogte, die immers evenredig is aan de wortel uit de golfenergie.
Tot zover werd de golfbeweging eenvoudig voorgesteld, en bijgevolg lijkt de berekening van de golfinvloed eenvoudig. Het voorgaande is echter slechts een verregaande schematisering van de belangrijkste factoren die in de werkelijkheid hun invloed doen gelden. In 1962 is uit metingen aan de kust bij Katwijk gebleken (Driemaandelijks Bericht nr. 22, november 1962) dat deze schematisering voor eenvoudige kustprofielen redelijk voldoet. In een zeegat, waar het bodemreliëf sterk varieert, is het verloop van de golfbeweging echter zeer gecompliceerd, vooral in een gebied waar de golfenergie verschillende kanten op gericht is, doordat daarin verscheidene systemen opereren.
Op de berekeningen van dergelijke ingewikkelde golfpatronen in de zeegaten moet een meer uitgebreide controle worden toegepast dan bij de berekeningen aan de eenvoudige schone kust bij Katwijk het geval was.

Uitvoering der metingen

In de mond van het Haringvliet zijn in de loop van 1963 en 1964 zes golfmeetopstellingen geplaatst, n.l. vier golfmeetpalen en twee golfmeetstellingen. De golfmeetopstellingen werden op de navolgende data geplaatst:

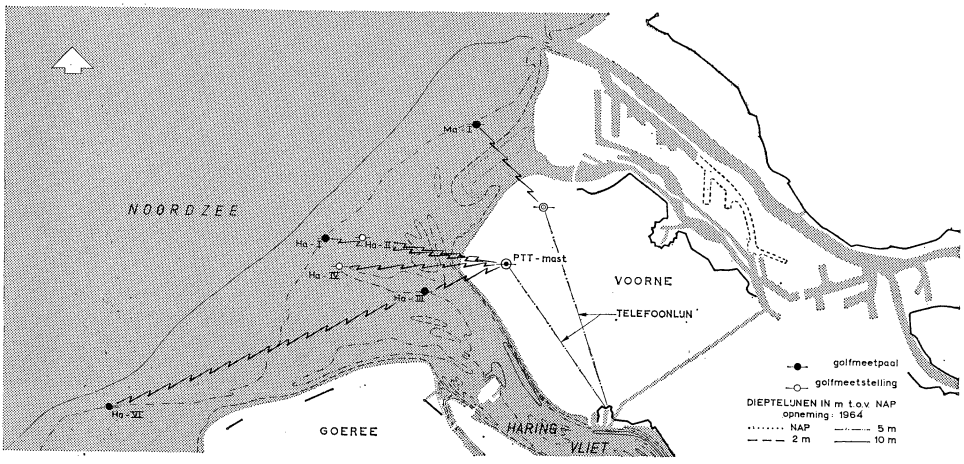
golfmeetpaal	Ma–I	op 23 september 1963
golfmeetpaal	Ha–I	op 23 september 1963
golfmeetpaal	Ha–III	op 24 september 1963
golfmeetpaal	Ha–VI	op 15 juli 1964
golfmeetstelling	Ha–IV	op 16 juli 1964
golfmeetstelling	Ha–II	op 17 juli 1964.

Golfmeetpaal



Golfmeetstelling





Alle meetopstellingen zijn voorzien van een groen schitterlicht als waarschuwingssignaal voor scheepvaart en visserij.
Drie van de golfmeetpalen, met name Ha–VI, Ha–I en Ma–I, werden geplaatst op de dieptelijn van N.A.P. — 5 m, om na te gaan of er tussen verschillende punten aan de rand van de onderwaterdelta onderling aantoonbare verschillen in het golfbeeld bestaan. De middelste golfpaal, Ha-I, dient bovendien als referentiestation voor het onderzoek aan de overige opstellingen.
De volgende problemen worden bestudeerd:
het energieverlies door branding tussen de golfmeetpalen Ha–I (N.A.P. — 5 m) en Ha–II (N.A.P. – 2,50 m);
het energieverlies over een relatief ondiepe drempel (N.A.P. — 4 m) tussen de golfmeetpalen Ha–I en Ha–IV (N.A.P. — 5 m);
de energiespreiding naar relatief ondiepe gebieden bezijden een geul tussen de meetopstellingen Ha–I, Ha–IV en Ha–III, die alle op vergelijkbare diepte werden geplaatst.
De golfmeetpalen zijn uitgerust met drie meetinstrumenten: een elektrische stappenbaak, een golfamplitudeschrijver en een getijschrijver. De golfmeetstellingen zijn alleen voorzien van een elektrische stappenbaak.
Teneinde de meetresultaten nog verder te kunnen vergelijken met de refractieberekeningen worden door K.L.M.-Aerocarto luchtfoto's gemaakt van het betreffende gebied.
Tot nu toe is er in verband met de weersomstandigheden slechts driemaal de gelegenheid geweest om een geslaagde fotovlucht te ondernemen.

Beschrijving der meetinstrumenten

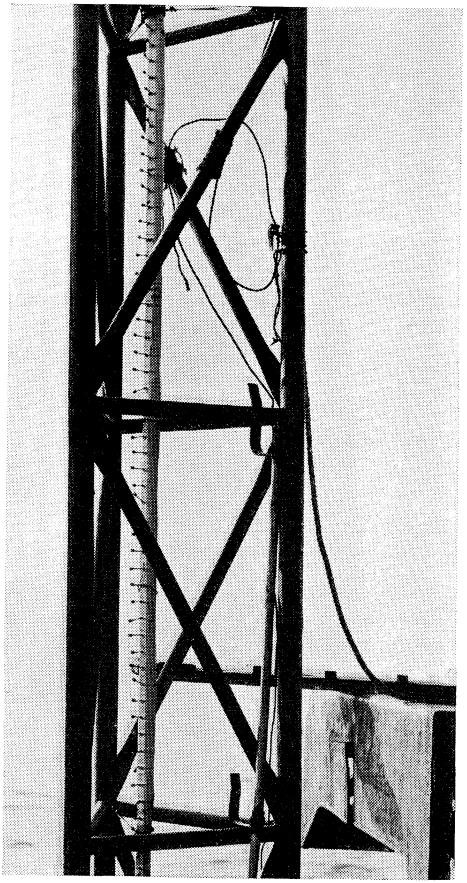
Zowel de elektrische stappenbaak als de golfamplitudeschrijver zijn registrerende golfmeetinstrumenten. Ze zijn echter voor verschillende doeleinden ontworpen.
Met de elektrische stappenbaak wordt of doorlopend of met onderbrekingen nauwkeurig het verloop van de waterstand bij golfbeweging gemeten. De meetgegevens kunnen naast de geschreven registratie tegelijkertijd ook nog op een ponsband worden vastgelegd, hetgeen bewerking door een computer mogelijk maakt. De elektrische stappenbaak is dan ook een instrument dat zich bijzonder goed leent voor het in de inleiding beschreven golfonderzoek.

Situatie der golfmeetopstellingen

Met de golfamplitudeschrijver kan de optredende golfhoogte in onregelmatige tijdsintervallen worden vastgesteld. De verkregen meetgegevens worden gebruikt bij het statistisch onderzoek naar de optredende golfhoogten in de mond van het Haringvliet en op de Maasvlakte. Behalve voor het onderzoek waarbij patroon en karakter van de golfbeweging wordt bestudeerd, zijn deze gegevens tevens noodzakelijk om inzicht te verkrijgen in de frequentie waarmee zekere golfhoogten in een bepaald gebied per jaar optreden. Met de golfamplitudeschrijver wordt dus bepaald hoe vaak een bepaalde golfhoogte voorkomt, terwijl de elektrische stappenbaak de feitelijke variatie van de waterspiegel bij golfbeweging weergeeft, waaruit kan worden opgemaakt hoeveel energie in een bepaald golfbeeld aanwezig is en wat de invloed daarvan kan zijn op de kust of op te bouwen kunstwerken. Voor het golfonderzoek is het van belang om de waterstand gedurende het getij te kennen daar met name in het ondiepere water nabij de kust en in de mond van de zeearmen de golfhoogte niet alleen wordt bepaald door de wind maar ook door de waterdiepte, die op haar beurt wordt bepaald door de waterstand. De elektrische stappenbaak kan tevens worden gebruikt als getijschrijver, hetgeen niet mogelijk is met de golfamplitudeschrijver. Daarom moet in een meetpunt waar een golfamplitudeschrijver is opgesteld tevens een getijschrijver worden geplaatst.
De elektrische stappenbaak bestaat uit een 10 m lange kabel waaraan, op onderlinge afstanden van 5 cm, 200 elektroden zijn bevestigd. Deze baak wordt verticaal in het water geplaatst, met het benedeneinde van de kabel op een diepte van ongeveer 1½ m beneden de normale laagwaterstand. Bij een meetstelling wordt de baak aan de stelling zelf bevestigd, bij een golfmeetpaal eerst in een stalen frame gehangen, dat daarna aan de paal wordt bevestigd.
Buiten de kabel zijn de elektroden zolang ze zich boven water bevinden van elkaar geïsoleerd, via de kabel echter zijn ze verbonden aan een serie van 200 parallel geschakelde condensatoren. Het geheel vormt een circuit met veranderlijke resonantiefrequentie; de verandering wordt bewerkstelligd indien door de golfbeweging meer of minder elektroden door het zeewater worden kortgesloten. De frequentie kan variëren van 1000 tot 3000 Hertz; de capaciteit van de afzonderlijke condensatoren is zodanig gekozen, dat de frequentieverandering plaatsvindt in 200 gelijke stappen van 10 Hertz. Staat de baak geheel droog, dan bedraagt de resonantiefrequentie van het circuit 3000 Hertz; bevinden zich 20 elektroden onder water, dan is de frequentie 3000 –

20 × 10 = 2800 Hertz. Op deze wijze wordt dus aangegeven hoeveel elektroden zich op een bepaald moment onder water bevinden en hoe groot de afstand is van de waterspiegel tot de onderzijde van de baak. Gelet op de snelheid waarmede de elektronische apparatuur werkt, kan worden gesteld dat de waterstand van moment tot moment – en daarmede dus ook de golfbeweging – wordt aangegeven door de verandering in frequentie van het circuit.
Deze veranderlijke frequentie wordt gemoduleerd op de frequentie van een draaggolf van ± 174 MHz, die wordt uitgezonden door de op de golfmeetopstelling opgestelde zender met batterijenvoeding. Van de diverse meetopstellingen wordt dit frequentie-gemoduleerde signaal opgevangen door ontvangers, die in Rockanje en Oostvoorne staan opgesteld. Voor de ontvangeropstelling in Rockanje kan worden gebruik gemaakt van de aldaar aanwezige mast van de P.T.T.
In deze ontvangststations worden beide signalen van elke meetopstelling weer gescheiden, waarna het signaal met de variërende frequentie via een telefoonlijn naar het kantoor van de Waterloopkundige afdeling te Hellevoetsluis wordt geleid.
In de aldaar opgestelde apparatuur wordt het over de telefoonlijn ontvangen signaal

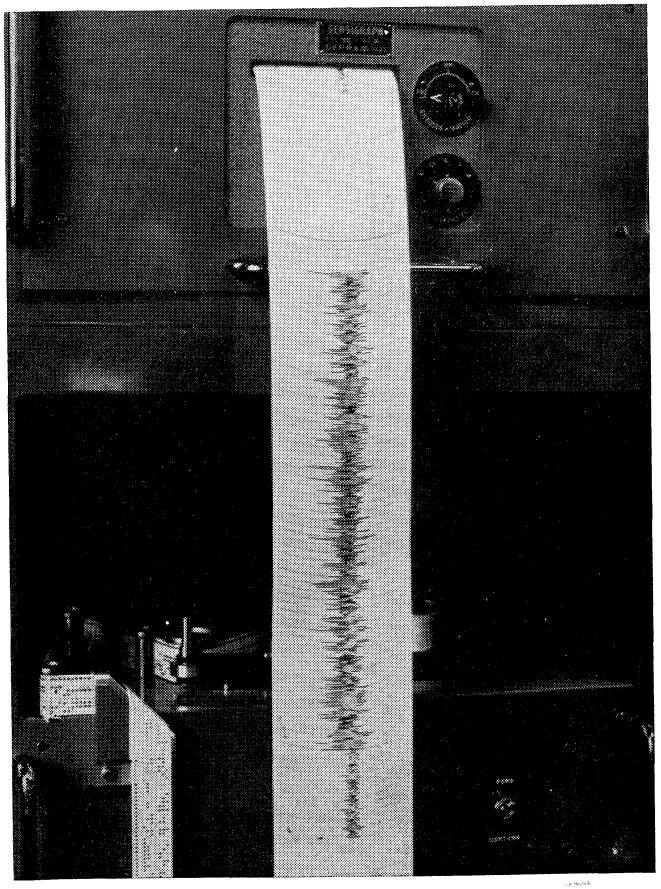
1

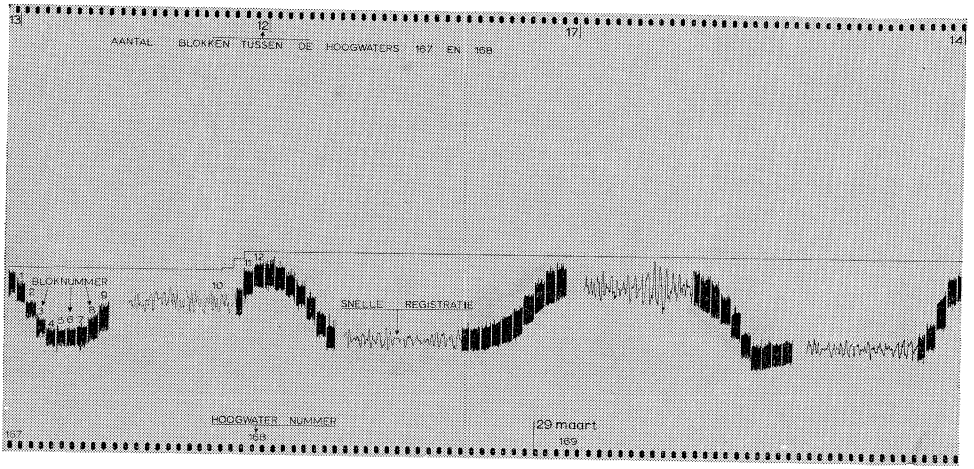


1. Gedeelte van een elektrische stappenbaak. De elektroden moeten hier nog rechtgebogen worden

2. Registratie van de veranderende waterstand met de penschrijver en op een ponsband

omgezet in een registratie van de veranderende waterstand. Deze registratie vindt plaats met een penschrijver (Seframschrijver) en op een ponsband. De ponsmachine ponst daartoe 5 maal per seconde in een bepaalde code een getal; dit getal komt overeen met het aantal elektroden dat zich op het moment van ponsen onder water bevindt. De Seframschrijver doet in wezen hetzelfde: de stand van de schrijfpen wordt op elk moment bepaald door het aantal kortgesloten elektroden. Door de ononderbroken registratie wordt de beweging van het wateroppervlak in het meetpunt als het ware gefilmd. Deze geschreven registratie – mogelijk op schaal 1 : 125, 1 : 50 of 1 : 25 – is noodzakelijk omdat eventuele storingen in het signaal nu onmiddellijk kunnen worden geconstateerd, hetgeen bij de ponsband zonder uitleesapparatuur niet of nauwelijks mogelijk is. Bovendien kan met de Seframregisratie op elk gewenst tijdstip een beeld van de golfbeweging ter plaatse van het betreffende meetpunt worden verkregen, hetgeen voor het bepalen van de werkbaarheid op dat moment – bijvoorbeeld voor de uitvoering van lodingen – van groot nut is.
De golfamplitudeschrijver is een vlotterinstrument, waarbij de registratie van de golfbeweging op de paal zelf plaats vindt.



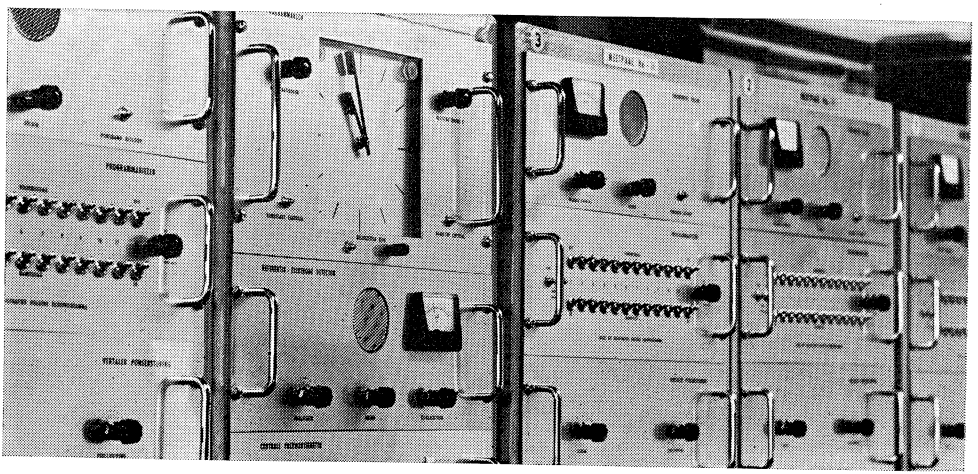


Voorbeeld van golfregistratie door een golfamplitudeschrijver

Registratieprogramma maart 1965–maart 1966 voor de elektrische stappenbaken. Gearceerde blokken: ▶ 50 of meer registraties

WIND-RICHTING / WINDSNELHEID	N.	N.O.	O.	Z.O.	Z.	Z.W.	W.	N.W.
0 – 5 m/sec.				34				
6 – 10 m/sec.	30	20		27				
11 – 15 m/sec.	0	0	4	13	10			7
16 – 20 m/sec.	0	0	0	0	0	18	14	0
> 20 m/sec.	0	0	0	0	0	0	0	0

De registratieapparatuur te Hellevoetsluis



De vlotter beweegt in een geperforeerde vlotterkoker, waarin het wateroppervlak met de golfbeweging op en neer gaat. Door de vlotter worden zowel de mechanismen voor de schrijfpen als voor het papiertransport aangedreven, zodat geen uurwerk of batterijen noodzakelijk zijn.
De constructie van het instrument is zodanig, dat van elke 300 m golfhoogtesommatie slechts 60 m wordt geregistreerd. Komen er bijvoorbeeld 300 golven langs, elk van 1 m hoogte, dan worden alleen de eerste 60 golven geregistreerd en de daarop volgende 240 niet. Er vindt dan ook geen papiertransport plaats; het papierverbruik wordt daardoor zodanig beperkt, dat het instrument gedurende enkele maanden kan registreren op één papierrol. De registratieschaal voor de golfhoogte bedraagt 1 : 50, het papiertransport is 0,1 mm per meter golfhoogtesommatie. Door deze gedrongen schaal bestaat de registratie in feite uit blokjes van elk 60 m golfhoogtesommatie; in deze blokjes zijn meestal de afzonderlijke golven niet herkenbaar. De golfhoogte wordt dan ook bepaald met een speciaal daartoe geconstrueerd afleesschaaltje.
Als gevolg van de getijbeweging worden de blokjes op verschillende hoogte t.o.v. de onderkant van de papierrol geregistreerd; uit het verloop van deze hoogte van de blokjes kan dus ruwweg het verloop van de waterstand, het getij, worden gevolgd.
De registratiestrook bestaat uit papier bedekt met een dun waslaagje. Op deze strook is geen hoogte- of tijdschaal aangebracht. Dit heeft, gezien de constructie van het instrument, ook geen zin: het papiertransport is volkomen afhankelijk van de golfbeweging terwijl de hoogteligging van de registratieblokjes afhankelijk is van de lengte en afstelling van de vlotterdraad.
Uit de registratie van de eveneens op de golfmeetpaal aangebrachte getijschrijver kunnen echter de tijd en de hoogte van de registrerende hoog- en laagwaters worden afgelezen. Met behulp van deze gegevens kunnen op de registratiestrook van de golfamplitudeschrijver achteraf een voldoende nauwkeurige hoogte- en tijdschaal worden aangebracht.
De getijschrijver is eveneens een vlotterinstrument dat op de paal zelf registreert. De vlotterkoker is zodanig geconstrueerd, dat de op- en neergaande beweging van het water door golfslag zo goed mogelijk wordt gedempt.
De vlotter brengt via een wormwiel een schrijfpen in beweging. Het papiertransport wordt verzorgd door een uurwerk dat gedurende een maand kon lopen zonder te worden opgewonden.

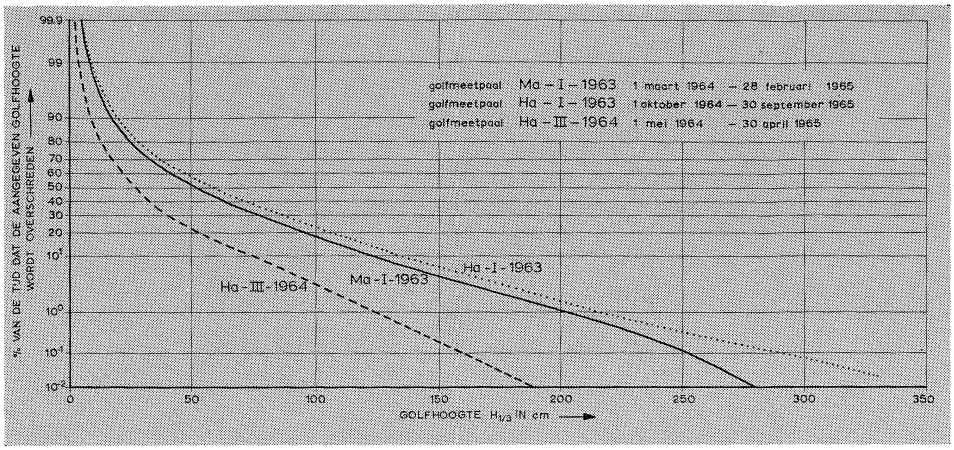
Meting van de waterstand ten opzichte van N.A.P.

De beschreven meetinstrumenten meten elk op hun wijze de relatieve beweging van de waterspiegel. Aangezien in het betrekkelijk ondiepe kustgebied en in de zeearmen de golf- en getijbeweging relatief groot is ten opzichte van de waterdiepte, en de golfhoogte dan niet alleen afhankelijk is van de wind doch ook van de door de waterstand bepaalde waterdiepte, is het noodzakelijk om de beweging van de waterspiegel, gelijk de bodemligging onder water, vast te leggen ten opzichte van een vast peil. In Nederland is hiervoor in gebruik het Normaal Amsterdams Peil (N.A.P.), dat ongeveer overeenkomt met de gemiddelde stand van het zeewater.
Teneinde ook op de golfmeetopstellingen de waterstand ten opzichte van N.A.P. te kunnen meten, is de hoogte van het N.A.P. vanaf de wal daarheen overgebracht met behulp van een waterpasslang, een apparaat dat gebaseerd is op de wet van de communicerende vaten. Dit werk is uitgevoerd door de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat met medewerking van het kabelschip 'Poolster' van de P.T.T.

De elektrische stappenbaak, hoewel in principe een golfmeetinstrument, is bij rustig weer met geringe golfbeweging en bij registratie op schaal 1 : 125 tevens als registrerende getijmeter te gebruiken. Voor lodingen in het kustgebied wordt van deze mogelijkheid dan ook een dankbaar gebruik gemaakt.
Zoals hiervoor gezegd, zijn de golfmeetpalen tevens uitgerust met een golfamplitudeschrijver en een getijschrijver.
Tevens is aan deze golfmeetpalen een blauwe, geëmailleerde peilschaal aangebracht. Het op deze peilschaal aangebrachte N.A.P. komt niet overeen met het werkelijke N.A.P.-peil.
Na overbrenging van het N.A.P.-peil is de correctie bekend, die op de aflezing van het N.A.P. van de blauwe peilschaal moet worden toegepast. De overbrenging van het N.A.P.-peil op de getijregistratie vindt als volgt plaats. Bij rustig weer wordt tijdens kentering de waterstand t.o.v. N.A.P. aan de blauwe peilschaal afgelezen en na bijtelling van genoemde correctie bijgeschreven op de momentane registratie van de getijschrijver, die overigens nauwkeurig op schaal registreert.

Meetprogramma

De golfmetingen met de elektrische stappenbaak vinden plaats volgens een programma dat is afgestemd op het hiervoor beschreven onderzoek. Men wil voor dit onderzoek na verloop van ongeveer twee jaar van elk meetpunt golfregistraties ter beschikking hebben die bij onderscheiden omstandigheden zijn verkregen. Deze omstandigheden worden bepaald door windsnelheid, windduur, waterstand ten opzichte van N.A.P. en stromingsrichting van het water.
Voor de uitvoering van het meetprogramma is de volgende indeling gemaakt:
windrichtingen N., N.O., O., Z.O., Z., Z.W., W. en N.W.;
windsnelheden 0–5 m/sec, 5–10 m/sec, 10–15 m/sec, 15–20 m/sec en >20 m/sec.
Deze indeling naar windrichting en -snelheid levert alleen reeds 40 combinaties op. Er wordt naar gestreefd om voor elke combinatie tenminste 50 golfregistraties te verkrijgen, hetgeen gezien de korte beschikbare meetperiode van twee jaar voor de hoogste windsnelheden niet wel haalbaar is.
Bij elke groep van registraties wordt er zorg voor gedragen dat de golfregistratie plaats vindt tijdens verschillende fasen van het getij, zodat binnen elke groep tevens een ruime variatie in waterstand en stromingsrichting van het water voorkomt.
Voor de bepaling van de tijdstippen van meting gedurende verschillende fasen van het getij wordt gebruik gemaakt van de getijtafel en van gegevens omtrent de verwachte op- en afwaaiing, zoals deze worden verstrekt door het K.N.M.I.-station voor het Deltagebied te Zierikzee.
Zijn de weersomstandigheden van dien aard dat het wenselijk is om te meten, dan wordt de registratie-apparatuur te Hellevoetsluis zo ingesteld, dat automatisch om de twee uur gedurende een half uur wordt geregistreerd, dus bijvoorbeeld van 10.00 uur – 10.30 uur, van 12.00 uur – 12.30 uur, enz. Hierbij wordt met alle beschikbare elektrische stappenbaken gelijktijdig gemeten.
Indien de omstandigheden, bijvoorbeeld storm, bijzonder hoge of lage waterstanden of het feit dat men tegelijkertijd luchtopnamen maakt, daartoe aanleiding geven worden de golfhoogten simultaan gedurende enige uren achtereen continu geregistreerd.
Met de golfamplitudeschrijver wordt zo goed mogelijk continu gemeten. Continu wil echter niet zeggen dat de golfbeweging doorlopend wordt geregistreerd, daar van elke 300 m



Overschrijdingskrommen van de golfhoogte $H^1/_3$ in procenten van de tijd voor alle waterstanden

golfhoogtesommatie slechts 60 m wordt geregistreerd. Slechts gedurende ± 20% van de tijd vindt registratie plaats.

Voorts kunnen in de loop van de meetperiode onderbrekingen in de registratie optreden als gevolg van breuk van de vlotterdraad of door storing in de apparatuur zelf. De meetperiode wordt echter zo lang gesteld – 2 tot 5 jaar – dat een onderbreking van enkele dagen of zelfs weken niet tot uitdrukking komt bij de statistische bewerking van de meetgegevens. Alleen wanneer binnen een periode van ontbrekende registratie een urenlange storm met extreme waterstanden en golfhoogten valt is dit, wegens de geringe frequentie van het optreden daarvan, enigszins merkbaar in de resultaten van de statistische bewerking.

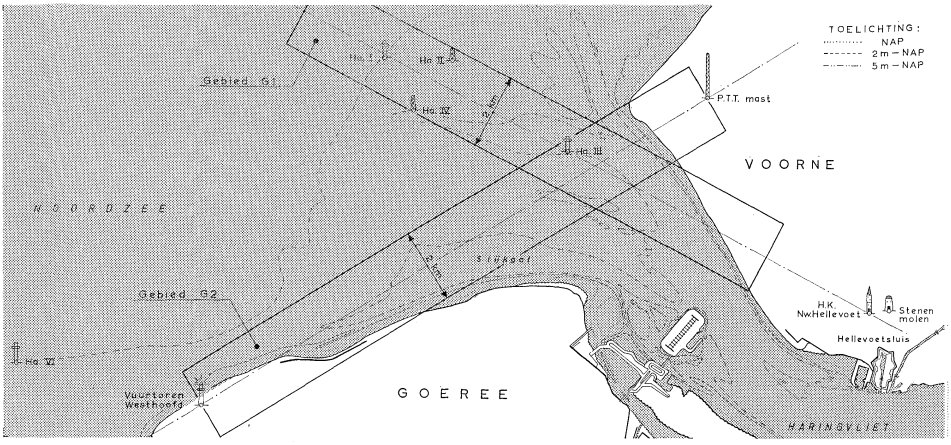
Met de getijschrijver wordt continu gemeten, waarbij ook de registratie – in tegenstelling tot die van de golfamplitudeschrijver – doorlopend plaats vindt.

Bij het uitwerken van de meetgegevens van de golfamplitudeschrijver moet gebruik worden gemaakt van de registraties van de getijschrijver. Dit is in de eerste plaats noodzakelijk om te kunnen bepalen bij welke waterstand de betreffende 60 m golfhoogtesommatie – het blokje – is geregistreerd. In de tweede plaats dient daarmede bepaald te worden bij welk getij uit de opeenvolgende reeks van getijden in de registratieperiode de desbetreffende blokjes golfhoogtesommaties behoren. Dit laatste is met name van belang indien gedurende enkele getijden de golfhoogten zo klein zijn, dat het meer dan een getij duurt eer de 240 m golfhoogtesommatie waarbij het papiertransport stilstaat is bereikt en de eerstvolgende geschreven 60 m golfhoogtesommatie plaats vindt.

Indien mogelijk wordt daarom in een dergelijke periode aan de golfmeetpalen een bezoek gebracht om bij de momentane registratie datum en tijdstip te vermelden. Dit vindt met name plaats om het maken van fouten bij de statistische bewerking van de meetgegevens te voorkomen.

De resultaten van de statistische bewerking van de meetgegevens worden als regel weergegeven in de vorm van z.g. overschrijdingskrommen, waarbij de overschrijding soms afhankelijk wordt gesteld van de gemeten waterstand. Enkele van deze overschrijdingskrommen, waarbij geen onderscheid is gemaakt tussen de opgetreden waterstanden, zijn weergegeven in een bijgevoegde figuur.

1



Luchtopnamen

Door gebruik te maken van de geregistreerde golfhoogten bij verschillende windsnelheid, windrichting, waterstand t.o.v. N.A.P. en stromingsrichting van het water kunnen, met behulp van een recente kaart met dieptelijnen t.o.v. N.A.P. voor de kust en in de mond van de zeearmen, voor deze omstandigheden refractieberekeningen worden uitgevoerd.
Aangezien met een golfmeetopstelling in een bepaald punt alleen de golfhoogten en niet de golfrichting kan worden bepaald, bieden de resultaten van deze metingen geen mogelijkheid tot controle op deze refractieberekeningen. Om toch controle op de berekeningen te kunnen uitoefenen laat men thans verticale luchtopnamen maken van het meetgebied, die het optredende golfpatroon duidelijk weergeven. Over het meetgebied werden een tweetal vliegstroken ter breedte van twee km gelegd, die goeddeels de aan het Haringvliet gelegen kust van Voorne, de noordkust van Goeree alsmede de geul tussen de golfmeetopstellingen Ha–I, Ha-IV en Ha–III bedekken. Deze vliegstroken zijn aangeduid als G1 en G2. Van vliegstrook G1 dienen 12 maal, van vliegstrook G2 5 maal opnamen te worden gemaakt bij verschillende omstandigheden, zoals windrichting, maximale eb of vloed, L.W.- of H.W.-kentering en de optredende golfhoogte $H^1/_3$ – dat is de gemiddelde hoogte van $33^1/_3\%$ der hoogste golven uit een bepaalde serie – ter plaatse van golfmeetpaal Ha-I. De fotovluchten worden uitsluitend gemaakt, indien de golfhoogte $H^1/_3$ groter dan 1 m is, in enkele gevallen alleen wanneer deze golfhoogte tussen 1 m en 2 m ligt of groter is dan 2 m. Inmiddels werden van deze vliegstroken reeds zes opnamen gemaakt.
Zodra de gewenste omstandigheden voor de uitvoering van een bepaalde fotovlucht boven een van de vliegstroken optreden, wordt vanuit Hellevoetsluis telefonisch contact opgenomen met K.L.M.-Aerocarto te Amsterdam. Indien een vliegtuig beschikbaar is en de uitvoering van de vlucht op grond van vlieg- en fototechnische omstandigheden mogelijk lijkt wordt rond het tijdstip van het optreden van maximale eb of vloed of L.W.- dan wel H.W.-kentering de gewenste fotovlucht gemaakt.
Het bij de luchtopnamen vastgelegde golfpatroon wordt in tekening gebracht en vergeleken met de gemaakte refractieberekeningen van hetzelfde gebied onder dezelfde omstandigheden als waaronder de luchtopnamen werden gemaakt.

2

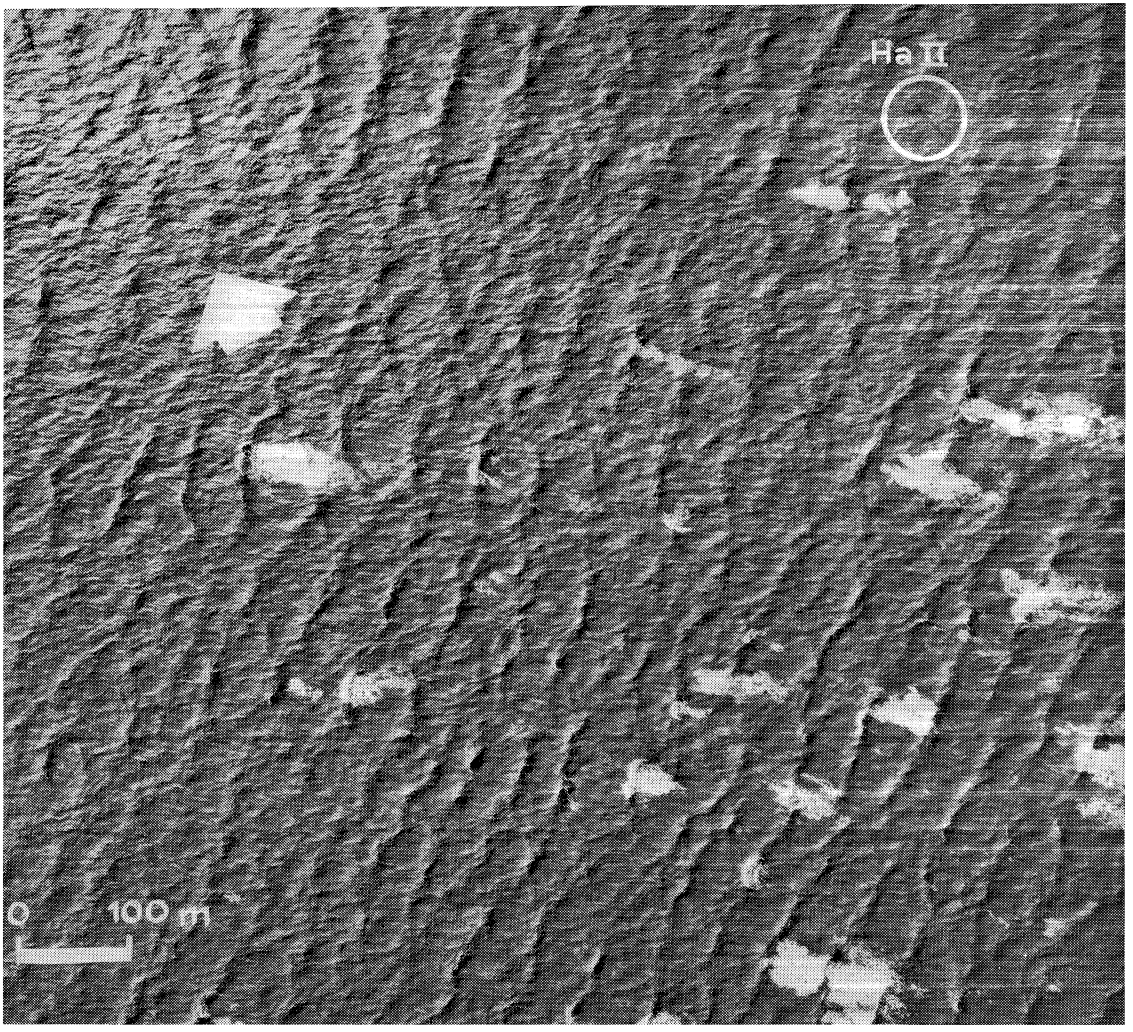
HARINGVLIET golfmeetpaal Ha-I-1963						
WIND-RICHTING	GETIJPHASE-c.q. WATERSTAND	OPNAME-GEBIED	AANTAL TE MAKEN OPNAMEN	GOLFHOOGTE $H_{\frac{1}{3}}$ IN m	WINDKRACHT IN ° BEAUFORT	WINDSNELH. IN m/sec.
N.	H.W. - KENTERING	G1	1	> 2	7 en > 7	> 14
	H.W. - KENTERING	G1	2	1-2	4 t/m 6	6 - 14
	MAX. EB	G1	1	> 1	> 3	> 6
	MAX. EB	G2	1	> 1	> 3	> 6
	MAX. VLOED	G1	1	> 1	> 3	> 6
	MAX. VLOED	G2	1	> 1	> 3	> 6
N.W.	L.W. - KENTERING	G1	1	> 1	> 3	> 6
	L.W. - KENTERING	G2	1	> 1	> 3	> 6
	H.W. - KENTERING	G1	1	> 1	> 3	> 6
	H.W. - KENTERING	G2	1	> 1	> 3	> 6
W.	H.W. - KENTERING	G1	1	> 2	7 en > 7	> 14
	H.W. - KENTERING	G1	2	1-2	4 t/m 6	6-14
Z.W.	H.W. - KENTERING	G1	1	> 1	> 5	> 11
	L.W. - KENTERING	G1	1	> 1	> 5	> 11
	H.W. - KENTERING	G2	1	> 2	8 en > 8	> 17

1. Projectie van de vliegstroken G1 en G2 op het mondingsgebied van het Haringvliet

2. Programma 1965–1966 voor het maken van verticale opnamen van golfpatronen in de omgeving van golfmeetpal Ha-I

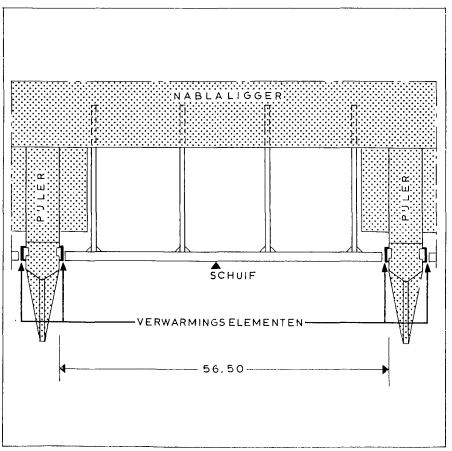
3. Golfpatroon in de omgeving van golfmeetstelling Ha–II
Opname gemaakt op 3 januari 1966

3



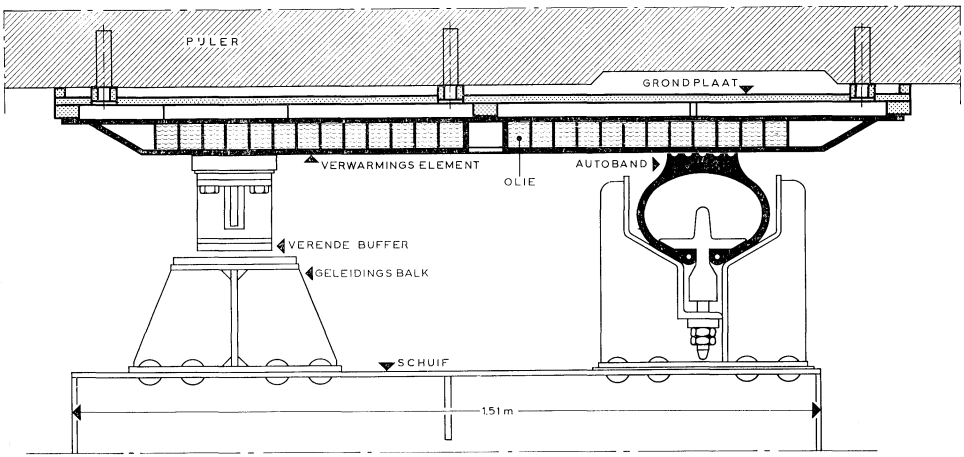
Verwarming van de schuiven aan de rivierzijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

In het Driemaandelijks Bericht nr. 31 (februari 1965) werden de voorzieningen besproken die nodig zijn om de uitwateringssluizen in het Haringvliet ook in een ijsperiode te kunnen bewegen. Daarbij werd uitgegaan van de voorlopige proeven die bij de Technisch-Physische Dienst van het T.N.O. waren uitgevoerd; op grond hiervan leek het onder meer noodzakelijk om in de schuiven ter hoogte van de waterspiegel elektrische elementen aan te brengen die door warmteontwikkeling voldoende openingen zouden doen ontstaan in de afsluitende ijslaag. Gelukkig is gebleken dat ook de maximale belastingen op het bewegingswerk in een dergelijke vorstperiode nog aanvaardbaar zijn; dit betekent dat de schuiven aan de rivierzijde zelfs onder de ongunstigste omstandigheden ondanks de belemmerende ijs- en watermassa's zonder bezwaar door het bewegingswerk zullen kunnen worden geheven. Bijgevolg zullen de in de nauwe ruimten van de schuiven moeilijk aan te brengen en te onderhouden elektrische onderdelen achterwege kunnen blijven.
Wel blijft het echter noodzakelijk het vastvriezen van de schuiven aan de pijlers te voorkomen, daar anders toch een ontoelaatbare belasting op het bewegingswerk zou kunnen optreden.



Plaats van de verwarmingselementen op de pijlers

De schuif glijdt met zijn 'autoband' over het verwarmingselement

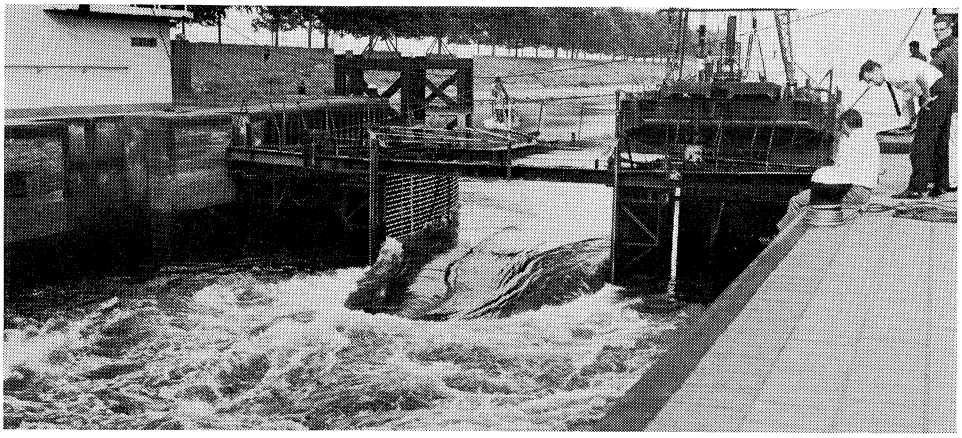


Zoals in het bovengenoemde artikel reeds is vermeld, zullen de schuiven los van de pijlers worden gehouden door een op het beton aangebracht stalen contactvlak, dat 's winters verwarmd kan worden. Uit bijgaande tekening blijkt de constructie: op beide zijkanten van de betonnen pijlers wordt eerst een vlakke stalen grondplaat bevestigd. Hiermede kunnen tegelijk eventuele oneffenheden in de betonvlakken worden weggewerkt. Dergelijke ongelijkmatigheden vormden geen bezwaar bij de oorspronkelijke opzet met alleen een opblaasbare 'autoband', die voor een afdoende dichting tegen het zout moet zorgdragen. Nu echter ook een stalen verwarmingselement moet worden aangebracht, is een volkomen vlakke ondergrond vereist. Het verwarmingselement zal bestaan uit een doosvormige, in vakken verdeelde constructie, die geheel met olie is gevuld. In elk vakje van de doos hangt een elektrische verwarmingsdraad; de gezamenlijke warmteafgifte is ruim voldoende om het maximaal vereiste vermogen van 500 Watt/m² over het gedeelte van de pijler van N.A.P. – 2 m tot N.A.P. + 2 m te bereiken. Vanzelfsprekend kan het gewenste vermogen in een aantal trappen worden ingeschakeld.
Bij het latere onderhoud tenslotte kan elke draad op eenvoudige wijze aan de bovenkant van de pijler uit de doosconstructie worden getrokken.

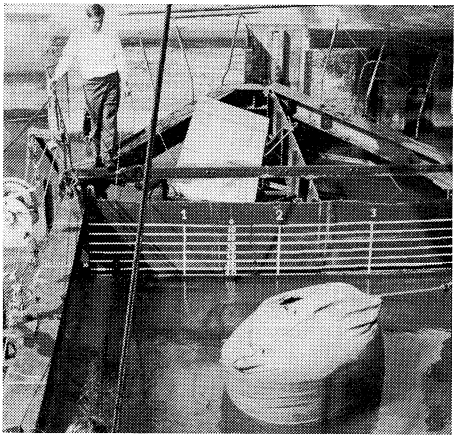
Het dambouwschip

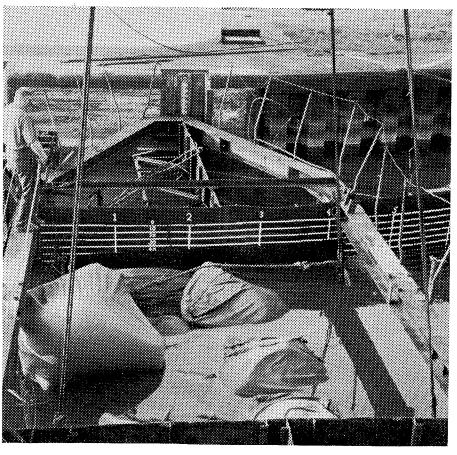
Bij de aanleg van dammen door de grote Nederlandse zeearmen heeft men, zoals onze lezers bekend, in hoofdzaak de keuze tussen twee sluitingsmethoden: de plotselinge sluiting, met behulp van caissons, en de geleidelijke sluiting, waarbij over de gehele breedte van de stroomgeul een drempel wordt gestort die tenslotte boven het water uitrijst. Met beide methoden zijn in de afgelopen jaren ervaringen opgedaan die ten nutte zullen kunnen worden gemaakt bij de sluiting van de twee laatste en grootste zeegaten, het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde.
Over de jongste ontwikkelingen van de caissonsluiting zijn mededelingen gedaan in het Driemaandelijks Bericht nr. 34, november 1965. Over de geleidelijke sluiting vindt men berichten in de nrs. 30, november 1964, 31, februari 1965 en 32, mei 1965.
In aansluiting op de bevindingen bij de kabelbaansluiting van de Grevelingen en als vervolg van een serie laboratoriumproeven is thans een onderzoek gaande naar de bruikbaarheid van enkele nieuwe dambouwmaterialen die wellicht bij een geleidelijke sluiting toepassing zouden kunnen vinden. Dit onderzoek is vooral gericht op de stroombestendigheid en verwerkbaarheid van al of niet gestabiliseerd zand, verpakt in weefsels die tegelijk zeer sterk en zanddicht doch waterdoorlatend zijn.
Sinds de sluiting van de Grevelingen zijn in dit opzicht goede vorderingen gemaakt. Er werd een weefsel vervaardigd dat bij gelijk gebleven prijs en sterkte ondoorlatend is voor het fijne zand dat men in de zeearmen wint en verwerkt, ook bij grote aanstroomsnelheid. In plaats van nylongaren van 840 denier – dat is het gewicht in grammen van 9 km garen, enkel filament – werd nu garen gebruikt van 630 denier. Omdat dit materiaal maar $^{3}/_{4}$ × zo sterk is als het vorige, moest er $^{4}/_{3}$ × zoveel van worden verwerkt. Dit zanddichte weefsel bleek bij proeven met nat vullen voldoende waterdoorlatend.
Ook de proeven met koude vervaardiging van zandasfalt werden voortgezet. Zandasfalt wordt verkregen door menging van nat zand met een asfaltemulsie, waaruit het asfalt zich hecht aan de zanddelen en zo een samenhangende massa vormt. Gebruikt men colsol als emulsie, dan ontstaat, indien een goede menging kan worden verkregen, een harde kluit, die ook zonder verpakking een zekere stroombestendigheid heeft. Bij de nieuwe proeven met verpakt zandasfalt werd echter hydrolas gebruikt, een emulsie die zich gemakkelijker en geleidelijker mengt met het natte zand. Na een mengweg van enige meters ontstaat uit hydrolas en zand een plastische massa, die op zichzelf minder stroombestendig is dan met colsol gemaakt zandasfalt, maar die verpakt bruikbaar lijkt,

vooral als men grind of hoogovenslakken met dit produkt penetreert; er ontstaat dan een taaie massa met een hoog soortelijk gewicht.
De experimentele toepassing van enkele nieuwe materialen bij het geleidelijk sluiten van een gedeelte van de Grevelingen heeft niet, zoals werd verwacht, geleid tot een helder inzicht in de kwaliteiten ervan. Tijd en rust ontbraken dikwijls voor het uitvoeren van nauwkeurige manoeuvres met de stortnetten of de bakken, zodat geen ideale proefuitkomsten werden verkregen.
In de sluis naast de stuw bij Lith in de rivier de Maas is thans evenwel een stroomgoot gemaakt waarin de nieuwe materialen in een rustiger sfeer op ware grootte kunnen worden beproefd. Aangezien deze sluis een verval keert van vier meter kunnen de proeven bij grote stroomsnelheden worden gedaan. In deze sluis kunnen omstandigheden worden ingesteld die grote overeenkomst vertonen met die welke optreden in de kritieke fase van een geleidelijke sluiting. De proevenserie kan, in verband met de scheepvaart door de sluis, alleen 's nachts worden afgewerkt, wat de voortgang van het werk enigszins vertraagt; de proeven zijn dan ook nog niet voltooid. De verwachting dat de nieuwe materialen bruikbaar zullen kunnen worden gemaakt bij de sluiting van grote zeearmen is er echter reeds door versterkt.
Behalve het soortelijk gewicht van het gebruikte materiaal draagt ook de grootte van de ervan vervaardigde stortstukken in belangrijke mate bij tot de stroombestendigheid ervan. Een grote stroombestendigheid kan dus worden verwacht bij gebruik van zand – met een hoog s.g. – in grote verpakkingen. Het gebruik van de kabelbaan in zijn huidige vorm laat het storten van zandpakketten toe tot 2,5 ton. Het zal waarschijnlijk niet gelukken een stortstuk van dat gewicht te vervaardigen dat bestand is tegen stroomsnelheden van meer dan 4 m/sec. Voor de grote sluitgaten dienen evenwel bepaald zwaardere eisen te worden gesteld.
Zoekend naar een mogelijkheid om grotere eenheden te storten is men opnieuw op de gedachte gekomen van een 'dambouwschip' voor de fabricage en verwerking van verpakt zand. Er was al eerder over de mogelijkheden van zo'n schip gediscussieerd, maar tot nog toe hadden de argumenten die ervoor pleitten niet opgewogen tegen de aangevoerde bezwaren. Voor het oplossen van de boven beschreven problemen echter biedt het idee van een dambouwschip enige evidente voordelen.
Men moet erop rekenen dat zandzakken die vanaf een kabelbaan worden gestort gemiddeld 10 m vallen voor zij het wateroppervlak raken. Vanaf een schip echter is de valhoogte veel geringer, zodat met weefsel van dezelfde sterkte veel meer zand kan worden omhuld. De verpakking van eenheden van 25 ton kost per m^3 slechts een vierde van die van 2,5 tonseenheden.
Een tweede voordeel is dat een beteugelingsdam die met een dambouwschip wordt aangelegd, vanaf de voet in gelijkmatige horizontale lagen kan worden opgebouwd. Het dambouwschip bouwt de teen van de dam meteen op de gewenste breedte, terwijl bij storting vanaf een kabelbaan, ook al worden verschillende kabels naast elkaar aangebracht, een regelmatige opbouw minder goed te verwezenlijken is. De kruinbreedte van een door een dambouwschip gelegde dam zal in het algemeen groter zijn dan met een kabelbaan kan worden bereikt, hetgeen de stroombestendigheid der materialen ten goede komt en tevens de periode waarin kritieke stroomsnelheden optreden beperkt. Gebruikt men zand als stortmateriaal, dan is tussenopslag op de wal overbodig, daar in de omgeving gewonnen zand onmiddelijk op het dambouwschip kan worden verwerkt. Er zullen dientengevolge minder havenvoorzieningen en opslagterreinen nodig zijn. Plaatst men verscheidene stortbanen naast elkaar op één schip, dan kan een zeer grote werkcapaciteit worden gehaald.



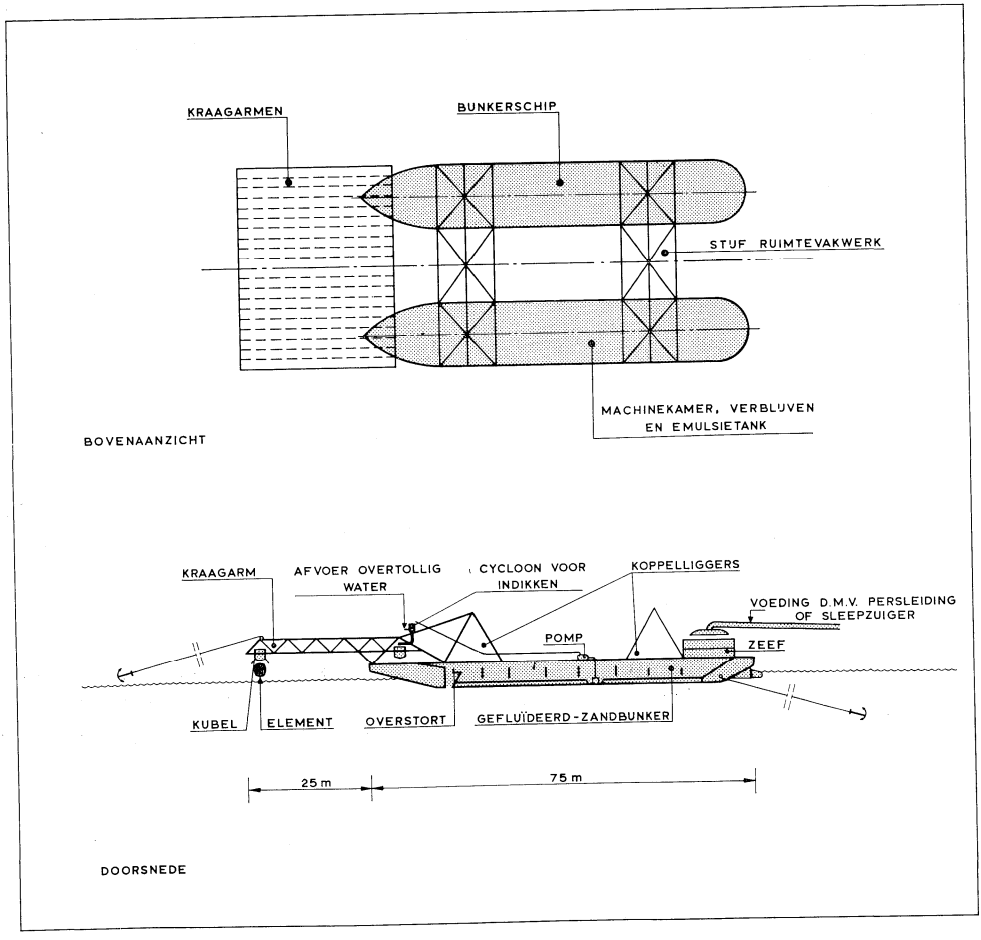
De stroomgoot in de schutsluis naast de stuw bij Lith





Een midden op de laadvloer afgevierde zandzak blijkt na afloop van de proef door een stroom met een snelheid van 3 m/sec. tot in het vangnet aan de achterzijde van de laadvloer verplaatst te zijn

Proefontwerp van een dambouwschip



Het werk kan voor het merendeel worden verricht door ongeschoolde krachten.
Tenslotte heeft een dambouwschip het grote voordeel dat het een jaar na bestelling van stapel kan lopen, een veel kortere tijd dan nodig is voor de vervaardiging en opstelling van een kabelbaan; mits goed bemeten is het bovendien meteen weer bruikbaar voor een volgende sluiting.
Er blijven echter enkele belangrijke vragen ter beantwoording over, voordat omtrent de bruikbaarheid van een dambouwschip een gefundeerd oordeel mogelijk is.
Het dambouwschip, dat men zich b.v. zou kunnen voorstellen als een catamaran – dat is een schip met twee drijflichamen op enige afstand van elkaar – moet voldoende zwaar en tegelijk hanteerbaar verankerd kunnen worden om niet alleen bij normale, maar ook onder moeilijke omstandigheden te kunnen werken. Het is immers mogelijk dat op een gedeelte van de dam waar de stroomsnelheden maximaal zijn moet worden nagestort vanwege verzakkingen of uitschuringen. De eis dat men er ook steen mee moet kunnen storten verzwaart het ontwerp.
Het schetsontwerp van een dambouwschip dat bij dit artikel is gereproduceerd wordt door een studiecommissie op zijn merites onderzocht. Naast bedrijfstechnische werden scheepvaartkundige eisen geformuleerd waaraan een uiteindelijk ontwerp zal moeten voldoen.
Het ligt in het voornemen op elk gebied de hulp in te roepen van gespecialiseerde ontwerpbureau's en de ontwerpen door wetenschappelijke instituten te laten onderzoeken op hun bruikbaarheid.
Het voorlopige programma van eisen, zoals dat thans is vastgesteld, is gericht op de constructie van een dambouwschip dat:

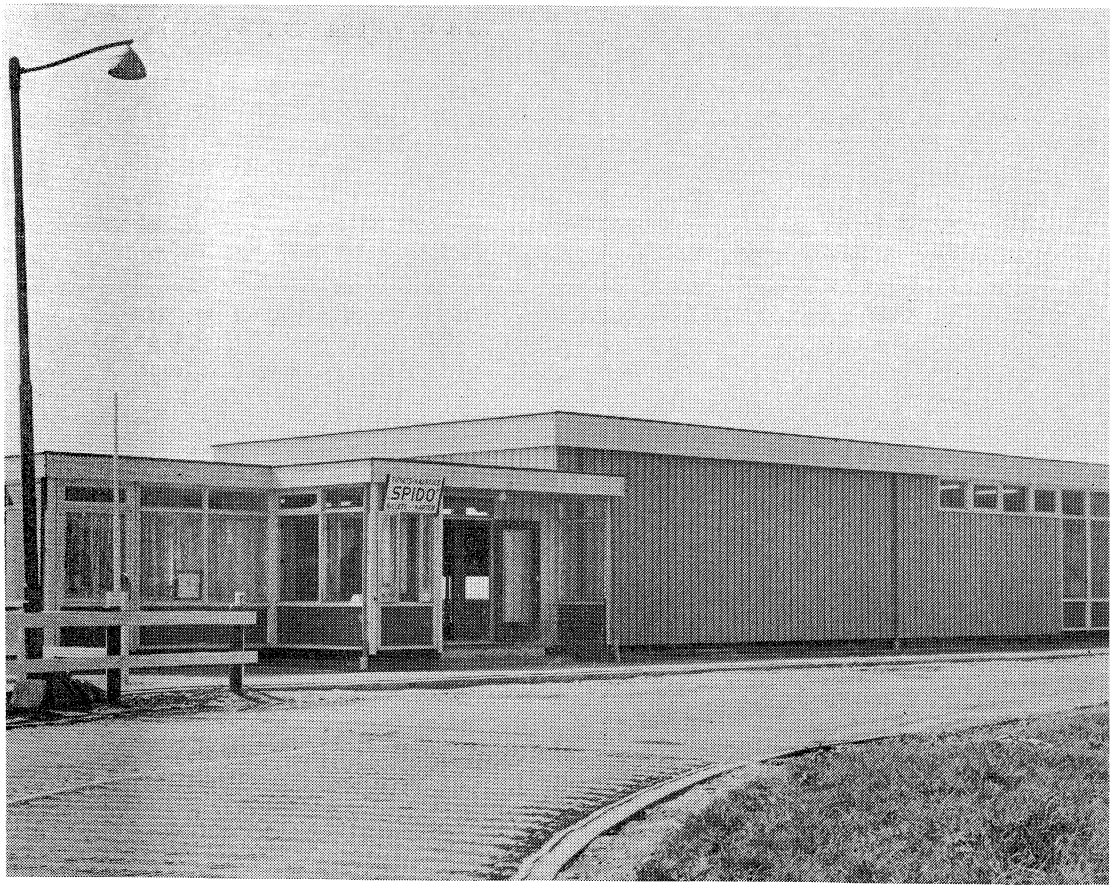
a. geschikt is voor het aanmaken en verwerken van verpakt en/of gestabiliseerd zand, eventueel onder toevoeging van grind;
b. in staat is een gedeelte van zijn capaciteit te gebruiken voor de verwerking van zware storsteen;
c. een zeer grote werkcapaciteit heeft;
d. continu kan werken, en dus ook continu met materialen kan worden gevoed;
e. bruikbaar is bij een tijverschil tot 3,5 m, en in staat een beteugelingsdam op te storten tot minstens 1 meter boven hoog water;
f. heen en weer verhaalbaar is zowel in de werkrichting als dwars daarop, van oever tot oever;
g. veilig en rustig genoeg ligt om betrouwbaar en nauwkeurig te kunnen werken bij watersnelheden tot 4m/sec. en zo mogelijk bij deining en windgolven ten gevolge van windkracht acht à negen;
h. de werkzaamheden snel kan afbreken om een vluchthaven binnen te lopen;
i. centraal kan worden bediend en bestuurd.

Indien mogelijk blijkt een dambouwschip te construeren dat voldoet aan al deze eisen, dan zal, naar een voorlopige globale schatting leert, damaanleg met behulp van dit schip niet alleen technisch, maar ook economisch op verantwoorde wijze kunnen geschieden.

Een nieuw voorlichtingscentrum te Hellevoetsluis

Gedurende een vijftal jaren is het bezoek aan de bouwput voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet, met inbegrip van het vervoer van Hellevoetsluis naar de bouwput, het geven van voorlichting over de vorderingen van de Deltawerken in de omgeving van Hellevoetsluis en van de Deltawerken in het algemeen – dit vooral door middel van een instructieve tentoonstelling –, verzorgd door de stichting 'Hadex'. Deze stichting heeft het voorlichtingswerk waartoe ze krachtens een met het Rijk in 1961 gesloten overeenkomst gerechtigd was, steeds op voortreffelijke wijze verricht. Vele honderdduizenden Nederlanders en met hen vele tienduizenden van andere nationaliteiten zijn daardoor in de gelegenheid geweest het werk in het Haringvliet van zeer nabij te volgen; een bezoek aan de bouwput in het Haringvliet is voor zeer velen een gewaardeerd onderwerp van instructieve vrijetijdsbesteding gebleken. Bepaalde omstandigheden hebben ertoe geleid dat het Rijk de op 31 december 1965 aflopende overeenkomst met de stichting ter zake van het verzorgen van het bezoek aan de bouwput na die datum niet heeft verlengd, en dat de stichting haar voor dat doel op Rijksgrond gestichte opstallen voor 1 februari 1966 heeft verwijderd.
Een uiteenzetting omtrent hetgeen tot deze ontwikkeling heeft geleid is te vinden in het antwoord dat de Ministers van Verkeer en Waterstaat en van Financiën op 2 februari hebben gegeven op de vragen die het lid van de Tweede Kamer, de heer R. Laan, te dien aanzien had gesteld.
Zodra de stichting 'Hadex' uitvoering gaf aan haar besluit de opstallen af te breken is de voorbereiding voor de snelle oprichting van een nieuw voorlichtingsgebouw ter hand genomen, en zijn maatregelen getroffen het bezoek van het publiek aan de bouwput en de voorlichting in het zomerseizoen van 1966 wederom mogelijk te maken.
Daartoe is met de 'Nederlandse Stoomsleepdienst v/h van Piet Smit Jr.', afdeling havendienst 'Spido', overeengekomen dat zij te Hellevoetsluis de voorlichting met betrekking tot de Deltawerken zal verzorgen, in het bijzonder ten aanzien van de werken tot afsluiting van het Haringvliet en het vervoer van bezoekers naar deze werken. Ongeveer ter plaatse van het oude voorlichtingsgebouw is door het Rijk een nieuw gebouw geplaatst, waaraan de naam 'Deltarama' is gegeven, en waarin een tentoonstelling over de Deltawerken is ingericht. Het nieuwe tentoonstellingsgebouw is nog voor 1 april 1966 gereedgekomen, terwijl de tentoonstelling erin tegen Pasen vrijwel gereed was. Het

Het voorlichtingscentrum 'Deltarama' te Hellevoetsluis



vertrek van de schepen naar de bouwput vindt plaats van een niet ver van het voorlichtingsgebouw in de mond van het Kanaal door Voorne gelegen steiger van het Rijk.
De door het publiek voor het bezoek aan de bouwput en de bezichtiging van de tentoonstelling te betalen prijzen zijn ten opzichte van voorgaande jaren niet verhoogd. Evenwel wordt, in afwijking van voorgaande jaren, geen film meer vertoond, omdat daarvoor een hoge extra-investering nodig zou zijn geweest. Daartegenover staat dat thans een belangrijk uitgebreide, gemoderniseerde en geheel aan de huidige stand van de werken aangepaste tentoonstelling te bezichtigen is.
De met 'Spido' getroffen regeling geldt slechts voor het jaar 1966, en loopt tot 15 oktober, omdat verwacht wordt dat tegen het einde van dit jaar of in het begin van het volgende jaar met het opruimen van de bouwput zal worden begonnen. Of en op welke voet daarna het bezoek aan de Haringvlietwerken en de daarbij behorende voorlichting nog zal worden voortgezet, valt thans nog niet te zeggen; getracht zal worden voor een voortzetting in een of andere vorm gedurende enige tijd na 1966 een geschikte oplossing te vinden.

Interieur van het 'Deltarama'. Begin van de tentoonstelling over de Deltawerken



A. De werken van het Deltaplan

De uitwateringssluizen in het Haringvliet

Het werk aan de uitwateringssluizen in het Haringvliet heeft in het afgelopen kwartaal gestaan in het teken van de aanvoer en de plaatsing van de schuiven en hun bewegingswerken. Op één schuifhelft na werden alle schuiven aangevoerd. Aan het eind van de verslagperiode waren 30 schuiven geheel op hun plaatsen gebracht en 16 reeds met lagers aan de Nablaligger bevestigd. voor de resterende twee spuiopeningen is men nog bezig de schuiven op te stellen.
Van de 68 benodigde gieken waarmee de schuiven zullen worden geheven, waren er eind maart 56 aangebracht. 38 van de 68 bewegingswerken waren toen bedrijfsklaar.
Er werd voortgegaan met het boren van gaten in het beton van de pijlers en de landhoofden aan de rivierzijde, op de plaatsen waar de zijaanslagen van de schuiven en de verwarmingselementen moeten worden gemonteerd. Ook het bevestigen van rubberaanslagen aan de onderzijde van de schuiven werd voortgezet.

De stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

In de verslagperiode werd in de bouwput voortgegaan met het schikken van steen in de stortebedden. Eind maart moest nog een hoeveelheid van 50 000 ton steen voor het stortebed aan de rivierzijde worden aangevoerd.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

Het kanaal aan de binnenzijde van de dijk langs de Plaat van Scheelhoek kwam, behoudens het afmaken der taluds over een lengte van 2800 m, gereed. Met de specie uit het gemaakte kanaal is een zandstort langs de Plaat van Scheelhoek gevuld, waarmee het laatste gedeelte van de waterkering langs deze plaat zijn definitieve hoogte en breedte heeft verkregen.
Thans wordt nog wat zand gespoten op het strand voor de gereedgekomen waterkering. Daarna zal de specie uit de boezem worden geperst in een bassin langs het Zuiderdiep ten zuiden van de nieuwe vissershaven. De kaden van dit bassin werden in de verslagperiode gereedgemaakt en bedekt met matten bestaande uit een plastic folie waarop een rietlaag.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

In het Zuiderdiep moeten drie kunstwerken gemaakt worden: de overbrugging van het Zuiderdiep, die het eerst aan de beurt is, een uitwateringssluis voor de lozing van water van de Zuiderdiepboezem op het Haringvliet zeewaarts van de afsluitdam en een viaduct in het grondlichaam van de dam ten zuiden van de schutsluis. (Driemaandelijks Bericht nrs. 28 en 30, mei en november 1964.)
De overbrugging zal bestaan uit twee bruggen: een hooggelegen brug voor snelverkeer en een laaggelegen brug voor een secundaire weg. Beide bruggen worden geheel in beton uitgevoerd.
Met de uitvoering van dit werk werd een begin gemaakt door de inwerkingstelling van de bemaling van de bouwput en de gedeeltelijke ontgraving van de bouwput. Een groot deel van de 398 betonpalen die nodig zijn voor de fundering van de overbrugging werd gestort. Slechts 20 van deze palen komen horizontaal te staan. De overige moeten worden geheid onder hellingen die variëren van 3:1 tot 12:1. Om te voorkomen dat deze palen bij het heien weglopen werden alle palen voorzien van een ingebetonneerde centrale spuitlans, waardoorheen tijdens het heien water kan worden gespoten dat het zand voor de kop van de paal losmaakt; de paal ondervindt dan minder weerstand. Op een tijdelijke loswal in het oostelijk gedeelte van de nieuwe vissershaven werd een weeginstallatie geplaatst, met behulp waarvan een goed dosering van de verschillende betoncomponenten kan worden bereikt. Het beton wordt in truckmixers gemengd, zodat het niet nodig was een menginstallatie op te stellen.

De schutsluizen in het Volkerak

De bedieningsgebouwen op het sluiseiland kwamen nagenoeg gereed; de werkzaamheden aan het centraal bedieningsgebouw werden voortgezet.
Reeds is begonnen met het aanbrengen van de ondersteuningen en de daarop rustende bekistingen voor het dek van de basculekelder.
Het betonwerk van de aanbrug kwam gereed. Thans resteert nog het maken van de keerwanden en vleugels van het landhoofd van de aanbrug en het viaduct, alsmede de verdere afwerking. De grondaanvullingen ter plaatse van de landhoofden kwamen gereed.

Doorgraving van de ringdijk en aanvullingen der sluisterreinen

Op 15 maart kwam men klaar met het op diepte baggeren van een gedeelte van de voorhaven aan de Volkerakzijde. De uitkomende goede specie wordt verwerkt in de sluisaanvullingen; de niet bruikbare specie wordt geborgen in een gronddepot in de buitenpolder Maltha. Voor verdere aanvullingen van de sluisterreinen wordt door een cutterzuiger zand gewonnen in de mond van de noordelijke voorhaven.
Ter plaatse van de doorgravingen aan de Hollandsch-Diepzijde kwamen de oevervoorzieningen gereed.
Aan de Volkerakzijde wordt voortgegaan met de aanleg van oevervoorzieningen. Het opgestelde tijdschema kon goed worden gevolgd.

Geleidewerken en wachtplaatsen

Het heien van betonpalen voor de ondersteuning van de betonnen loopbruggen in de noordelijke voorhaven kwam begin maart gereed, terwijl het heien van stalen buispalen werd voortgezet.
In de noordelijke voorhaven werden de 300 m lange drijvende geleidewerken aan weerszijden van de haven geplaatst en aaneengelast.
Een begin werd gemaakt met het plaatsen en het vastlassen van de 30 m lange secties voor de vaste geleidewerken.
De dukdalven voor de centrale wachtplaatsen kwamen nagenoeg gereed. Het

Plaatsing van een schuifhelft in de uitwaterings-sluizen in het Haringvliet

conserveren van stalen onderdelen en het vervaardigen van hardhouten beschermingsschotten van de geleidewerken werd in een hoog tempo voortgezet.
Het opgestelde tijdschema kon tot heden goed worden gevolgd.

Het bouwdok van de caissons voor de afsluiting

Het bouwdok werd geheel tot N.A.P. – 5 m ontgraven. Het uitkomende zand wordt verwerkt in de ophoging nabij het landhoofd van het viaduct en aan de rivierzijde van de tweede sluis.
Begonnen werd met de ontgraving voor de grondverbetering van N.A.P. – 5 m tot N.A.P. – 8 m. De uitkomende grond wordt gestort op een terrein van 2 ha ten zuidwesten van het schutsluizencomplex. Er werd begonnen met het aanbrengen van zand voor de grondverbetering van N.A.P. – 8 m tot N.A.P. – 6 m. Door vertraging in de winterperiode is het werk ongeveer vier weken achter geraakt op het tijdschema.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven

In het vorige nummer werd melding gemaakt van vertraging in de uitvoering van de havendam, veroorzaakt door de slechte weersgesteldheid in de maanden november en december 1965 en door het werken met ongeschikte specie uit de voorhaven. De slechte weersgesteldheid heeft zich in het begin van 1966 voortgezet en helaas geleid tot een nieuwe achterstand in de uitvoering. Inmiddels is de vereiste hoeveelheid zand in het werk geperst en kan worden begonnen met het profileren en het bekleden van de belopen. De ontgraving van de voorhaven was aan het einde van de verslagperiode voltooid.
De datum van eerste oplevering is nader bepaald op 7 juni 1966.

Het damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

In de verslagperiode werden de kleibekleding en het geleidewerk voor de scheepvaart voltooid. Voorts werd een tweetal drijvende steigers aangebracht. Afgezien van de oppervlaktebehandeling van de asfaltbekleding en het inzaaien van de kleibekleding is het damvak thans voltooid; de resterende werkzaamheden zullen in de onderhoudsperiode worden verricht.
Doorgegaan werd met het aanleggen van een stenen dam, tevens depot, langs de

noord-, oost- en zuidoostzijde van de werkhaven.
Het werk heeft de winterperiode goed doorstaan.

Het damvak op de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat

Medio maart werd een begin gemaakt met de aanleg van het ca. 1700 m lange damvak op de Kabbelaarsbank. Dit damvak sluit in noordelijke richting aan op het inmiddels gereedgekomen damvak op de Middelplaat.
Begonnen werd met het zuigen van de ingang naar de in de Kabbelaarsbank geprojecteerde werkhaven. Om een goede aansluiting van het nieuwe op het reeds gemaakte werk te verkrijgen, werd de taludbekleding van de noordelijke dijkkop van het damvak op de Middelplaat opgebroken.

Eenheidscaissons ten behoeve van de afsluitingswerken in het Brouwershavensche Gat

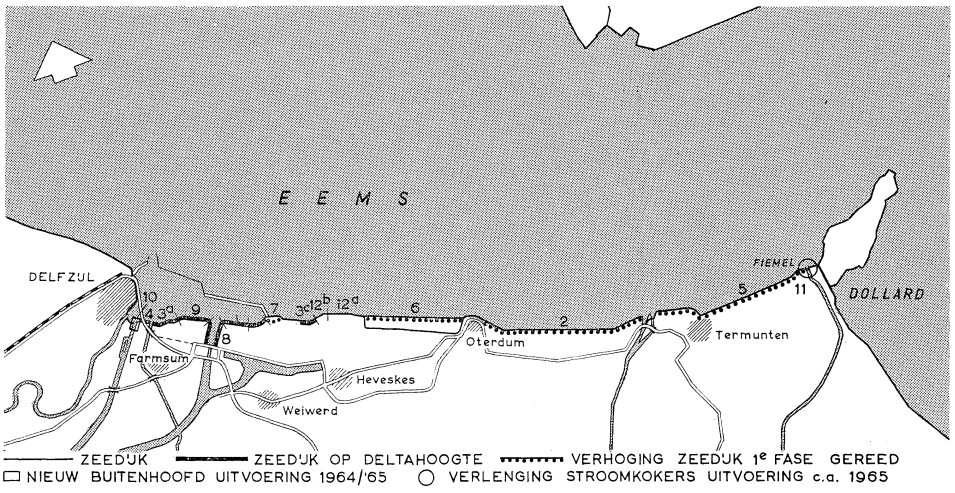
In het vierde kwartaal van 1965 werd het maken van 25 gewapend betonnen eenheidscaissons met bijbehorende opzetstukken opgedragen aan de Combinatie Brug Oosterschelde te Kats voor de somma van f 592 000,–. De elementen worden gemaakt op het terrein bij de veerhaven nabij Kats op Noord-Beveland, waar destijds ook de onderdelen voor de Oosterscheldebrug werden vervaardigd. Elf caissons en twaalf opzetstukken zijn gereed en staan voorlopig op het terrein opgeslagen. Het afvoeren van de eerste serie van 6 à 7 stuks zal in het begin van de volgende verslagperiode plaats vinden.

Situatie van de dijkverhoging tussen Delfzijl en Fiemel

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en Fiemel

Het grondlichaam van de nieuwe zeedijk langs de noordrand van de kwelder ten westen van Oterdum kwam, op het afwerken na, gereed. Op het buitenbeloop van het oostelijk gedeelte van de dijk is een steenglooiing aangebracht.
Ten behoeve van de binnenwaartse verlegging van de zeedijk langs het optieterrein van de K.N.S. is 30 000 m³ zand opgespoten, afkomstig van Paapzand-Zuid.
De nieuwe buitenhoofden met aansluitende dijkvakken en de stormvloedkering voor de oude Eemskanaalsluis te Delfzijl werden in 1965 voor de eerste maal voltooid opgeleverd.
Voor de verlenging van de stroomkokers van het gemaal te Fiemel werd de bouwput ontgraven en het zandbed aangebracht. De betonpalen voor de fundering en de stalen damwand, de zgn. scherm-



wand, werden geheid. Een gedeelte van het oude sluishoofd, de oude steenglooiing en een bunker uit de tweede wereldoorlog werden opgeruimd. De betonnen stroomkokers en noodschuiven, de houten kleppen en het stortebed werden voltooid. De stalen bouwkuip werd gedeeltelijk opgeruimd. Het zandlichaam voor de nieuwe dijk over de stroomkokers en de kleibekleding op het buitentalud ter plaatse van de te leggen steenglooiing kwamen gereed. Begonnen werd met het aanbrengen van de glooiing en het opspuiten van het zandlichaam voor de te verhogen aansluitende dijkvakken.

Met het dijkvak tussen het A.K.U.-terrein en de kwelder Oterdum werden goede vorderingen gemaakt. Voor het gedeelte van 500 m ten oosten van de Schaaplaan werd het nodige zand opgespoten en onder profiel gebracht. Het resterende gedeelte van 200 m ten westen van de Schaaplaan zal worden opgespoten met 50 000 m³ zand, dat vrijkomt bij het baggerwerk van Paapzand-Zuid. Dit werk wordt uitgevoerd in combinatie met de uitbreiding van het A.K.U.-terrein onder directie van de Rijkswaterstaat.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De dijkwerken hebben, zoals gebruikelijk, in de winter bijna geheel stilgelegen. Alleen het aanbrengen van kleibedekking op het dijkvak naar de Friese kust werd voortgezet. Aan het einde van de verslagperiode arriveerde het eerste materieel voor de in 1966 uit te voeren bouw van een dijkvak met een lengte van 800 m ten westen van het werkeiland en de aanleg van een gedeelte van de drempel en de bodembescherming in het sluitgat.

Met uitzondering van de brug over de vier oostelijke spuitopeningen is het betonwerk van de onderbouw van de uitwateringssluizen voltooid.

De stortebedden en de erop aansluitende glooiingen vorderen goed, evenals de hefdeuren.

Het heiwerk voor de schutsluis kwam gereed, en in aansluiting daarop zijn twee van de vijf vloermoten reeds gestort.

De bouwput waarin dit jaar een aanvang zal worden gemaakt met de bouw van de caissons, is thans vrijwel geheel op diepte gebracht.

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 599a	1 november 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 599 voor het maken een verbindingsweg tussen Rijksweg nr. 18 en de afsluitdam in de Grevelin en het aanbrengen van wegverhardingen op genoemde afsluitdam met bij mende werken in de gemeenten Bruinisse, Oude Tonge en Nieuwe Tonge
DED 695a	21 juli 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 695 voor het vervaardig leveren en op de Grevelingendam opstellen van een installatie met toebeho voor het verladen van nat zand, alsmede voor het vervaardigen en leveren zes transportbakken.
DED 704a	24 augustus 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 704 voor het afslui van de noordelijke geul van de Grevelingen en het aanleggen van het dijk door die geul, met bijkomende werken, onder de gemeenten Bruinisse, Ou Tonge en Nieuwe Tonge.
DED 733a	9 augustus 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 733 voor het profiler en bekleden van een zandlichaam gelegen tussen de Plaat van Scheelhoek en haven van Dirksland.
DED 761	17 november 1965	Het maken van een afsluitdam door het Zuiderdiep in de gemeente Stellenda
DED 771a	13 december 1965	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 771 voor het vervaardig en leveren van Enkalondoekmatten ten behoeve van het dijkvak op de Midd plaat.
DED 774	21 september 1965	Het leveren van stortsteen ten behoeve van de afsluiting van het Haringvli
DED 777	28 september 1965	Het leveren van stortsteen voor het doorgraven van het zuidelijk en noordel ringdijkgedeelte van de bouwput in het Volkerak en het aanvullen van de slu terreinen in de gemeente Willemstad.
DED 775	16 augustus 1965	Vergoeding wegens het door het Rijk in gebruik nemen van een percee gedeelte ten behoeve van de werken, verband houdende met de afsluiting v het Haringvliet.
DED 778	28 september 1965	Het leveren van zetsteen ten behoeve van het doorgraven van het zuidelijk noordelijk ringdijkgedeelte van de bouwput en het aanvullen van de sluist reinen in de gemeente Willemstad.
DED 781	12 oktober 1965	Huur van de motorsleepboot 'Zuidvliet' mede ten behoeve van uitvoering v duikwerk.
DED 782	28 oktober 1965	Het ontwikkelen, leveren, installeren en in bedrijf stellen van een prototyp apparatuur voor het automatisch nasturen van één patroon van het elektr nisch plaatsbepalingssysteem.
DED 785	26 oktober 1965	Verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van grondmonsters.
DED 786	3 november 1965	Maken van een onderbouw van betonelementen voor twee Romneyloodsen de Grevelingendam.
DED 790	6 september 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de zuidelijke voorhaven van Volkeraksluizen nabij Willemstad.
DED 791	6 september 1965	Idem.
DED 792	6 september 1965	Idem.
DED 793	6 september 1965	Idem.
DED 794	18 november 1965	Het maken en leveren van een stalen motorkotter met toebehoren ten behoe van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat.
DED 795	6 januari 1966	Het vervaardigen, afregelen en bedrijfsklaar opleveren van 6 vervalsecties 3 stroomsecties ten behoeve van het analogon de 'Deltar'.
DED 799	1 oktober 1965	Raamovereenkomst, betreffende de uitvoering der werken tot verdere volledige afsluiting van het Volkerak, tussen de Brabantse wal en het eilar Goeree-Overflakkee.
DED 800	1 oktober 1965	Raamovereenkomst, betreffende de uitvoering der werken tot verdere volledige afsluiting van het Haringvliet tussen de eilanden Voorne en Goere Overflakkee.

'erken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
—	Combinatie Grevelingen te Hardinxveld
f 40 470,—	Combinatie Grevelingen te Hardinxveld
—	Combinatie Grevelingen te Hardinxveld
f 92 400,—	Deltacombinatie te 's-Gravenhage
f 1 235 000,—	Deltacombinatie te 's-Gravenhage
—	Nico ter Kuile te Neede
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij. 'De Keerkring' te Utrecht
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij. 'De Keerkring' te Utrecht
—	Ch. H. van Eck te Sommelsdijk.
eenheidsprijs	Firma Jan B. Petit en Zoon te Breda
f 950,— per week	C. P. Noordhoek te Goes.
f 49 600,—	Internationale Navigatie Apparaten N.V. te Amsterdam.
eenheidsprijzen	Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.
f 13 000,—	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes.
eenheidsprijzen	Firma A. J. v. Loon te Drimmelen.
eenheidsprijzen	Firma Kraayeveld's Aannemers- en Handelsonderneming te Barendrecht.
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam.
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad.
f 404 640,—	N.V. Scheepswerf 'Alphen' P. de Vries Lentsch te Alphen aan de Rijn.
f 81 300,—	N.V. Datawell te Haarlem.
—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld.
—	Deltacombinatie te Hellevoetsluis.

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 801	1 oktober 1965	Raamovereenkomst, betreffende de uitvoering der werken tot het maken v de afsluitdam in de mond van het Brouwershavensche Gat, tussen de eiland Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland.
DED 802	10 december 1965	Het maken en leveren van een aluminium motorvlet met toebehoren.
DED 803	12 november 1965	Het verrichten van waterwaarnemingen te Dintelsas.
DED 804	12 november 1965	Het verrichten van waterwaarnemingen te Galathee.
DED 807	13 december 1965	Het reviseren van twee zes-cylinder G.M. motoren ten behoeve van het Rij vaartuig 'Delta'.
DED 813	26 oktober 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de zuidelijke voorhaven v de Volkeraksluizen nabij Willemstad
DED 814	26 oktober 1965	Idem.
DED 815	26 oktober 1965	Idem.

Opgave van de door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawer

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zuid-Holland	VI-1964	Verbetering van het Rijkshaventje nabij de Barendrechtse brug
Zuid-Holland	XIII-1964	Aanleg van een waterkering door de Barendrechtse haven
Zuid-Holland	XXI-1964	Bouw van een gemaal bij de Oranjebuitensluis
Zuid-Holland	XXIIa-1964	Versterking van de dijk van de polder Oud-Herkingen
Zuid-Holland	DvC-1965	Maken van een zandaanvulling langs de binnenzijde van Schielands Hc Zeedijk tussen hm 34.40 en hm 58.10
Zuid-Holland	DvB-1965	Leveren en verwerken van 10 000 m³ klei t.b.v. de Lekdijk te Lekkerkerk
Zuid-Holland	I-1965	Verbeteren van een gedeelte van de hoofdwaterkering te Oud-Beijerland
Zeeland	1965	Levering van betonartikelen voor het verhogen en verzwaren van de zeed tussen dp. 25 en dp. 39 + 40 van de Hoedekenskerkepolder
Zeeland	1964	Aankoop en in depot brengen van 35 000 m³ klei door het voormalige Wat schap voor de waterkering van de calamiteuze Nieuw-Neuzenpolder
Zeeland	1965	Levering van zetsteen t.b.v. de verbetering van de hoogwaterkering tus de oosthavendam van de handelshaven te Breskens en de uitwateringssl bij Nummer Eén

Opgave van de door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawer

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zuid-Holland	II-1965	Verbetering van de Lekdijk tussen hmp. 116.25 en 122.75 te Lekkerkerk
Zeeland	1965 3-B.W.Z.B.	Verhogen en verzwaren van de zeedijk tussen dp. 25 en dp. 39 + 40 van Hoedekenskerkepolder van het waterschap De Brede Watering van Zu Beveland
Zeeland	1960—1963	Verhogen en verzwaren van de zeedijk van het Waterschap De vereeni Polders van Ossenisse en het calamiteuze Waterschap Walsoorden. Voorzieningen aan de waterleidingen bij de uitwateringssluis

Aannemingssom	Aannemer
—	N.V. Aanneming Maatschappij Dijksbouw te 's-Gravenhage
f 35 000,—	Verhoef Aluminium Scheepsbouwindustrie en Metaalwarenfabriek N.V. te Aalsmeer.
—	Mevr. A. M. Roozen-Uitdewillegen te Dintelsas.
—	Jac. van Kouteren te Achthuizen.
f 18 039,30	N.V. Sim- Motoren-Revisiebedrijf te Gouda.
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad.
eenheidsprijzen	Firma A. J. van Loon te Drimmelen.
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam.

esloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
f 86 630,—	Combinatie Gebr. Mol te Hendrik Ido Ambacht
f 155 000,—	Combinatie Gebr. Mol te Hendrik Ido Ambacht
f 2 440 400,—	N.V. Ned. Bouw Mij. N.B.M. te 's-Gravenhage
f 633 500,—	fa. G. v. Herk te Nieuwerkerk a/d IJssel
eenheidsprijzen	Oosterwijk N.V. te Rotterdam
eenheidsprijs	N.V. J. H. de Vos te Krimpen a/d Lek
f 326 932,—	N.V. Aannemingsbedrijf v/h D. A. v. d. Linden te 's-Gravendeel
eenheidsprijzen	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes
eenheidsprijs	N.V. Aannemingsbedrijf Gebr. Geldof te Serooskerke
eenheidsprijzen	fa. J. B. Petit en Zoon te Breda

penbaar bestede en gegunde werken

Aannemingssom	Aannemer
f 472 000,—	fa. Gebr. Kleinjan te Rotterdam
f 2 829 000,—	fa. J. D. Janse te Middelburg
f 25 850,81	Aannemingsbedrijf Jac. G. v. Oord N.V. te Utrecht

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aerocarto	315
Hofmeester	328
Rijkswaterstaat	305-308- 309-310-320-324-325
Westfälische Berggewerkschaftskasse	295

Inhoud nr. 37

A. De werken van het Deltaplan

339 De functie van de Haringvlietsluizen

348 Dijkvallen in Zeeland

353 Kunststoffen in de waterbouw

359 Het plateau en de werkweg op het strand van Voorne

363 Vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkerak-sluizen

369 De erosiegevoeligheid van bepaalde grondsoorten in de zeegaten

273 Kunstmatige verwijdering van zout water uit een diepe stroomgeul

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

377 Het sluitgat van de afsluitdijk voor de Lauwerszee

383 **Vorderingen**

A. De werken van het Deltaplan

De functie van de Haringvlietsluizen

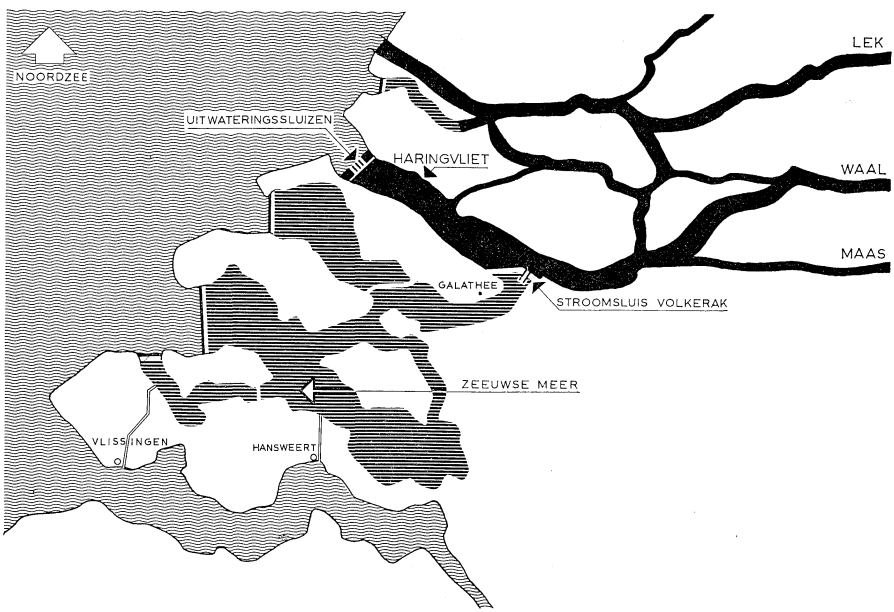
De dam door het Haringvliet zal, evenals de andere grote sluitdammen in het Deltagebied, in de allereerste plaats het binnendringen van stormvloeden in de benedenrivieren moeten tegengaan. Omdat het Haringvliet echter de hoofdafvoerweg naar zee moet blijven vormen voor het opperwater van onze grote rivieren, dient in deze dam een uitwateringssluis te worden opgenomen.
In voorgaande artikelen in het Driemaandelijks Bericht is reeds geschreven over de belangrijke betekenis die dit kunstwerk zal hebben voor de zoetwaterhuishouding van ons land.
Nederland is voor de aanvoer van water in hoofdzaak aangewezen op de Rijn en de Maas. Van dit rivierwater wordt thans slechts een klein gedeelte gebruikt voor huishoudelijke, industriële en agrarische doeleinden. Niet dat de rest in zee stroomt, zonder ons land een dienst te hebben bewezen: er is een grote hoeveelheid rivierwater vereist om de verzilting in het kustgebied te bestrijden. Ondanks de betrekkelijk grote afvoer langs de Rotterdamsche Waterweg is de zeeinvloed in de loop van de tijd steeds verder landinwaarts gedrongen, zodat het rivierwater op verschillende plaatsen ongeschikt werd voor industrie, landbouw en huishouding. Ook na de voltooiing van de Deltawerken zal een grote hoeveelheid rivierwater nodig zijn om de zee-invloed in de benedenrivieren – die nog steeds toeneemt – binnen aanvaardbare grenzen te houden. Bovendien moet rekening worden gehouden met een toeneming van de behoefte aan rivierwater voor allerlei doeleinden.
Op het ogenblik wordt meer rivierwater langs het Haringvliet naar zee afgevoerd dan langs de Rotterdamsche Waterweg. Na de voltooiing van de afsluiting van het Haringvliet behoeft bij kleine afvoeren van de rivieren niet meer water langs het Haringvliet naar zee te worden afgevoerd dan met het oog op de zoutbestrijding op het Haringvliet nodig is, zodat dan in beginsel een groter deel van de rivierafvoer aan andere doelen dienstbaar kan worden gemaakt.
Na het gereedkomen van de kanalisatie van de Nederrijn-Lek, waardoor de afvoer van de Lek bij kleine Rijnafvoeren zal worden verminderd ten gunste van de afvoer langs de Geldersche IJssel, zal voorts met behulp van de Haringvlietsluizen de afvoer van de Oude Maas en de Noord worden vergroot. Door deze manoeuvre, en ook door voeding via het Betuwepand van het Amsterdam-Rijnkanaal, wordt de invloed van de geringere Lekafvoer gecompenseerd.

Bij grotere afvoeren zal de afvoer langs de Nederrijn-Lek weer toenemen. De afvoer langs de Noord kan dan met het oog op de beperking van de stroomsnelheden geleidelijk worden verminderd door de uitwateringssluizen in het Haringvliet gedeeltelijk te openen. Hierbij zal dan tevens rekening dienen te worden gehouden met de vereiste aanvoer van rivierwater naar het Zeeuwse Meer.
In dit artikel zullen enkele aspecten van de regeling van de afvoer door de Haringvlietsluizen worden behandeld.

Het lozen met de Haringvlietsluizen

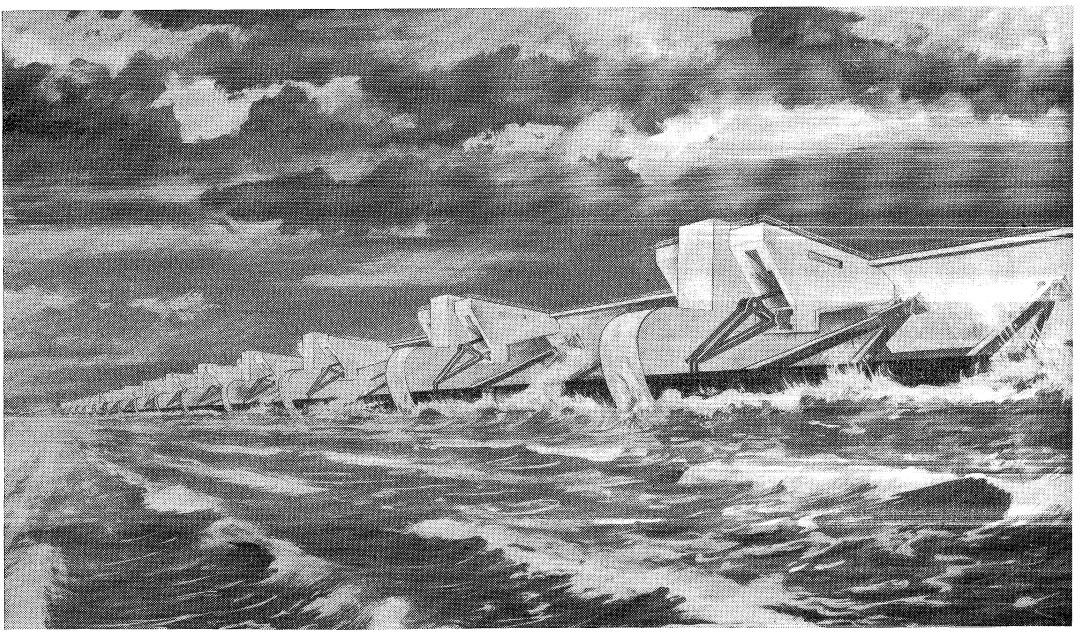
We beperken ons eerst tot situaties met een normale getijbeweging in zee. De gemiddelde waterstand in zee is dan ongeveer N.A.P., het hoogwater aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen ruim 1 m boven N.A.P. en het laagwater ongeveer 0,75 m beneden N.A.P.
Het sluizencomplex heeft 17 afvoeropeningen van 56,5 m wijd, met een drempeldiepte van 5,50 m beneden N.A.P. Elke opening kan worden afgesloten door twee stalen segmentschuiven.
Bij lage Rijnafvoeren zullen de afvoeropeningen steeds gesloten zijn. Wordt de Rijnafvoer zo groot dat een hoeveelheid opperwater door de sluizen mag worden geloosd, dan gaat men als volgt te werk.
Tijdens de daling van de zeestand van hoog- naar laagwater zal men de schuiven tot een bepaalde hoogte heffen, als de buitenwaterstand is gedaald tot iets beneden de binnenwaterstand. Het water begint dan door de afvoeropeningen naar zee te stromen. De stroomsnelheid door de sluis neemt toe tot een maximum – bij laagwater – en neemt

De waterloopkundige situatie in het Deltagebied na de voltooiing van de Deltawerken



daarna weer af als gevolg van het intreden van de vloed. De schuiven worden weer neergelaten op het moment dat het water niet meer naar buiten kan stromen. Dit is het geval zodra de buitenwaterstand is gerezen tot ongeveer het niveau van de binnenwaterstand.
Gedurende de ebperiode daalt de binnenwaterstand over een bepaalde hoogte, afhankelijk van de afvoeropening, dus de hefhoogte van de schuiven. In het algemeen zal men manipulaties met de schuiven gedurende het lozen vermijden.
Om de gewenste afvoerverdeling in het stelsel van benedenrivieren, gebaseerd op de hierboven besproken criteria, te verkrijgen, werd op grond van de uitkomsten van modelonderzoek een verband vastgesteld tussen de afvoer van de Rijn en de in te stellen afvoeropening van de Haringvlietsluizen. Het uit dit verband volgende 'sluisprogramma' houdt dus in, dat bij een bepaalde afvoer van de Rijn tijdens eb wordt geloosd met een daaraan beantwoordende sluisopening.
Bij het modelonderzoek werd uitgegaan van een zeker verband tussen de grootte van de afvoeren van Rijn en Maas dat werd vastgesteld op grond van een statistische analyse van deze afvoeren. Bij een bepaalde afvoer van de Rijn behoort volgens deze analyse een bepaalde afvoer van de Maas. Deze bijzonderheid is overigens van geringe invloed daar de afvoer van de Maas klein is in verhouding tot die van de Rijn, die hier dan ook geheel maatgevend is.
Verder werd bij het onderzoek voorlopig een gemiddelde getijbeweging in zee aangenomen. De afwijkingen in de afvoerverdeling die het gevolg kunnen zijn van de variatie van het astronomisch getij, zijn dus niet in rekening gebracht.
Het is intussen zeer wel mogelijk om een sluisprogramma op te stellen, waarbij met de variaties in de Maasafvoer en in het astronomisch getij wèl rekening wordt gehouden, door

Schets van het toekomstig aanzicht van de Haringvlietsluizen

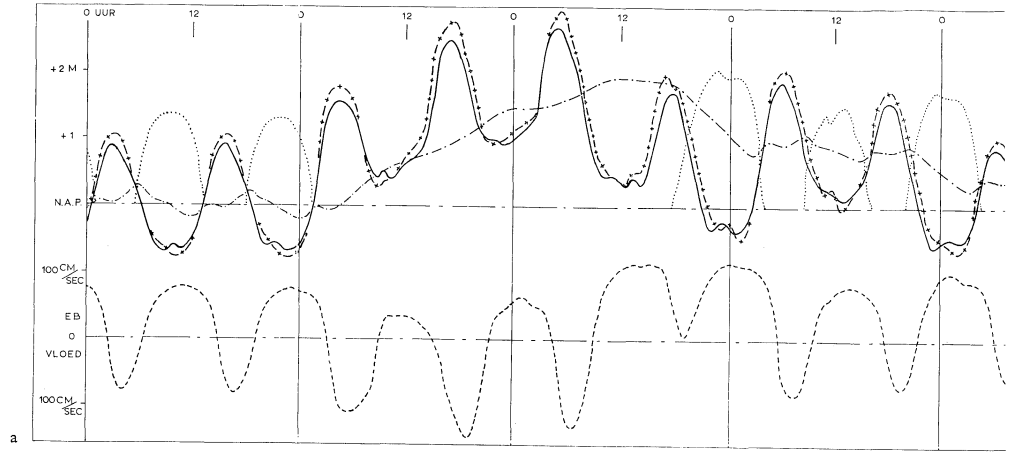


correcties toe te passen op het sluisprogramma, dat de afvoerverdeling reeds in hoofdzaak bepaalt.
Zou bijvoorbeeld de Maasafvoer lager zijn dan waarmee bij het vaststellen van het programma werd gerekend, dan zou men met een iets kleinere sluisopening kunnen lozen dan volgens het normale programma, teneinde de gewenste afvoer langs de Rotterdamsche Waterweg te kunnen handhaven.
Wat de variatie van het astronomisch getij betreft hebben we vooral te maken met het variëren van de getij-amplitude, dat wil zeggen het verschil tussen hoog- en laagwater, van een maximum (springtij) via een minimum (doodtij) naar het volgende maximum, met een periode van circa 14 dagen.
Bij springtij is het laagwater aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen globaal 10 cm lager dan bij doodtij. Bij een zelfde afvoeropening zal dus bij springtij de afvoer door de sluizen groter zijn dan bij doodtij.
Ten opzichte van het gemiddeld getij is het verschil in laagwaterstand bij doodtij en springtij gemiddeld dus slechts ongeveer 5 cm aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen. Baseren we het sluisprogramma op een gemiddeld getij, dan zal de variatie in de afvoer door de sluizen, tengevolge van de afwisseling van spring- en doodtij al betrekkelijk gering zijn. Door kleine correcties op de sluisopeningen kan deze variatie desnoods geheel opgeheven worden.
Wel moet bedacht worden, dat tijdens lage Rijnafvoeren de Haringvlietsluizen steeds gesloten zullen blijven, zodat dan de afvoer naar zee niet wordt verdeeld, maar in zijn geheel via de Rotterdamsche Waterweg plaatsvindt. Correcties op het sluisprogramma voor afwijkingen in de Maasafvoer en het getij komen onder die omstandigheden niet in aanmerking.
De verhogingen, en in mindere mate de verlagingen van de zeestanden door invloed van meteorologische factoren, zijn van veel meer betekenis.

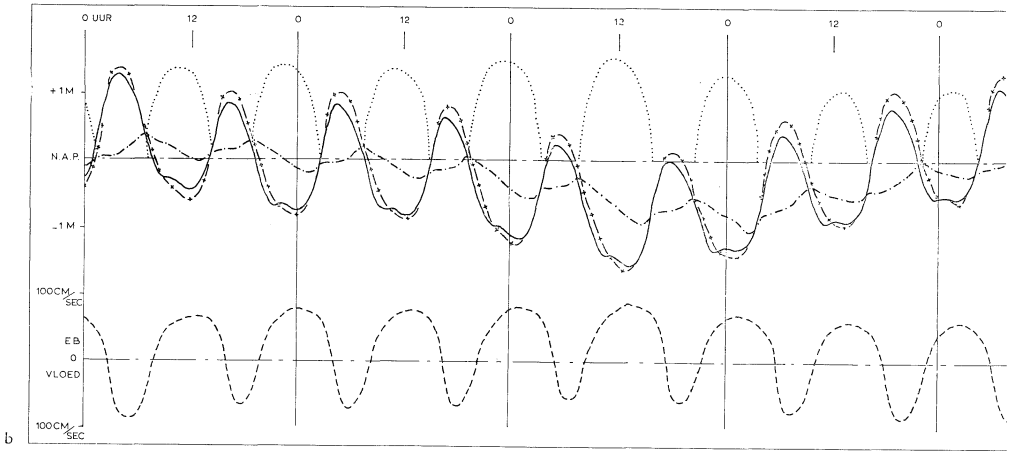
Het lozen bij verhoging en verlaging van de zeestanden

Tenzij anders vermeld, gaan we er van uit dat het normale sluisprogramma wordt aangehouden, ook tijdens perioden met verhoging of verlaging van de zeestanden, zodat met deze afwijking geen rekening wordt gehouden bij het kiezen van de sluisopening.
Als er geen meteorologische invloeden in het spel zijn, hebben we in zee te maken met een getijbeweging die alleen veroorzaakt wordt door de astronomische omstandigheden. De waterstanden schommelen dan met een periode van 12 u 25 min om een gemiddelde dat ongeveer op N.A.P. ligt.
Als gevolg van krachtige westelijke of oostelijke wind boven het Noordzeegebied zal de zeestand, gemiddeld over één getijperiode, aanmerkelijk kunnen afwijken van het langdurig gemiddelde. Westelijke winden veroorzaken een verhoging, oostelijke winden een verlaging van de zeestanden bij de kust. Door deze afwijkingen kunnen variaties optreden in de afvoer door de Haringvlietsluizen en de Rotterdamsche Waterweg, en wel groter naarmate de afwijkingen toenemen.
Bij verlaging van de zeestanden kan men altijd de gewenste afvoer door de sluizen verwezenlijken, maar bij sterke verhoging zal het kunnen voorkomen dat de afvoer tijdelijk minder is dan beoogd. De afvoer kan zelfs nihil worden, namelijk in gevallen waarin een zo grote verhoging optreedt, dat de buitenwaterstand gedurende een volledige getijperiode hoger is dan de binnenwaterstand.
Stel dat we een situatie hebben met normale zeestanden, dus zonder windinvloed, en een

afvoer van Rijn en Maas die zo groot is dat tijdens de ebperiode door de Haringvlietsluizen wordt geloosd. Steekt nu vervolgens een krachtige oostelijke wind op, dan kan de – per getijperiode gemiddelde – zeestand in twee dagen dalen tot bijvoorbeeld 1 m beneden de normale waarde. Tijdens deze daling zal in de ebperiode meer water door de Rotterdamsche Waterweg en de Haringvlietsluizen naar zee stromen dan normaal, als gevolg van de lagere laagwaterstanden in zee. De waterstanden in het Haringvliet dalen daardoor natuurlijk ook beneden het normale niveau.
Deze daling gaat sneller naarmate de afvoer per getij door de sluizen groter is. Zijn de afvoeren van de Rijn en de Maas zo hoog, dat met de maximale sluisopening wordt geloosd, dus met geheel geheven schuiven, dan vindt de daling van de waterstanden in het Haringvliet met vrijwel dezelfde snelheid plaats als die in zee.
Zijn de rivierafvoeren zo klein, dat de afvoer door de sluizen slechts gering is, dan zal de snelheid van daling van de binnenwaterstanden ook klein zijn, als gevolg van de beperkte afvoercapaciteit van het Spui en de Dordtse Kil. De afvoer van het water van het Haringvliet en het Hollandsch Diep moet dan via deze tussenrivieren plaatsvinden in de richting van de Rotterdamsche Waterweg.
Na de maximale verlaging vindt gedurende de stijging van de gemiddelde zeestand tot het normale niveau het tegengestelde plaats van wat zich tijdens de daling afspeelt. De waterstandsverschillen tussen zee- en rivierzijde van de sluizen worden dan tijdens de eb tijdelijk kleiner, zodat de sluisafvoer afneemt. Evenzo neemt de opperwaterafvoer door de Rotterdamsche Waterweg af, wat tot uiting komt in grotere vloedstromen en kleinere ebstromen. De waterstanden op het Haringvliet stijgen ook weer tot het normale niveau, waarna de situatie weer gelijk is aan die waarvan we uitgingen.
Bij verhoging van de zeestanden gebeurt iets dergelijks. Bij rijzing van de zeestand boven het normale peil nemen de afvoeren naar zee af en stijgt de waterstand in het Haringvliet. Daalt de zeestand na het bereiken van de maximale hoogte weer, dan neemt de afvoer naar zee weer toe tot een normale toestand is bereikt.
Men zou nu de vraag kunnen stellen of er aanleiding is tijdens belangrijke afwijkingen van het normale getijverloop op zee wijzigingen aan te brengen in het gewone sluisprogramma, dat alleen is afgestemd op de Rijnafvoer.
Met het oog hierop werd naar het effect van verhogingen en verlagingen van de zeestand op de waterbeweging in de benedenrivieren een onderzoek verricht in het elektrisch model van dit rivierenstelsel, de zogenaamde Deltar. Dit model werd reeds besproken in het Driemaandelijks Bericht nr. 18 (november 1961), zodat wij daarnaar kunnen verwijzen. De Deltar is een nabootsing van het gehele benedenrivierenstelsel in de vorm van een elektrische apparatuur, met behulp waarvan de waterbeweging in het rivierenstelsel kan worden bepaald, uitgaande van een aantal randvoorwaarden, namelijk de afvoeren van Lek, Waal en Maas en het getij in zee. Ook de Haringvlietsluizen zijn in het model voorgesteld, zodat het effect van de lozing met deze sluizen in het model kan worden bestudeerd. Met behulp van de Deltar werden proeven verricht met als randvoorwaarden een getij in zee, waarop verhogingen en verlagingen werden gesuperponeerd, in combinatie met verschillende afvoeren van Rijn en Maas. Voor de proeven met verhoging werd achtereenvolgens uitgegaan van een verloop van de waterstanden in zee zoals dit is voorgekomen bij de stormvloeden van 1 december 1936, 7 april 1943 en 1 februari 1953. De extra verhoging als gevolg van opwaaiing bij deze stormvloeden bedroeg te Hoek van Holland achtereenvolgens 1,75 m, 2,15 m en 3,25 m. Verder werden nog enkele proeven verricht met een geringere verhoging, namelijk circa 1 m. Voor de proeven met verlaging werden achtereenvolgens twee perioden gekozen waarin een verlaging optrad van 50 cm en 1 m.



a

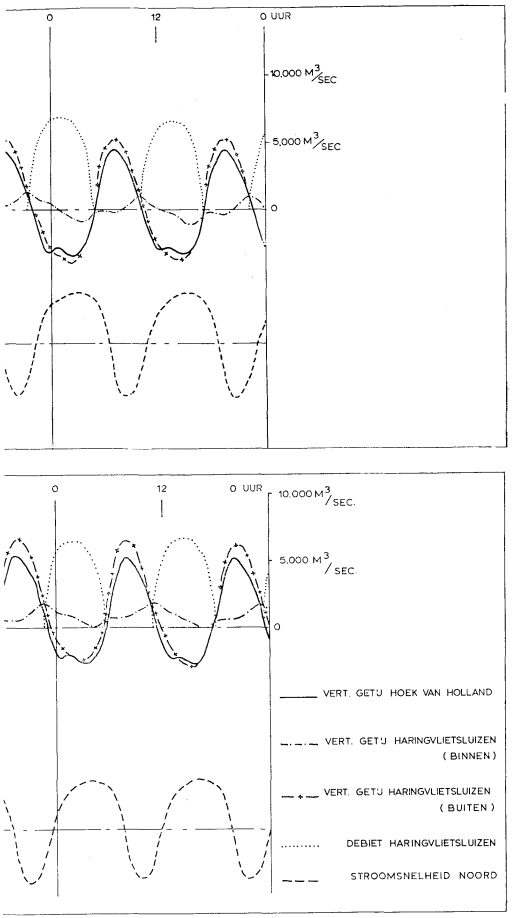


b

Uit dit onderzoek bleek onder meer het volgende. In het geval van verhoging van de zeestanden door opwaaiing wordt de vermindering van de afvoer door de Haringvlietsluizen tijdens de stijgende fase van de verhoging grotendeels gecompenseerd door de toeneming van de afvoer tijdens de dalende fase. Dit geldt dan ook voor de afvoer door de Rotterdamsche Waterweg. Bij verlagingen bleek het verloop analoog aan dat bij verhogingen. De toeneming van de afvoer tijdens de dalende fase wordt tijdens de daarop volgende stijgende fase grotendeels gecompenseerd door een vermindering. In dergelijke gevallen blijft dus de gemiddelde waarde van de afvoer, gerekend over de gehele periode met op- of afwaaiing, nagenoeg gelijk aan die bij normaal getij.

Tevens is een onderzoek verricht naar de grootte van de stroomsnelheden in de benedenrivieren.

Bij hoge stormvloeden komen, ook thans, hoge stroomsnelheden voor in de riviertakken die de verbinding vormen tussen het Haringvliet en het Hollandsch Diep enerzijds en de Rotterdamsche Waterweg anderzijds: de Noord, de Dordtse Kil, de benedenmond van de



Verloop volgens de modelproef van het getij in zee, de waterstand in het Haringvliet, de afvoer door de Haringvlietsluizen en de stroomsnelheid in de Noord bij Alblasserdam:

a. bij opwaaiing

b. bij afwaaiing

Oude Maas en het Spui. Tijdens de stijgende fase komen hier grote vloedsnelheden voor en tijdens de dalende fase grote ebsnelheden.
Deze grote stroomsnelheden hangen in de nieuwe situatie samen met de grote verschillen die optreden tussen de waterstanden in het Haringvliet en die in de Rotterdamsche Waterweg. De verschillen kunnen zo groot worden doordat het Haringvlietbekken een grote oppervlakte heeft in verhouding tot de capaciteit van de genoemde riviertakken. Bij rijzing van de gemiddelde zeestand vindt de vulling van het Haringvlietbekken, afgezien van de aanvoer van opperwater door de bovenrivieren, via deze riviertakken plaats. Vooral als de opperwateraanvoer betrekkelijk gering is en bij een snelle rijzing van de gemiddelde zeestand kan de stijging van de waterstanden in het Haringvliet vrij sterk achterblijven bij die op zee, doordat de gezamenlijke oppervlakte van de dwarsprofielen van de Noord, de Dordtse Kil, de benedenmond van de Oude Maas en het Spui betrekkelijk gering is.
Bij daling van de gemiddelde zeestand vindt de lediging van het bekken plaats via

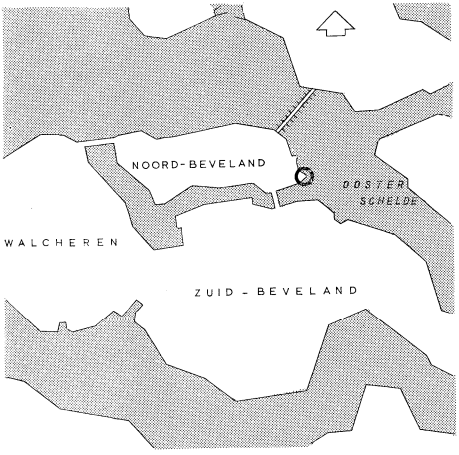
dezelf riviertakken, waar dan grote ebsnelheden kunnen optreden, en in meerdere of mindere mate ook via de Haringvlietsluizen, afhankelijk van de grootte van de afvoer van Rijn en Maas.
Uit het onderzoek is gebleken dat, hoewel tijdens het rijzen van de zeestand bij opwaaiing de vloedstromen in de Rotterdamsche Waterweg tijdelijk groot kunnen zijn, en het zeewater daardoor verder kan binnendringen dan gewoonlijk, deze invloed daarna bij het dalen van de gemiddelde zeestand weer snel wordt teniet gedaan door de dan sterk overheersende ebstromen. Uit een oogpunt van zoutbestrijding is aanpassing van het sluisprogramma onder deze omstandigheden onnodig.
Verder werd onderzocht in hoeverre de grootte van de stroomsnelheden zou kunnen worden beperkt met behulp van dergelijke aanpassingen van het sluisprogramma. Dit blijkt slechts tot op zekere hoogte het geval te zijn.
Men zou bijvoorbeeld het lozen met de Haringvlietsluizen bij het ingaan van de laatste laagwaterperiode voor een stormvloed kunnen staken – vooropgesteld dat men tijdig op de hoogte is van de nadering van de stormvloed. De waterstanden in het Haringvlietbekken zullen daardoor bij het begin van de stormvloed hoger zijn dan anders, zodat de vloedvervallen – en daarmee de vloedsnelheden – tussen Hoek van Holland en het Haringvliet kleiner worden. Het effect van deze maatregel is afhankelijk van de mate van rijzing van de zeestand na de laagwaterperiode, en van de grootte van de Rijn- en Maasafvoer.
Bij een lage afvoer, waarbij ook bij normaal getij niet geloosd wordt via de Haringvlietsluizen, kan niets gedaan worden om de vloedvervallen te verkleinen. De methode kan dus slechts van betekenis zijn bij voldoend grote Rijn- en Maasafvoeren. Opgemerkt moet hierbij worden dat het opzetten van de Haringvlietboezem bij lage opperwaterafvoeren in theorie ook zou kunnen worden bereikt door de sluizen bij vloed open te zetten. Dat er dan zout water binnendringt in het Haringvliet wordt echter als een overwegend bezwaar gevoeld. Bovendien heeft een dergelijke manoeuvre weinig betekenis voor het tegenhouden van het zeewater in de Rotterdamsche Waterweg, daar de waterbeweging aldaar tengevolge van de natuurlijke traagheid in het stelsel niet terstond wordt beïnvloed.
De ebsnelheden in de benedenrivieren tijdens de daling van de gemiddelde zeestand na de top van een stormvloed kunnen wel beperkt worden, en wel door versterkte lozing met de Haringvlietsluizen, dus met een grotere sluisopening dan volgens het normale programma. Dit vertraagt echter het terugdringen van het zeewater in de Rotterdamsche Waterweg.
De moeilijkheid schuilt vooral daarin, dat het verloop van de zeestand bij een stormvloed niet nauwkeurig genoeg te voorspellen valt, om bij het begin van de lozingsperiode de benodigde wijziging in het sluisprogramma te bepalen. Kiest men in verband met deze onzekerheden de sluisopening zo groot dat men er vrijwel zeker van kan zijn dat de ebsnelheden in de benedenrivieren niet ongewenst groot worden, dan zal achteraf kunnen blijken dat meer water door de sluizen, en daardoor minder door de Rotterdamsche Waterweg is afgevoerd dan met het oog op het terugdringen van het zeewater gewenst was. Men zal dit kunnen constateren uit de continue registratie van het zoutgehalte in de Rotterdamsche Waterweg.
Er zij nog op gewezen dat het wenselijk is een eenmaal ingestelde sluisopening tijdens het lozen zo weinig mogelijk te wijzigen, omdat door zuigkrachten en trillingen eventuele ongunstige belastingstoestanden voor de hefwerktuigen van de schuiven kunnen optreden.

De resultaten van het onderzoek samenvattend kan men stellen dat bij de normale variatie in het getij van springtij naar doodtij geen verandering in het voor een ge-

middeld getij opgestelde sluisprogramma behoeft te worden toegepast. Dit sluisprogramma is dan alleen gebaseerd op de Rijn- en Maasafvoer. Zelfs blijkt het in de praktijk meestal mogelijk om zonder de waterhuishouding in gevaar te brengen het normale sluisprogramma ook bij grote afwijkingen in de zeestanden, veroorzaakt door meteorologische invloeden, te handhaven. Over de gehele periode van de afwijking genomen blijken de positieve en de negatieve effecten elkaar te neutraliseren.
Het kan echter voorkomen dat incidentele afwijkingen van het sluisprogramma noodzakelijk worden om de stroomsnelheden in de benedenrivieren te beperken.
In het algemeen is het gewenst zo weinig mogelijk van het van te voren opgestelde sluisprogramma af te wijken, daar uit het onderzoek is gebleken dat de voordelen van een programmawijziging slechts beperkt zijn, terwijl onvoorziene afwijkingen van het verloop van een op- of afwaaiing ten opzichte van wat voorspeld was, het verwachte voordeel teniet kunnen doen. Ook voor de praktische uitvoering van het beheer van de Haringvlietsluizen is het gewenst om het sluisprogramma zo eenvoudig mogelijk te houden. De te kiezen sluisopening moet dus voor zo weinig mogelijk variabelen worden bepaald. In het geval de sluizen te zijner tijd automatisch zullen worden bediend – een mogelijkheid die nog een punt van onderzoek vormt – is dat evenzeer wenselijk, omdat de voor de regeling van het sluisbedrijf nodige apparatuur dan het minst gecompliceerd kan zijn.
De onderzoekingen met betrekking tot bijzondere omstandigheden wat het getij en de Rijn- en Maasafvoeren betreft, worden voortgezet.

Dijkvallen in Zeeland

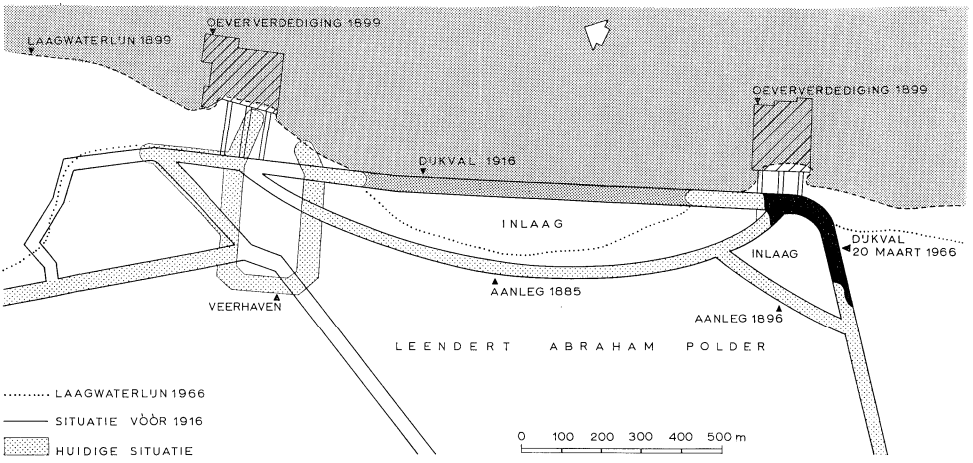
In de provincie Zeeland treden veelvuldig aanzienlijke aantastingen van oevers en dijken op, die bekend staan als oever- en dijkvallen. Sinds 1800 zijn reeds ongeveer duizend vallen opgetekend.
Aangezien de Deltadienst gedurende de uitvoering van de afsluitingswerken ook met dit verschijnsel geconfronteerd kan worden, besteedt de dienst de nodige aandacht aan de dijkvallen en de oevervallen. De oeverpeilingen, die door de waterschappen en de studiedienst van de directie Zeeland van de Rijkswaterstaat worden uitgevoerd, soms in samenwerking met de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst, worden dan ook nauwkeurig bestudeerd. Wanneer vallen zijn geconstateerd worden onmiddellijk uitvoerige peilingen verricht om de omvang van de val te bepalen; tevens wordt getracht een verklaring voor de val te vinden in de grondmechanische toestand ter plaatse, alsmede in het getijverloop en de getijstromen.
Ook de recente dijkval bij de calamiteuze Leendert Abrahampolder op 20 maart 1966 heeft de volle aandacht van de Deltadienst gehad. Deze polder ligt op Noord-Beveland nabij Kats. De vloedstromen langs de oevers van de polder zijn gericht naar het gebied van de Oosterschelde ten westen van Bergen op Zoom. Deze stromen zijn nog in geen enkel opzicht door de Deltawerken beïnvloed.
De Leendert Abrahampolder, die in 1853 is bedijkt, heeft reeds meer dan 30 vallen gekend; doorgaans waren dit gelukkig slechts oevervallen, waarbij de zeedijk behouden bleef.
De vooroever van de Leendert Abrahampolder nam echter zo snel af dat na 1884 op twee plaatsen oeververdedigingen in de vorm van bezinkingen en bestortingen moesten worden aangebracht. Tussen deze versterkte punten werd in 1885 een inlaagdijk gelegd. In 1916 bezweek de zeedijk ten gevolge van een dijkval, zodat de inlaagdijk hoogwaterkering werd. Zuidoostelijk van de oude inlaagdijk was reeds in 1896 een kleinere inlaagdijk aangelegd. Deze is door de val van maart 1966 op zijn beurt tot zeedijk geworden.
Omtrent het tijdstip van de laatste val, waarbij 320 m dijk in de diepte verdween, verkeert men in het onzekere. Tot zeven uur 's avonds hadden zich nog enkele hengelaars op de dijk opgehouden, terwijl de volgende ochtend, dus op 21 maart, de inlaag ingelopen bleek te zijn. Blijkbaar moest dus tijdens het hoogwater van 3.40 uur 's nachts de dijk reeds bezweken zijn. Daar men in Kats om 22.15 uur duidelijk trillingen had waargenomen is vermoedelijk omstreeks deze tijd de dijk gevallen.



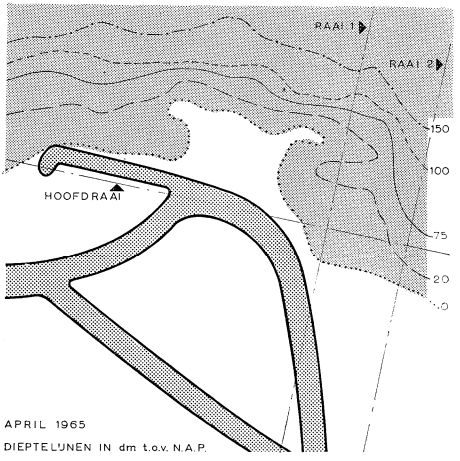
Plaats van de dijkval van 20 maart 1966

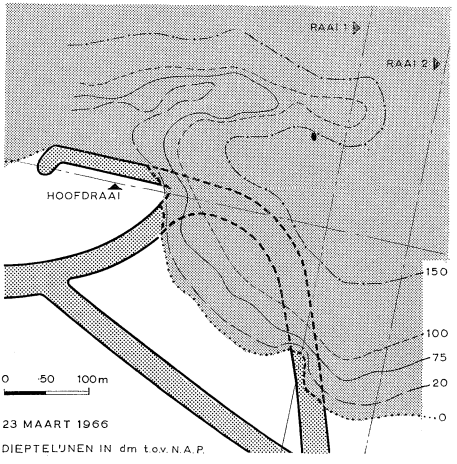
Na de dijkval





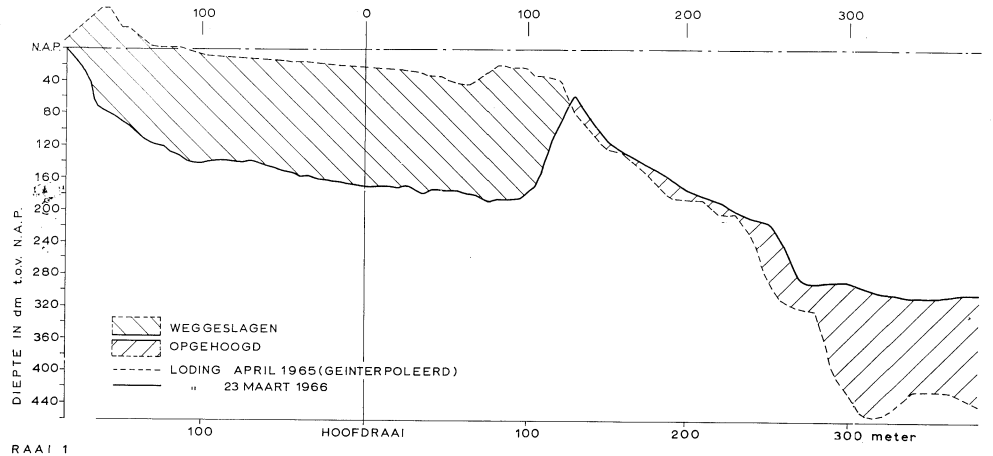
Dijkvallen en oeververdedigingen aan de oostpunt van het eiland Noord-Beveland



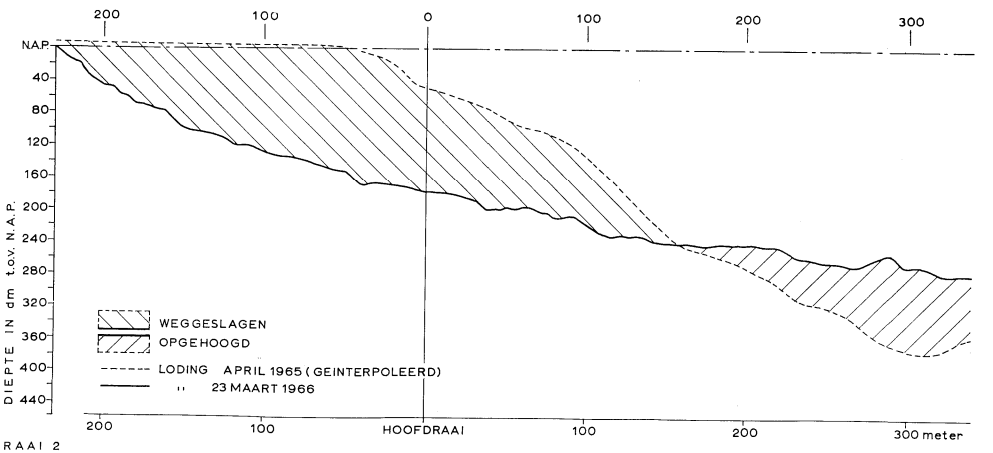


Dieptelijnen voor en na de dijkval

Lodingen in raai 1 en 2



RAAI 1



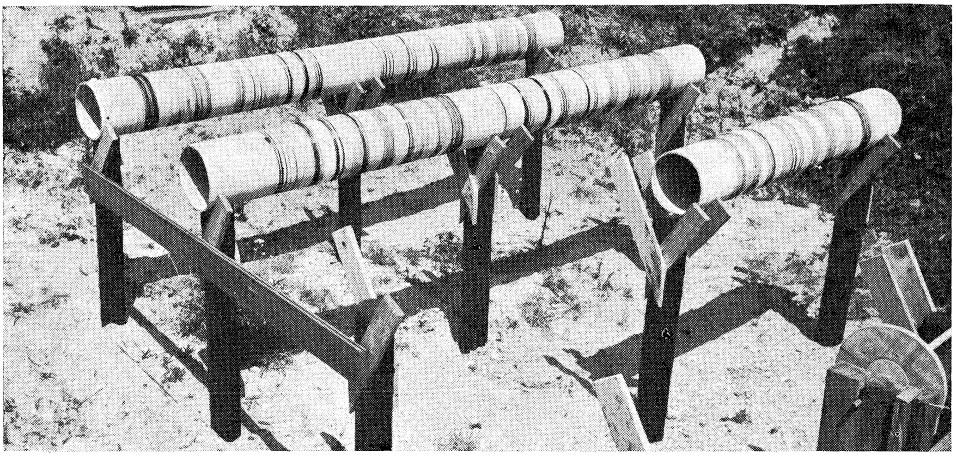
RAAI 2

Onmiddellijk na het bekend worden van de val werden door de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst peilingen uitgevoerd. Er bleek ca. 1,2 miljoen m^3 grond te zijn verplaatst; de helft van deze hoeveelheid werd teruggevonden in de 45 m diepe geul voor de dijk. Het beloop ter plaatse van de val varieerde volgens de peilingen van april 1965 – tussen de dieptelijnen van 5 m en 30 m – van 1 : 3 tot 1 : 7. Beneden de 30 m kwam hier en daar een talud voor van 1 : 2. Na de val bleek het talud veel minder steil te zijn, bijvoorbeeld 1 : 20 of 1 : 25.
Waar eens de dijk lag werden nu hier en daar grootste diepten van bijna 14 m gepeild.
Toch heeft men hier nog niet met de grootste tot nu toe geconstateerde dijkval te maken. In 1943 en in 1945 traden dijkvallen op aan de oevers van de Wilhelminapolder en de Oost-Bevelandpolder, beide gelegen op Zuid-Beveland, waarbij de hoeveelheid verplaatste grond respectievelijk 2 miljoen m^3 en 3 miljoen m^3 bedroeg.
Over het mechanisme van dijk- en oevervallen is nog weinig met zekerheid bekend. Het lijkt of de door uitschuring steil geworden onderzeese oever plotseling als een dikke brei in beweging komt en dan over grote afstand uitvloeit, zodat een minder steil onderzees beloop ontstaat. De rand van de val zelf is dan echter vrij steil geworden. Hoogstwaarschijnlijk heeft men hierbij met zeer los gepakt zand te doen, dat door een belastingsverandering een vastere pakking gaat aannemen, hetgeen gepaard gaat met een vergroting van de waterspanning in de poriën tussen de zandkorrels, waarbij de massa tot zettingsvloeiing wordt gebracht. De zandkorrels verliezen daarbij hun onderling contact, en gaan zich vrij bewegen in het omringende water. De evenwichtsverstoringen planten zich soms voort tot aan de dijk, zodat deze mede in de diepte verdwijnt. Door het uitvoeren van grondmechanisch bodemonderzoek langs de Noordbevelandse oever worden nadere gegevens verzameld waaruit men een inzicht zal kunnen verkrijgen in de toestand van de oever.
Vaak wordt ook het ontstaan van dijkvallen in verband gebracht met springtij. Immers, doordat het verschil tussen hoogwater en laagwater groter is dan normaal, treden grotere stroomsnelheden in de getijgeul voor de oever op, terwijl tevens het achtergebleven grondwater in de oeverstrook tijdens laagwater een extra grote druk uitoefent. In het geval van de recente dijkval van de Leendert Abrahampolder blijkt volgens de peilregistraties geen uitzonderlijk verschil tussen hoog- en laagwater te hebben bestaan. Na de afsluiting van de zeegaten zal door het wegvallen van de getijstroom het gevaar voor oever- en dijkvallen binnen de Deltameren naar wordt verwacht vrijwel bezworen zijn. Langs de kust van de Westerschelde blijft waakzaamheid dan echter nog steeds geboden.

Kunststoffen in de waterbouw

Tot voor een tiental jaren beschikte men in de waterbouw voor bodembescherming en oeververdediging alleen over natuurlijke materialen, zoals steen en hout, en voorts over beton. Het snel groeiend aantal industriële toepassingen van synthetische stoffen en hun veelbelovende eigenschappen deden echter de vraag rijzen of deze produkten misschien ook dienstbaar zouden kunnen worden gemaakt aan de waterbouw. Aanvankelijk onderzocht men alleen folies – dat zijn geheel gesloten kunststofvliezen – op hun bruikbaarheid voor dit doel, later werden ook experimenten gedaan met kunststofweefsels, zowel voor de bodembescherming als voor de verpakking van zand. Het inzicht in de kenmerkende voor- en nadelen van de verschillende kunststoffen voor de waterbouwkunde verruimt zich slechts langzaam; er is steeds een groot aantal proeven met elke stof nodig om de relatieve betekenis vast te stellen van alle vormen waarin ze geleverd kan worden en van alle omstandigheden waaronder ze kan worden verwerkt. De proeven duren bovendien lang, omdat pas na een expositie van enkele jaren blijkt welke invloed zon, wind en water op de trek- en breuksterkte van het materiaal hebben uitgeoefend. Gegevens in de literatuur over de expositieresultaten in andere landen moeten daarbij steeds met grote voorzichtigheid worden gehanteerd, omdat hun geldigheid voor ons klimaat twijfelachtig is.

Kunststoffen zijn hoog-moleculaire materialen, die hetzij langs geheel kunstmatige weg, hetzij door scheikundige verandering van in de natuur voorkomende hoog-moleculaire stoffen zijn verkregen. Zij zijn veelal van organische oorsprong en bevatten dan koolstof; zij hebben voorts alle gemeen dat ze in het een of andere stadium van hun bereiding plastisch, dus kneedbaar of zelfs vloeibaar zijn – vandaar de verzamelnaam plastics. Door deze eigenschap kunnen van de kunststoffen eindprodukten worden vervaardigd in grote verscheidenheid: er kan een folie van gewalst of geblazen worden en er kunnen draden van worden gesponnen. Een garen kan zowel uit één gespoten draad bestaan als ook zijn samengesteld uit een groot aantal uiterst dunne spindraadjes. Hoe een garen is samengesteld duidt men kortweg aan door twee getallen neer te schrijven, waarvan het laatste tussen haakjes: Td 840 (140) wil zeggen dat het aldus aangeduide garen er een is van 840 denier, ofwel dat 9000 meter ervan 840 gram weegt, en dat dit garen is samengesponnen uit 140 filamentjes van ongeveer 25 micron middellijn. De wat moeilijk hanteerbare index denier wordt meer en meer vervangen door een nieuwe eenheid: Tex, dat wil zeggen het gewicht van 1000 meter garen. Zowel een folie als een draad kunnen weer worden versneden; men krijgt dan smalle linten en vezels, die op



1

hun beurt kunnen worden verwerkt tot garens en weefsels van geheel andere mechanische eigenschappen.
Het zijn vooral hun mechanische eigenschappen – grote treksterkte, een hoog schokabsorberend vermogen en een grote weerstand tegen slijtage – en hun rotbestendigheid, die de synthetische stoffen voor de waterbouwkunde aantrekkelijk maken. Daartegenover staat dat van de gunstige initiële eigenschappen door de inwerking van de zon veel verloren kan gaan. Nu worden bij vrijwel alle kunststoffen toevoegingen gedaan aan het basismateriaal, bijvoorbeeld om de soepelheid te vergroten, en veelal ook om de duurzaamheid te doen toenemen. Om fotochemische omzetting te vertragen voegt men metaalzouten toe, die als 'stabilisatoren' de kunststoffen beschermen. De meeste van die stabilisatoren worden langzamerhand zelf omgezet, en bieden dus maar een tijdelijke bescherming. De chemische eigenschappen der stabilisatoren worden als fabricagegeheimen gekoesterd, en een gebruiker van kunststoffen zal bij het op de markt verschijnen van een nieuwe kunststof dan ook meer houvast hebben aan de reputatie van de fabrikant dan aan de mededelingen die over de stof zelf worden vrijgegeven. De kleur van garens heeft ook duidelijk invloed op hun houdbaarheid. In ons klimaat voldoet een zwarte kleur het beste; men kan die aanbrengen door het garen te verven, maar ook door zogenaamd carbon black met het garen mee te spinnen. De zwarting raakt, in tegenstelling tot de stabilisatoren, niet op na verloop van tijd, maar blijft haar beschermende werking onbeperkt uitoefenen.

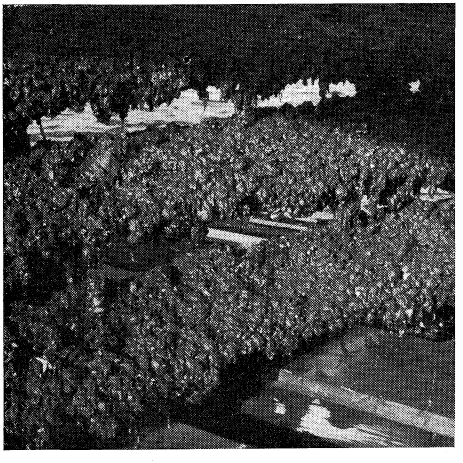
Proeven

Teneinde vast te stellen hoe verschillende synthetische garens zich gedragen onder invloed van de inwerking van zon, lucht en water, is in opdracht van de Deltadienst door het T.N.O. een proevenserie op touw gezet, waarbij zoveel mogelijk garens aan wisselende invloeden werden blootgesteld. In het Driemaandelijks Bericht nr. 11 (februari 1960) is een eerste publikatie verschenen over deze proevenserie, die enkele jaren moest duren om het effect van weersinvloeden op lange termijn te kunnen nagaan. Er werden drie verschillende proefopstellingen gemaakt. In een duinpan bij het fort Rozenburg werd, naar het zuiden gekeerd, een aantal asbestcementbuizen neergezet, waaromheen monsters waren gewikkeld van een groot aantal garens. Aan de uitmonding van de



1. De proefopstelling bij het fort Rozenburg

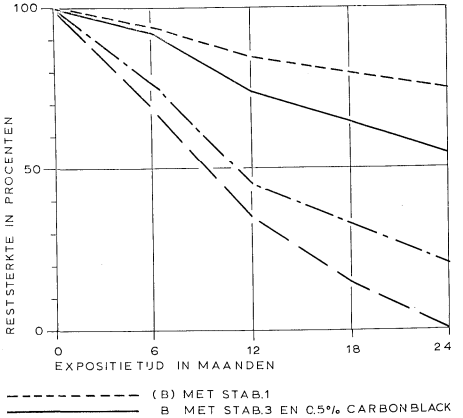
2



2. De weefsels van de onderwaterproef worden regelmatig schoongemaakt

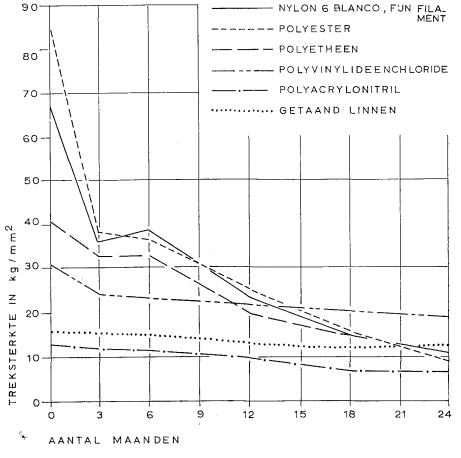
3

3. Begroeiing van de weefsels onder water gedurende de zomermaanden



4. Verandering van de lichtbestendigheid van A: nylon 6 Td 840 (140) en B: nylon 6 Td 840 (40) onder invloed van stabilisatoren en zwarting

4



5. Reststerkten van verschillende aan zonlicht blootgestelde garens

5

Rotterdamsche Waterweg plaatste men in de tijzone ondiepe bakken met zand, waaroverheen weefselmonsters van verschillende fabrikaten werden getrokken. De bakken stonden naar het zuiden gericht, en maakten een hoek van 30° met het horizontale vlak. Deze proef moest uitsluitsel geven over de vraag hoe de verschillende weefsels zich zouden houden tussen wind en water, en hoe de prognose moest luiden voor het gebruik van zandzakken van synthetisch materiaal in de waterbouw. Tenslotte heeft men, in een later stadium, een onderwaterproefopstelling gemaakt ten noorden van de Noordersluis bij IJmuiden. Op 7,50 meter onder N.A.P. werden soortgelijke bakken als bij de vloedlijnproef in een stalen raamwerk neergelaten.

De expositietijd is voor lang niet alle garens dezelfde geweest. Er werden nieuwe produkten in de al lopende proeven opgenomen, terwijl andere er al vroeg uit werden verwijderd, omdat ze geen hoop meer gaven op een redelijk resultaat. Ook om de wisselende invloed van de seizoenen op de duurzaamheid der garens na te gaan werd het assortiment telkens gewijzigd. In hoofdzaak werden garens onderzocht van polyester, polyacrylonitril, polyetheen, polyvinylideenchloride, polyamide of nylon, en daarnaast ter vergelijking glas en linnen.

Van de genoemde kunststoffen werden garens beproefd met verschillende moleculaire structuur, onder toevoeging van verschillende stabilisatoren en zwartingen, en van verschillend filament.

De dikte van de afzonderlijke filamentjes nu, dus de verhouding tussen hun oppervlak en hun inhoud, is voor de duurzaamheid van het grootste belang.

Op de onder water geplaatste monsters werden elk jaar wanneer ze in oktober werden opgehaald, enorme begroeiingen aangetroffen, waarin pokken, mosselen, poliepen en zee-anemonen voorkwamen, die zich daar in de loop van de zomer hadden gevestigd; in januari en april vond men de weefsels alleen bedekt met een zwarte slijklaag. Bij elke controle werden de doeken schoongemaakt; datzelfde deed men ook bij de vloedlijnproef. Bij gevolg zijn de resultaten van deze twee proeven relatief wel betrouwbaar, maar absoluut geven ze een te somber beeld van de houdbaarheid der onderzochte stoffen. De begroeiing geeft namelijk een goede bescherming tegen alle andere vormen van aantasting.

Onder water bleken de synthetische garens aanvankelijk zeer langzaam achteruit te gaan in kwaliteit en daarna op hetzelfde peil te blijven. Het getaande linnen was na een jaar vergaan.

Onder water behoudt een dik garen zijn sterkte langer dan een dun; de filamentsamenstelling is hier echter niet van belang. Gezwarte monsters voldeden beter dan blanke, maar hierbij kan het feit dat de weefsels in zonlicht werden schoongemaakt wellicht verantwoordelijk worden gesteld voor de versnelde achteruitgang van de ongekleurde garens.

Sindsdien zijn er aanwijzingen gevonden dat synthetische stoffen weliswaar rotecht zijn, en dus ongevoelig voor biologische aantasting, maar dat fenolen en zuren hen niet onberoerd laten. Uit Groningen is een geval gemeld van scheikundige aantasting van een nylonweefsel dat lag op een licht-zure ondergrond met plaatselijk blijkbaar veel hogere zuurwaarden dan het gemiddelde voor die bodem.

De verweringsproef onder invloed van zonlicht bracht aan het licht dat kunstmatige stoffen veruit het snelst degenereren door fotochemische omzetting, die vooral wordt veroorzaakt door de ultraviolette lichtstralen. Een hoge temperatuur versnelt dat proces. Naast de asbestcementbuizen waarop de garens waren gespannen, stond een kastje met blauwstandaards om de ontvangen stralingsdoses te meten. Deze stralingsdoses bleken sterk te wisselen met het seizoen, zo zelfs, dat de helft van de jaarlijkse straling werd

opgevangen in de drie zomermaanden, maar nauwelijks met de kwaliteit van het seizoen: de hete zomer van 1959 en de natte van 1960 gaven dezelfde stralingsdoses te zien.
Getaand linnen bleek bij de verweringsproef na twee jaar de grootste reststerkte te hebben behouden: de treksterkte bedroeg nog 77% van de aanvankelijke. Wij zagen echter reeds dat dit materiaal onder water snel vergaat. Glasgaren bleek na enkele maanden al sterk achteruit te zijn gegaan, en na een jaar 65% van zijn oorspronkelijke treksterkte te hebben verloren, waarschijnlijk door een proces van uitloging.
Van de kunstmatige garens bleek polyvinylideenchloride in de vorm van een grof monofilament de grootste weerstand op te brengen tegen lichtaantasting: na twee jaar had het nog 62% van zijn oorspronkelijke sterkte behouden. Polyacrylonitril liep terug tot 50% treksterkte, terwijl polyetheen in zwart dik monofilament na twee jaar nog maar een reststerkte had van 27%. Ook de blanco nylons bleken sterk aan fotochemische aantasting onderhevig.
Niettemin werd reeds in Driemaandelijks Bericht nr. 11 een voorkeur uitgesproken voor nylon. Nylon heeft nu eenmaal een veel grotere initiële sterkte, terwijl het garen ervan soepel is, en er een goed zanddicht weefsel van kan worden gemaakt. Ook economisch is het een aantrekkelijk produkt; polyvinylideenchloride is tweemaal zo duur.
Bij de nylons moeten we onderscheid maken tussen twee stoffen, nylon 6 en nylon 66, van een verschillende moleculaire structuur.
Nylon 66 zonder toevoegingen bleek bij de verweringsproef inferieur aan nylon 6 zonder toevoegingen. Van het grootste belang zijn echter juist deze toevoegingen: zwarting en stabilisator, en de filamentdikte. De stabilisator die bij de proeven de codering 3 kreeg, bleek snel uitloogbaar, zodat de bescherming ervan tegenviel. Stabilisator 1 bleef wèl in het garen zitten. Van de zwartingen voldoet carbon black veruit het beste. Toevoeging van meer dan 2% heeft geen zin; de resistentie tegen zonlicht gaat dan nog wel vooruit, maar ten koste van de initiële sterkte van het garen. Multamine Black B heeft niet veel invloed op de verwering, zwart logwood wèl, zij het meer bij nylon 66 dan bij nylon 6, maar toch is het effect van deze zwarting niet te vergelijken met dat van carbon black. In een tropisch klimaat verloopt de afbraak na een verfbad zelfs sneller dan bij blanco garens. Het meegesponnen carbon black blijft ook daar de afbraak vertragen.
Ter vergelijking de resultaten van nylon 6 met en zonder toevoegingen. Nylon 6 Td 840 (140) zonder toevoegingen bleek bij de verweringsproef na drie zomermaanden reeds 50% van zijn initiële treksterkte te hebben verloren; na zes maanden bleek de reststerkte 30%, en na twee jaar was het garen vergaan. Nylon 6 Td 840 (40), dus met een driemaal zo grof filament, waaraan toegevoegd carbon black en stabilisator 1, behield na twee jaar nog 75% van de initiële treksterkte. Zwarting en stabilisator hebben het grootste aandeel in deze verbetering, want nylon 6 Td 840 (140) met carbon black en stabilisator 1 had na twee jaar nog 70% van de aanvankelijke treksterkte behouden.
De proef in de tijzone is interessant omdat daar de gecombineerde inwerking van zon, verontreinigd zeewater, wind en mechanische aantasting door schuren van golven en zand aan het licht komt. De uitkomsten liggen dan ook heel anders dan bij de verweringsproef. Het staat vast dat de mechanische aantasting hier sterker heeft gewerkt dan de fotochemische; men moet daarbij blijven bedenken dat juist in dit opzicht een veel te ongunstig beeld van de mogelijkheden is verkregen door de voortdurende reiniging van de proefweefsels. Terwijl nylon 6 zonder toevoeging in de proefopstelling zeer snel degenereerde, bleken zandzakken van dat materiaal die als tijdelijke kademuur waren geplaatst in het Veersche Gat, na 5 jaar nog goed zanddicht te zijn; het materiaal werd in de werkelijkheid in hoge mate door begroeiing beschermd.
Gewoon glasweefsel ging bij de vloedlijnproef nog veel sneller achteruit dan bij de

verweringsproef, maar gebitumineerd glasweefsel vertoonde bij deze proef geen enkele achteruitgang. Een groot nadeel van glas evenwel is de geringe buigzaamheid ofwel de brosheid ervan. Een zandzak van glasweefsel barstte bij een proef al tijdens het vullen.
Het getaande linnen hield zich aanvankelijk goed, maar was na anderhalf jaar toch verteerd en onbruikbaar.
Polyetheenfolie had opmerkelijk weinig geleden, en ook het monofilamentgaren van polyetheen hield zich goed; na twee jaar had het een reststerkte van 69%. Vanwege het grote aandeel van de mechanische aantasting in de achteruitgang der garens kwamen de monofilamenten goed voor de dag. Het polyvinylideenchlorideweefsel, met een monofilamentgaren, had na twee jaar 88% over van zijn initiële sterkte. Het dikke getwijnde garen van polyacrylonitril dat werd beproefd doorstond deze expositie zelfs zeer goed: na twee jaar 90% reststerkte. Polyester was alleen beschikbaar in dun garen; de afbraak verliep dan ook ontstellend snel. Bij de polyamiden bleef de rangorde der monsters dezelfde als bij de verweringsproef; de onderlinge verschillen waren alleen minder groot. Stabilisator 1, carbon black en grof filament bleken ook hier de beste combinatie. De treksterkte van deze optimale combinatie liep evenwel na twee jaar terug tot 55%. Op de vloedlijn leed gebitumineerd glasweefsel het minste, en zowel op de vloedlijn als onder water was de duurzaamheid van polyetheenfolie opmerkelijk. Beide materialen zijn echter geheel ondoordringbaar voor water, waardoor de toepassingsmogelijkheden zeer beperkt worden; voor een filterconstructie zijn zij bijvoorbeeld onbruikbaar. In het algemeen gesproken doet de grofheid van het filament afbreuk aan de soepelheid van het garen en het weefsel, en maakt het daardoor, hoewel meer resistent, toch minder bruikbaar.

Toepassingen

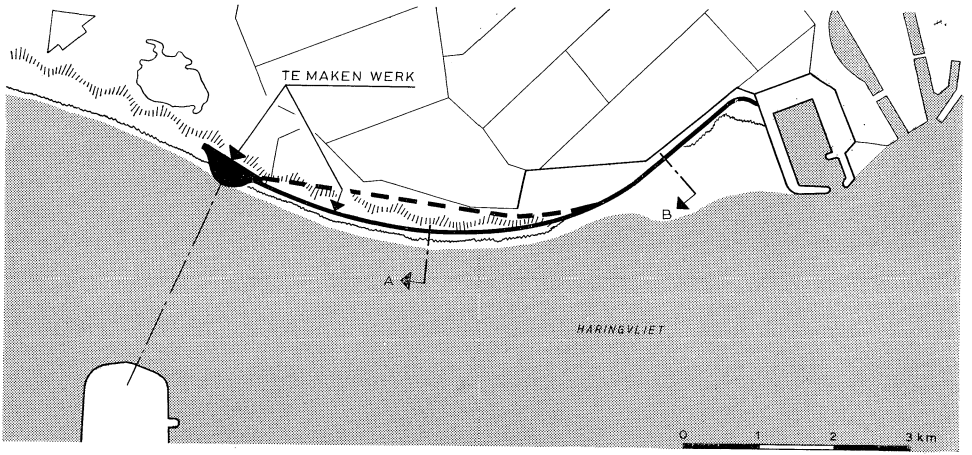
Over de toepassing van verscheidene van de hierboven besproken kunststoffen bestaan alleen buitenlandse gegevens. In Frankrijk maakt men filterdoek van polyvinylideenchloride. Het nieuwe materiaal polypropeen is tot nu toe alleen in de Verenigde Staten beproefd.
Het verdere onderzoek en de toepassing beperken zich in Nederland eigenlijk tot polyamiden (nylon), die in talrijke vormen worden geleverd door de A.K.U., en polyetheen, dat men in Duitsland levert als lintgarenweefsel, maar dat bij ons als folie wordt geleverd of tot draden wordt gespoten en verweven tot zogenaamd Nymplex-doek. Nymplex-doek is al gebruikt bij de aanleg van verscheidene filterconstructies, onder andere achter de L-muren bij de schutsluizen in het Volkerak. Een door Draka geleverde polyetheenfolie werd gebruikt bij de vervaardiging van rolzinkstukken, onder andere voor de aanleg van een bodembescherming bij de afsluiting van het Zuiderdiep. Nylon filterdoek wordt verwerkt in de filterconstructies van de stortebedden voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet. Aangezien blijkt dat de kunststoffen vooral van licht te lijden hebben, moet men er op bedacht zijn het materiaal gedurende zeer korte tijd aan het zonlicht bloot te stellen, het moet bij voorkeur in het donker worden aangevoerd en bewaard, en wanneer het eenmaal te voorschijn is gehaald, snel worden verwerkt. Reeds een halve meter onder water is voldoende ultraviolet zonlicht uitgezeefd om aantasting van het materiaal uit te sluiten. Ook voor mechanische aantasting zijn de kunststofweefsels zeer gevoelig. Bij de verwerking is elke ruwheid uit den boze; de waterbouwer zal zijn traditionele stoerheid moeten aanpassen aan de teerheid van de nieuwe materialen.

Het plateau en de werkweg op het strand van Voorne

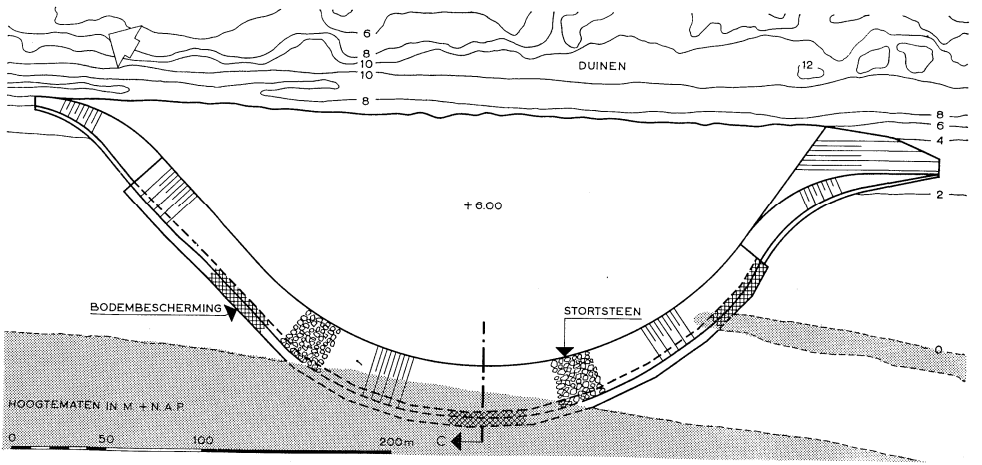
Zoals reeds eerder werd vermeld zal de noordelijke geul in het Haringvliet worden afgesloten met behulp van een kabelbaan. De drie daartoe benodigde steunpunten voor de pylonen, beschreven in het Driemaandelijks Bericht nr. 36 (mei 1966), zijn inmiddels geplaatst.
Voor de opstelling van de vaste railbaanconstructies waarop de kabelbaan aansluit is aan de zuidzijde van het Rak van Scheelhoek de ruimte tussen de ringdijk van de bouwput en het landhoofd van de uitwateringssluizen beschikbaar. Aan de noordzijde moet hiervoor een plateau worden aangelegd op het strand van Voorne.
Afgezien van de vaste railbaanconstructie van de hoofdbaan moet het plateau ruimte bieden voor twee dwars op de hoofdbaan geprojecteerde rangeersporen en voor het opslaan van grote hoeveelheden materiaal waaruit de sluitdam zal worden opgebouwd. Om de benodigde materialen te kunnen aanvoeren zal tussen het plateau en de werkhaven te Hellevoetsluis een verbindingsweg worden aangelegd. Omdat het plateau daardoor, in tegenstelling tot het zuidelijk eind van de kabelbaan, uitstekend bereikbaar zal worden, leent het zich bij uitstek als basis van waaruit de werkzaamheden in het sluitgat kunnen worden geregeld.
De keuze van het tracé van de verbindingsweg heeft enkele moeilijkheden opgeleverd. Tegen een tracé dat tussen het plateau en de hoek van de Quak langs de duinvoet zou lopen, werden bezwaren geuit van de zijde van de gemeente Hellevoetsluis, omdat men meende dat de weg ernstig nadeel zou opleveren voor de strandrecreatie. Het alternatief, een tracé door de duinen, kon niet geaccepteerd worden door de eigenaar van deze duinen, de Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland, in het bijzonder vanwege de schade die aan het natuurschoon zou worden toegebracht. De bestaande polderwegen zijn voor zware vrachtwagens ongeschikt, terwijl verbeteringen niet op korte termijn kunnen worden aangebracht. Deze wegen vervullen in de zomermaanden bovendien een belangrijke recreatieve functie.
De Rijks Planologische Commissie heeft de voordelen en nadelen van beide tracés met elkaar vergeleken, en tenslotte voorkeur uitgesproken voor het tracé langs het strand. Tussen de hoek van de Quak en de werkhaven zal de weg over de buitengronden naar de dijk van de polder Nieuw-Helvoet lopen en vervolgens langs de buitenzijde van deze dijk naar de werkhaven.

1. Situatie van plateau en werkweg op het strand van Voorne. De gebroken lijn geeft het alternatief tracé van de werkweg aan.

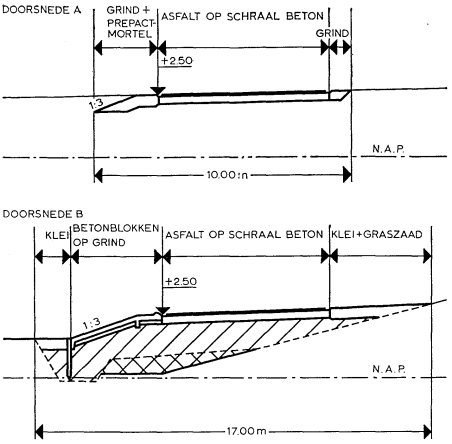
2. Plattegrond van het plateau



1



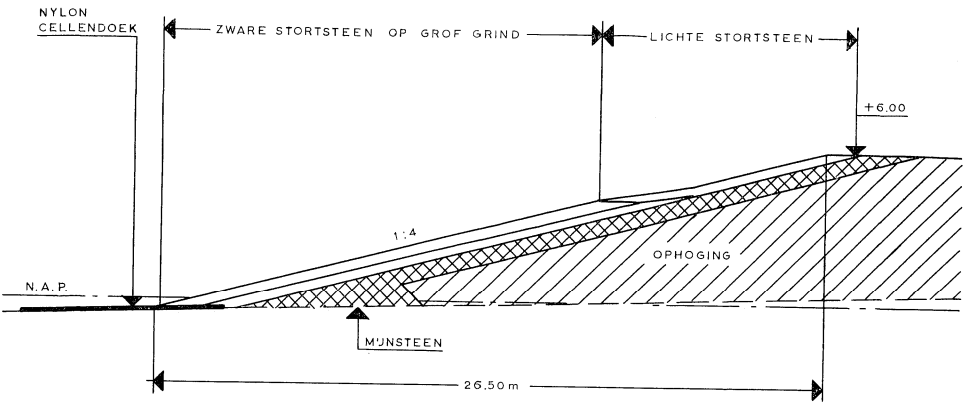
2



Dwarsdoorsneden A en B van de werkweg

Wat de technische kant van de werken betreft is het volgende op te merken.
Aan de omtrek van het plateau is in verband met de golf- en stroomaanval een zo vloeiend mogelijke vorm gegeven; aan de buitenzijde komt het beloop onder een helling van 1 : 4. Het gehele plateau wordt op het strand gebouwd, terwijl de uiterste punt nog ruim honderd meter verwijderd zal blijven van de steile rand van de voor de kust lopende geul.
Aangezien niet gewacht kan worden op het gereedkomen van de weg, moeten alle materialen voor de perskaden en de glooiingen worden aangevoerd met bakken, die voor de lossing op het strand zullen worden drooggezet. De opbouw van het beloop wordt begonnen met het opwerpen van een perskade van mijnsteen; na het met zand volspuiten van de gevormde kom worden dan verder zandkaden aangebracht voor de verdere opbouw van het plateau.
De verdediging van het beloop zal bestaan uit een onderlaag van mijnsteen, die wordt opgetrokken uit de overtollige hoeveelheid van de perskade. Tot een hoogte van N.A.P. + 4 m wordt de mijnsteen afgedekt met een laag grof grind ter dikte van 30 cm. Op het grind wordt een laag zware stortsteen gevleid, met een dikte van ongeveer 50 cm. Boven N.A.P. + 4 m wordt een niet zo krachtige golfaanval verwacht, zodat daar kan worden volstaan met een laag lichte stortsteen meteen op de mijnsteen.
Langs de teen wordt op het strand een bescherming aangebracht van een dubbel nylonweefsel waarin loodrecht op de richting van de teen langwerpige holten of pijpen zijn geweven. De pijpen worden om de andere gevuld met een zandasfaltemulsie. De bescherming steekt 5 m buiten de teen van het beloop uit.
De verbindingsweg krijgt een verharding van 6 m breed. De hoogte van het wegdek is bepaald op N.A.P. + 2,50 m, hetgeen betekent dat de weg niet steeds geheel watervrij zal liggen. Teneinde te voorkomen dat bij hoge waterstanden, tijdens het vollopen van het afgesneden gedeelte van de buitengronden van de Quak, het water over grote lengte over het weglichaam zal stromen, wordt een tot N.A.P. + 2 m verlaagd gedeelte ingevoegd als overlaat, waar doordat de belopen er verdedigd zijn het overstromende water geen schade kan veroorzaken.
Het buitenbeloop van dat gedeelte van de weg dat tegen de hoofdwaterkering van de polder Nieuw-Helvoet komt te liggen, en waarvoor om de vereiste hoogte te bereiken een ophoging moet worden aangebracht, wordt met het oog op de golfaanval verdedigd met een glooiing van betonblokken.

DOORSNEDE C



Dwarsdoorsnede C door de voet van het plateau

Bij het op het strand geprojecteerde weggedeelte wordt het weglichaam aan weerszijden beschermd door een strook grof grind; aan de zeezijde wordt deze strook voorzien van een talud dat tot 50 cm beneden het wegdek doorloopt. Bovendien wordt deze buitenste strook vastgelegd door middel van een penetratie met prepact-mortel, zodat ook bij enige verlaging van het strand niet direct voor beschadiging van de wegconstructie behoeft te worden gevreesd. De wegverharding zal bestaan uit een fundering van schraal beton van 20 cm, met daarop een deklaag van asfalt van 3 cm dik.
Ter voorkoming van gevaar voor de strandbezoekers wordt de weg met een heining geheel gescheiden van het strand. De 'slagen' door de duinen waarover men het strand kan bereiken, worden met behulp van houten brugjes over de weg gevoerd.

Vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen

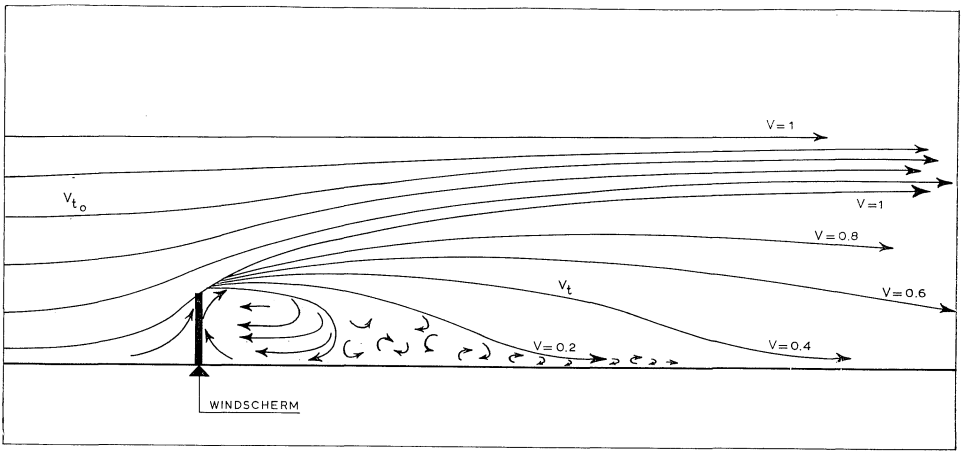
Voortzetting en afsluiting van het onderzoek

Het onderzoek naar de maatregelen ter vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen is sinds vorig jaar voortgezet en thans afgesloten. Het tussentijds verslag, dat verscheen in het Driemaandelijks Bericht nr. 32 (mei 1965), bevatte enkele voorlopige conclusies en een aantal nog door onderzoek te beantwoorden vragen. De belangrijkste hiervan waren: kan met een windscherm waarvan de doorlatendheid met de hoogte toeneemt een nog betere afschermende werking worden verkregen dan bij gelijke tussenruimten tussen de horizontale planken? en in welke mate zijn de resultaten met boomschermen geringer dan met kunstmatige schermen?
Om deze vragen te beantwoorden is een reeks aanvullende proeven genomen in een van de windtunnels van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium te Amsterdam.

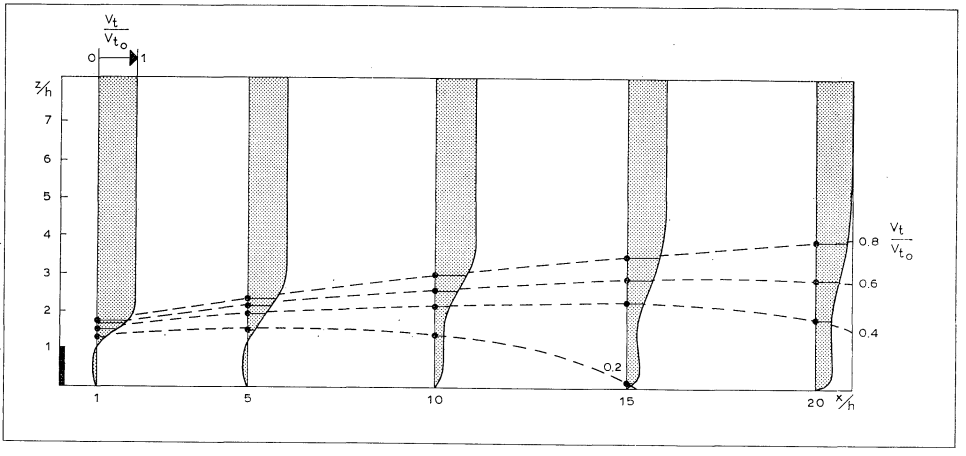
Kunstmatige schermen

Bij kunstmatige schermen gebruikt men de term 'gemiddelde doorlatendheid'; daaronder wordt bij schermen met een horizontale beplanking verstaan de verhouding tussen de gesommeerde spleetbreedte en de totale schermhoogte. Bij het voortgezet onderzoek werden zeven verschillende windschermen met horizontale beplanking onderling vergeleken, en wel

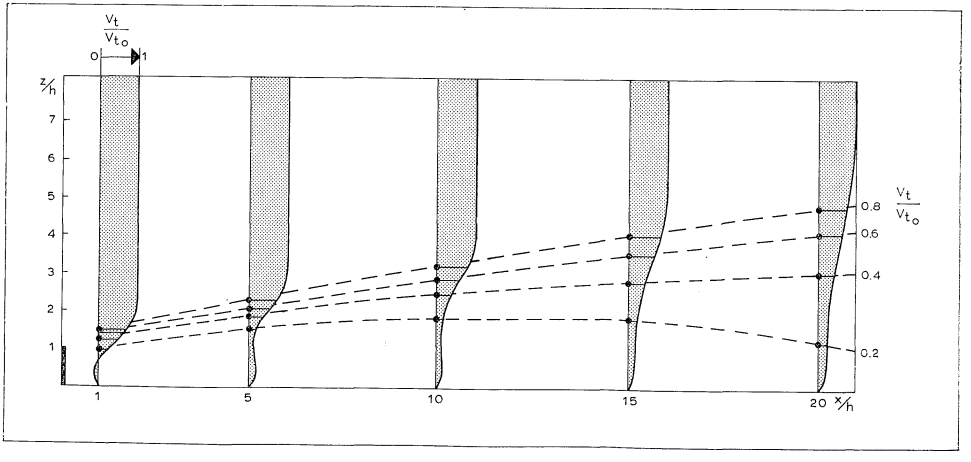
a. een scherm met gelijke spleetbreedte over de gehele hoogte van het scherm. De gemiddelde doorlatendheid was 25%.
b. een scherm met in hoogterichting toenemende spleetbreedte. De plaatselijke doorlatendheid verliep van 12,5% tot 37,5% en bedroeg gemiddeld ook 25%.
c. een scherm met een verloop van de plaatselijke doorlatendheid in hoogterichting van 0% tot 50%; de gemiddelde doorlatendheid was weer 25%.
d. een scherm met gelijk blijvende spleetbreedte en een gemiddelde doorlatendheid van 50%.
e. een scherm met toenemende plaatselijke doorlatendheid van 25% tot 75%. Gemiddeld 50%.
f. een scherm met toenemende doorlatendheid van 0 tot 100%; gemiddeld weer 50%.
g. een volledig dicht scherm.


V = 1
V_{t_o}
V = 1
V = 0.8
V_t
V = 0.6
V = 0.2
V = 0.4
WINDSCHERM

1


$\frac{V_t}{V_{t_o}}$
0
1
z/h
7
6
5
4
3
2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
1
5
10
15
20
x/h

2


$\frac{V_t}{V_{t_o}}$
0
1
z/h
7
6
5
4
3
2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
1
5
10
15
20
x/h

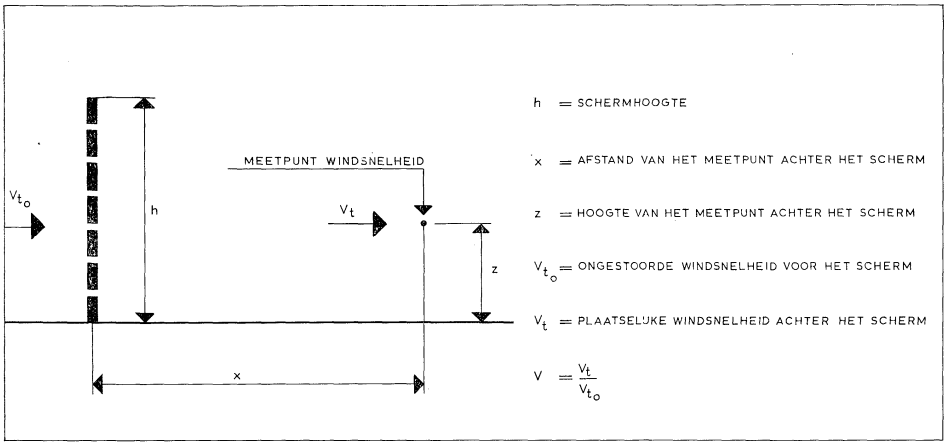
3

1. Schematisch stromingsbeeld achter een dicht windscherm

2. Snelheidscoëfficient achter een dicht windscherm bij loodrechte aanstroming

3. Snelheidscoëfficient achter een voor 25% doorlatend windscherm bij loodrechte aanstroming

4. Verklaring der symbolen



4

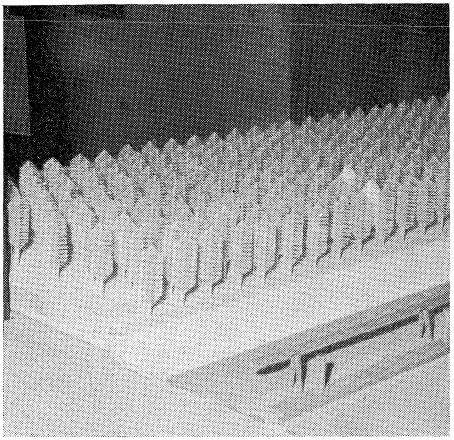
Al deze schermen werden in de windtunnel op een vlakke, horizontale grondplaat opgesteld. Om een twee-dimensionaal stromingsbeeld te verkrijgen werden aan de beide uiteinden van het te onderzoeken scherm staande schotten aangebracht, evenwijdig aan de winrichting in de tunnel. Door de opstelling op een vlakke, horizontale plaat werd de specifieke configuratie van de omgeving in de werkelijkheid, die bepaald wordt door de oevervormen, dijken, gebouwen en dergelijke meer, uitgeschakeld; de resultaten van dit vergelijkend onderzoek zijn derhalve van algemene aard. Tot deze beperking van het onderzoek werd besloten om te vermijden dat er een al te kleine modelschaal moest worden toegepast en tevens om het onderzoek te versnellen. Aangenomen mag worden, dat de aanwijzingen die uit het onderzoek resulteerden in hun algemeenheid ook geldig zijn voor de specifieke omstandigheden die zich bij de Volkeraksluizen voordoen.
Daar in werkelijkheid de windrichting slechts zelden loodrecht op de lengterichting van een scherm zal staan, werden ook enkele metingen met scheve aanstroming uitgevoerd. Voor het onderzoek bij die omstandigheden werd een aanstromingshoek tussen windrichting en lengte-as van het scherm van 60° aangehouden.

Op bepaalde afstanden achter het scherm, nl. op 1, 5, 10, 15 en 20 maal de schermhoogte werd de windsnelheid op diverse hoogten gemeten. Voor ieder onderzocht scherm werden de waarnemingen in een grafiek genoteerd en door interpolatie konden hierin lijnen van constante windsnelheid worden getekend, zodat de gebieden waarbinnen de windsnelheid een zekere waarde niet overschrijdt, bepaald konden worden. Het effect van ieder scherm kon op deze wijze goed beoordeeld worden en bovendien werd onderlinge vergelijking mogelijk van de resultaten der verschillende schermen. Bij een vlakke, dichte plaat, loodrecht op de windrichting geplaatst, zal de aanstromende lucht aan de voorkant van de plaat worden opgestuwd en naar boven uitwijken. Aan de bovenrand van de plaat laat de luchtstroom los en achter de plaat ontstaat een gebied waarin de stroming sterk gestoord is en veel turbulentie vertoont, het zogenaamde zoggebied. Aan de achterzijde van de plaat heerst een onderdruk, waardoor in een gebied ter diepte van 6 à 7 maal de schermhoogte een terugstroming langs de grondplaat, tegen de hoofdstroomrichting in, plaatsvindt. Benedenstrooms van dit gebied wordt de terugstroming minder sterk en tenslotte gaat ze over in een onrustige, wervelende luchtstroom, die zich in de richting van de hoofdstroom beweegt. Nog verder benedenstrooms wordt de luchtstroom weer meer gericht en doordat de wervels gaandeweg uitdempen herstelt zich de toestand die voor de plaat heerst.
Wanneer in het scherm spleten worden gemaakt, zal een deel van de luchtstroom daar doorheen gaan, met het gevolg dat de luchtstroom nu niet zover omhoog wordt gebogen als bij een dicht scherm. Ook is de onderdruk achter het open scherm veel kleiner, waardoor de wervels die aan de rand van het scherm ontstaan, veel minder sterk zijn. Het terugstroomgebied achter het scherm is aanmerkelijk kleiner, daarachter bevindt zich een gebied, waarin de luchtstroom sterk is afgeremd en zich rustiger en minder turbulent beweegt. Door het onderzoek kwam vast te staan dat het afgeschermde gebied bij een gelijkmatig doorlatend scherm groter is dan bij schermen met een toenemende doorlatendheid in hoogterichting. De beste resultaten werden bereikt met een scherm van een gelijkmatige doorlatendheid van ca. 25%. Voor alle schermen werd vastgesteld dat bij scheve aanstroming het gebied met lage windsnelheden niet alleen lager komt te liggen, maar ook aanzienlijk korter wordt; naarmate de wind schever aanstroomt, wordt het afgeschermde gebied kleiner. Onderstaande tabel kan enig idee geven omtrent de mate van afscherming van een gelijkmatig voor 25% doorlatend scherm. De schermhoogte in meters wordt aangeduid als h.

Snelheid in % van de **ongestoorde windsnelheid**	grootte van het afgeschermde gebied bij:			
	loodrechte aanstroming		scheve aanstroming	
	lengte	hoogte	lengte	hoogte
⩽ 20%	20 h	2 h	6 h	1 h
⩽ 40%	25 h	3 h	11 h	1,5 h

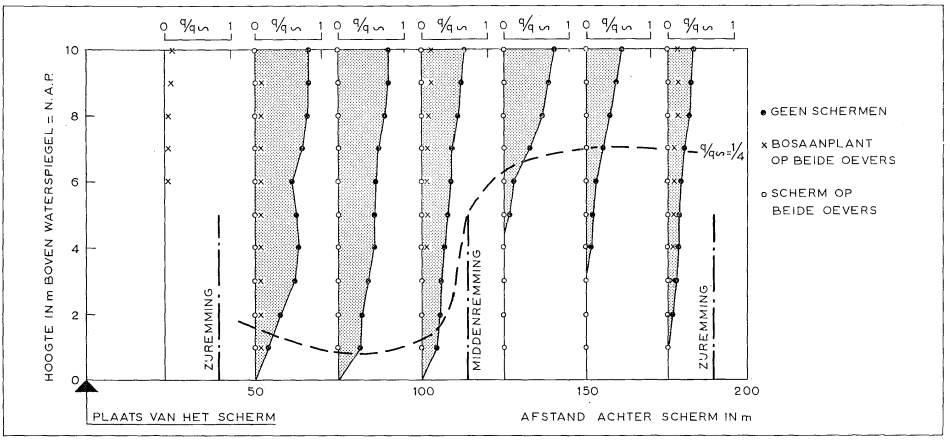
Vergelijking tussen natuurlijke en kunstmatige windschermen

In het vervolg van het onderzoek heeft men getracht vast te stellen of met natuurlijke windschermen toch niet een bevredigende reductie van de windhinder kan worden verkregen. Een natuurlijk scherm heeft boven een kunstmatig twee belangrijke voordelen:



Nylon borstels als modelbomen

Winddrukverdeling boven de voorhaven zonder schermen, met een voor 25% doorlatend scherm en met een bosaanplant van 10 m hoge populieren op beide oevers

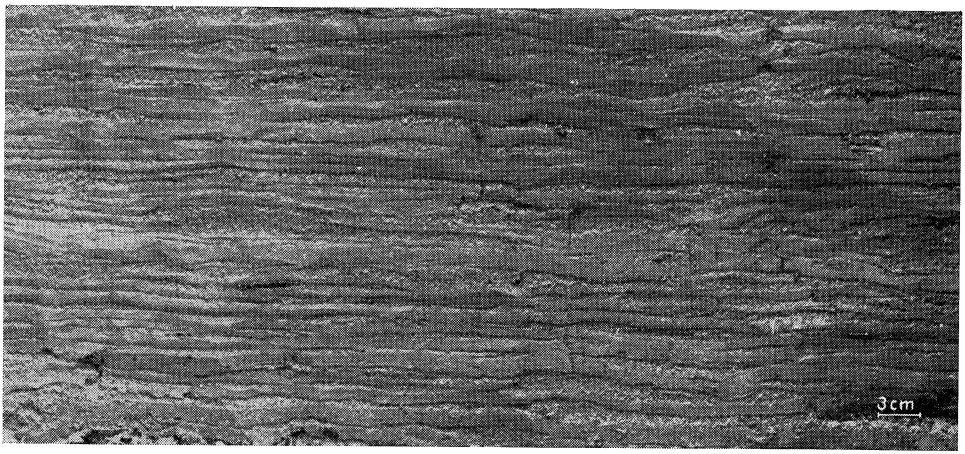


de kosten van aanschaf en onderhoud zijn relatief laag, en het siert het landschap, wat van het kunstmatige windscherm niet gezegd kan worden. Het is een bekend ervaringsfeit dat boomrijen, mits ze voldoende dicht zijn, een goede afscherming tegen windhinder kunnen bieden. Een natuurlijk windscherm kan men echter niet zo dicht maken als voor de windafscherming wel wenselijk is: er moet met het oog op de groei een zekere minimale afstand tussen de bomen in acht worden genomen. Bovendien kunnen boomsingels aan de onderzijde door het ontbreken van takken te open zijn. Verbetering hiervan is mogelijk door het aanbrengen van een geschikte onderbegroeiing tussen de bomen. Een probleem vormt de met het seizoen wisselende doorlatendheid van bladverliezende bomen. Om met behulp van schaalproeven in een windtunnel tot een goede beoordeling van diverse natuurlijke windschermen te geraken, zou een zeer uitgebreid onderzoek noodzakelijk zijn, daar men de invloed van alle hier genoemde variabelen dient na te gaan. Om op korte termijn toch een indruk te krijgen van de afschermende werking van een natuurlijk windscherm, werd besloten er een beperkt en kort lopend onderzoek naar in te stellen.

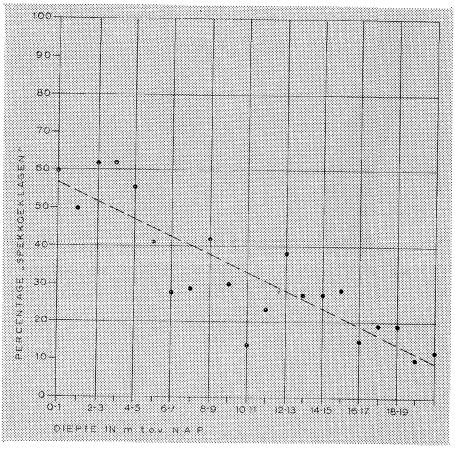
Bij het eerste onderzoek werden takjes en twijgjes toegepast, die op schaal enige gelijkenis met populieren vertoonden. Bij het verdere onderzoek werden nylon borstels als modelbomen gebruikt. Deze borstels, die tien meter hoge bomen moesten voorstellen, werden aangebracht in het detailmodel van de invaarkanalen nabij de Volkeraksluizen. Dat model, schaal 1 : 100, geeft behalve de beide invaarkanalen met geleidewerken bovendien de op de voorhaven aansluitende terreinen met dijken weer. Deze terreinen kunnen van een boombeplanting worden voorzien.
Ter verdere beperking van het onderzoek werden de verschillende boombeplantingen slechts bij één windrichting, namelijk loodrecht op de invaarkanalen onderzocht, en slechts bij één waterstand in de voorhaven, namelijk N.A.P.: uit het onderzoek met kunstmatige schermen was reeds gebleken dat de invloed van de waterstand op de afschermende werking gering is.
Op de terreinen op beide oevers werden de 'bomen' volgens drie verschillende beplantingspatronen aangebracht.
Bij de eerste proef bedroeg de afstand tussen de boomrijen 5 m. In iedere rij was de onderlinge afstand der bomen 5 m. De bomen in iedere rij werden niet verspringend ten opzichte van de vorige rij geplaatst. De breedte van het plantsoen was ca. 50 m.
In de tweede proef bedroeg de afstand tussen de boomrijen 5 m. In iedere rij stonden de bomen op afstanden van 10 m van elkaar. De bomen van iedere rij versprongen 2,5 m ten opzichte van de bomen van de vorige rij. De breedte van het plantsoen was 50 m.
Voor de derde proef werd de opstelling van de tweede proef gehandhaafd; slechts werd het plantsoen versmald tot een totale breedte van 25 m. Uit de snelheidsmetingen bleek dat met de hier op schaal aangebrachte 'bomen' een redelijke afscherming te bereiken valt. Zo was in de eerste proef de windsnelheid op 10 m hoogte boven het wateroppervlak maximaal 18% van de ongestoorde windsnelheid voor het scherm.
Op geringere hoogten waren de gemeten waarden nog kleiner.
Bij het uitgedunde plantsoen van de tweede proef werd op 10 m hoogte een snelheid van maximaal 32%, en bij het versmalde plantsoen van de laatste proef van maximaal 26% van de ongehinderde windsnelheid voor het scherm gemeten. Op geringere hoogten zijn de onderlinge verschillen nog kleiner. Uit deze uitkomsten zou volgen dat een 25 m breed plantsoen een iets betere afscherming biedt dan een plantsoen van 50 m. Maar het verschil is niet groot. Daar de groei der bomen vermoedelijk een grotere onderlinge afstand vereist dan 5 m, komen alleen de beplantingspatronen van de tweede en derde proef voor verwezenlijking in aanmerking.
Vergelijkt men de resultaten van de natuurlijke windschermen met die van een kunstmatig windscherm met bijvoorbeeld een doorlatendheid van 25%, dan ziet men, dat met het kunstmatige scherm een betere afscherming wordt bereikt. Toch is de vermindering van de windhinder die met het hier onderzochte natuurlijke scherm wordt bereikt reeds aanzienlijk.
Uit het beperkte onderzoek kan men dan ook de conclusie trekken dat de toepassing van natuurlijke windschermen tot de reële mogelijkheden behoort. Zou men erin slagen boomsingels aan te brengen waarvan de doorlatendheid enigszins overeenkomt met die van de 'bomen' in het model, dan is daarmee voor de scheepvaart een goede afscherming van de wind ter plaatse van de invaarkanalen bij de sluizen mogelijk.
Met de deskundigen van het Staatsbosbeheer zal nader contact worden opgenomen om na te gaan welke boomtypen voor dit doel het meest geschikt zijn.

De erosiegevoeligheid van bepaalde grondsoorten in de zeegaten

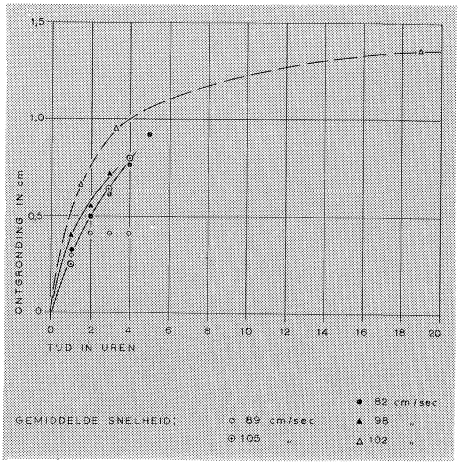
Bij het ontwerp van de Deltawerken dient in belangrijke mate rekening te worden gehouden met de weerstand die de bodemlagen ter plaatse van het te maken werk tegen erosie hebben.
De ontgronding bij sluitgaten is sterk afhankelijk van de erosiegevoeligheid van de bodemlagen in de omgeving. Ook de mate van verplaatsing of verdieping van geulen, al dan niet onder invloed van de werken, wordt beïnvloed door deze erosiegevoeligheid. Na de afsluiting van het Haringvliet zal bijvoorbeeld het geulenpatroon in de mond van dit zeegat belangrijke veranderingen ondergaan; onder meer zal zich een suatiegeul vormen voor de uitwateringssluizen. Tenslotte hangt ook de zuigbaarheid van bodemmateriaal samen met de erosiegevoeligheid ervan, zodat de erosiegevoeligheid mede een rol speelt bij de keuze van zandwinplaatsen.
Het is dus van belang een inzicht te krijgen in de erodeerbaarheid van de verschillende grondsoorten die in de zeegaten voorkomen.
Deze grondsoorten kunnen in drie typen onderscheiden worden: zandlagen, kleilagen en zogenaamde 'spekkoeklagen'. Deze laatste bestaan uit elkaar afwisselende zand- en kleilaagjes van 0,5 tot 2 cm dikte. De foto geeft hiervan een beeld. Uit boringen is gebleken, dat in de zeegaten zelf bijna geen zuivere kleilagen voorkomen, maar wel plaatselijk onder de oevers van de eilanden. In de zeegaten worden voornamelijk zandlagen en spekkoeklagen aangetroffen. Vastgesteld is, dat de bodem in de monden van het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde tot een diepte van N.A.P. – 20 m voor 80% uit zandlagen en voor 20% uit spekkoeklagen bestaat. In de mond van het Haringvliet evenwel wordt een geheel ander beeld van de bodemopbouw tot N.A.P. – 20 m gevonden. Een bijgevoegde figuur laat zien, dat daar, naarmate men dieper komt, de spekkoeklagen afnemen en de zandlagen gaan overheersen. Op de oorzaak hiervan zal thans niet nader worden ingegaan, maar het is duidelijk dat vooral op geringere diepten de spekkoeklagen een belangrijk deel van de bodem vormen.
Over de erosiegevoeligheid van zand zijn we het beste geïnformeerd, omdat de drempelwaarde voor de watersnelheid waarbij zand op de bodem in beweging komt redelijk goed bekend is. Naarmate de zandkorrels groter en zwaarder zijn, zullen de krachten die nodig zijn om de korrels te verplaatsen groter moeten zijn; de drempelwaarde neemt dan toe. Er bestaat dus een eenvoudig verband tussen de korrelgrootte en de drempelwaarde voor erosie; hoe hoger de drempelwaarde, des te geringer is de erosiegevoeligheid.



Spekkoeklaag in de bouwput voor de schutsluis in het Haringvliet



Het percentage spekkoeklagen in het bodemsediment in de mond van het Haringvliet



Ontgronding van spekkoeklagen bij verschillende stroomsnelheden tijdens de proeven in de bouwput



De proefopstelling in de bouwput

De erodeerbaarheid van kleilagen laat zich moeilijker vaststellen. Kleideeltjes zijn weliswaar veel kleiner dan zandkorrels, maar tussen de kleideeltjes kunnen onderlinge aantrekkingskrachten, zogenaamde cohesiekrachten werken, die de weerstand tegen erosie vergroten. Hoe groter deze cohesiekrachten, des te groter ook de drempelwaarde voor erosie. De cohesiekrachten nemen toe naarmate het watergehalte in de kleilaag vermindert en de klei dus meer geconsolideerd is. In vergelijking met zand heeft een goed geconsolideerde zeeklei een hogere drempelwaarde voor erosie en ontleent daaraan zijn eigenschappen als bodembescherming.

De erodeerbaarheid van spekkoeklagen was tot nu toe onbekend. In opdracht van de Deltadienst is er door het Waterloopkundig Laboratorium een onderzoek naar ingesteld. Deze studie werd vooral ondernomen om een inzicht te verkrijgen in de te verwachten veranderingen in het geulenpatroon van het Haringvliet na de afsluiting en het inwerkingtreden van de uitwateringssluizen. Het is mogelijk dat deze geulen zich naar de oevers zullen gaan verplaatsen. Hierbij moet in de eerste plaats worden gedacht aan een verplaatsing van de geul langs de kust van Goeree, waar de aanwezigheid van spekkoeklagen in de ondergrond is vastgesteld. De erodeerbaarheid van deze lagen bepaalt mede de snelheid van de eventuele geulverplaatsing en aantasting van de oevers. Daarentegen wordt aan de andere zijde van het zeegat, langs de kust van Voorne bij de Zwarte Hoek, een kleilaag aangetroffen op N.A.P. – 4 à 6 m.

Het geulenpatroon in de mond van het Haringvliet zal verder worden gewijzigd door de vorming van een suatiegeul voor de uitwateringssluizen. Er bestaat natuurlijk een relatie tussen de omvang van een geul en de hoeveelheid water die er door stroomt, waarbij morfologie van de bodem een van de belangrijkste parameters is. Bij grote rivierafvoeren zullen de Haringvlietsluizen veel water lozen. Dit water zal via de suatiegeul naar zee stromen. Haar omvang zal dus mede bepaald worden door het debiet van de sluizen. Anderzijds zullen in de zomer de Haringvlietsluizen gemiddeld ongeveer vijftig dagen geheel gesloten zijn of zeer geringe spuidebieten hebben. De suatiegeul zal dan veel minder water afvoeren dan in de winter, en bijgevolg kunnen verondiepen. Verwacht wordt dat er voornamelijk spekkoeklagen in de suatiegeul zullen worden afgezet. Hun erosiebestendigheid bepaalt niet alleen de snelheid van de diepte-erosie die bij toeneming van het spuidebiet zal gaan optreden, maar is bovendien van betekenis voor een eventuele zijwaartse verplaatsing van de geul. Immers, als er op de bodem

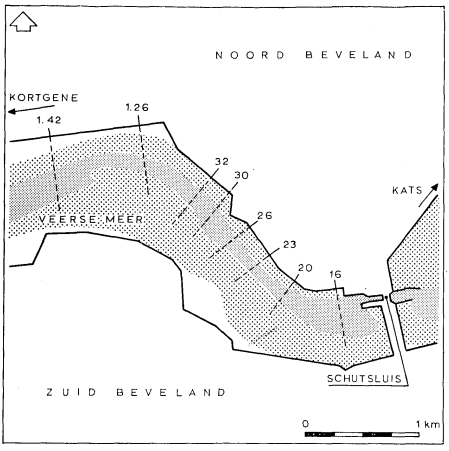
van de geul een meer weerstandskrachtige laag aanwezig is dan langs de oevers, zal de geul bij toeneming van het spuidebiet geneigd zijn zich in de oever in te snijden en zich zijwaarts te verplaatsen.
Proeven ten aanzien van de erosiegevoeligheid van spekkoeklagen kunnen slechts worden uitgevoerd op een natuurlijke, in het zeegat ontstane bodem. De gunstige omstandigheid deed zich voor, dat in de bouwput voor de schutsluis in het Haringvliet niet verstoorde spekkoeklagen werden aangetroffen. Op deze lagen werd een laboratoriumopstelling gebouwd zodat er proeven konden worden verricht ten aanzien van de erosiegevoeligheid en de ontgronding als functie van de tijd.
De proeven werden zodanig gedimensioneerd, dat de krachten die door het stromende water op de bodem werden uitgeoefend onder laboratoriumcondities vergelijkbaar waren met die welke in de toekomstige suatiegeul kunnen worden verwacht. Deze verwachting is weliswaar gebaseerd op globale berekeningen die nog nadere precisering behoeven, maar toch kon de orde van grootte van de maximale watersnelheid die op 40 cm boven de bodem zal kunnen optreden op 75 à 120 cm/sec worden geschat.
De proeven werden verricht bij een waterdiepte van 40 cm. Als de gemiddelde watersnelheid kleiner was dan 60 cm/sec bleek er geen erosie van de spekkoeklagen op te treden. Boven de 60 cm/sec trad erosie op; bij verdere verhoging van de snelheid nam de erosiesnelheid, dat is de gemiddelde ontgronding in mm/uur, langzaam toe. De hoogste gemeten erosiesnelheid bedroeg ongeveer 2,5 mm/uur, bij een stroomsnelheid van ongeveer 100 cm/sec. De maximale stroomsnelheid die tijdens de proeven kon worden ingesteld bedroeg 110 cm/sec. Bij hogere snelheden traden er in de goot verschijnselen op – zogenaamd 'schietend water' – die niet meer representatief zijn voor de natuurlijke omstandigheden in geulen.
Om het verloop van de erosie met de tijd te bepalen werden er gedurende 24 uur waarnemingen gedaan bij een constante hoge stroomsnelheid van 100 cm/sec. Hierbij bleek dat de erosiesnelheid met de tijd afneemt. De oorzaak daarvan is nog niet geheel duidelijk.
Uit de proeven is gebleken, dat de erosiegevoeligheid van spekkoeklagen vrijwel overeenkomt met die van kleilagen. Bij analoge stroomsnelheden zouden zandlagen een veel grotere erosiesnelheid vertoond hebben.
Ook werd gevonden, dat de zandlaagjes soms tussen de kleilaagjes worden weggespoeld. De kleilaagjes worden dan ondergraven en breken af. Zo ontstaan de kleiplaatjes die zowel bij de proeven, alsook in natuurlijke afzettingen zijn aangetroffen. Deze uitspoeling leidt echter niet tot een waarneembare versnelling van de erosiesnelheid van spekkoeklagen.
De erosiesnelheden die tijdens de proeven zijn gemeten mogen niet zondermeer worden toegepast op spekkoeklagen van afwijkende samenstelling en dikte van de zand- en kleilaagjes. De proeven hebben echter een algemeen inzicht opgeleverd in het proces van erosie en van de erodeerbaarheid van spekkoeklagen in het algemeen.

Kunstmatige verwijdering van zout water uit een diepe stroomgeul

Van verschillende zijden is de aandacht gevestigd op de mogelijke ongunstige invloed, die de diepe geulen welke voorkomen in de Zeeuwse stromen kunnen hebben op de kwaliteit van het water in het toekomstige Zeeuwse Meer. De vrees is geuit, dat deze diepe geulen altijd met zout water gevuld zullen blijven. De in de geleidelijk verzoete bovenlagen levende dierlijke en plantaardige organismen zullen, aldus wordt gesteld, tijdens een natuurlijk afstervingsproces naar de bodem zakken en in de diepe geulen met zout en zuurstofarm water tot ontbinding overgaan. Bij dit ontbindingsproces in een zuurstofloos milieu zijn bepaalde bacteriën in staat zuurstof te onttrekken aan verschillende in het water voorkomende chemische verbindingen. Hierbij moet vooral gedacht worden aan de reductie van de in zeewater aanwezige sulfaten tot het giftige zwavelwaterstof. Bij een eventuele menging van het water uit de diepe geulen met het zoete water in de bovenste lagen zou het aquatische leven in het Zeeuwse Meer kunnen worden bedreigd. De aanvoer van organische stoffen door lozing van het afvalwater van de bevolking en de industrie zal nog bijdragen tot de voortgang van deze ongewenste microbiologische processen.

Reeds in een vroeg stadium van het onderzoek naar de toekomstige waterhuishouding van het Zeeuwse Meer is het gestelde probleem onderkend en bestudeerd. Naast literatuuronderzoek inzake waargenomen verschijnselen in diepe meren in het buitenland zijn gegevens verzameld van de in Nederland voorkomende plaatsen met grote waterdiepte. Tevens is gedurende 1957 en 1958 een uitvoerig onderzoek ingesteld naar de samenstelling van het water en het bodemmateriaal in een tweetal diepe geulen in de in 1950 afgesloten Brielsche Maas. In de verschillende seizoenen zijn bemonsteringen verricht, om na te gaan of nabij de bodem zuurstofarmoede of anaërobie zou kunnen ontstaan door een te geringe uitwisseling van zoet en zout water en of deze anaërobie zou kunnen leiden tot vissterfte en tot het opdrijven van modder door gasontwikkeling in het bodemslijk.

De Scheikundig-Bacteriologische Dienst van het Provinciaal Waterleidingbedrijf in Noord-Holland, die dit onderzoek verricht heeft, kwam tot de conclusie dat er in de Brielsche Maas geen gevaar bestaat voor de ontwikkeling van zwavelwaterstof. Uit de regelmatig verrichte zoutmetingen in de afgesloten Brielsche Maas blijkt, dat er nauwelijks verschillen zijn voorgekomen in de zoutgehalten van het water nabij de oppervlakte en nabij de bodem. De verklaring hiervoor moet worden gezocht in de invloed die de

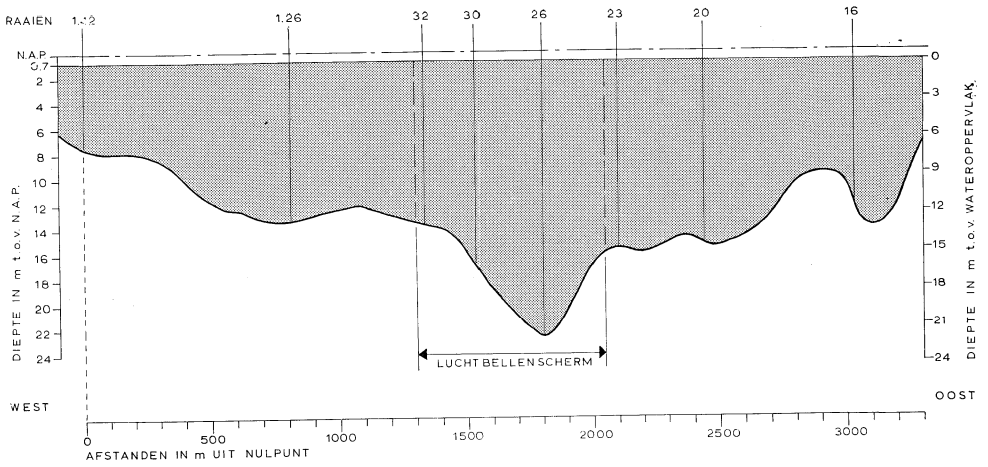


De voor de proef gekozen diepe geul in het Veerse Meer, met de meetraaien

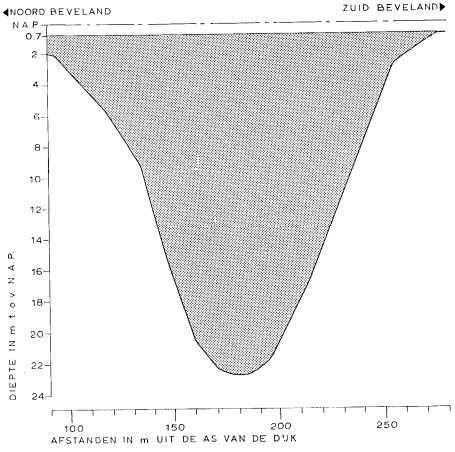
wind heeft op de waterbeweging in rivieren en meren, vooral wanneer de diepere geulen ongeveer in de richting van de heersende westenwind liggen, zoals dit in het algemeen het geval is in de Zeeuwse en Zuidhollandse stromen.
Het staat niet geheel vast dat uit het onderzoek in de Brielsche Maas zonder meer kan worden afgeleid hoe de toestand in het afgesloten Zeeuwse Meer zal worden. In welk tempo en in welke mate de zeer diepe geulen als gevolg van de windinvloed zullen verzoeten, is nog onzeker. Mede met het oog hierop is reeds in 1957 onderzocht, welke mogelijkheden er zijn om de gewenste ontzilting van de diepere geulen desnoods op kunstmatige wijze te bevorderen. Uit dit onderzoek is gebleken, dat voor dit doel gebruik zou kunnen worden gemaakt van een transportabele compressor-installatie waarmee lucht naar de diepste delen van de geulen wordt geperst; op de bodem van de geul ontwijkt de lucht door geperforeerde buizen, en vormt een dun luchtgordijn. De turbulentie als gevolg van de stijgende luchtbellen veroorzaakt menging van het zoute water uit de diepere lagen met het zoetere water in de bovenste lagen.
Tijdens een bespreking tussen vertegenwoordigers van de Rijkswaterstaat en van het te Yerseke gevestigde Hydrobiologisch Instituut van de Koninklijke Academie van Wetenschappen is besloten deze methode nogmaals op zijn bruikbaarheid te toetsen in een diepe geul in het afgesloten Veerse Meer.

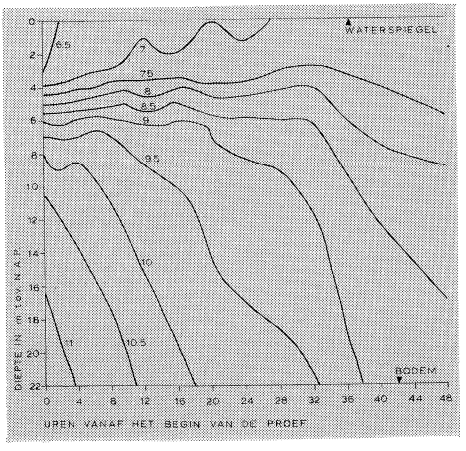
De proef in het Veerse Meer

De keus voor de proef is gevallen op een enigszins tegen de windinvloed beschut liggende geul langs de noordoever van het Veerse Meer tussen Kortgene en Kats. Het diepste punt ervan ligt op ruim 22,50 m beneden N.A.P. De diepe geul wordt begrensd door de dieptelijn van de bodem van het Veerse Meer van ongeveer N.A.P. – 6,25 m. De waterinhoud van de geul beneden deze dieptelijn bedraagt 1,9 miljoen m³. De totale inhoud tot aan de waterspiegel op N.A.P. – 0,70 m zou, volgens een denkbeeldige verticale begrenzing door de dieptelijn van N.A.P. – 6,25 m, 4,3 miljoen m³ bedragen. Tijdens de proef zijn gedurende ruim 48 uur metingen verricht van het Cl'-gehalte in de verschillende lagen. Het werk werd gedaan door meetploegen van het Hydrobiologisch Instituut, het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater en de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst te Zierikzee.



Lengte- en dwarsprofiel van de geul





Verloop tijdens de proef van de isohalinen in het centrale gedeelte van de geul

Uit de resultaten van de waarnemingen blijkt, dat vanaf het begin van de proef de Cl'-gehalten van het water in de diepere lagen onmiddellijk begonnen af te nemen en dat tegelijkertijd de gehalten in de bovenste lagen toenamen. Door bijgaande figuur wordt dit verschijnsel goed geïllustreerd. De isohalinen – dat zijn de lijnen die de punten met gelijk chloorgehalte verbinden – met de hoogste waarden van het Cl'-gehalte verdwijnen een voor een uit het beeld. In mindere mate is dit het geval met de isohalinen met de laagste Cl'-gehalten, omdat de massa water in de bovenste lagen groter is dan in de diepere delen van de geul en omdat een groot gedeelte van het met de bovenlagen gemengde water als gevolg van dichtheidsverschillen afvloeit naar de omgeving van de beschouwde geul.
Uit een sommatie van de per laagdikte van één meter bepaalde zoutinhouden blijkt, dat 48 uur na het begin van de proef ruim 3,5 miljoen kg Cl' uit het diepere deel van de beschouwde ruimte was verdwenen. Als gevolg van het Cl'-bezwaar van de schutsluis in de Zandkreekdam is tijdens de proef ongeveer 1 miljoen kg Cl' in de geul aangevoerd, zodat in werkelijkheid gedurende 48 uur ruim 4,5 miljoen kg Cl' met de bovenste waterlagen is vermengd en voor het grootste deel naar de omgeving afgevloeid.
De compressor-installatie voerde 30 m^3 vrije lucht per minuut aan. Deze hoeveelheid lucht werd zo gelijkmatig mogelijk verdeeld over een traject van ongeveer 750 m lengte nabij het diepste gedeelte van de geul. Als gevolg van de menging verminderden de Cl'-gehalten in de diepere waterlagen in de buurt van het luchtbellengordijn. Hierdoor ontstonden verschillen met de Cl'-gehalten in de overeenkomstige lagen op afstanden van het luchtbellengordijn. Als gevolg van deze dichtheidsverschillen ontstond tot ruim één kilometer uit de as van de geul een waterbeweging in deze lagen in de richting van het diepste gedeelte van de geul. Uit de resultaten van de verschillende metingen blijkt, dat door deze dichtheidsstromingen zelfs in de verst van het centrum verwijderde delen van de geul een betrekkelijk snelle afneming van de Cl'-gehalten in de diepere lagen wordt veroorzaakt.
Op grond van de bereikte resultaten kan worden geconcludeerd, dat de gevolgde methode van ontzilting met behulp van samengeperste lucht een goed hulpmiddel is voor het verwijderen van het zoute water dat na de ontzilting van het toekomstige Zeeuwse Meer eventueel nog in diepe stroomgeulen zou achterblijven.

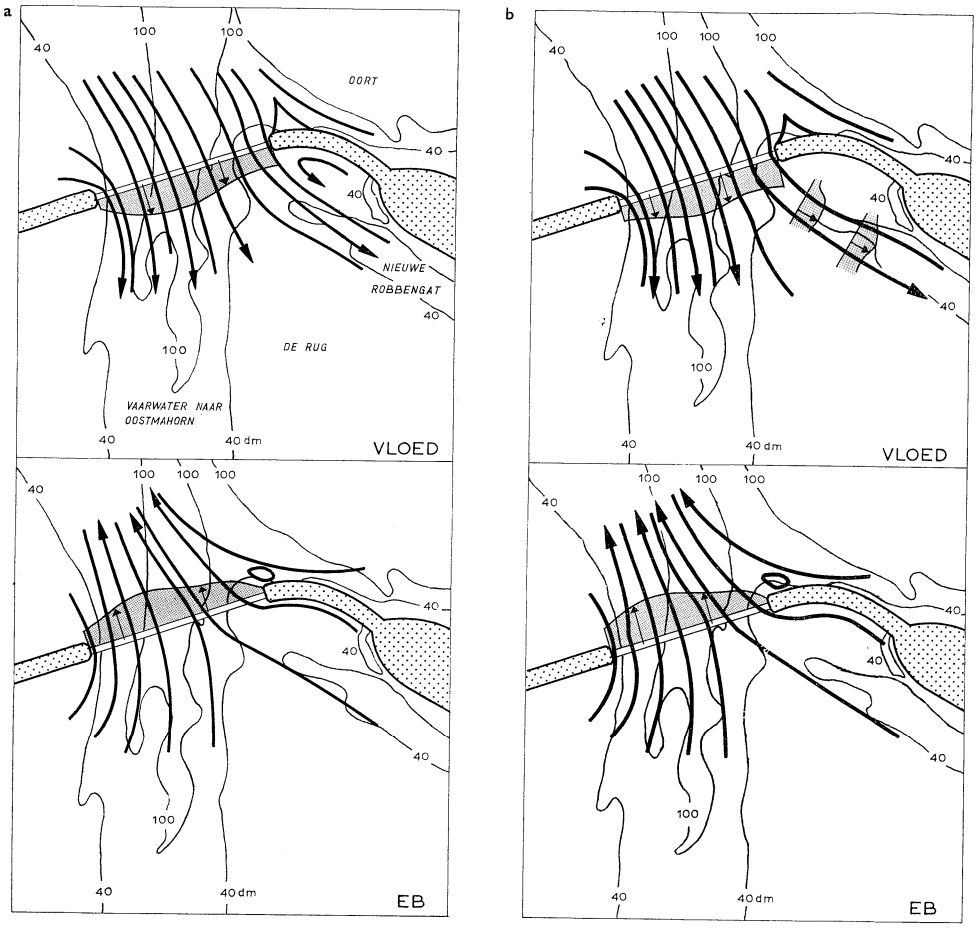
Het sluitgat van de afsluitdijk voor de Lauwerszee

De vulling bij vloed en de lediging bij eb van de kom van de Lauwerszee geschiedt voor het overgrote deel door een nabij de Friese oever gelegen geul, het Vaarwater naar Oostmahorn. Alleen het noordoostelijke deel van de Lauwerszee vormt het min of meer afzonderlijke stroomgebied van het Nieuwe Robbengat. De twee geulen hebben een gemeenschappelijke uitmonding naar het Oort en de Zoutkamperlaag, de hoofdgeulen ten noorden van de Lauwerszee. Over de tussen het Nieuwe Robbengat en het Oort gelegen Ballastplaat vindt overtrek van water plaats, die vrij sterk door de wind wordt beïnvloed.

Het af te sluiten doorstroomprofiel volgens het tracé van de dijk bestaat grotendeels, en wel over 12 km, uit zandplaten met hoogten tussen G.H.W. (N.A.P. + 1 m) en G.L.W. (N.A.P. – 1,45 m) en overigens, over ongeveer 1000 m, uit het mondingsgebied van het Vaarwater naar Oostmahorn en het Nieuwe Robbengat. De diepte varieert tussen N.A.P. – 3 m en N.A.P. – 12 m. Door de beide geulen wordt ruim 80% van het water aan- en afgevoerd; de stroom over de platen is dus veel kleiner.

In beginsel wordt een sluitingsplan altijd zo opgezet dat het stromingsbeeld eerst in een zo laat mogelijk stadium van de afsluiting door de uit te voeren werken belangrijke veranderingen ondergaat. Daarom worden de eerste dijkgedeelten over de zandplaten gelegd; er verandert hierdoor weinig aan de waterbeweging. Het Nieuwe Robbengat krijgt wel iets meer water te verwerken en zal enigszins verruimen, maar de stroomsnelheden in de geulen zullen vrijwel ongewijzigd blijven. Het eigenlijke sluitgat zal dus ter plaatse van de geulen komen te liggen. Door de ligging van de sluizen en havens op de zandplaat tussen het Nieuwe Robbengat en het Oort is de oostelijke beëindiging van het sluitgatgebied in beginsel bepaald. Voor een goede aanstroming dient de as van het sluitgat ongeveer loodrecht op de stroomrichting te liggen, en daarmee is ook de plaats van de westelijke aansluiting ongeveer vastgelegd.

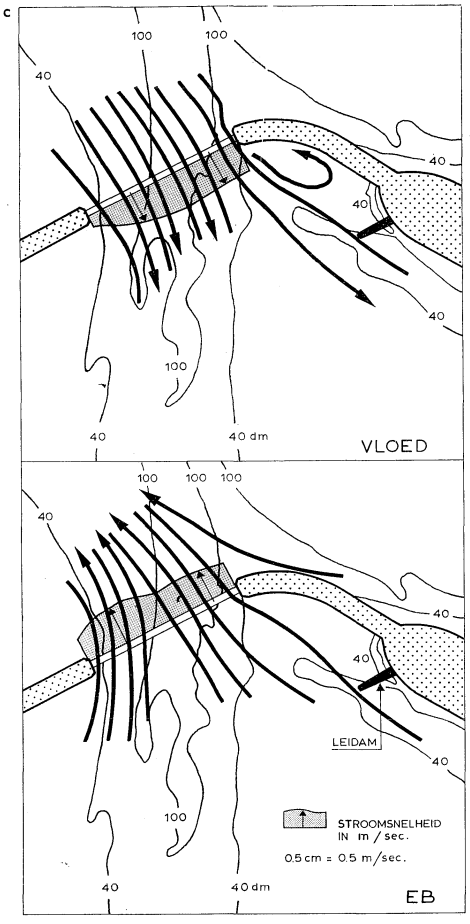
Men zou in dit geval twee afzonderlijke sluitgaten kunnen maken, één voor elk van de geulen met daartussen een kort dijkvak. Dit heeft echter bezwaren. Omdat het sluitgat niet in één werkseizoen kan worden gesloten, dient ermee te worden overwinterd. Dit betekent dat ook het dijkvak tussen de beide sluitgaten van kostbare verdedigde dijkkoppen moet worden voorzien. Uit het waterloopkundige modelonderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium te de Voorst (N.O.P.) is voorts gebleken, dat een dijk tussen de beide sluitgaten een ongunstig stroombeeld veroorzaakt met sterke dwarsstromen. Nog ongunstiger wordt het stroombeeld zodra één van beide sluitgaten is afgesloten. Vooral bij eb zal een sterke dwarsstroom grote uitschuringen veroorzaken. Er is overwogen, de beide sluitgaten gelijktijdig te dichten. Gezien de grote oppervlakte die in totaal moet worden afgesloten is dit een riskante en moeilijk te verwezenlijken



opgave. Stagnatie bij één van de sluitingen zou onmiddellijk ernstige ontgrondingen ten gevolge hebben.

Om al die redenen is er één sluitgat ontworpen, waarmee de beide geulen tegelijkertijd worden afgesloten. De beste toestroming naar dit sluitgat wordt verkregen wanneer het zo noordelijk ligt als maar mogelijk is: de invloed van de scheiding tussen de beide geulen, gevormd door de zandplaat 'De Rug', is daar tot een minimum beperkt. Het water zal dan zowel bij vloed als bij eb een regelmatig stroombeeld vertonen, zoals uit modelproeven is gebleken, waardoor de kans op ontoelaatbare ontgrondingen zo gering mogelijk wordt.

Om dezelfde redenen dient het sluitgat een vrij grote lengte te krijgen van 900 à 1000 m. Het modelonderzoek wees namelijk uit dat bij een lengte van het sluitgat van ongeveer 900 m de stroomsnelheden op verschillende punten in het sluitgat niet te sterk zullen verschillen. Bij een langer sluitgat diende te worden gerekend met veel lagere stroomsnelheden aan de zijkanten, waardoor een deel van het sluitgat niet ten volle zou worden gebruikt. Bij eb was de stroomverdeling boven de drempel volgens de waterloopkundige modelproeven minder gunstig. Langs de dijk aan de oostzijde van het

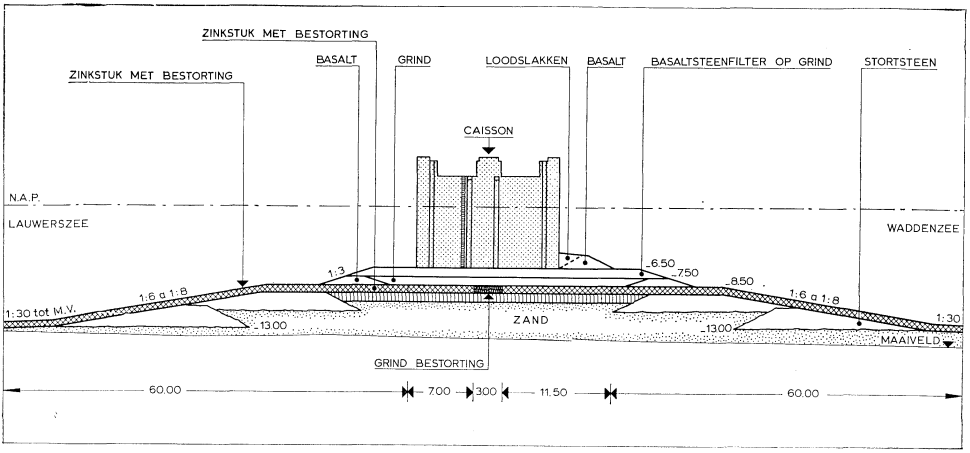


Stroombeelden in het sluitgat volgens het waterloopkundig onderzoek. Het oorspronkelijke ontworpen sluitgat van 1000 m (a) werd gewijzigd in een sluitgat van 900 m (b).
Bij het uiteindelijk ontwerp werd het sluitgat 10° gedraaid, en werd een leidam toegevoegd (c).

sluitgat trok een vrij sterke stroom uit het Nieuwe Robbengat, die de hoofdstroom in het sluitgat vrijwel haaks in de flank trof en daardoor een zeer turbulent stroomgebied nabij het Groninger landhoofd veroorzaakte.
Voor deze moeilijkheid is evenwel een oplossing gevonden: de stroom uit het Nieuwe Robbengat, dat een ebvolume heeft van 14 miljoen m³ water, zal worden omgedrukt door middel van een leidam van 170 m lengte.
Bovendien is het sluitgat nog enigszins tegen de wijzers van de klok in gedraaid om juist bij de felle ebstromen het regelmatigste stroombeeld te verkrijgen.

De afmetingen van het sluitgat

Gezien de grote afmetingen van het sluitgat is het zonder een onevenredig grote krachtsinspanning niet mogelijk om de bodembescherming door middel van zinkstukken – er moet ongeveer 20 ha bezonken worden – in één werkseizoen gereed te maken. Er zal dus gedurende meer dan één stormseizoen moeten worden overwinterd. De ervaring bij vorige sluitgaten in ons land heeft geleerd, dat de gemiddelde stroomsnelheden bij



Dwarsprofiel van de drempel met een erop geplaatste caisson

gemiddeld getij gedurende het overwinteringsstadium in het sluitgat bij voorkeur niet groter dienen te worden dan 1,75 m/sec. Uit de getijberekeningen volgt dat het sluitgat bij een lengte van 900 m een totale oppervlakte onder N.A.P. heeft van ongeveer 5000 m². Aanvankelijk is overwogen om het doorstroomprofiel van de uitwateringssluis in de afsluitdijk – 600 m² onder N.A.P. – tijdens het sluiten te gebruiken. Er zouden dan gedurende een aantal weken felle eb- en vloedstromen door deze sluizen trekken. Tegen de ebstromen zullen de sluizen en de bijbehorende bodembeschermingen bestand zijn, want ook tijdens het spuien na de afsluiting zal het water deze stroomrichting hebben. Voor het stromen tijdens vloed echter zouden uitgebreide bezinkingen aan de Lauwerszeezijde van de uitwateringssluizen moeten worden gemaakt, om ongewenste verdiepingen te voorkomen. Het is vooral om deze reden dat er tenslotte van af is gezien om de sluizen in de sluitingsfase te gebruiken.
Ook voor dit sluitgat geldt, dat de afsluiting tot stand kan worden gebracht door een dam onder water steeds hoger op te werken, dus door middel van een geleidelijke sluiting, òf door het plaatsen van doorlaatcaissons met schuiven of kleppen, waarmee een plotselinge sluiting tot stand kan worden gebracht.
Na een uitvoerige vergelijking van de beide methoden, waarbij tevens nog is nagegaan of een combinatie zin zou hebben, is tenslotte de keus gevallen op de sluiting met doorlaatcaissons; op dezelfde wijze dus als het Veersche Gat is afgesloten. De belangrijkste reden hiervoor was, dat het risico van mislukking bij een sluiting met doorlaatcaissons onder de omstandigheden waarbij in de Lauwerszee moet worden gewerkt, het kleinst werd geacht. De kosten van beide methodes liepen weinig uiteen. Ook de moeilijke bereikbaarheid van de Lauwerszee, waardoor het uitgesloten moet worden geacht om snel de grote extra hoeveelheden materiaal aan te voeren die in noodgevallen bij de geleidelijke sluiting nodig zijn, heeft tot deze beslissing bijgedragen.

De drempel van het sluitgat

De doorlaatcaissons zullen worden geplaatst op een horizontale drempel met een totale

lengte van 900 m. Hierdoor wordt bereikt, dat alle caissons dezelfde afmetingen kunnen hebben, hetgeen voor de vervaardiging van veel belang is. Het bouwen van een serie gelijke elementen levert namelijk belangrijke besparingen op doordat hulpmaterialen verscheidene malen kunnen worden gebruikt, het personeel door de herhaling een hogere produktiviteit behaalt, en zo meer.
Het plaatsen van een caisson op een horizontale drempel levert bovendien de minste moeilijkheden op. Om dezelfde reden heeft de drempel een rechte strekking gekregen.
Voor het maken van een horizontale drempel zal het min of meer onregelmatige dwarsprofiel van de stroomgeul ter plaatse van het sluitgat in een rechthoekig profiel moeten worden veranderd. Dit betekent dat in de oevers van de geul door middel van uitbaggeren verdiepingen moeten worden aangebracht, terwijl het diepste gedeelte van de geul moet worden opgehoogd. De te baggeren gedeelten moeten onmiddellijk na het gereedkomen met zinkstukken worden afgedekt om te voorkomen dat de aldus gevormde vlakke bodem door uitschuring als gevolg van de totale vernauwing van de geul zou veranderen. De hoogte van de bovenkant van deze zinkstukken is N.A.P. – 8,50 m. Afgewacht moet worden of in de uitgebaggerde gedeelten, ondanks de verhoogde gemiddelde snelheid in het sluitgat, toch nog aanzanding zal plaats hebben: zo ja, dan zal deze aanzanding moeten worden weggebaggerd. In tegenstelling met het Veersche Gat zijn hier geen verdiepingen gebaggerd boven- en benedenstrooms van de drempel; de zinkstukken liggen geheel horizontaal.
Uit stroommetingen en berekeningen was gebleken, dat het mogelijk was in het diepere gedeelte van de geul een drempel van zand op te storten tussen kaden van keileem. Het zand zal aan de bovenzijde eveneens worden afgedekt met een laag keileem, die vervolgens vlak wordt afgebaggerd, waarna de dikte ten hoogste 1 m zal bedragen. Deze dam wordt aan beide zijden afgedekt met grote zinkstukken, die elkaar op de kruin van de dam niet overlappen. Hierdoor wordt voorkomen dat ter plaatse van een zijdelingse overlapping drie zinkstukken boven elkaar zouden komen te liggen, hetgeen een ontoelaatbaar hoge bult in het bezonken gedeelte zou opleveren. De drie meter brede naad in de hartlijn van het sluitgat, die op deze manier ontstaat tussen de zinkstukken aan de noord- en zuidzijde van de drempel, wordt afgestort met grind om te voorkomen dat het grondwerk van de dam ter plaatse zal wegschuren. Deze constructie is toelaatbaar, omdat over de gehele dam, dus zowel op de ingegraven als op de opgehoogde gedeelten, op de kruin een steenfilter met een dikte van 2 m wordt aangebracht, die de naad geheel afdekt.
Het steenfilter dient om de bovenzijde van de drempel zo vlak mogelijk te maken; het ruwe grondwerk onder water en de daarop liggende zinkstukken zijn niet zonder meer geschikt om de caissons evenwichtig te ondersteunen. Eerst wordt een laag grind aangebracht met een ruime overmaat, die vervolgens zo zorgvuldig mogelijk tot een dikte van 1 m wordt vlak gebaggerd. Om deze laag tijdens de sluiting en na het plaatsen van de caissons tegen wegspoelen te beschermen, wordt ze met behulp van een steendoseerapparaat met een zo gelijkmatig mogelijke laag stortsteen afgedekt. Door voortdurend peilen en telkens weer plaatselijk bijstorten van steen wordt deze laatste afdekking zo vlak gemaakt als gezien de moeilijke uitvoering in af en toe felle getijstroom op ruim 6 m onder water maar mogelijk is.
De drempel zal dan gereed zijn om de caissons er op te plaatsen. Inmiddels zullen dan ook de koppen van de beide aangrenzende dijkvakken gereed gekomen zijn en onder een helling van 1 : 4 zijn afgedekt met koperslakblokken op een laag mijnsteen boven water en met kraagstukken onder water.

De doorlaatcaissons

De gekozen afmetingen van het sluitgat en de getijstromingen en golven die in de periode voor en tijdens de sluiting kunnen optreden, hebben een belangrijke invloed gehad op het ontwerp van de doorlaatcaissons. Deze zijn in beginsel van hetzelfde type als die bij het Veersche Gat. De afmetingen echter zijn in alle drie de richtingen kleiner. Overwogen is of het niet mogelijk zou zijn de caissons hoger te maken, waardoor de drempel dieper zou kunnen worden gelegd. Het sluitgat zou dan echter een kleinere lengte moeten krijgen om geen onnodig groot doorstroomprofiel op te leveren. Bij een kleinere lengte echter worden de stromen uit de beide af te sluiten geulen zodanig samengeperst, dat er zeer zware en wellicht verwoestende kopeffecten in de vorm van stroomkolken achter de beide zijkanten van het sluitgat zouden moeten worden verwacht. Bovendien bleek een dieper maar korter sluitgat ongeveer evenveel te kosten. De kosten van de caissons bleken zoveel hoger te zijn, dat ze niet konden worden goedgemaakt door de besparing ten gevolge van een kleinere oppervlakte van de bezinking.

Doordat de bodembakken van de caissons 2 m hoog zijn, komt de drempelhoogte na het plaatsen van de caissons op N.A.P. – 4,50 m. Het totale profiel wordt, gezien de veel kleinere doorlaatcoëfficiënt na het plaatsen van alle caissons zodanig, dat bij eb en gemiddeld getij een gemiddelde stroomsnelheid zal worden bereikt van ongeveer 3,3 m/sec gerekend over het gehele doorstroomprofiel. Tijdens springtij ligt deze snelheid ongeveer 0,5 m/sec hoger, bij doodtij kan een circa 0,3 m/sec lagere snelheid worden verwacht. De overeenkomstige stroomsnelheden tijdens vloed liggen 0,8 à 1,1 m/sec lager.

Het bovenste gedeelte van de caissons wordt uitgevoerd als een bak, waarin na het plaatsen een ballast van zand wordt aangebracht. De hoogte van de onderzijde hiervan wordt bepaald door de eis, dat na het plaatsen ook bij hoge waterstanden nog een vrije doorstroming door de caissons plaats moet kunnen vinden, zodanig dat er geen golfklappen tegen de onderkant van de bak kunnen optreden.

Hiermee is de totale hoogte van de caissons bepaald. Uit sterkteberekeningen is nu gebleken, dat bij deze hoogte van in totaal 12 m, een totale lengte van ongeveer 33 m bereikbaar is zonder tot speciale uitvoeringen, zoals toepassing van voorgespannen beton, over te gaan. Bij een aangenomen breedte per doorstroomopening van 5 meter komen er dus 6 doorstroomopeningen in elke caisson. Gezien de lengte van het sluitgat zijn er 25 caissons nodig om het gehele gat af te sluiten. Bovendien is nog een 26e caisson ontworpen met iets kortere lengte en met 5 doorstroomopeningen, om bij eventuele calamiteit als reserve te dienen; wanneer de breedte van de laatste overblijvende opening tussen de caissons te klein zou zijn om er nog een normale caisson tussen te plaatsen zou dat kleine exemplaar kunnen dienen als sluitcaisson.

Om een zodanig gewicht te bereiken, dat de caissons na plaatsing ook bij de meest ongunstige omstandigheden niet door waterdruk en golfslag van hun plaats kunnen worden geduwd, bleek een totale breedte van de ballastbak van 15 m noodzakelijk. Naast de ballastbak zijn, in afwijking met de caissons gebruikt bij het Veersche Gat, geen looppaden aangebracht. De totale breedte van de caisson is tengevolge hiervan eveneens 15 m. Het plaatsen van een zo groot aantal caissons levert bijzondere problemen op, omdat dit in een zeer korte periode moet geschieden. In een latere aflevering van het Driemaandelijks Bericht zal worden uiteengezet hoe deze plaatsing volgens de plannen in zijn werk zal gaan, en op welke wijze mede in verband hiermee de caissons verder zijn gedetailleerd.

A. De werken van het Deltaplan

De uitwateringssluizen in het Haringvliet

Op 13 april werd de laatste halve schuif aan de rivierzijde in verticale stand geplaatst. De stalen grondplaten waarop de verwarmingsconstructies van de zijaanslagen van de schuiven aan de rivierzijde moeten worden bevestigd zijn alle gemonteerd.
Van de 34 schuiven staan er nu nog 14 op een hulpconstructie opgesteld. Een tiental schuiven is met de armen tegen de Nablaligger bevestigd, doch nog niet beweegbaar; de resterende tien schuiven zijn nagenoeg gereed en hebben reeds proefgedraaid.

De stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

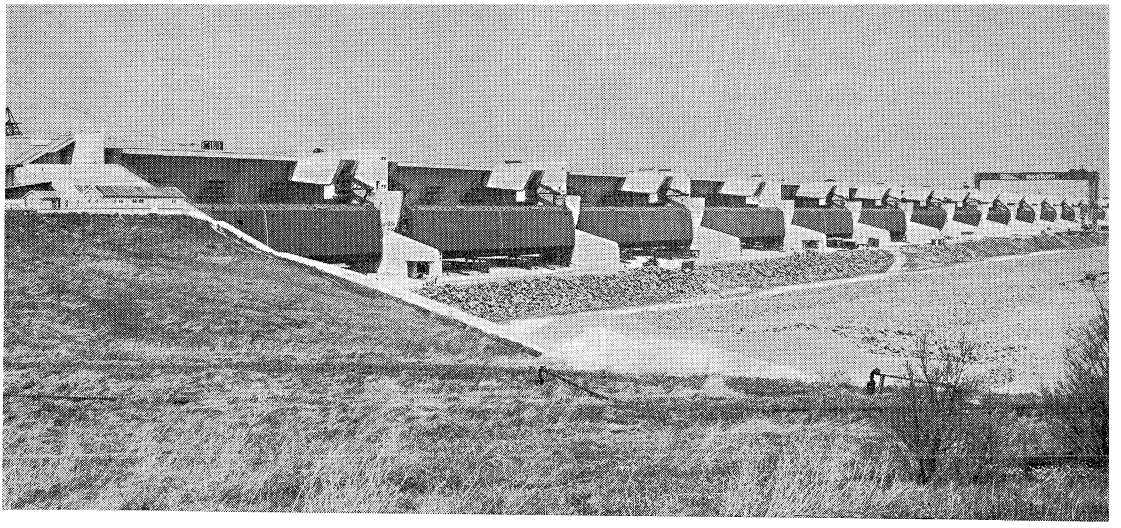
In de verslagperiode werd 26 000 ton steen aangebracht in de stortebedden aan de rivierzijde van de sluizen.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

De taluds van het kanaal aan de binnenzijde van de dijk langs de Plaat van Scheelhoek werden met grind bekleed; een begin werd gemaakt met het afmaken van de kleibekleding op taluds en bermen.
De cutterzuiger die het kanaal op diepte brengt, was aan het einde van de verslagperiode gevorderd tot voorbij de haven van Stellendam. De specie wordt verwerkt in een daartoe aangelegd slibdepot. Er werd een begin gemaakt met de werken die nodig zijn voor het onderhouden van een hoge waterstand op de Paat van Scheelhoek. Hiertoe wordt langs de Plaat van Scheelhoek een kade gelegd, daarbij wordt een pomp opgesteld voor het pompen van water uit de boezem.
De haven van Goeree aan de oostzijde van de Zuiderdiepboezem werd afgesloten en in verbinding gebracht met de boezem. Door een snelle aanslibbing in en buiten de havenmond was het namelijk voor de polders moeilijk geworden voldoende te lozen, zodat aansluiting op de Zuiderdiepboezem noodzakelijk werd.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

Op 18 mei werd begonnen met het heien van de eerste betonpaal voor de fundering van de overbrugging. Op 1 juli waren er van de 398 te heien betonpalen 46 verwerkt. Aangevangen werd met het



1

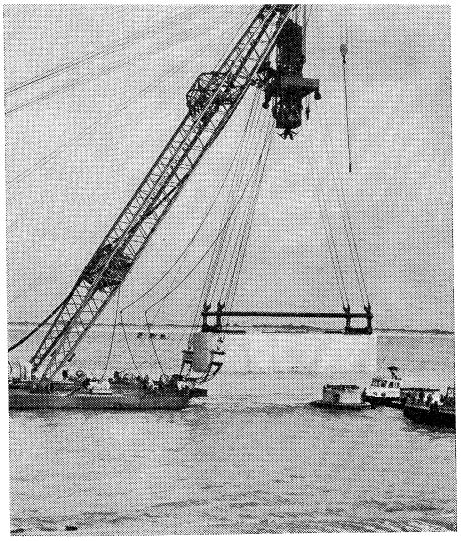
buigen van het wapeningsstaal voor de pijlers. Eind juni werd aangevangen met het plaatsen van spanningsbronnen voor het bemalen van de bouwput voor de uitwateringssluis. Voor de fundering van deze uitwateringssluis werden op 17 mei de eerste betonpalen gestort.
Inmiddels is ruim de helft van de benodigde betonpalen reeds gestort. Voor de fundering van het viaduct zijn alle 92 betonpalen inmiddels ook gestort.

De fundering van de pylonen voor de kabelbaan

Volgens overeenkomst DED 826 werden in de verslagperode door de 'Combinatie Brug Oosterschelde' de drie pijlers geplaatst die dienst gaan doen als fundering van de pylonen van de kabelbaan waarmee het Rak van Scheelhoek zal worden afgesloten. De onderdelen voor deze funderingsconstructie waren reeds in de vorige periode geprefabriceerd te Kats, waar ook de elementen van de Oosterscheldebrug waren gereed gemaakt.
De pijlers zijn op dezelfde wijze opgebouwd als die van de Oosterscheldebrug; de onderdelen zijn ook hier geplaatst met de speciaal voor dit doel geconstrueerde drijvende bok 'Ir. Snip'.
Elke pijler bestaat uit een drietal putten, verbonden door een koppelstuk of caisson, alles van voorgespannen beton. Ook de verbinding tussen putten en caisson werd tot stand gebracht met behulp van voorgespannen beton, dat evenwel ter plaatse werd gestort. De lengte van de putten varieert van 29 tot 41,5 meter; de doorsnede bedraagt 4,25 meter. Ten behoeve van de pylonen die te zijner tijd op de caissons zullen worden geplaatst zijn verankeringen ingestort.
Bij de pijlers wordt de bodem tegen uitschuring beschermd door dunne betonnen schijven met een lichte wapening, die rondom de putten worden gelegd; deze relatief slappe schijven kunnen door te 'breken' de vorm van de bodem volgen. Hier en daar is bovendien een bescherming met zinkstukken aangebracht.

Rijksweg naar en op de Grevelingendam

Na de demontage van de meest zuidelijke draagtoren van de bij het sluiten van de Grevelingen gebruikte kabelbaan kon in de verslagperiode tenslotte ook de westelijke rijbaan over de dam door



1. De uitwateringssluizen in het Haringvliet. Opname van 4 mei 1966

2. Bouw van een draagtoren voor de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek

2

deze geul worden voltooid en op 20 juni voor het verkeer worden opengesteld.

Het damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

Na het verrichten van enkele bijkomstige werkzaamheden gedurende de onderhoudsperiode werd het werk op 15 april voor de eerste maal voltooid opgeleverd. De vorming van stortsteendepots langs de buitenomtrek van de werkhaven aan de Middelplaat kwam gereed.

Het damvak op de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat

De aanleg van dit damvak werd voor de som van f 15 297 300,– opgedragen aan de N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage.
Begonnen werd met de afsluiting van de tussen de Middelplaat en de Kabbelaarsbank liggende Kabbelaarsgeul en de vorming van een dijkkop aan de noordelijke rand van de Kabbelaarsbank. Er werden drie zuigers ingezet, waarvan er één gedurende een drietal weken onafgebroken in bedrijf is geweest; met behulp van deze zuigers werd zand in de Kabbelaarsgeul geperst.
Medio mei reikte het zandstort in de Kabbelaarsgeul tot boven hoogwater, en kon de geul als gesloten worden beschouwd. De zandproduktie voldeed aan de verwachtingen; in deze periode werd in totaal 1,8 miljoen m^3 zand gespoten.
De omringende mijnsteenkade, die de teen van de dam moet beschermen, kwam ten ruwste gereed; met de mijnsteenafdekking van terreinen werd een begin gemaakt.
Er werd 150 000 ton mijnsteen verwerkt.
Half april werd begonnen met het aanbrengen van kraagstukken langs de dijkteen. De eerste stukken werden gelegd rondom de noordkop van het dijkgedeelte op de Kabbelaarsbank. Er is reeds 29 000 m^2 bezonken.
Aangevangen werd met het aanbrengen van taludbekledingen van Portugees graniet en van koperslakblokken. De granietbekleding is inmiddels voltooid.
De werkzaamheden aan de zeezijde van het damvak bestonden uit het afwerken van de mijnsteenkade en het plaatsen van betonnen damplanken langs de dijkteen. Voorts is een begin gemaakt met het maken van een glooiing van stortsteen die met asfalt wordt gepenetreerd,

De dam over de Middelplaat (voorgrond) en de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat, gezien van zuid naar noord. Opname van 1 mei 1966



het aanbrengen van steenkorven langs de damwand en het maken van een gietasfaltslab.

Eenheidscaissons ten behoeve van de afsluitingswerken in het Brouwershavensche Gat

De 25 caissons met bijbehorende opzetstukken voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat, waaraan in 1965 werd begonnen, kwamen gereed. In aansluiting daarop werd aan het werk enige uitbreiding gegeven door opdracht te verstrekken tot het bijmaken van nog 12 caissons en 6 opzetstukken.

De schutsluizen in het Volkerak

De afbouw van de bedieningsgebouwen en het dek van de basculekelder werd voortgezet. Een begin werd gemaakt met het aanbrengen van de zuilenbekleding op de taluds bij de landhoofden. Het werk is nu zover gevorderd, dat de eerste oplevering zal kunnen plaatsvinden op 15 oktober 1966. Door derden werd begonnen met het aanbrengen van bewegingswerktuigen op de sluisdeuren en de aanleg van de elektrische installatie.

Doorgraving van de ringdijk en aanvulling der sluisterreinen

De aanvulling van de sluisterreinen met zand dat gewonnen werd in de mond van de noordelijke voorhaven, kwam gereed.
Voor de aanvulling van de kil tussen het landhoofd en het bestaande grondlichaam werd 2500 m³ zand in depot gespoten. Toen het water in dit zeer fijne zand na zes weken voldoende was gezakt, werd een begin gemaakt met het onder profiel brengen van deze terreinen.
De oevervoorzieningen aan de Volkerakzijde kwamen nagenoeg gereed.

Geleidewerken en wachtplaatsen

Alle stalen buispalen voor de geleidewerken en wachtplaatsen in de noordelijke voorhaven zijn thans geheid. Voortgegaan werd met het plaatsen en vastlassen van de 30 m lange secties voor de vaste geleidewerken. De betonnen loopbruggen werden geplaatst en aaneengekoppeld; voortgegaan werd met het ophangen van de hardhouten beschermingsschotten. In de zuidelijke voorhaven werd begonnen met het heien van voorgespannen betonpalen voor de ondersteuning van de betonnen loopbruggen.
Ter weerszijden van de voorhaven kwam het heiwerk over een gedeelte van 600 m gereed. Er werd een begin gemaakt met het heien van stalen buispalen voor de drijvende geleidewerken. Het conserveren van stalen onderdelen en het vervaardigen van hardhouten beschermingsschotten werd in een hoog tempo voortgezet.

Het bouwdok voor de caissons

De ontgraving voor de grondverbetering van N.A.P. – 4,70 m tot N.A.P. – 8,00 m kwam gereed. De uitkomende grond, ruim 65 000 m³, werd in depot gereden ten zuidwesten van het schutsluizencomplex; hij zal naderhand worden gebruikt als afdekgrond voor de havendam.
Het bij de ontgraving boven N.A.P. – 4,70 m vrijkomende zand werd verwerkt in de grondverbetering van de bouwput van N.A.P. – 8 m tot N.A.P. – 6 m.
Het overige zand werd verwerkt nabij het landhoofd van het viaduct. In totaal werd ca. 115 000 m³ zand verwerkt.
De taluds van de bouwput werden bekleed met een laag grof grind 3–20 cm ter dikte van 50 cm. Aan de rivierzijde werd beneden N.A.P. – 3,25 m een filterconstructie voor het kwelwater aangelegd van 20 cm grindzand, waarop 30 cm grind 3–8 cm.
Het werk verkeert in de eindfase. Door

de slechte weersomstandigheden in het begin van 1966 is een kleine achterstand opgetreden. Men hoopt echter het werk op 8 juli voor de eerste maal op te leveren.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen

Wederom is een belangrijke vertraging ontstaan in de uitvoering van dit werk als gevolg van de ongunstige arbeidsmarkt. Het is niet mogelijk gebleken tijdig voldoende vakbekwame arbeiders aan te trekken voor het aanbrengen van betonblokken en voor het vlijwerk van lichte steen.
Aan de aannemer is derhalve uitstel van oplevering verleend tot uiterlijk 7 september 1966. Voor de nog uit te voeren werkzaamheden – voornamelijk het afmaken van het onderwaterbeloop aan de binnenzijde van de havendam en de bekleding van de belopen – heeft de aannemer een redelijk werkplan ingediend.
Hierbij moet echter opnieuw rekening worden gehouden met mogelijke vertraging wegens gebrek aan arbeiders.
De overige onderdelen van het werk zijn gereedgekomen.

Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen

Met de uitvoering is op 1 april begonnen. De baggermolen 'Nereus', met een emmerinhoud van 450 l, is ingezet bij het baggerwerk van de grondverbetering voor de uitbreiding van de havendam. Met de baggermolen 'Triton', emmerinhoud 750 l, is medio april begonnen met het baggeren van de nieuwe scheepvaartgeul in de richting van Dintelsas. De baggermolen 'Port-Said', emmerinhoud 600 l, is vanaf 1 juni ingezet bij het baggeren van de toegang van de zuidelijke voorhaven en bij de grondverbetering van de zuidoostelijke havennol. Tot op heden zijn de verwachtingen ten aanzien van de produktie van alle drie de molens aanzienlijk overtroffen.
De specie wordt deels afgevoerd met zelfvarende bakken en deels met getrokken bakken met een inhoud van 400 tot 500 m³. De specie wordt geklapt nabij de Haringvlietbrug.
In april is tevens een aanvang gemaakt met de bouw van de 900 m lange schermdam langs de westzijde van de te baggeren scheepvaartgeul. Het zinken op stroom van zinkstukken van gemiddeld 60 × 20 m levert geen moeilijkheden op.
De Duitse mijnsteen voor de mijnsteenkern wordt in duwbakken aangevoerd; de lossing geschiedt met een 12-tons kraan. Tijdens de eb-perioden vallen duwbakken en kraan aan de grond, doch het losbedrijf gaat normaal door. Hierbij worden zeer goede produkties bereikt, zodat de mijnsteendam thans voor een derde gedeelte gereed is.
De mijnsteenkern is reeds geprofileerd met draglines en vervolgens bekleed met grind. Tot H.W. zal de dam worden beschermd door een kraag van stortsteen 80/200 kg, die later zal worden gevlijd.
Naar verwachting zal de schermdam, op het steenvlijwerk na, in september zijn voltooid.
In juni is reeds een aanvang gemaakt met het maken van de oevervoorzieningen en de havennol aan de zuidzijde van de haveningang.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Door de bouw van het 800 m lange dijkvak ten westen van het werkeiland en de opbouw van de drempel in het Vaarwater naar Oostmahorn gaat het sluitgat zich al duidelijk aftekenen. Over de vormgeving van het sluitgat en de wijze van uitvoering van de drempel wordt elders in dit nummer uitvoeriger geschreven.



De bouw van een 800 m lang dijkvak ten westen van het werkeiland in de Lauwerszee is dit werkseizoen ter hand genomen.

Voor een goede stroomgeleiding in het sluitgatgebied is aan de zuidwestzijde van het werkeiland een 200 m lange dam ontworpen, die na de afsluiting zal blijven bestaan als geleidedam voor het naar de uitwateringssluizen stromende water. Deze dam kwam in de verslagperiode goeddeels gereed.

Na een aanvankelijk moeilijke start vordert de opbouw van de sluitgatdrempel thans goed. Doordat de 1 m dikke keileemafdekking op het grondlichaam van de drempel in voldoende mate stroomresistent is, en dus enige tijd zonder bezinking kan blijven liggen, is het mogelijk het zinkprogramma met grote regelmaat ten uitvoer te brengen.

Uit modelonderzoek was de noodzaak gebleken bij de bouw van het 800 m lange dijkvak allereerst zo snel mogelijk de zuidelijke keileemperskade vooruit te bouwen, om kopeffecten en daardoor materiaalverlies te voorkomen. Deze kade is nu tot een hoogte van G.L.W. gereed en het zandbedrijf is in volle gang.

Nu door het uitvoeren van deze werken in het gebied van het sluitgat een forse ingreep in het getijdenregime wordt gedaan, is het meer nog dan tevoren zaak, uitvoerig controle uit te voeren door middel van peilingen en stroommetingen. Met medewerking van de Studiedienst te Baflo is daartoe op het werk een meet- en uitwerkcentrum ingericht.

Met de bouw van de caissons is in de verslagperiode begonnen.

Het betonwerk van de onderbouw van de uitwateringssluizen kwam gereed. Er worden thans stortebedden van koperslakzuilen aangebracht. Voortgegaan wordt met de aanaardingen en de afwerking van de grondlichamen tussen de sluisgroepen. Voor de bovenbouw van de westelijke sluisgroep wordt gewerkt aan het stellen van bekisting en wapening.

Van de schutsluis in de afsluitdijk kwamen de vloeren gereed; de wanden van de kolkmoten werden gestort.

Naast de eigenlijke afsluitingswerken is nu ook begonnen met het uitvoeren van aanpassingswerken op het oude land.

Op 27 april werd het bouwen van een nieuwe schutsluis bij Dokkumer Nieuwe Zijlen openbaar aanbesteed. Dit werk, waarvoor 43 inschrijvingen waren ingekomen, werd gegund aan de N.V. Aannemingsmaatschappij Hillen en Roosen te Amsterdam, voor een bedrag van f 3 778 000.

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
BR 2891a	9 november 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst BR 2891 voor het verva digen en leveren van 68 gieken c.a. ten behoeve van de bewegingswerken vc de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet.
BR 2892a	9 november 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst BR 2892 voor het verva digen en leveren van 68 trekstangen c.a. giek/segmentschuif en 68 trekstang c.a. giek/hydraulisch bewegingswerk ten behoeve van de bewegingswerk voor de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet.
Br 3090a	25 juni 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst BR 3090 voor het verva digen en vervoeren van 26 stuks stalen puntdeuren c.a. en het geheel bedrij vaardig inhangen van 24 stuks hiervan ten behoeve van de sluizen in h Volkerak.
BR 3388a	13 december 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst BR 3388 voor het verva digen en leveren van aanvullende onderdelen en het opstellen van de bew gingswerken voor de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in h Haringvliet.
BR 3706	19 oktober 1965	Het vervaardigen en leveren van een neopreenmantelkabel ten behoeve v het sluizencomplex Volkerak.
BR 3707	19 oktober 1965	Het vervaardigen en leveren van 194 lichtmasten, 2 seinmasten voor het lan verkeer, 18 scheepvaartseinmasten en 1 uithouder ten behoeve van de Volk raksluizen nabij Willemstad.
BR 3708	19 oktober 1965	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig monteren van de complete ele trische installatie voor twee sluizen in het Volkerak met twee basculebrugg over één van de sluizen.
BR 3709	18 oktober 1965	Het vervaardigen en leveren van nodulair gietijzeren onderdelen ten behoe van de sluizen in het Volkerak.
BR 3741	2 november 1965	Het leveren en plaatsen van twee Romney-loodsen op de Grevelingendam.
BR 3748	25 oktober 1965	Het leveren van ca. 3270 m³ meskant bezaagd azobéhout ten behoeve van c geleidewerken voor de schutsluizen in het Volkerak.
BR 3768	13 december 1965	Het vervaardigen en leveren van twee pontons met loopbruggen c.a. ten b hoeve van de inrichting van de werkhaven op de Middelplaat in het Brouwer havensche Gat.
SS 276a	29 september 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst SS 276 voor het maken va twee schutsluizen van gewapend beton, met bijkomende werken, in een bouv put, gelegen in de gemeente Willemstad.
SS 407	20 augustus 1965	Het maken van geleidewerken en wachtplaatsen voor de Volkeraksluizen i de gemeente Willemstad.
SS 408	20 mei 1965	Het leveren van basaltzuilen ten behoeve van de Volkeraksluizen in de gemeer te Willemstad.
DED 780	1965-1966	Het maken van oeververdedigingen langs de drooggevallen gronden, gelege voor de Soelekerke- en Spieringpolder op Noord-Beveland en langs de daa voor gelegen plaat 'Haringvreter' onder de gemeenten Wissenkerke e Veere.
SS 365	1965-1967	Het maken van een uitwateringssluis, een viaduct en een brug van gewapen beton, met bijkomende werken, gelegen in verschillende bouwputten in he Zuiderdiep (Haringvliet) onder de gemeente Stellendam.
DED 597*b*	25 februari 1966	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 597, eerder gewijzigd b overeenkomst nr. 597*a*, voor het verrichten van ontgravingen en het make van stortebedden in de bouwput voor de uitwateringssluizen in het Haringvlie
DED 678*a*	3 februari 1966	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 678 voor het verrichte van waterwaarnemingen in de bouwput in het Haringvliet.
DED 734*a*	3 februari 1966	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 734 voor het leveren va zink- en stortsteen t.b.v. het maken van het eerste gedeelte van de zuidelijk voorhaven van de Volkeraksluizen nabij Willemstad.

verken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
—	Nederlandsche Dok- en Scheepsbouw Mij. te Amsterdam.
—	Nederlandsche Dok- en Scheepsbouw Mij. te Amsterdam.
—	Gusto Staalbouw N.V. te Schiedam.
—	Gusto Staalbouw N.V. te Schiedam.
f 10 700,—	N.V. Hollandsche Draad- en Kabelfabriek 'Draka' te Amsterdam.
f 70 980,—	N.V. Hoka te Oss.
f 628 360,—	van Rietschoten en Houwens' Electrotechnische Maatschappij N.V. te Rotterdam.
f 52 713,35	Nederlandse IJzergieterij 'Vulcanus' N.V. te Vaassen.
f 34 925,—	Firma J. Snoei te Rotterdam.
eenheidsprijzen	'De Zaaghoutcombinatie' te Amsterdam.
f 43 292,—	Constructiebedrijf M. J. Stekelenburg te Middelharnis.
Aannemingssom gewijzigd van f 21 177 000,— in f 22 124 518,—	N.V. Amsterdamsche Ballast Mij. te Amsterdam; N.V. Internationale Gewapend Betonbouw te Breda; N.V. Nederlandsche Aanneming Maatschappij v/h fa. H. F. Boersma te 's-Gravenhage.
f15 956 853,—	Mannesmann (Nederland) N.V. te Rotterdam.
f 77 000,—	J. Verburg te 's-Gravenhage.
f 248 700,—	Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' te Gorinchem.
f 4 100 000,—	N.V. Lodewikus Bouw Maatschappij te Raamsdonkveer.
—	Deltacombinatie te Hellevoetsluis.
—	W. Bakelaar te Ouddorp.
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij Arnold Maassen te Maastricht.

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

P. A. v. Koppen	386
Hofmeester	341
Rijkswaterstaat	349-370-384-385
T.N.O. Vezelinstituut	354-355-367
H. de Vries	389
Waterloopk. Laboratorium	371

Inhoud nr. 38

A. De werken van het Deltaplan

395 Het Veerse Meer

401 De sluitingsmethoden voor het Brouwershavensche Gat

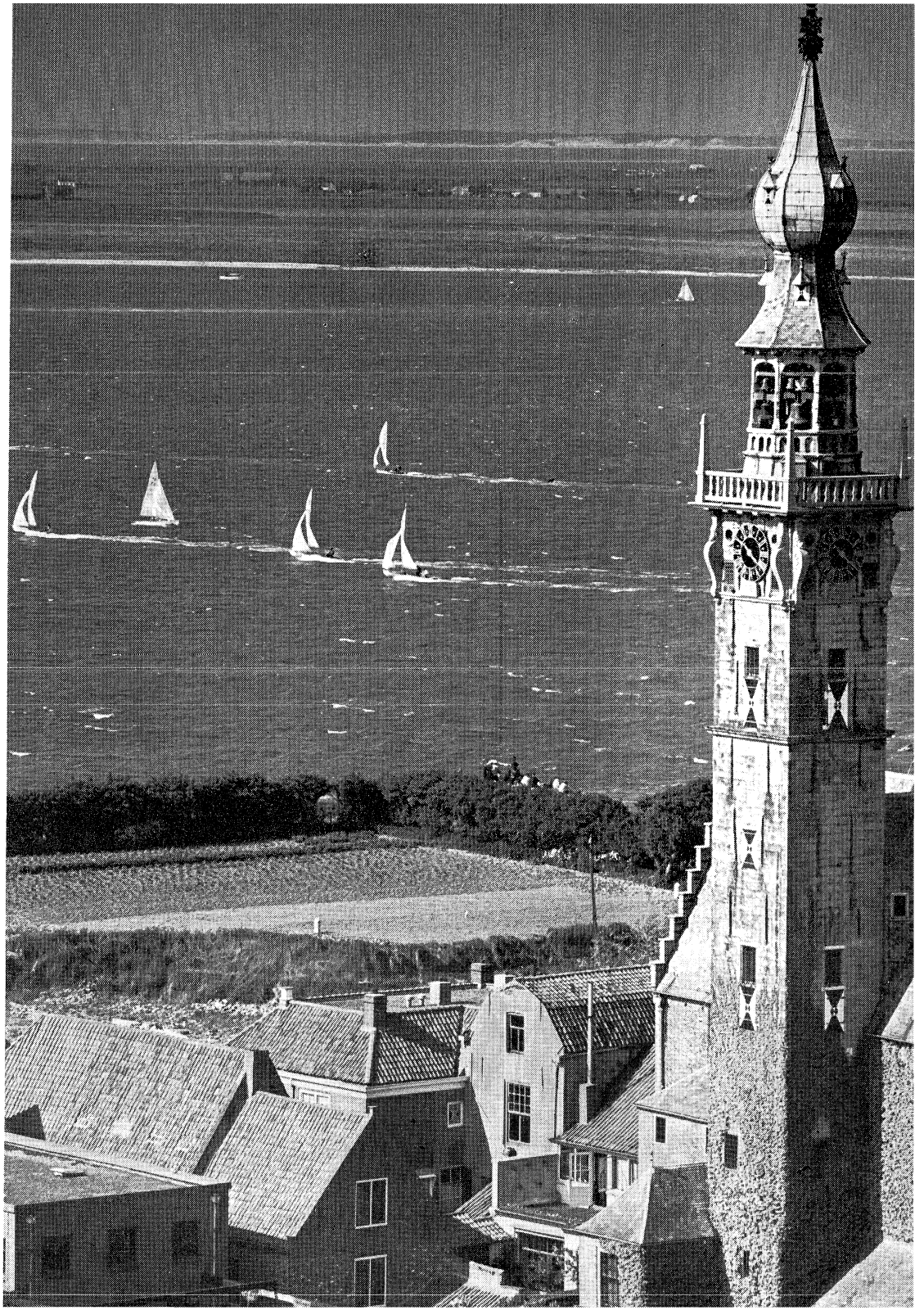
410 Ontgrondingen in sluitgaten

419 De afsluiting van het Volkerak

424 De zoet- en zoutwaterbeweging in het mondingsgebied van het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg

436 Het opruimen van de bouwput en het verlengen van de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

441 **Vorderingen**



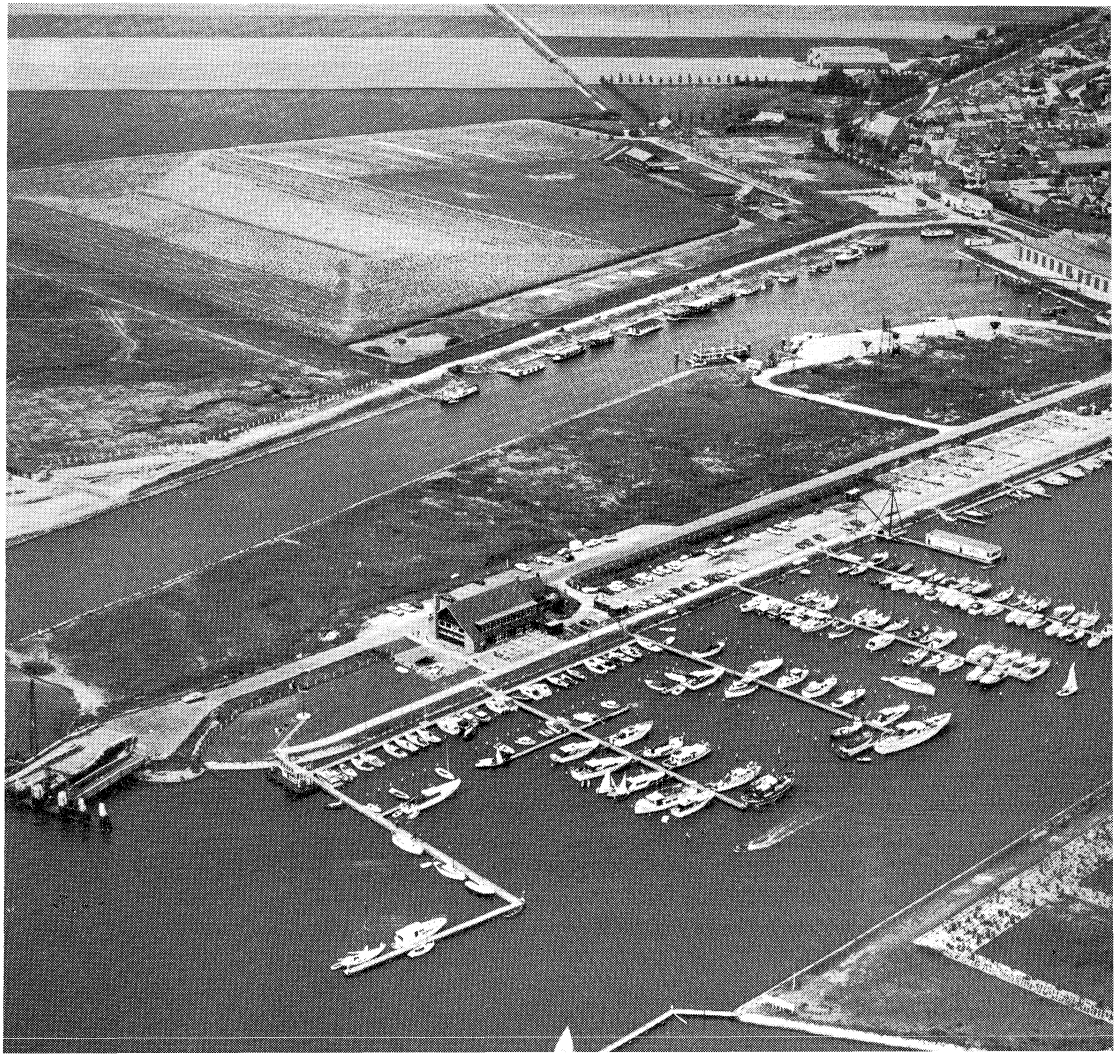
Het Veerse Meer

Tussentijds overzicht van de inrichtingswerken

Het is alweer ruim vijf jaar geleden dat het Veersche Gat werd afgesloten, waardoor het gebied van het Veerse Meer, ca. 4000 ha land en water, werd onttrokken aan de invloed van de getijden en beschikbaar kwam voor nieuwe ontwikkelingen van velerlei aard. Thans vertoont het Veerse Meer met omgeving nog alle kenmerken van een jong gebied. Stap voor stap worden de nieuwe mogelijkheden verwerkelijkt.
Niettemin vergt het nu al heel wat minder verbeeldingskracht dan voor enkele jaren, zich dwalend door het gebied voor te stellen hoe het aanzien ervan zal zijn wanneer het over vele jaren harmonisch met het omringende oude land zal zijn vergroeid. Daarbij valt op dat de beschikbare ruimte groter schijnt te worden naarmate het vlakke gebied door de verschillende voorzieningen verdeeld raakt in een aantal meer op de mens gerichte, afzonderlijke entourages.
Het behoeft in onze dagen geen verwondering te wekken dat bij de ontwikkeling van het Veerse Meer in de eerste plaats wel wordt gedacht aan de recreatieve mogelijkheden. Vroeger is in deze Berichten (nr. 21, augustus 1962) echter reeds uiteengezet dat ook de natuurbescherming en de landbouw in dit gebied de nodige aandacht krijgen. Toen is ook reeds enigermate uiteengezet welke taak het Rijk op zich heeft genomen bij het tot stand brengen van diverse voorzieningen.
In het algemeen kan worden gesteld dat het Rijk de infrastructurele voorzieningen voor zijn rekening neemt, als ook objecten van groot formaat die een algemeen verzorgend karakter hebben en niet lonend geëxploiteerd kunnen worden. Het behoort tot de taken van de Rijkswaterstaat de primaire ontsluitingswegen en in samenhang daarmede de primaire ontwateringswerken, zoals sloten, duikers en onderbemalingen aan te leggen; voor de financiering van de werken waarmede uitsluitend of in hoofdzaak een recreatief doel wordt nagestreefd, zal wellicht mede een beroep moeten worden gedaan op het budget van het ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk. Ook de verdediging van de oevers tegen de voortdurend voortschrijdende afslag neemt de Rijkswaterstaat voor zijn rekening, met uitzondering van de oevers van particuliere recreatiegebieden en van oevers waarvan de verdediging een integrerend onderdeel uitmaakt van recreatievoorzieningen die door lagere overheidsorganen tot stand worden gebracht.
De voltooide inrichtingswerken komen tijdelijk in beheer en onderhoud bij de Dienst der Domeinen tot het moment waarop deze taak eventueel kan worden overgedragen aan

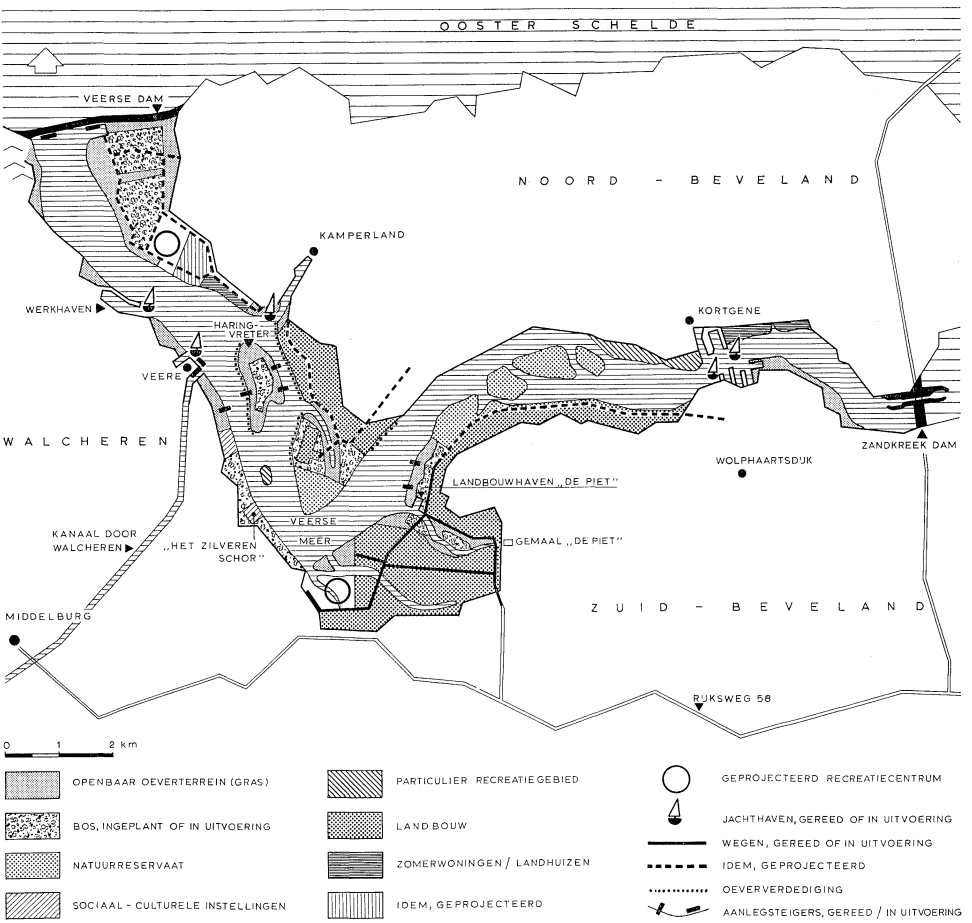
regionale publiekrechtelijke organen (provincie, waterschap, recreatieschap of gemeente). De Dienst der Domeinen brengt voorts, tezamen met het Staatsbosbeheer, de algemeen verzorgende objecten van groot formaat tot stand, zoals de bossen en de openbare oeverstroken. Blijkens nr. 33 (augustus 1965) van deze Berichten vormt de omstandigheid dat het Veerse Meer nog tot omstreeks 1980 zout zal moeten blijven daarvoor geen beletsel. Over de wijze waarop in de toekomst het beheer van deze objecten zal worden geregeld is thans nog geen beslissing genomen.
Op het ogenblik is reeds een aantal objecten gereed of in uitvoering.
In het drooggevallen gebied van het Noord-Sloe tussen Zuid-Beveland en Walcheren is het primaire wegennet met een lengte van 10,7 km nagenoeg voltooid. Hoewel deze wegen vooral zijn aangelegd ten behoeve van de landbouw dienen zij tevens ter ontsluiting van de recreatieprojecten.

De Jachthaven van Kortgene.



Terwille van dit recreatieve aspect is de verhardingsbreedte op 5 m gesteld en de breedte van de bermen op in totaal 14 m. De parallel aan de oever van het meer lopende weg zal mettertijd deel kunnen uitmaken van een toeristische weg rondom het Veerse Meer. Ook de primaire ontwateringswerken in het Noord-Sloe zijn gereed. Onder meer behoort daartoe de verruiming van de uitwateringsgeul 'De Piet'. Deze verruiming is zodanig uitgevoerd dat er een voor de kleine watersport goed bevaarbaar water ontstond.
De brug waarmee de weg over de mond van de geul wordt gevoerd heeft daarom een doorvaarthoogte van 2,5 m verkregen. Nabij de geulmond is voorts een landbouwhaven gemaakt, die door zijn ligging naast een uitgestrekt recreatiegebied ook van grote betekenis kan worden voor de watersport.
Enkele jaren geleden is de bebossing der staatsgronden ter hand genomen door de Dienst der Domeinen en het Staatsbosbeheer. Van de totale oppervlakte geprojecteerd

Het bestemmingsplan voor het Veerse Meer.





Veere met de oude vissershaven. In het midden van de foto het eilandje 'de Haringvreter'.

bos, 270 ha, is thans ongeveer 210 ha ingeplant. Daarvan zal de op de voormalige Plaat van Onrust achter de Veerse Dam beplante oppervlakte van 135 ha kunnen uitgroeien tot het tot dusverre grootste bos van Zeeland.
De brede oeverstroken tussen de grote boscomplexen en het water zijn door de Dienst der Domeinen ingezaaid met gras. Er heeft zich daar een goede grasmat ontwikkeld, die enige keren per jaar moet worden gemaaid. Op een gedeelte van het tegenover Veere gelegen eiland de 'Haringvreter' wordt het gras kortgehouden door een naar dit eiland overgebrachte kudde pony's. Dank zij de zoetwaterlens die zich in deze plaat boven het zoute grondwater heeft ontwikkeld kon voor deze pony's door eenvoudige ontgraving een drinkplaats worden ingericht.
De oevers van het Veerse Meer staan in sterk wisselende mate bloot aan afslag. Door de Deltadienst zijn daarom oeververdedigingen aangelegd tot een totale lengte van ruim



De jachthavens nabij Wolphaartsdijk, met op de achtergrond de landbouwhaven.

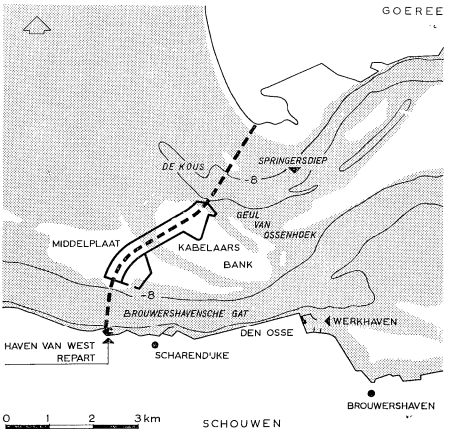
5 km. Verdeeld over deze lengte zijn bij wijze van proef een zevental verschillende constructies toegepast.
De langs het Veerse Meer gelegen gronden met een agrarische bestemming zijn grotendeels reeds in cultuur gebracht. De daartoe nodige werkzaamheden zoals egalisatie, detailontwatering, het graven van kavelsloten, enz. worden verricht door de eigenaren; voor de Staat worden deze werkzaamheden verricht vanwege de Dienst der Domeinen. Van de overige in het gebied van het Veerse Meer geprojecteerde recreatievoorzieningen blijken het snelst die onderdelen tot stand te komen die lonend kunnen worden geëxploiteerd. Het verst gevorderd zijn de voorzieningen in het oostelijk deel van het gebied. Nabij Kortgene is naast een grote met Rijkssubsidie aangelegde jachthaven, thans jachthavenbedrijf met botenverhuur en restaurant, een zomerwoningenterrein ingericht waarop reeds enkele bungalows staan. Oostelijk hiervan bevindt zich een besloten caravanterrein.

Onmiddellijk ten westen van de nieuwe landbouwhaven van Kortgene is voorts met overheidssteun een zwembad gebouwd.
Aan de overzijde van het water, op het gebied van de gemeente Wolphaartsdijk, zijn naast de ook als jachthaven gebruikte nieuwe landbouwhaven nog een drietal jachthavens tot stand gekomen zonder de steun van het Rijk, onder meer de haven van de Royal Yachting Club de Belgique. Ook hier vindt men botenverhuurbedrijven, een clubhuis, restaurants en twee loodsen voor winterberging.
In het westelijk deel van het Veerse Meer beschikt Veere reeds enige jaren over de als jachthaven ingerichte voormalige vissershaven. Verder kunnen in dit deel van het gebied nog worden genoemd een jachtwerf in de mond van het kanaal door Walcheren en twee jachthavens in aanbouw, namelijk in de voormalige werkhaven bij Veere en bij de mond van het havenkanaal van Kamperland. Na het gereedkomen hiervan zal men in de havens van het Veerse Meer de beschikking hebben over ca. 1400 ligplaatsen.
De gebruikswaarde van een watersportgebied wordt groter naarmate de openbare oeverstroken vanaf het water beter toegankelijk zijn gemaakt. Naast de bestaande aanlegplaatsen te Veere, aan de Veerse Dam en op de 'Haringvreter' zijn thans ook nog op verschillende andere punten aanlegsteigers in aanbouw. In de landbouwhaven 'De Piet' wordt nog een aantal ligplaatsen gemaakt ten behoeve van het bezoek aan het in de buurt gelegen uitgestrekte recreatiegebied.
Tenslotte zij vermeld dat op een voor de bouw van zomerwoningen bestemd particulier oeverterrein nabij Kamperland een begin is gemaakt met het bouwrijp maken van de grond, en dat het gebouwencomplex van het jeugdontmoetingscentrum 'Het Zilveren Schor' nagenoeg is voltooid. Het overige deel van dit tegen Walcheren gelegen kroondomein zal worden bebost.
Zoals gezegd kwam het Veerse Meer ruim vijf jaar gelegen ter beschikking voor nieuwe mogelijkheden, vooral op het gebied van de recreatie. Het tempo van de ontwikkeling van dit gebied weerspiegelt het feit dat de openluchtrecreatie en het toerisme vooral de laatste jaren een grote vlucht hebben genomen. Het overheidsbeleid ten aanzien van de ontwikkeling van uitgestrekte nieuwe recreatiegebieden staat nog voor verschillende vraagstukken. Voorop staat het probleem van de financiering van de geen baten afwerpende algemene recreatieve voorzieningen. In onmiddellijk verband daarmee staat het vraagstuk van het beheer en het onderhoud van deze voorzieningen.
Voor een gezonde ontwikkeling is het in ieder geval essentieel dat de belanghebbende gemeenten tot een verregaande mate van samenwerking geraken. Te dien aanzien werd in 1965 een belangrijke stap gezet met de instelling van het rechtspersoonlijkheid bezittend lichaam het 'Veerse Meer' waarin de acht rondom het meer gelegen gemeenten en de provincie samenwerken.

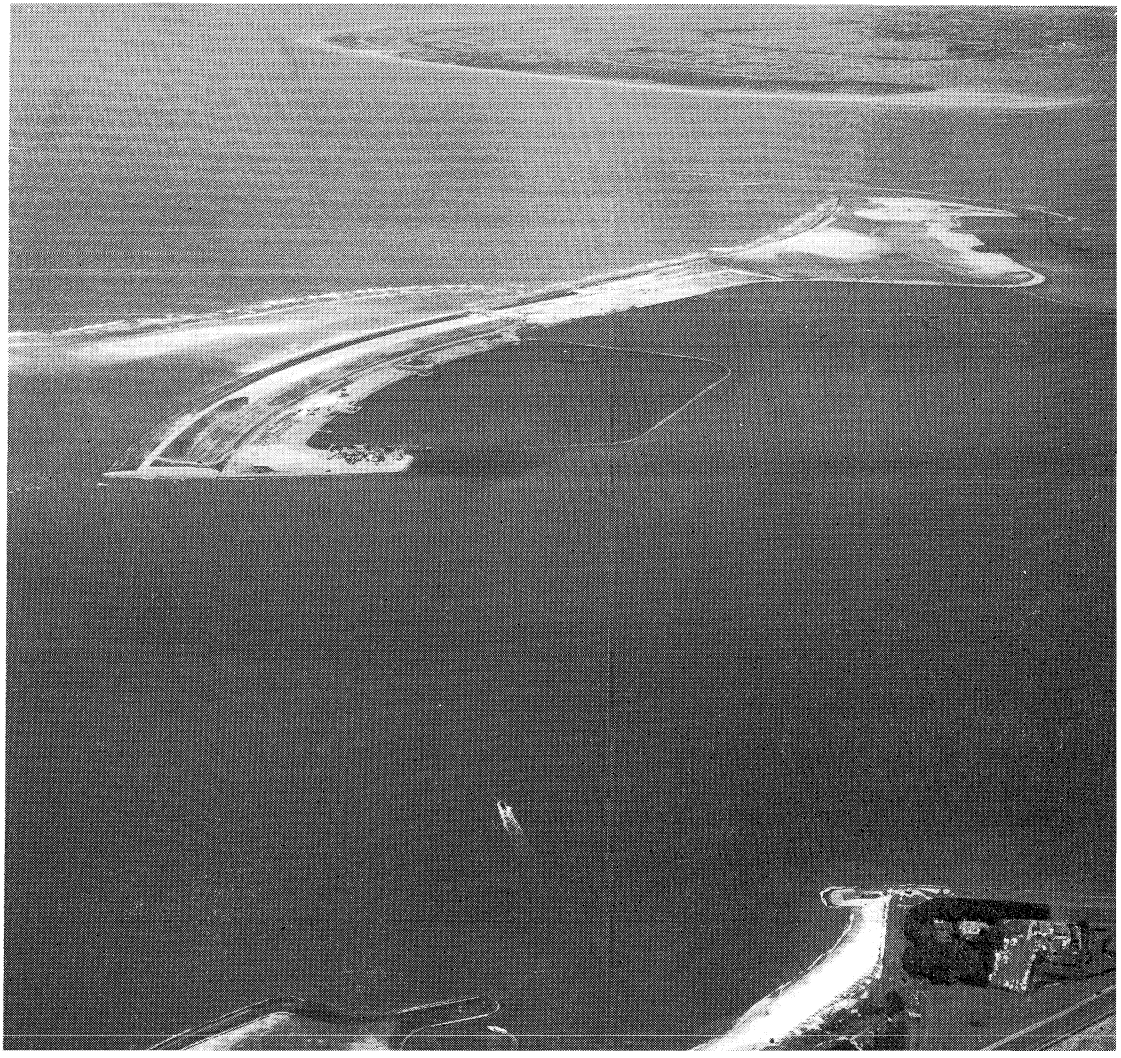
De sluitingsmethoden voor het Brouwershavensche Gat

Het ligt in de bedoeling het Brouwershavensche Gat in 1971 af te sluiten. Daarom is het noodzakelijk dat thans beslist wordt op welke wijze de beide stroomgeulen in deze zeearm zullen worden afgedamd, niet alleen omdat ontwerp en uitvoering van de voorbereidende werkzaamheden moeten worden aangepast aan de te volgen sluitingsmethode, maar ook omdat er voldoende tijd beschikbaar moet zijn om de sluitingsmiddelen te vervaardigen.

De twee methoden die op dit moment voor een dergelijke sluiting in aanmerking komen, en waaruit dus een keuze moet worden gemaakt, zijn een caissonsluiting met behulp van doorlaatcaissons, en een zogenaamde geleidelijke sluiting, met behulp van een kabelbaan. Met beide sluitingsmethoden is bij de tot nu toe tot stand gebrachte afsluitingen zoveel ervaring opgedaan, dat daarvan kan worden uitgegaan bij de beschouwingen over een mogelijke toepassing ervan in het Brouwershavensche Gat.
Uitgaande van enkele algemene gegevens omtrent de mogelijkheden van verschillende constructies en sluitingsmethoden kan voor elk der beide sluitgaten van het Brouwershavensche Gat aan de hand van waterloopkundige, grondmechanische en uitvoeringstechnische overwegingen worden nagegaan welke methode in dit geval de beste mogelijkheden biedt. Daarna kunnen verschillende combinaties van werkwijzen en de ermee gemoeide kosten worden vergeleken om te komen tot het vaststellen van een uiteindelijke beslissing. De zuidelijke stroomgeul, het eigenlijke Brouwershavensche Gat, is zeer diep, in het tracé van de sluitdam ongeveer N.A.P. – 27 m, en ligt vlak tegen de Schouwense oever aan. De noordelijke stroomgeul, de Kous geheten, is veel minder diep, ter plaatse van de dam ongeveer 14 m beneden N.A.P.; deze geul ligt ongeveer twee km uit de Goereese oever. Aangezien de stabiliteit van de onmiddellijk aan de diepe geul grenzende Schouwense oever zo goed mogelijk gewaarborgd moet blijven, zullen aan de wijze waarop de zuidelijke stroomgeul wordt gesloten veel strengere maatstaven moeten worden aangelegd dan aan die van de noordelijke geul. Voor de keuze van de te gebruiken afsluitingsmiddelen is deze stabiliteit zelfs als belangrijkste criterium gesteld.
De Schouwense onderwateroever is ter plaatse steil, terwijl zowel haar samenstelling als die van de aangrenzende geulbodem in hoofdzaak zandig zijn; het is dus niet te verwachten dat de bodem veel weerstand zal bieden wanneer er ontgrondingen optreden in het sluitgat.



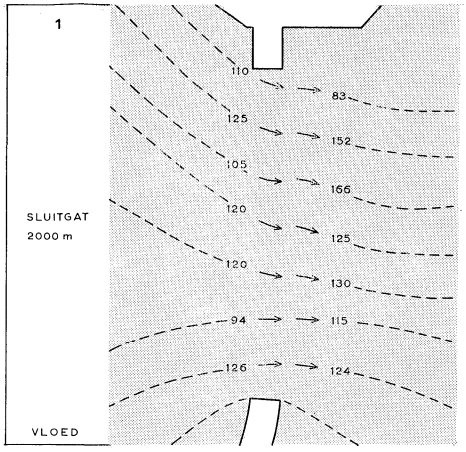
Het Brouwershavensche Gat met de damvakken op de Middelplaat en Kabbelaarsbank.

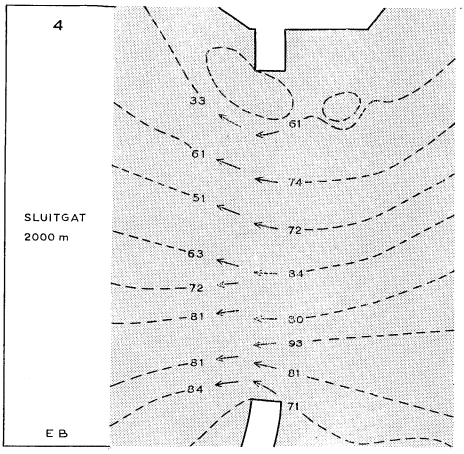


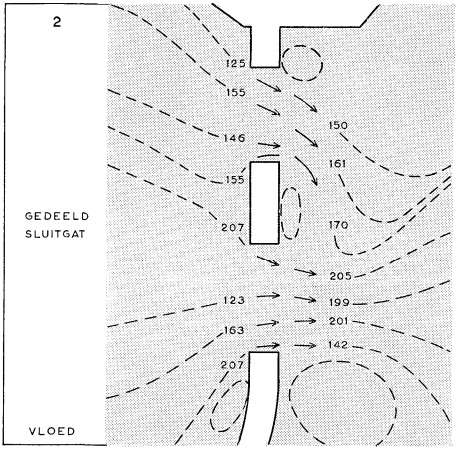
De bodem van het noordelijk sluitgat bestaat eveneens overwegend uit zand, met enige slib- en veenlaagjes. Ook hier is van de bodem geen beperkende invloed op de ontgrondingen te verwachten.
Bij de keuze van de toe te passen sluitingsmethode dient ook rekening te worden gehouden met de omstandigheden waaronder het werk tot stand moet komen. De invloed van mist, wind en golven zal daarbij niet buiten beschouwing mogen worden gelaten. Twee perioden zijn in dit opzicht van belang: die waarin de sluiting tot stand komt en het daaraan voorafgaande winterhalfjaar.
Bij de beschouwingen die tot de uiteindelijke keuze van een sluitingswijze moeten leiden, dient onderscheid te worden gemaakt tussen de drempel en de sluitkade. Onder de drempel verstaat men de opstorting boven de geulhoogte die nodig is voor de vorming van het wintersluitgat, dat is het sluitgat dat moet overliggen gedurende de winter die voorafgaat aan de feitelijke sluiting. Onder sluitkade verstaat men de reeks doorlaatcaissons die bij een caissonsluiting op deze drempel worden geplaatst, of de dam van stortmaterialen die bij een geleidelijke sluiting met behulp van een kabelbaan op die drempel tot boven hoog water wordt opgestort.
Om een caissonsluiting en een geleidelijke sluiting voor elk van de stroomgeulen met elkaar te vergelijken, moeten ook de bij elk van deze methoden behorende bodembescherming en drempelopbouw in de beschouwingen worden betrokken. Aangezien zowel de verwerkingsmogelijkheden van het soort materiaal als het werkprogramma bepalend zijn voor de snelheid waarmee en het tijdvak waarin de bodembeschermingen worden aangelegd en de drempels worden geconstrueerd, moet bij de beschouwingen worden uitgegaan van de eis, dat de drempels vrijwel geheel in één werkseizoen worden opgebouwd. De huidige stand van de techniek en de bij werken als deze inmiddels opgedane ervaring geven het recht te stellen dat aan deze eis zonder bezwaar kan worden voldaan.
De keuze van de sluitmethoden wordt vooral bepaald op grond van de invloed die de vorm van het sluitgat zal hebben op de stromingstoestand. Om hiervan een indruk te krijgen is in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' een uitgebreid onderzoek verricht in een permanentie-overzichtsmodel van de beide geulen en een permanentie-detailmodel van het zuidelijk sluitgat. Aangezien berekeningen uitwijzen dat de vloed maatgevend is voor ontgrondingen, wordt in deze modellen gestroomd met maximale vloedstroom.

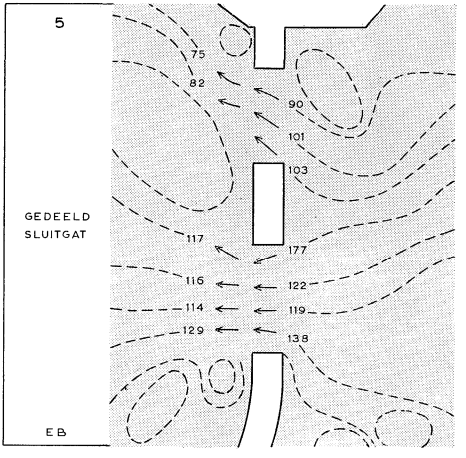
Zuidelijke Geul

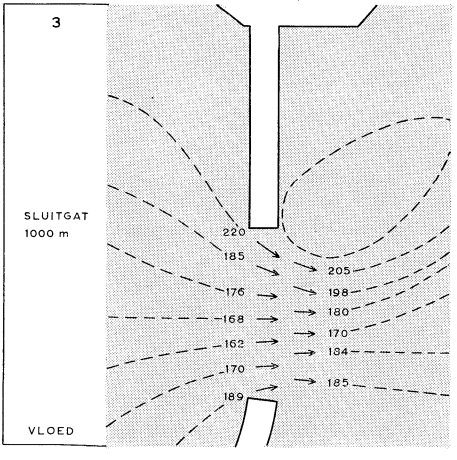
Uitgaande van de veronderstelling dat het zuidelijke sluitgat met caissons zou worden gesloten, is een vijftal wintersluitgaten onderzocht, met horizontale drempels op respectievelijk N.A.P. – 20 m, – 17,50 m, – 16 m, – 12,75 m, en – 11 m. Naarmate de drempel hoger wordt blijkt de ontgronding, met name onder de Schouwense oever, sterk toe te nemen. Terwille van de stabiliteit van die oever worden de twee hoogste drempels derhalve niet aanvaardbaar geacht, terwijl een drempel op N.A.P. – 20 m grote uitvoeringstechnische moeilijkheden zou opleveren. Bovendien zou bij deze diepte een zeer grote caisson nodig zijn, met een diepgang van meer dan 9 m. Minder diepe drempels kunnen aanzienlijk gemakkelijker gelegd, en ook veel nauwkeuriger afgewerkt worden. Deze voordelen worden van zo groot belang geacht, dat alleen de drempels op N.A.P. – 16 m en – 17,50 m nader worden beschouwd. Aangezien de uitvoeringstechnische en waterloopkundige verschillen tussen deze drempels van ondergeschikt belang zijn,

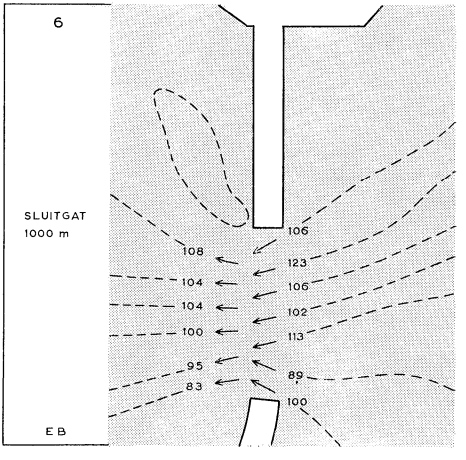

1
SLUITGAT
2000 m
VLOED
110
125
105
120
120
94
126
83
152
166
125
130
115
124


4
SLUITGAT
2000 m
EB
33
61
51
63
72
81
81
84
61
74
72
84
80
93
81
71


2
GEDEELD
SLUITGAT
VLOED
125
155
146
155
207
123
163
207
150
161
170
205
199
201
142


5
GEDEELD
SLUITGAT
EB
75
82
117
116
114
129
90
101
103
177
122
119
138

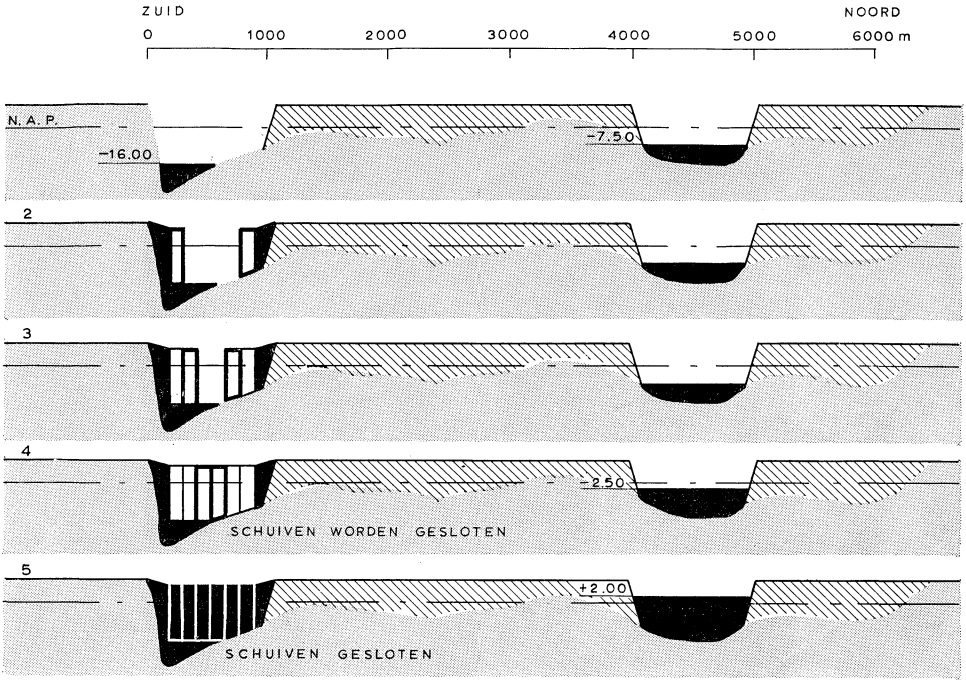

3
SLUITGAT
1000 m
VLOED
220
185
176
168
162
170
189
205
198
180
170
184
185


6
SLUITGAT
1000 m
EB
108
104
104
100
95
83
106
123
106
102
113
89
100

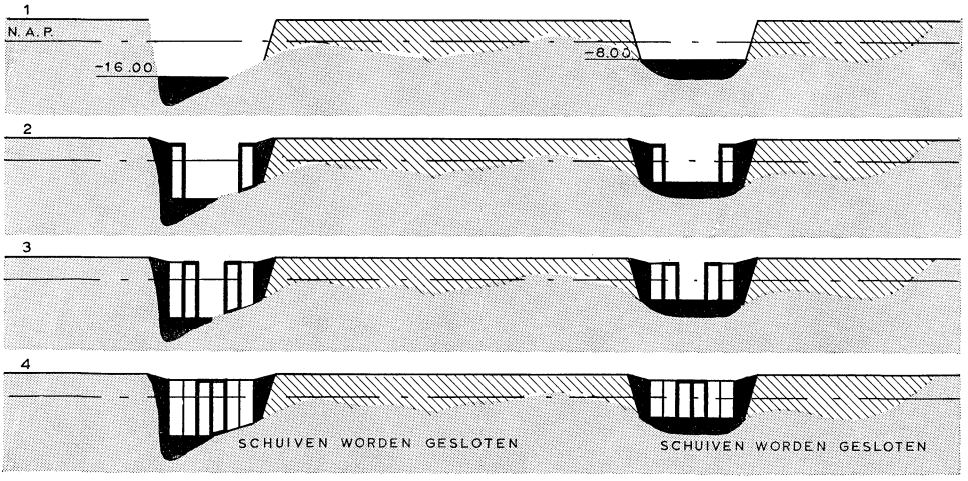
Stroombeelden bij verschillende vormen van het noordelijke sluitgat. Snelheden in cm/sec.

wordt voor verdere vergelijking steeds uitgegaan van de situatie met een drempel op N.A.P. – 16 m.
Indien de bovenkant van de caissondrempel over de volle breedte van de stroomgeul op éénzelfde hoogte moest worden gehouden, zou een grote inbaggering aan de zijde van de Middelplaat gemaakt moeten worden. De daarmee samengaande vergroting van het oppervlak van het wintersluitgat wordt evenwel allerminst wenselijk geacht. Het is echter zeer wel mogelijk de doorlaatcaissons zonder meer op de onder een flauwe helling van 1 : 50 naar de Middelplaat oplopende bodem neer te zetten. Een inbaggering wordt dan overbodig.
Met betrekking tot de te verwachten ontgrondingen kan er in het algemeen van worden uitgegaan dat de ontgronding in de periode van het dichtzetten met caissons minder snel voortschrijdt dan in de voorafgaande fase.
Voor het geval de zuidelijke stroomgeul geleidelijk gesloten zou worden zijn twee drempels in studie genomen, waarvan de bovenkant in beide gevallen in grote lijnen het gebogen verloop van de geulbodem volgt en die op de Schouwense oever aansluiten op diepten van respectievelijk N.A.P. – 22,50 m en – 17,50 m. Het waterloopkundig onderzoek voor deze drempelvormen is erop gericht geweest een zo groot mogelijke profielvernauwing tot stand te brengen zonder dat daardoor evenwel aan het einde van de wintersluitgatperiode te grote ontgrondingen optreden. Het onderzoek wijst uit dat de diepste van de twee drempels voor het wintersluitgat te verkiezen is.
Bij het omhoogbrengen van de sluitkade kan het ontstaan van grote ontgrondingen onder de Schouwense oever worden onderdrukt door de sluitkade aan deze zijde van de drempel eerst onder een helling van 1:25 op te storten. Daarmee bereikt men dat onder de oever vrijwel geen aantasting meer plaatsvindt, terwijl de maximale aantasting dan optreedt in het midden van de geul. Ook hier zal de toeneming van de ontgronding tijdens de sluiting zelve ondergeschikt zijn aan die in de voorafgaande fase.
Ten aanzien van de stabiliteit van de te gebruiken sluitingsmiddelen kan worden opgemerkt dat het zowel mogelijk is voor een caissonsluiting een caissontype te ontwerpen dat aan alle eisen van de stabiliteit voldoet, als de stukgewichten van de bij de geleidelijke sluiting te verwerken stortmaterialen zodanig te kiezen dat er een stabiele sluitkade mee kan worden opgebouwd.

COMBINATIE 1

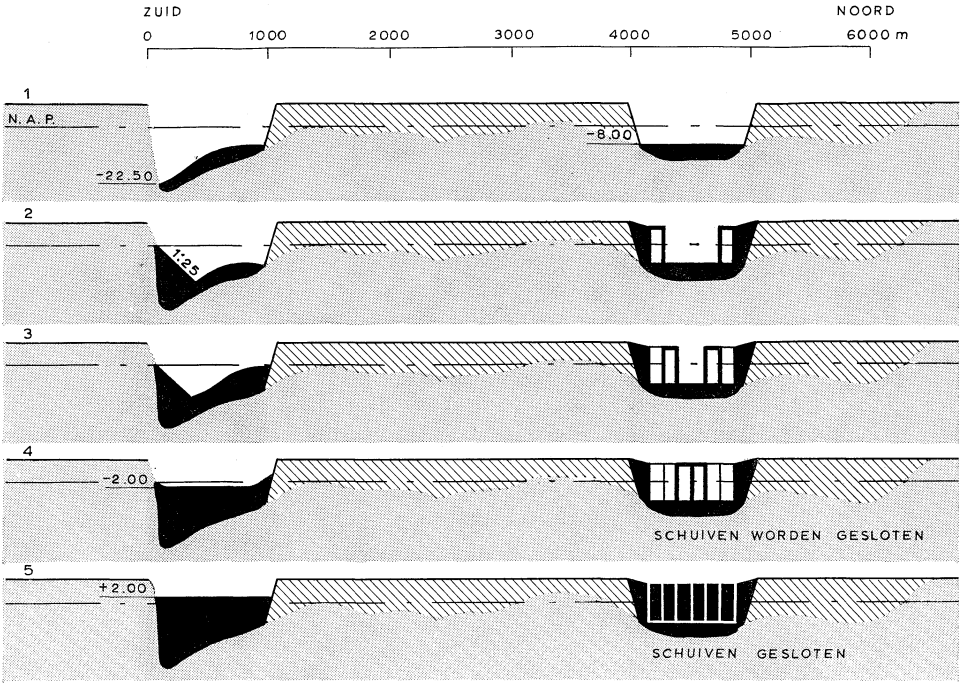


COMBINATIE 2

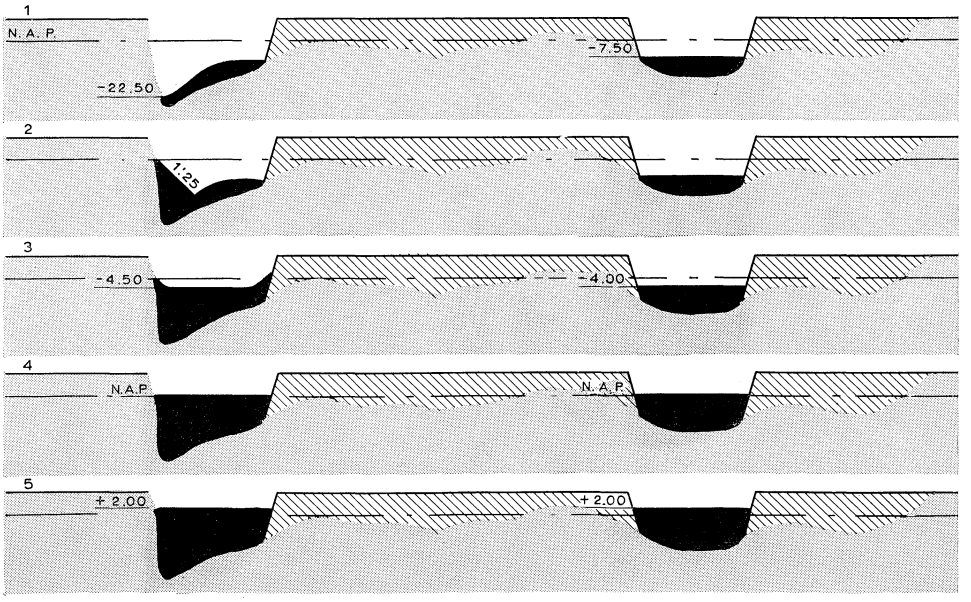


Combinaties van sluitingsmethoden voor het noordelijke en het zuidelijke sluitgat.

COMBINATIE 3



COMBINATIE 4



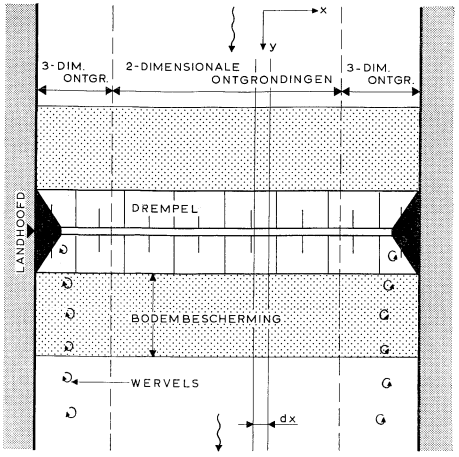
Noordelijke Geul

Voor het noordelijke sluitgat zijn drie oplossingen met elkaar vergeleken, en wel: aanleg van een sluitgat met een lengte van 2000 m, enerzijds begrensd door het damvak op de Kabbelaarsbank, anderzijds door de punt van Goeree; deling van dit sluitgat door middel van een middeneiland; vorming van een sluitgat van 1000 m lengte, aansluitend op het damvak op de Kabbelaarsbank.
De beide laatstgenoemde sluitgaten blijken waterloopkundig niet aantrekkelijk. Bij het gedeelde sluitgat vormt het middeneiland een duidelijk obstakel voor de vloedstroom, terwijl het sluitgat bij eb te scheef wordt aangestroomd. Het sluitgat van 1000 m zou met zijn smalle opening de gehele toe- en afvoer van het noordelijke gebied moeten verwerken, waardoor een felle wervelstraat zou ontstaan. Het sluitgat van 2000 m blijkt goed te voldoen: de snelheidsverdeling en het stroombeeld ondergaan nauwelijks enige wijziging in vergelijking met de bestaande toestand.
Bij elk van de hierboven genoemde sluitgattypen kan men zich de toepassing van doorlaatcaissons denken. In het ondiepe gebied onder de Goereese oever zouden in plaats van doorlaatcaissons de minder diep stekende en goedkopere eenheidscaissons kunnen worden gebruikt. Aangezien caissons van dat type sneller kunnen worden ingevaren en gezonken, wordt het bij gebruik ervan mogelijk het wintersluitgat 2000 m breed te houden. In het voorjaar zouden de eenheidscaissons dan in hoog tempo kunnen worden geplaatst, waarna het resterende sluitgat van 1000 m nog in hetzelfde werkseizoen met behulp van doorlaatcaissons zou kunnen worden dichtgezet.
Zowel het sluitgat van 1000 m als het gedeelde sluitgat kunnen zonder bezwaar geleidelijk gesloten worden. Bij een sluitgat van 2000 m zou een groot aantal overspanningen voor de kabelbaan nodig zijn, en terwille van de produktiecapaciteit dus ook een groot aantal gondels.
Waterloopkundig gezien is het sluitgat van 2000 m het best. Bij verdere vergelijking blijkt echter dat de moeilijke uitvoeringstechniek en de hogere kosten van dit sluitgat bezwaarlijker moeten worden geacht dan de door het sluitgat van 1000 m opgeroepen wervelstraten, waarvan de schadelijke werking kan worden beperkt door uitbreiding van de bodembescherming. Het verschil in kosten tussen de beide sluitgattypen is zo groot, dat een dergelijke uitbreiding daar wel van kan worden bekostigd. Dan blijft nog het voordeel van de veel eenvoudiger uitvoering van het 1 km lange sluitgat.
Omdat een gedeeld sluitgat uitvoeringstechnisch ook niet aantrekkelijk is, wordt op grond van bovenstaande overwegingen voor de verdere beschouwing van combinaties met het zuidelijk sluitgat een sluitgat van 1000 m verkozen, waarvan de sluiting door middel van caissons dan wel geleidelijk kan worden voltrokken.
De voor elk van beide sluitgaten afzonderlijk meest geschikt bevonden sluitgatvormen en sluitingsmethoden zullen thans in onderlinge combinatie nader moeten worden onderzocht.
Een overzicht van de mogelijkheden wordt gegeven in een bijgevoegde figuur. Daarop is de sluiting in een aantal fasen verdeeld; de eerste fase is steeds de vorming van het wintersluitgat, de overige vormen tezamen de eigenlijke afsluiting.
Zoals eerder vermeld wordt bij de beoordeling van de te verkiezen sluitingsmethode steeds de stabiliteit van de Schouwense oever als belangrijkste criterium aangehouden. De gebogen drempel, die bij de geleidelijke sluiting hoort, zal in vergelijking met de vlakke drempel voor de caissons de ontgrondingen niet alleen beperken, maar ook vertragen. Bovendien kan de gebogen drempel in een later stadium worden aangelegd, terwijl de afwerking ervan minder tijd vergt.

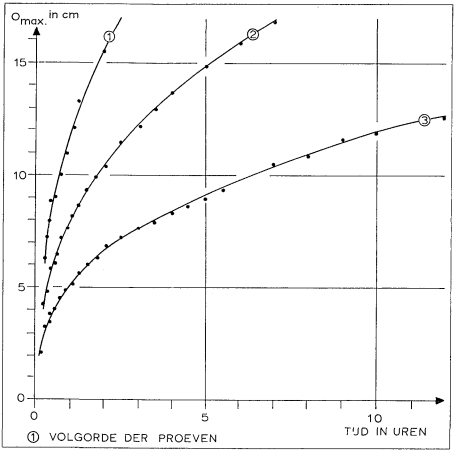
Daar er onder de Schouwense oever nauwelijks op enige reserve in de stabiliteit mag worden gerekend, is de werkwijze die de geringste ontgronding tot gevolg heeft hier de beste. Dat is in het onderhavige geval de geleidelijke sluiting vanaf een diep gelegen, gebogen drempel.
Bij de voorgaande beschouwingen is ervan uitgegaan dat de toeneming van de ontgronding tijdens de eigenlijke sluiting van minder belang zou zijn dan de toeneming in de periode waarin het wintersluitgat de situatie bepaalt. Bij normaal verloop van de sluiting is dit juist, en zelfs wanneer er sprake is van kleine vertragingen in de uitvoering zal hier weinig verandering in komen. Bij langdurige stagnaties gaat deze regel echter niet meer op, zodat ook zal moeten worden nagegaan of bij een van de sluitingsmethoden zulke langdurige stagnaties redelijkerwijs zijn te verwachten. Bij onderzoek bleek dat de storende factoren, zoals mechanische gebreken, mist, wind, golven en gebrek aan stabiliteit van het werk zelve wel oponthoud van korte duur kunnen veroorzaken, maar dat de kans op langdurige stagnaties zeer gering moet worden geacht. Een beperking moet echter worden gemaakt voor de caissonsluiting, omdat men het effect van deining onvoldoende kent.
De eerder uitgesproken voorkeur voor een geleidelijke sluiting van de zuidelijke geul kan dus worden gehandhaafd.
Gezien deze keuze voor het zuidelijke sluitgat kan nu alleen nog gesproken worden over combinatie van twee geleidelijke sluitingen, of van een geleidelijke sluiting in het zuiden met een caissonsluiting van de noordelijke geul.
Zoals reeds werd opgemerkt kan de schadelijke uitwerking van de wervelstraat in het noordelijke sluitgat van 1000 m worden beperkt door het damvak aan de Goereese kant zo laat mogelijk uit te bouwen; het gebruik van eenheidscaissons zal het mogelijk maken het damvak pas aan te leggen in hetzelfde werkseizoen als waarin de sluiting met doorlaatcaissons zich zal voltrekken.
De opbouw van een kabelbaan daarentegen zou zeer vroegtijdige aanleg van het damvak onder de Goereese oever noodzakelijk maken. Een sluiting met caissons verdient hier dus de voorkeur; ze zal bovendien een duidelijke verlichting betekenen van het zware aanvoerprogramma van stortmaterialen.
De toepassing van verschillende werkmethoden voor de twee sluitgaten heeft bovendien het voordeel dat op geen enkel tijdstip tijdens de uitvoering grote concentraties van één soort werkzaamheid optreden. Spreiding van werkzaamheden betekent op zichzelf al een risicobeperking.
Voor de zuidelijke stroomgeul verdient een geleidelijke sluiting de voorkeur, zowel terwille van de stabiliteit van de Schouwense oever als uit uitvoeringstechnisch en financieel oogpunt. De noordelijke stroomgeul kan in combinatie hiermee het best met caissons worden afgesloten; op zichzelf bestaat er geen besliste voorkeur voor deze methode, maar de betere ondervanging van de hydraulische moeilijkheden die met een caissonsluiting bereikt kan worden, pleit mede voor deze oplossing.

Ontgrondingen in sluitgaten

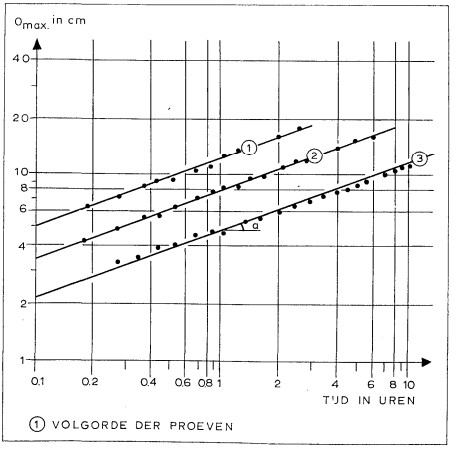
Bij de afsluiting van de zeearmen in het Deltagebied treden altijd ontgrondingen op ter weerszijden van de drempels. Komt er ter plaatse van de te maken sluitdam losgepakt zand in de bodem voor, dan is de kans op zettingsvloeiing niet uitgesloten. Onder de grote druk van de opgestorte drempel, waardoor de waterspanningen in de bodem worden verhoogd en de wrijving tussen de korrels van het bodemmateriaal kan worden verminderd, gaan de zanddeeltjes van het losgepakte zand zich soms gedragen alsof ze zich vrij in water bewegen, en het kan dan tot gevaarlijke verzakkingen van dam en drempel komen. De boringen en sonderingen die ter voorbereiding van de afsluiting zijn verricht in het Brouwershavensche Gat en later ook in de Oosterschelde, toonden aan dat zich daar mogelijk losgepakt zand in de bodem bevindt. Dat deed de vraag rijzen of de bodemsamenstelling in die zeearmen wel een sluiting met behulp van caissons toestaat. Verzakking van de drempel waarop de caissons moeten worden geplaatst of waarop wellicht reeds een aantal caissons is geplaatst, kan immers zeer ernstige gevolgen hebben. Vergt het herstel van een aangetaste drempel, wanneer zich daarop b.v. ook nog één of meer verzakte caissons bevinden, teveel tijd, dan bestaat de kans dat de sluiting onder veel ongunstiger omstandigheden moet worden verricht dan bij de planning was voorzien. Men heeft daarom ook de mogelijkheid in studie genomen van een geleidelijke sluiting, waarbij de drempel over zijn volle lengte geleidelijk wordt omhooggewerkt. Een groot voordeel van zulk een geleidelijke sluiting, die wordt uitgevoerd met gebruikmaking van een kabelbaan of een dambouwschip, ten opzichte van een sluiting met behulp van caissons is gelegen in de mogelijkheid om veel gemakkelijker en sneller de ongunstige gevolgen van een verzakking of van een door andere oorzaken ontstane schade aan drempel of dam op te heffen. Door de gehele capaciteit van de kabelbaan of het dambouwschip te concentreren op de bedreigde plaats kan men de schade snel herstellen. Zou evenwel bij de voorstudies blijken dat in een bepaald geval bij een geleidelijke sluiting grotere ontgrondingen optreden dan bij een caissonsluiting, dan groeit ook het risico van zettingsvloeiingen. Het wordt dan twijfelachtig of een geleidelijke sluiting nog wel voordelen heeft. De algemene grondmechanische en waterloopkundige overwegingen ten aanzien van de geleidelijke sluiting zijn toegelicht in de nrs. 21 en 22 (augustus en november 1962) van het Driemaandelijks Bericht. Om de kabelbaan als gereedschap waarmee de geleidelijke sluiting kan worden uitgevoerd in de praktijk op zijn bruikbaarheid te beproeven werd destijds besloten de noordelijke geulen van de Grevelingen met gebruik van een kabelbaan te dichten.



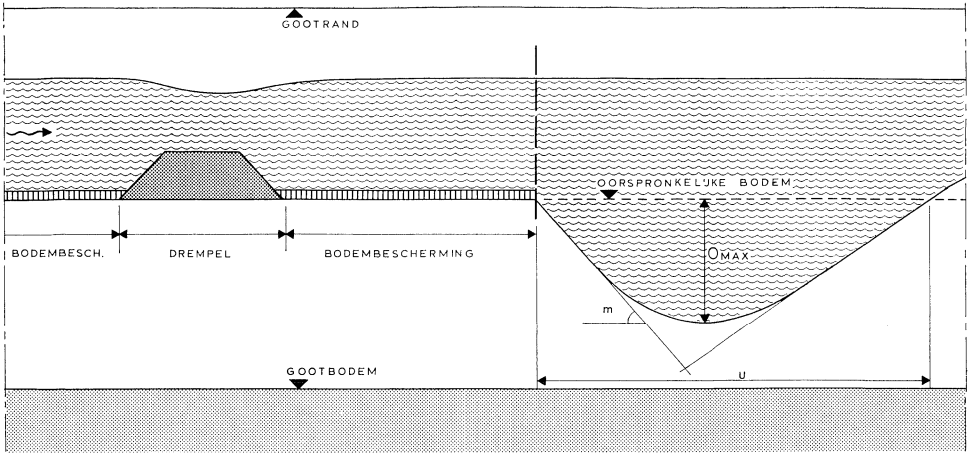
Schematische voorstelling van een sluitgat.



De maximale ontgrondingsdiepte als functie van de tijd, uitgezet op lineair papier.

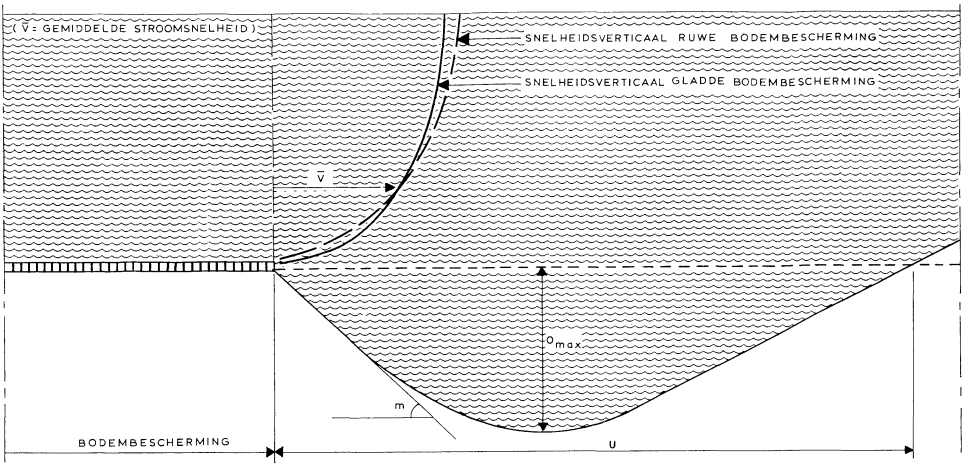


De maximale ontgrondingsdiepte als functie van de tijd, nu uitgezet op dubbel logaritmisch papier.



Geschematiseerde voorstelling van een stroomgoot na enkele uren stromen.

Uit de korte samenvatting die hierboven gegeven is, moge blijken van hoeveel belang het is om bij het ontwerpen van sluitgaten waarbij een verantwoorde keuze moet worden gedaan tussen een geleidelijke sluiting en een caissonsluiting, van tevoren inzicht te verkrijgen in de ontgrondingen die naar verwachting zullen optreden bij toepassing van elk der beide methoden. Aangezien het niet mogelijk is uitsluitend op grond van theoretische overwegingen de ontgrondingen in een bepaald sluitgat te berekenen, moet bij de voorstudies steeds gebruik worden gemaakt van modelonderzoek.
Voor iedere afsluiting wordt in het Waterloopkundig Laboratorium dan ook een model gebouwd waarin het sluitgat verkleind wordt voorgesteld en waarin de hydraulische omstandigheden op schaal worden weergegeven. Het bodemmateriaal in een dergelijk model bestaat, afhankelijk van de schaal van het model, uit zand of uit bakelieten dan wel plastic korrels. Tot op heden worden deze modellen om modeltechnische redenen uitgevoerd als zogenaamde permanentiemodellen, dat wil zeggen dat er geen getijbeweging in wordt opgewerkt, maar dat het water er met een constante snelheid door stroomt.
Bij de overbrenging van de resultaten van de modelproef naar de werkelijkheid vormt de tijdschaal de grootste moeilijkheid. Deze tijdschaal geeft de verhouding aan tussen de modeltijd en de tijd in werkelijkheid. Wanneer in het model bijvoorbeeld na tien uur stromen een ontgronding wordt gevonden die in grootte gelijk is aan de oorspronkelijke waterdiepte dan kan men, indien bekend is dat dezelfde ontgronding wordt bereikt na 1000 uur vanaf het moment waarop de beschouwde situatie in de werkelijkheid aanvangt, de tijdschaal vaststellen als het quotiënt van 1000 en 10, dat is 100.
Theoretisch zou het mogelijk zijn de tijdschaal met behulp van modelwetten te berekenen, ware het niet dat het op praktische gronden noodzakelijk is af te wijken van de modelwetten. Dit heeft tot gevolg dat de tijdschaal niet volledig aan de hand van modelwetten kan worden bepaald.
Daar het echter geen zin heeft modelonderzoek te doen zonder dat de tijdschaal bekend is, moest op andere dan een zuiver theoretische basis voor dit probleem een oplossing worden gevonden. Daartoe was een meer algemeen gericht modelonderzoek noodzakelijk, waarbij de in de praktijk voorkomende omstandigheden werden geschematiseerd. Het karakter van dit modelonderzoek wijkt dus af van dat voor de sluitgaten, dat altijd



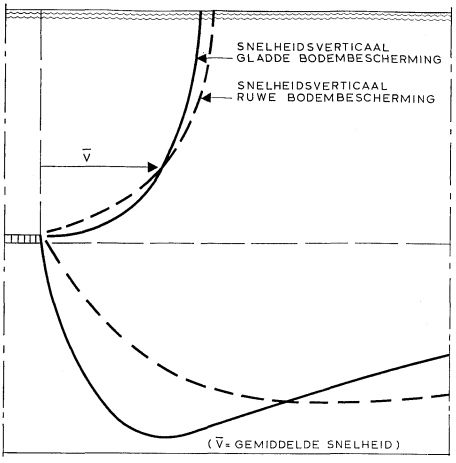
Verschillende snelheidsverticalen bij eenzelfde gemiddelde stroomsnelheid onder invloed van de ruwheid van de bodembescherming.

betrekking heeft op een bepaald object. Doel van het meer algemeen gerichte onderzoek is, de relatie te leren kennen tussen de ontgronding enerzijds en ieder van de voor deze ontgronding bepalende factoren anderzijds.
Het onderzoek heeft tot op heden voornamelijk betrekking gehad op zogenaamde twee-dimensionale ontgrondingsverschijnselen. Deze verschijnselen doen zich alleen voor in het middengedeelte van een sluitgat. De invloed van de zijdelingse begrenzingen van het sluitgat wordt daarbij buiten beschouwing gelaten, zodat er geen beeld verkregen wordt van de ontgrondingsverschijnselen aan de randen van het sluitgat, waar veelal, als gevolg van de aanwezigheid van landhoofden, wervels met een verticale as worden opgewekt. Om deze verschijnselen te leren kennen moeten drie-dimensionale proeven worden gedaan.
Dat gedeelte van een sluitgat nu waarop geen zijdelingse beïnvloeding optreedt, kan worden gereproduceerd in een der goten van het Waterloopkundig Laboratorium. In deze goten, die in breedte en hoogte variëren van 0,5 m tot 3 m, kunnen op onderling verschillende schalen ontgrondingsproeven worden gedaan.

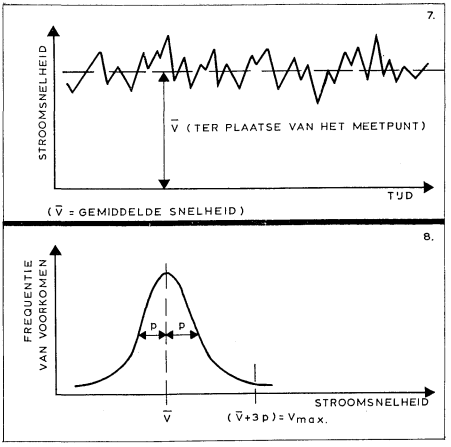
De relaties tussen de verschillende grootheden

De ontgrondingen waarvan de twee-dimensionale proeven een beeld geven, kunnen worden gedefinieerd door de grootheden: maximale ontgrondingsdiepte op ieder tijdstip, af te korten als O max; aanzethelling van de ontgrondingskuil, aangeduid door M; en uitgebreidheid van de ontgrondingskuil, U. Het uitgangspunt bij de volgende beschouwingen is nu, dat O max, M en U afhankelijk zijn van de tijd, de eigenschappen van het bodemmateriaal en de hydraulische omstandigheden aan de rand van de bodembescherming. Dit uitgangspunt leidt tot de twee volgende vragen.
Ten eerste: wat is de relatie tussen O max, M, U en de tijd, de eigenschappen van het bodemmateriaal en de hydraulische omstandigheden aan de rand van de bodembescherming? En ten tweede: op welke wijze worden deze hydraulische omstandigheden beïnvloed door vorm en ligging van de constructies bovenstrooms van de rand van de bodembescherming?

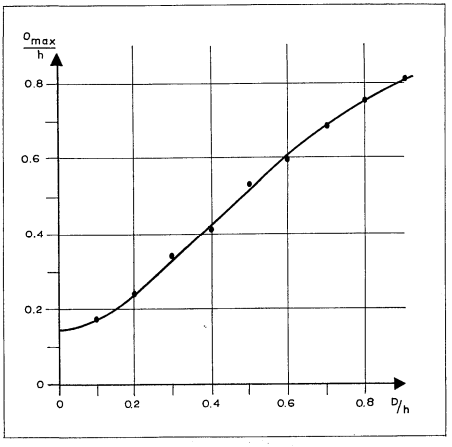
Onder invloed van de ruwheid van de bodembescherming veranderen ook de vorm en uitgestrektheid van de ontgronding.



Zoals hierna zal blijken is het mogelijk deze vragen voor het grootste gedeelte aan de hand van de proeven te beantwoorden.
Gebleken is, dat bij alle twee-dimensionale ontgrondingsproeven het verband tussen O max en de tijd, wanneer het wordt uitgezet op dubbel logaritmisch papier, wordt voorgesteld door een rechte lijn. Bovendien lopen alle lijnen vrijwel evenwijdig. In woorden uitgedrukt: O max kan worden benaderd door een machtsfunctie van de tijd, waarbij de exponent (a) van de machtsfunctie constant is en tot uitdrukking komt in de hellingshoek van de lijnen. De plaats van de lijnen in het diagram wordt bepaald door de eigenschappen van het bodemmateriaal en door de hydraulische omstandigheden.
Onder de hydraulische omstandigheden is vooral de stroomsnelheid op de rand van de bodembescherming van betekenis. Ze is niet op alle diepten even groot, maar neemt als regel vanaf de bodem in de richting van het wateroppervlak toe. Deze in verticale zin veranderende snelheid wordt afgebeeld in een zogenaamde snelheidsverticaal, waarvan de vorm sterk wordt beïnvloed door de ruwheid van de bodem, en in sluitgaten ook door de vorm van de drempel. Als voorbeeld is in een bijgevoegde figuur de vorm van de snelheidsverticalen getekend die zouden kunnen behoren bij een gladde bodembescherming van bijvoorbeeld asfalt, en bij een ruwe bodembescherming, gemaakt van een zinkstuk met steenbestorting.
De gemiddelde stroomsnelheid over de verticaal wordt meestal beschouwd als 'de' stroomsnelheid ter plaatse. Bij eenzelfde gemiddelde stroomsnelheid kunnen snelheidsverticalen van verschillende vorm behoren, afhankelijk van de ruwheid van de bodemverdediging. Een gladde bodemverdediging geeft een korte, diepe ontgrondingskuil met een steile aanzethelling, terwijl een ruwere bodembescherming een minder diepe maar veel langere ontgrondingskuil tot gevolg heeft.
Naast de vorm van de snelheidsverticaal blijkt nog een andere stromingskarakteristiek van invloed te zijn. Verschillende ontgrondingsproeven die werden uitgevoerd met dezelfde gemiddelde stroomsnelheid en nagenoeg dezelfde vorm van de snelheidsverticaal, bleken toch ten opzichte van elkaar aanzienlijke afwijkingen in ontgrondingsdiepte en kuilvorm op te leveren. De verklaring hiervoor moet worden gezocht in het zogenaamde turbulentieverschijnsel, dat als volgt kan worden verduidelijkt. Wanneer men het verloop van de stroomsnelheid in een vast punt van de verticaal registreert, dan blijkt die snelheid in de tijd niet constant te zijn, maar te fluctueren rond een gemiddelde

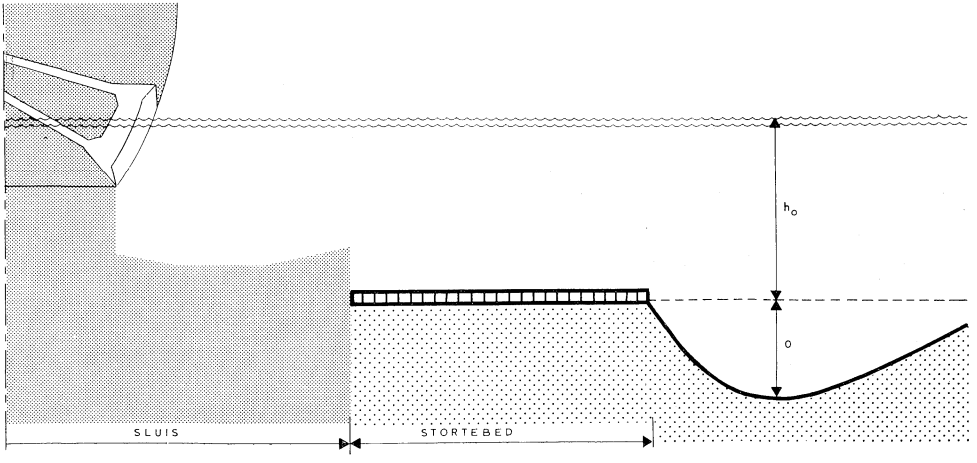


De stroomsnelheid schommelt om een gemiddelde waarde; p is de gemiddelde afwijking.

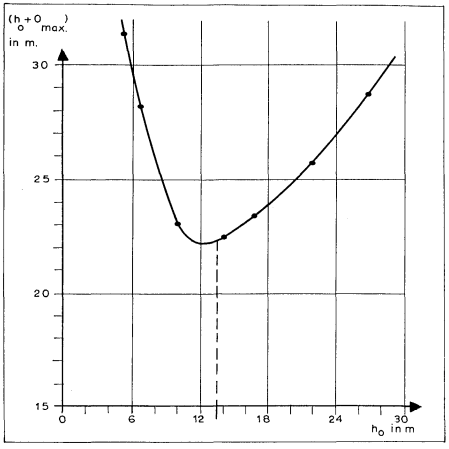


Na eenzelfde aantal uren stromen ontstaan ontgrondingen van verschillende diepte al naar gelang het quotiënt van D (drempelhoogte) en h (waterdiepte) groter of kleiner is.

De stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet moesten zo worden gelegd dat h_0 + O zo klein mogelijk bleef.



Uit de berekeningen blijkt dat $h_0 + O$ max voor de stortebedden van de sluizen in het Haringvliet minimaal zal zijn bij een waterdiepte van 13,5 m.



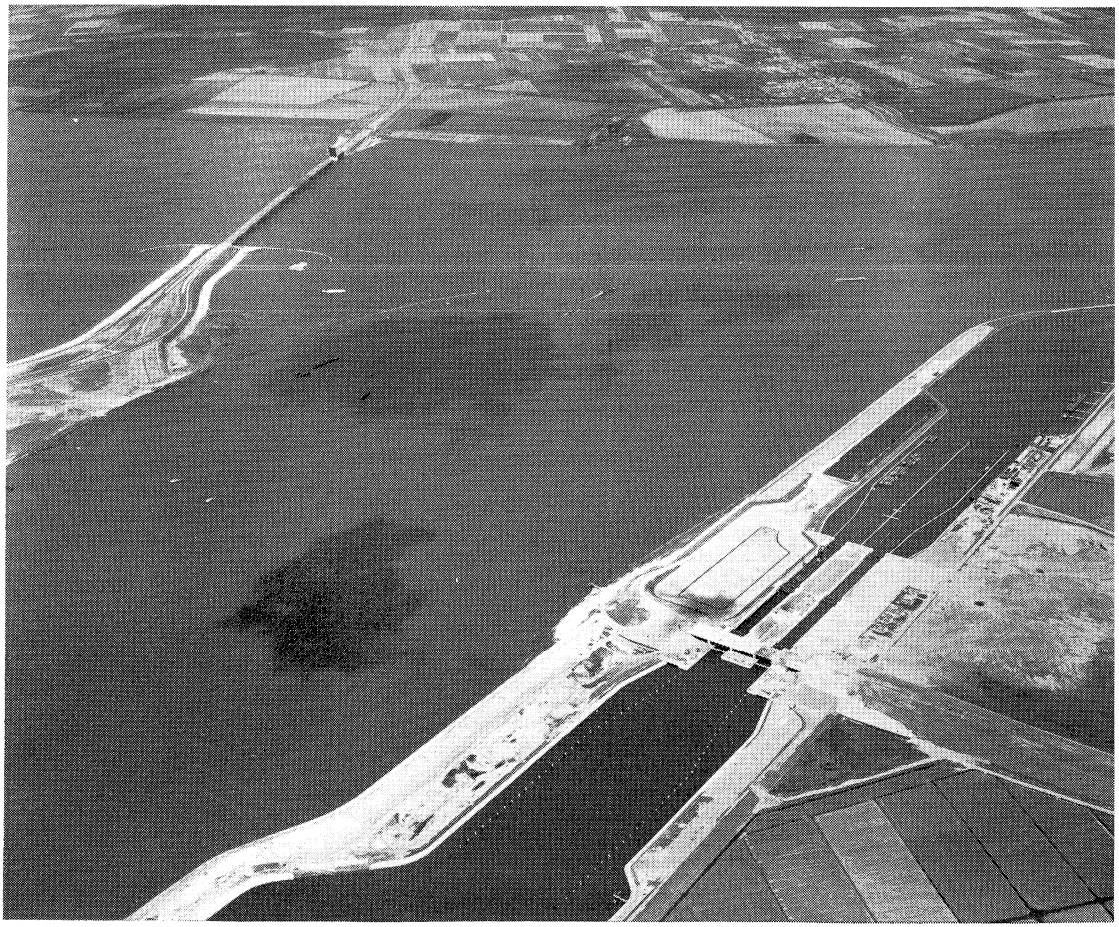
waarde. De variatie van de stroomsnelheid in een bepaald punt rond de gemiddelde waarde in dat punt, wordt de turbulentie in dat punt genoemd. Zet men van een bepaalde stroomsnelheid de grootte uit tegen het aantal malen dat ze voorkomt, dan krijgt men een Gauss-kromme te zien. Als maat voor de turbulentie wordt de zogenaamde standaardafwijking (p) ten opzichte van de gemiddelde stroomsnelheid gebruikt. Uit de proeven blijkt dat de turbulentievariatie bij eenzelfde gemiddelde stroomsnelheid invloed heeft op het ontgrondingsverschijnsel. Naarmate (p) groter wordt nemen O max en M toe. Evenals de snelheid varieert de turbulentie afhankelijk van de hoogte ten opzichte van de bodem. Tenslotte toonden de proeven aan dat de gemiddelde stroomsnelheid over de verticaal een zekere waarde moet overschrijden alvorens er ontgronding optreedt. Deze stroomsnelheid wordt de kritieke stroomsnelheid genoemd (V kritiek). De grootte van de kritieke snelheid wordt voornamelijk bepaald door het bodemmateriaal en de waterdiepte. Bewerking van de resultaten der proeven gaf als resultaat dat O max een machtsfunctie met een constante exponent is van de stroomsnelheid, wanneer deze gedefinieerd wordt als V max – V kritiek, waarin V max gelijk is aan de gemiddelde stroomsnelheid plus 3 maal de standaardafwijking (p). Dit houdt in dat de ontgrondingsdiepte niet bepaald wordt door de gemiddelde stroomsnelheid, maar door de pieksnelheden.
Er zijn ontgrondingsproeven uitgevoerd met zand met een diameter van 0,1 mm, 0,2 mm, 0,4 mm, 0,8 mm en 1,6 mm. Van dit loskorrelig bodemmateriaal waren in het verband van de onderhavige proeven vooral twee eigenschappen van belang, namelijk de gemiddelde diameter (^{d}m) en de soortelijke dichtheid (^{s}m). Voor het onderzoek van de te verwachten ontgrondingen kan men in plaats van van de diameter ook uitgaan van de voor het materiaal kritieke stroomsnelheid, die een functie is van de diameter. De invloed van het soortelijk gewicht van het bodemmateriaal is onderzocht door proeven te doen met zand, bakeliet en plastic met s.g. van respectievelijk 2,6, 1,4 en 1,05. De resultaten van dit onderzoek maken het mogelijk de uitkomsten bij toepassing van verschillende materialen in het model om te rekenen voor zand als natuurlijk bodemmateriaal.

Vorm en ligging van de bovenstrooms gelegen constructie

Nu bekend is welke de invloed is van de tijd, het bodemmateriaal en de hydraulische omstandigheden, dient nog te worden nagegaan op welke wijze deze hydraulische omstandigheden worden beïnvloed door vorm en ligging van de bovenstrooms van de

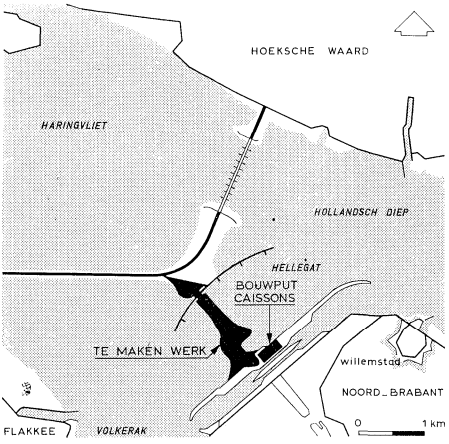
rand van de bodembescherming gelegen constructie. Zoals reeds gezegd worden de hydraulische omstandigheden gekarakteriseerd door de snelheidsverticaal en de turbulentieverticaal. Onder 'vorm en ligging van de constructie' wordt verstaan de hoogte van de drempel ten opzichte van de bodem, de taludhelling, de ruwheid van de drempel en de ruwheid en de lengte van de bodembescherming. De hoogte van de drempel oefent invloed uit op de turbulentie, omdat de stroom zich achter een hoge drempel verticaal meer moet spreiden dan achter een lage. De turbulentie neemt door die spreiding toe. De taludhelling van de drempel bepaalt de geleidelijkheid van de stroomspreiding. Een flauw talud beperkt de toeneming van de turbulentie en daarmee de ontgronding. Een steil talud bevordert het toenemen der turbulentie en veroorzaakt diepere ontgrondingen. Hoe meer de gemiddelde snelheid na het overschrijden van de drempel afneemt, of naarmate de afstand waarover dit geschiedt korter is, hoe groter de turbulentie wordt waardoor het water aan energie verliest. In de vloeistofmechanica noemt men dit verschijnsel energieverlies, of ook wel traagheidsverlies.
Bij eenzelfde stroomsnelheid aan de rand van de bodembescherming en bij gelijkblijvende ruwheid neemt de ontgrondingsdiepte toe als gevolg van de grotere turbulentie, naarmate de drempel hoger wordt. Dit wordt geïllustreerd in een figuur. Naarmate de bodembescherming langer is, is de door de drempel opgewekte turbulentie aan het eind van de verdediging meer uitgedempt. Een langere bescherming resulteert in een geringere ontgronding.
Is het theoretisch mogelijk de door een drempel opgewekte turbulentie geheel teniet te doen door de bodembescherming voldoende lang te maken, praktisch moet deze oplossing worden afgewezen: laboratoriumproeven hebben uitgewezen dat dan zeer uitgebreide en zeer kostbare bodembeschermingen nodig zijn. Als maatgevend voor de lengte van de bodembescherming in een sluitgat wordt de eis aangehouden dat de stabiliteit van het sluitgat als geheel en die van de rand van de bodembecherming in het bijzonder voldoende gewaarborgd moeten zijn gedurende de opbouw van de dam.
De resultaten van het geschematiseerd onderzoek, zoals die hiervoor beschreven zijn, blijken van grote waarde voor het gerichte sluitgatonderzoek. Ze bieden de ontwerpers van sluitgaten onder meer de mogelijkheid om de verschillende sluitingsmethoden kwalitatief en in beperkte mate ook kwantitatief onderling te vergelijken.
Als toelichting op het gebruik van de resultaten moge het volgende voorbeeld dienen. De bodem ter weerszijden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet wordt tegen uitschuring beschermd door stortebedden. Bij het ontwerpen van de stortebedden kwam als belangrijke vraag naar voren op welke diepte ze gelegd moesten worden. Immers, naarmate de stortebedden dieper gelegd zouden worden zou de gemiddelde stroomsnelheid aan de rand ervan geringer zijn, hetgeen de ontgrondingen zou beperken. Tezelfder tijd echter zou de turbulentie toenemen, daar de stroom zich over een grotere diepte zou moeten spreiden; de beperking van de ontgronding zou daardoor weer goeddeels teniet worden gedaan.
De vraag werd nu gesteld, op welke diepte de stortebedden moesten worden aangelegd om de som van de oorspronkelijke waterdiepte en de ontgronding ($h_o + O$ max) minimaal te doen zijn. De resultaten van de berekeningen, die door latere modelproeven werden bevestigd, zijn in een laatste figuur samengevat en tonen duidelijk aan dat zich uit de relaties der bepalende grootheden een meest gunstige hoogteligging van de stortebedden laat berekenen. Overeenkomstig de berekening is de hoogteligging van de stortebedden bepaald op N.A.P. – 13,5 m.
Het geschematiseerde ontgrondingsonderzoek wordt nog voortgezet en is thans in hoofdzaak gericht op drie-dimensionale ontgrondingsverschijnselen.

Tussen het Hellegatsplein (links) en de schutsluizen wordt het Volkerak afgesloten. Naast de sluizen is de bouwput voor de caissons zichtbaar.



De afsluiting van het Volkerak

Bij de werken tot afsluiting van het Volkerak heeft tot nu toe de bouw van de schutsluizen met de beide voorhavens en inrichtingswerken in het centrum van de belangstelling gestaan. Verwacht mag worden, dat over ongeveer een jaar de schutsluizen en voorhavens gereed zullen zijn gekomen, zodat dan de scheepvaart door het sluizencomplex kan worden geleid.
Hoewel reeds in het voorjaar van 1967 met de afsluitingswerken zal worden begonnen, zullen de werkzaamheden gedurende de eerste helft van 1967 nog niet van zodanige omvang zijn, dat de scheepvaart, die dan nog de oude weg volgt, er door wordt gehinderd.
Toen geruime tijd geleden aan het plan tot afsluiting van het Volkerak gestalte moest worden gegeven, moest worden beslist op welke wijze deze afsluiting gerealiseerd diende te worden. Gekozen moest worden tussen een afsluiting met doorlaatcaissons en een geleidelijke afsluiting met behulp van een kabelbaan.
Uit een vergelijkende studie, waarbij een globaal afsluitingsplan volgens beide methodes werd opgesteld, bleek dat voor de afsluiting van het Volkerak het gebruik van doorlaatcaissons de voorkeur verdiende.
De totale kosten van beide mogelijkheden liepen niet ver uiteen; deze hebben bij de uiteindelijke keuze dan ook geen rol van betekenis gespeeld.
Een belangrijke overweging bij de keuze was de verwachting, dat na het plaatsen van de doorlaatcaissons de maximale snelheden in het sluitgat belangrijk kleiner zouden worden dan bij een kabelaansluiting, waardoor de risico's gedurende de sluiting iets minder groot zouden zijn.
Voorts was nog van belang, dat bij gebruik van een gewijzigd type doorlaatcaisson en bij de toepassing van zgn. schuine landhoofdcaissons nieuwe ervaringen met dit type afsluiting zullen worden opgedaan, welke bij latere afsluitingen in het Deltagebied (Oosterschelde) wellicht kunnen worden benut.
Wat het gebruik van 'schuine' landhoofdcaissons betreft, kan nog het volgende worden opgemerkt. Tot nu toe was het gebruikelijk de zijkanten van een sluitgat verticaal af te werken en bij de sluiting met de caissons tegen deze verticale wand aan te sluiten. De aanwezigheid van zulke loodrechte begrenzingen bij een caissonsluiting kan evenwel zodanige ontgrondingen veroorzaken dat zij de voordelen van een caissonsluiting weer teniet doen.



Situatie van de werkzaamheden.

Door de toepassing van speciale landhoofdcaissons, waardoor het mogelijk wordt de zijbegrenzingen van het sluitgat onder talud af te werken, kan dit nadeel grotendeels worden geëlimineerd.

Bij de keuze van de methode van afsluiting moest ook nog rekening worden gehouden met de afsluiting van het Haringvliet.
Omdat de afsluitingen van het Volkerak en van het Haringvliet snel op elkaar volgen, kon geen economisch voordeel worden behaald door in beide gevallen dezelfde kabelbaan te gebruiken.
Daar de kabelbaan van de Grevelingen in het Haringvliet zal worden toegepast, zou voor het Volkerak een nieuwe installatie nodig zijn geweest.
Ook om deze reden paste een caissonsluiting beter in het tijdschema van de afsluiting dan een kabelbaansluiting.

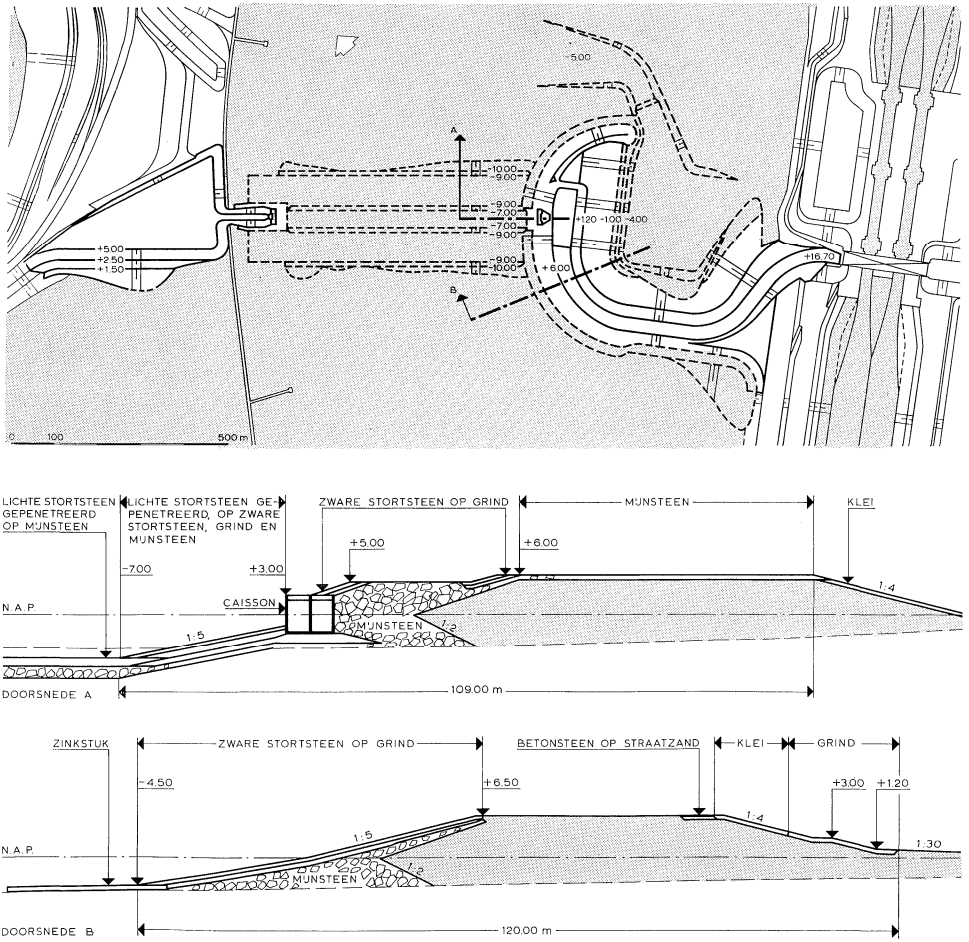
In Driemaandelijks Bericht nr. 36 (mei 1966) werd reeds een uiteenzetting gegeven omtrent het bouwdok waarin de caissons zullen worden gebouwd. Het bouwdok is inmiddels gereedgekomen, zodat zeer binnenkort met de bouw van de doorlaatcaissons en de landhoofdcaissons kan worden begonnen.
Het eerste werk voor de eigenlijke afsluiting van het Volkerak omvat de bouw van een damvak op de plaat van Maltha en het gereedmaken van de drempel in het diepe deel van het sluitgat, waarop de afsluitcaissons zullen worden geplaatst.
Het damvak op de plaat van Maltha maakt deel uit van de ringdijk voor de bouwput van een inlaatsluis en een jachtsluis, die in een latere fase van de werkzaamheden ter plaatse zullen worden gebouwd.
Het damvak en de drempel zullen in de jaren 1967 en 1968 worden aangelegd, waarna in het voorjaar van 1969 de sluiting kan plaatsvinden.

Na de afsluiting volgen de opbouw en de voltooiing van het damlichaam, waarop een weg zal worden aangelegd. Deze weg, die deel uitmaakt van de toekomstige Zoomweg, zal vermoedelijk in 1970 voor het verkeer kunnen worden opengesteld. Ter plaatse van de ringdijk zal dan voorlopig nog moeten worden gereden over een tijdelijke wegverbinding. De definitieve weg zal over de toekomstige inlaatsluis worden gevoerd. In verband met het streven naar een beperking van de overheidsuitgaven moest de bouw van de inlaatsluis voorlopig worden uitgesteld.

Modelproeven

Om een inzicht te verkrijgen in de moeilijkheden welke zich bij de afsluiting kunnen voordoen, worden in het Waterloopkundig Laboratorium De Voorst uitgebreide proefnemingen verricht. Deze hebben o.a. betrekking op de vorm die het einde van het damvak op de Hellegatsplaat dient te verkrijgen en op de te verwachten ontgrondingen.
Uit het onderzoek is gebleken, dat waar de drempel aansluit op een krib van de bestaande Hellegatsdam, onder invloed van deze krib belangrijke ontgrondingen kunnen ontstaan. Daarom werd in het model nagegaan over welke afstand de bodembescherming van het sluitgat langs de westelijke oever van de geul zou moeten worden uitgebreid om de verdiepingen binnen zekere grenzen te houden, en of een inkorting van de bestaande krib wellicht aanbeveling verdiende.
Ter illustratie volgen in tabel 1 enige resultaten, tot goed verstaan waarvan moet worden meegedeeld dat is uitgegaan van een oorspronkelijke diepte van N.A.P. – 9 m.

Bovenaanzicht van het sluitgat en dwarsprofielen A en B van de ringdijk.



Na ombouw en herijking van het model zullen de proeven voor ebstroom worden herhaald. De verwachting is dat het beeld dan nog ongunstiger wordt.
Ook de stroombestendigheid van de drempel wordt onderzocht. Daarbij blijkt dat het kritieke debiet voor middelzware stortsteen (115 kg) bij eb 7500 m³/sec bedraagt. De waterstand aan de benedenzijde van de drempel bedraagt dan N.A.P. – 1 m. Het kritieke debiet voor zware stortsteen (700 kg) ligt slechts 12% hoger, namelijk bij 8400 m³/sec. Op grond van deze bevindingen en het feit dat met kleinere steen een gelijkmatiger, vlakker ondergrond kan worden aangelegd, is besloten de drempel uit te voeren in middelzware stortsteen, en daarvan de bovenste 20 cm met gietasfalt te penetreren.
Het onderzoek zal tenslotte ook aanwijzingen moeten geven omtrent de volgorde waarin de caissons het best kunnen worden geplaatst.

De caissons

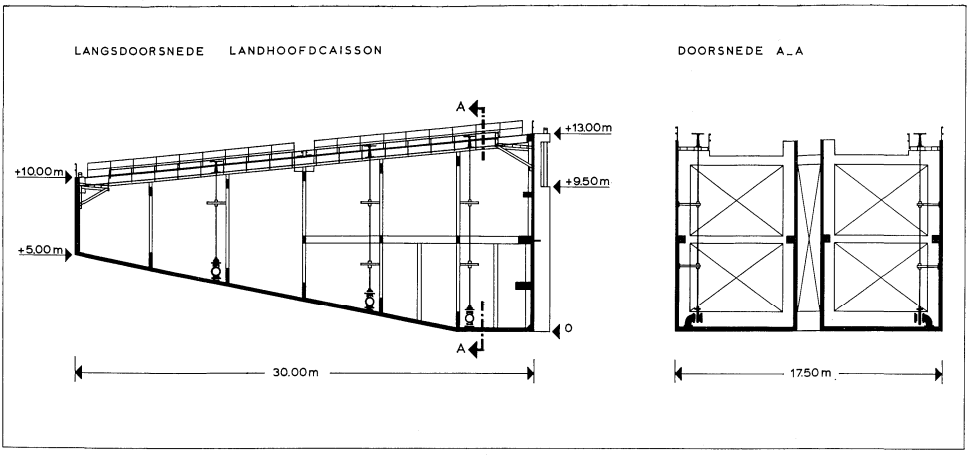
Eind augustus heeft de aanbesteding plaatsgehad van de bouw der voor de afsluiting benodigde caissons. Er worden dertien 'normale' caissons gebouwd, waarvan één als reserve, en twee scheve aanloopcaissons. De normale caissons zijn een iets gewijzigde versie van de in het Veersche Gat gebruikte doorlaatcaissons. Het meest in het oog lopende verschil bestaat daarin dat de schuiven bij het nieuwe type niet aan de buitenkant, maar in het midden zitten. Daardoor komt ook het lierbordes centraal te liggen. De lengte, breedte en hoogte van deze caissons zijn respectievelijk 45, 15 en 13,30 m. De scheve caissons dienen, zoals reeds opgemerkt, om de bouw van verticale landhoofden overbodig te maken. De manoeuvres met deze caissons zullen tot de nieuwe ervaringen van de Volkerakafsluiting behoren. Het dok waarin deze caissons zullen worden gebouwd is zo gesitueerd, dat de gereedgekomen caissons zo dicht mogelijk bij het sluitgat liggen, zodat er zo min mogelijk mee behoeft te worden gesleept.

Enkele onderdelen van de drempel en de ringdijk

De drempel waarop de caissons zullen worden gezonken zal worden opgebouwd tussen de ringdijk van de bouwput en de Hellegatsdam. Gedurende de werkzaamheden aan de afsluiting van het Volkerak zal de toekomstige bouwput voor de inlaatsluis niet geheel worden gesloten, zodat hij dienst kan doen als werkhaven. Uit het dwarsprofiel van de dijk blijkt duidelijk dat men hier te doen heeft met de ringdijk van een later te sluiten bouwput. Aan de zuidzijde is op het talud een filterglooiing aangebracht, opgebouwd uit een laag grind en een laag stortsteen van 750 kg/m². Aan de noordzijde wordt

Tabel 1

Onder invloed van de vloedstroom bij	Zal de bodemligging na ongeveer een jaar zijn:
volle lengte van de krib	N.A.P. – 24 à 25 m
verkorting van de krib met 25 m	N.A.P. – 22 m
verkorting van de krib met 45 m	N.A.P. – 14 m
verkorting van de krib met 75 m	N.A.P. – 12 m
volledige lengte van de krib, doch uitbreiding van de bodembescherming met 50 m	N.A.P. – 18 à 19 m.

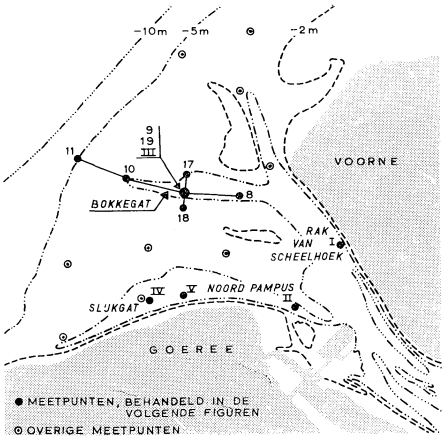


Lengte- en dwarsprofiel van een scheve aanloopcaisson.

het talud tot N.A.P. + 4 m bekleed met een laag grind en vanaf dat peil tot de kruin met een laag klei. Tot een hoogte van N.A.P. + 1,20 m is een kunstmatig strand aangelegd. Een deel van dit damvak doet tevens dienst als stroomgeleidende dam voor het sluitgat, en wordt aangelegd op een bodembezinking die ophoudt waar het sluitgat begint. Ten westen van de stroomgeleidende dam wordt over een breedte van 110 m aan weerszijden van de as van het sluitgat een rechthoekig vak gebaggerd dan wel opgestort tot een diepte van N.A.P. – 10 m. De begin- en eindbelopen ervan krijgen hellingen van 1:5. Over de gehele lengte van deze rechthoek wordt een bodembezinking aangebracht van rijshouten zinkstukken met 250 kg zinksteen per m²; de zinkstukken worden bestort met 750 kg stortsteen (80–200 kg) per m². De bezinking strekt zich in de breedte uit aan beide zijden van de drempel, en wel van 24 tot 100 m uit de as van het sluitgat. Aan de oostzijde sluit ze aan op het zinkwerk van de stroomgeleidende dam. Aan de westzijde wordt de bodembescherming voortgezet tot waar de bodem komt op een hoogte van N.A.P. – 1 m. Ze sluit dan aan op de krib van de Hellegatsdam.
In de 48 m brede sleuf tussen de bodembezinkingen wordt direct na het plaatsen van de zinkstukken een laag mijnsteen van 1 m dikte gestort. Later wordt deze laag verhoogd tot N.A.P. – 8,20 m, met zijdelingse belopen van 1:5. Daar overheen komt een laag stortsteen (20–80 kg) van 1,20 m dik, waarvan de bovenste 20 cm wordt gepenetreerd met gietasfalt. De stortsteendrempel krijgt op N.A.P. – 7 m een breedte van 40 m en een lengte van 551 m en gaat aan de beide einden over in de stortsteenbekleding van de kribkop en de stroomgeleidende dam.

De Zoet- en Zoutwaterbeweging in het Mondingsgebied van het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg

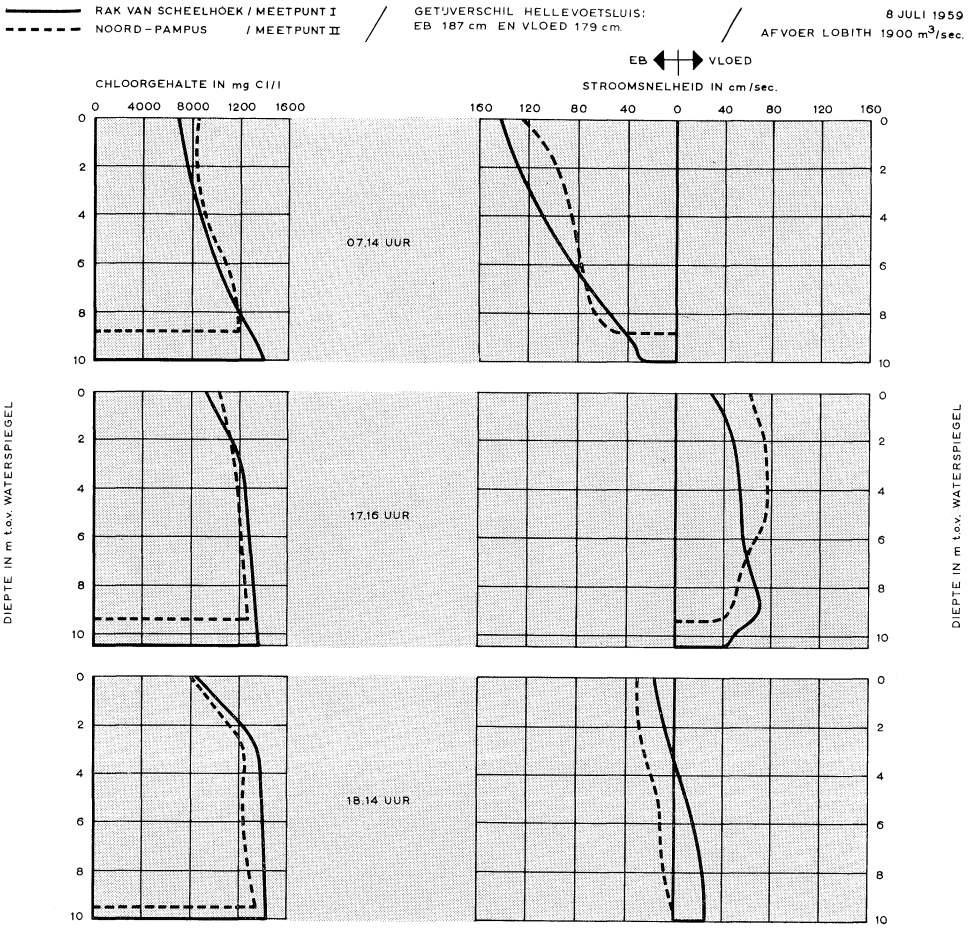
Als gevolg van de uitvoering van het Deltaplan zullen er wijzigingen optreden in de zoet- en zoutwaterbeweging in de mond van het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg. Mede met het oog op de nationale waterhuishouding is het van belang zich vantevoren rekenschap te geven van de gevolgen van deze veranderingen.
Ter inleiding in deze problematiek wordt in dit artikel een uiteenzetting gegeven van de zoet- en zoutwaterbeweging in de huidige toestand.
Het zoete Rijn- en Maaswater stroomt door het noordelijk Deltagebied in hoofdzaak via de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet naar zee, waarbij van dag tot dag fluctuaties in de afvoeren optreden. De afvoer van de Maas is meestal zo klein in verhouding tot die van de Rijn, dat de volgende beschouwingen gevoeglijk tot de Rijnafvoer beperkt kunnen blijven. De gemiddelde opperwaterafvoer van de Rijn bedraagt 2200 m^3/sec, doch afvoeren van 4000 tot 6000 m^3/sec komen gemiddeld wel op vijfentwintig dagen in het jaar voor. In 1965 werd zelfs op 78 dagen een afvoer van meer dan 4000 m^3/sec gemeten, terwijl in de eerste acht maanden van 1966, met uitzondering van twee dagen, de dagelijkse afvoer niet beneden de 2200 m^3/sec daalde.
Behalve in bijzondere omstandigheden stroomt slechts een klein gedeelte van het opperwater van de Rijn door het Hellegat en het Volkerak. Als regel wordt 90% van het zoete Rijnwater door het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg naar zee afgevoerd, en wel in een vehouding van ongeveer 60 : 40.
Onder invloed van de getijbeweging trekt het zoute water tijdens de vloed door deze open zeegaten naar binnen, om bij eb weer naar buiten te stromen. Dit verschijnsel doet zich tweemaal daags voor. De hoeveelheden in- en uitstromend water zijn afhankelijk van de waterstanden voor de kust tijdens H.W. en L.W. Hoe groter het getijverschil, hoe groter de hoeveelheden in- en uittrekkend water.
Nu wordt het getijverschil, behalve door het astronomisch getij, met zijn variatie van springtij tot doodtij, ook beïnvloed door meteorologische factoren, onder meer door de wind, zodat dikwijls sterk wisselende getijverschillen optreden. Doorgaans zal, onder invloed van de afvoer van het Rijnwater, gedurende elk getij meer water door de zeegaten naar buiten stromen dan naar binnen. Slechts onder bijzondere meteorologische omstandigheden kan het omgekeerde het geval zijn.
Het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg bevatten dus naast het zoute zeewater steeds een aanzienlijke hoeveelheid zoet rivierwater, dat lichter is dan het zeewater. Tijdens



Het mondingsgebied van het Haringvliet met de meetpunten.

vloed, wanneer de stroomrichtingen van het uit zee komende water en het rivierafwaarts stromende opperwater tegengesteld gericht zijn, zal het lichtere rivierwater min of meer over het zoute water heenschuiven. Het zeewater dringt dan als 'zouttong' vooral langs de bodem naar binnen. Er treedt dus een zekere gelaagdheid in het zoutgehalte van het water op, waarbij het water aan de oppervlakte zoeter is dan dat bij de bodem. Rivier- en zeewater blijven uiteraard niet gescheiden van elkaar; er vormt zich een zone waarin zowel in horizontale als in verticale richting vermenging plaatsvindt als gevolg van de turbulentie van het water en de diffusie van het zout. Uit metingen blijkt, dat de dichtheidsverschillen geleidelijk verlopen. De mengzone, waarvan de omvang door de getijbeweging voortdurend aan verandering onderhevig is, verplaatst zich tijdens de vloed landinwaarts, en beweegt zich daarna tijdens de eb weer zeewaarts. Ten gevolge van de zoet- en zoutwaterbeweging heeft het water op een bepaalde plaats en diepte in het Haringvliet of in de Nieuwe Waterweg geen constant zoutgehalte, maar varieert dit voortdurend onder invloed van de getijbeweging en de opperwaterafvoer. Afzonderlijke vermelding verdient nog de invloed van de wind op de zoet- en zoutwaterbeweging. Niet alleen dat hij mede invloed kan uitoefenen op de grootte van de getijamplitude, maar hij veroorzaakt ook de golfbeweging. Toeneming van de wind bij voldoend grote strijklengte – een verschijnsel dat in ons land meest optreedt bij windrichtingen tussen Z.W. en N.W. – heeft een grotere golfbeweging tot gevolg. Dit leidt tot een sterkere turbulentie van het oppervlaktewater, waardoor een intensievere menging van het zoete oppervlaktewater en het dieper gelegen zoute water optreedt dan onder gemiddelde omstandigheden, en de verschillen in zoutgehalte in verticale richting geringer worden.

In de periode 1957–1966 werden in het mondingsgebied van het Haringvliet en het aangrenzend gedeelte van de zee een groot aantal zogenaamde dertienuursmetingen gedaan. Deze metingen, die steeds een volle getijperiode besloegen, werden uitgevoerd bij een weinig variërende afvoer van de Rijn en weinig of geen wind. Bij veel wind is het niet mogelijk dergelijke metingen in het zeegebied te doen. Onder de figuren is een overzicht van het meetgebied opgenomen, waarop de punten waarin de zout- en snelheidsmetingen werden gedaan, staan ingetekend. Bij gelijkblijvende wind, getij en opperwaterafvoer zal de zoet- en zoutwaterbeweging van getij tot getij eenzelfde verloop vertonen. Zodra echter een van de bepalende grootheden verandert, gaat de

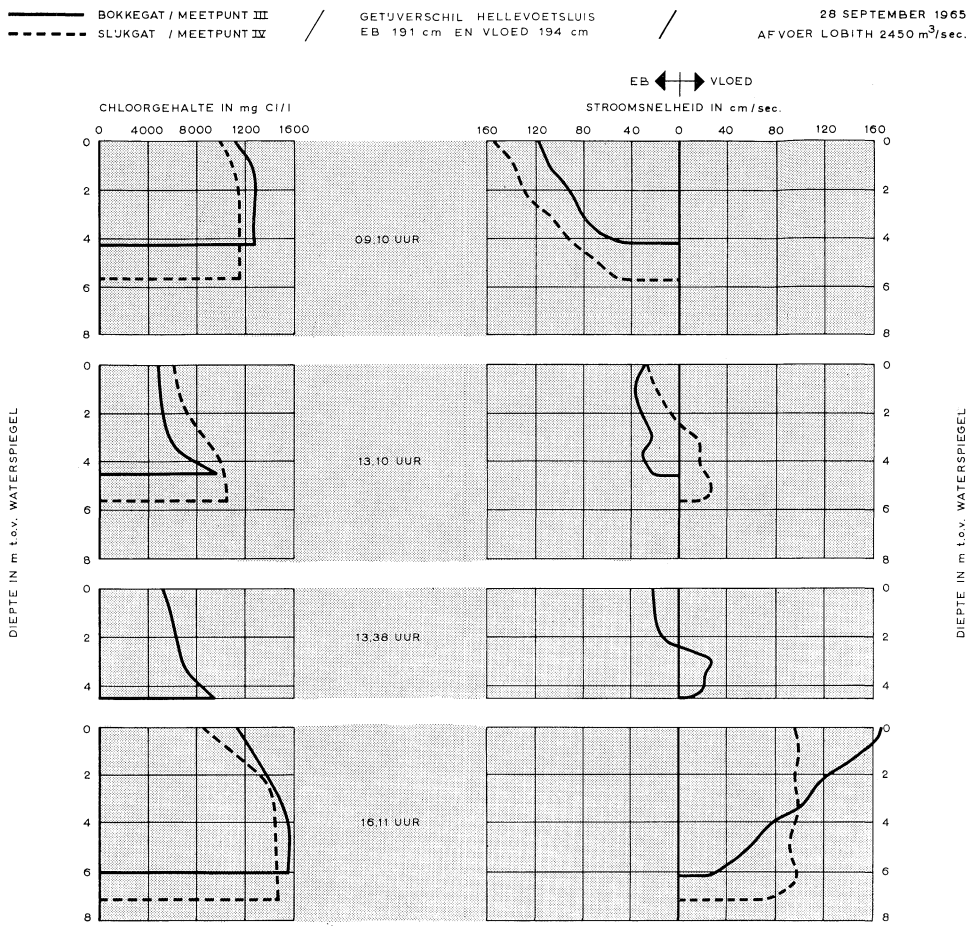


Chloor- en stroomverticalen in de meetpunten I en II op 8 juli 1959.

regelmatigheid verloren. Daarom worden de metingen uitgevoerd bij omstandigheden van getij en opperwaterafvoer, die zo weinig mogelijk van elkaar verschillen. Door de omstandigheden zo te kiezen verkrijgt men een indruk van het vaste beeld van de zoet- en zoutwaterbeweging bij die omstandigheden. Bepaalde aspecten kunnen dan nog nader beschouwd worden.

Zoutgehalte

Rivier- en zeewater onderscheiden zich van elkaar door de verschillen in soortelijk gewicht als gevolg van het zoutgehalte. De soortelijke gewichten van zuiver rivier- en Noordzeewater zijn onderscheidenlijk 1,0 en 1,025. Ofschoon in rivier- en zeewater ver-

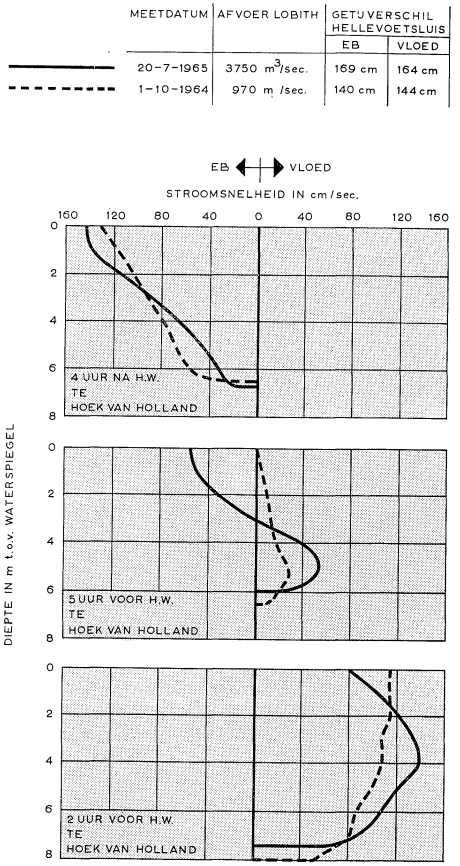


Chloor- en stroomverticalen in de meetpunten III en IV op 28 september 1965.

scheidene chemische stoffen in opgeloste vorm voorkomen, wordt het verschil toch steeds gekarakteriseerd door veruit de voornaamste van deze stoffen, natriumchloride: (NaCl) of keukenzout; vandaar dat men wel spreekt van het zoutgehalte van het water. In biologische en chemische studies wordt het zoutgehalte uitgedrukt in ‰ NaCl. Bij metingen die door de Rijkswaterstaat worden uitgevoerd, wordt dit zoutgehalte als chloorgehalte uitgedrukt in grammen of milligrammen chloorion per liter (Cl'/l).

Zuiver Noordzeewater bevat 19 460 mg Cl'/l. Deze waarde wordt in het mondingsgebied van het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg landinwaarts van de dieptegrens van 10 m in zee echter vrijwel nooit bereikt.

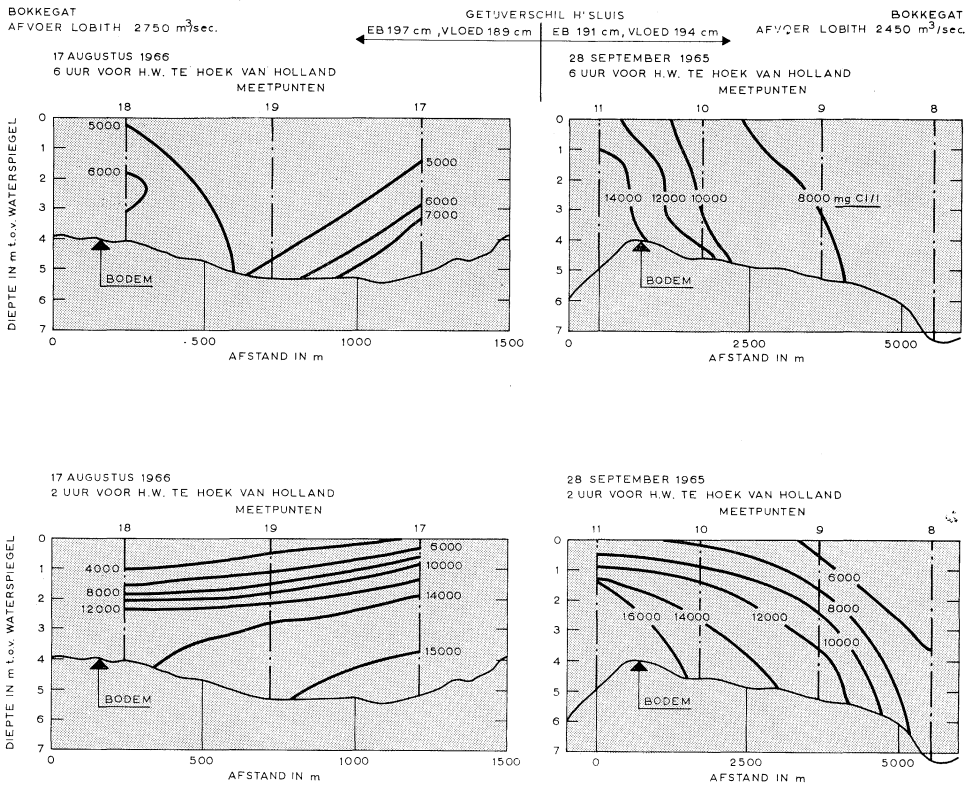
Stroomverticalen in meetpunt V, op 20 juli 1965 en 1 oktober 1964.



Stroom- en Zoutverticalen in de mond van het Haringvliet

Onder normale omstandigheden neemt de stroomsnelheid van het water in een zeearm naar beneden toe geleidelijk af. Nabij de bodem is ze, onder invloed van de bodemwrijving, nagenoeg gelijk aan nul. Het kan voorkomen dat de snelheid aan het oppervlak iets kleiner is dan in de onmiddellijk daaronderliggende lagen. Het verband tussen stroomsnelheid en hoogte boven de bodem kan grafisch worden uitgezet in stroomsnelheidsverticalen, kortweg stroomverticalen genoemd. Op gelijke wijze geven de zoutverticalen het verband aan tussen het zoutgehalte en de hoogte boven de bodem. Tijdens vloedstroom zijn de stroomrichtingen van het zeewater en het opperwater van een rivier aan elkaar tegengesteld. Gedurende de eb hebben ze dezelfde stroomrichting. Het zout beweegt derhalve gedurende het getij ook heen en weer. In meer zeewaarts gelegen punten in het mondingsgebied van het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg kunnen ook de stroomrichtingen gedurende het getij veranderen. De stroomrichtingen en -snelheden in één punt kunnen dan samen grafisch worden voorgesteld in zogenaamde stroomrozen, ellipsvormige lijnen.

Isohalinen in de lengte- en dwarsrichting van het Bokkegat.

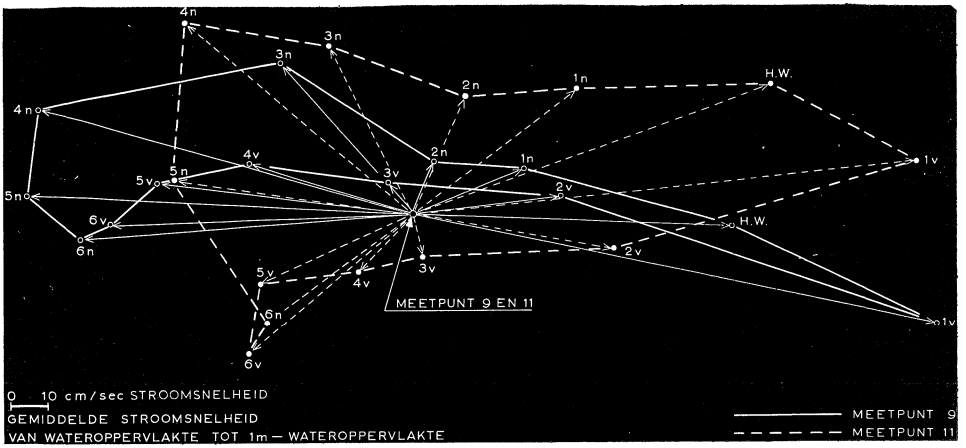


In de geulen vlakbij de kust zijn deze ellipsen zeer langgerekt, doordat de snelheid loodrecht op de geulrichting er vaak klein is ten opzichte van de snelheid in de lengterichting.

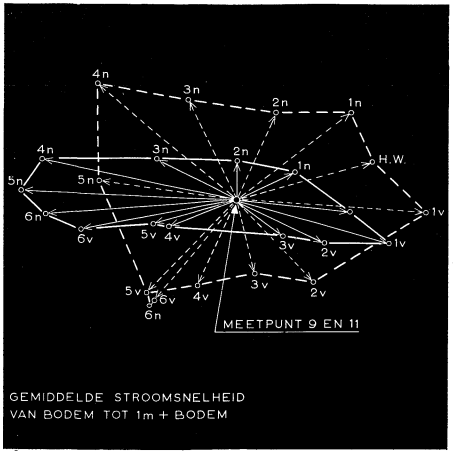
Door deze variatie in de richting van de stroom is de wijze waarop de opperwaterafvoer van de rivier zich in zee verspreidt, moeilijk vast te stellen. Er kan alleen een indruk van worden verkregen door het verloop van de zoutgehalten door metingen te bepalen.

Ter illustratie van het voorgaande kan een aantal stroom- en zoutverticalen dienen die werden verkregen tijdens metingen in een viertal punten, I tot IV, in de mond van het Haringvliet. De metingen in de punten I en II, in het Rak van Scheelhoek en het Noord-Pampus, werden uitgevoerd op 8 juli 1959, die in de punten III en IV, in het Bokkegat en het Slijkgat, op 28 september 1965.

Uit de stroom- en zoutverticalen voor de meetpunten I en II blijkt het volgende. De verticalen van 7.15 uur en 7.45 uur zijn gemeten tijdens maximale ebstroom. Het zoutgehalte neemt vanaf de oppervlakte tot de bodem toe, terwijl voor de stroomsnelheid het omgekeerde geldt. Het zoetere water aan de oppervlakte stroomt dus aanmerkelijk sneller zeewaarts dan het dieper gelegen zoutere zeewater. De stroom- en zoutverticalen

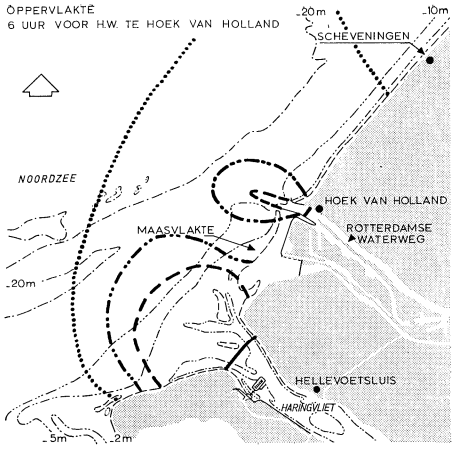


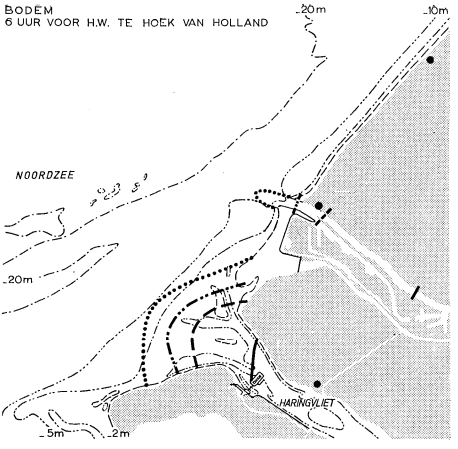
van 17.15 uur zijn typische vloedverticalen. De stroomsnelheid aan de oppervlakte is zelfs kleiner dan die op enige diepte. Het zoetere water wordt daar duidelijk in zijn zeewaartse beweging gehinderd door de opkomende vloed. Het verschil in chloorgehalte van het water aan de oppervlakte en bij de bodem is tijdens vloed in het algemeen geringer dan tijdens eb. De stroom- en zoutverticalen van 18.15 uur zijn omstreeks de H.W.-kentering gemeten. In meetpunt I stroomt het zoetere water aan de oppervlakte reeds met geringe snelheid zeewaarts, terwijl op grotere diepte het zoutere water nog landinwaarts trekt. In meetpunt II heeft de stroomkentering al iets eerder ingezet dan in meetpunt I; over de volle verticaal is de eb reeds ingetreden. Ook het verschil in vorm van de zoutverticalen bij vloed en eb is uit de figuur af te lezen.
De meetpunten III en IV zijn aanmerkelijk verder zeewaarts gelegen dan de punten I en II. Ook in deze punten werd gelijktijdig gemeten.
De stroom- en zoutverticalen van 9.10 uur zijn omstreeks de maximale ebstroom geregistreerd. Het algemene beeld van de stroom- en zoutverticalen is in beide meetpunten vrijwel identiek, en vertoont ook veel gelijkenis met de overeenkomstige grafieken in de meetpunten I en II. De stroomsnelheid neemt van de oppervlakte tot de bodem snel af, terwijl dit met het zoutgehalte in minder sterke mate het geval is.
Om 13.10 uur kentert de stroom in het Slijkgat (meetpunt IV); aan de oppervlakte loopt nog eb, maar in de onderste helft van de verticaal begint de vloed reeds door te komen. In het Bokkegat (meetpunt III) vindt deze kentering ongeveer een half uur later plaats, namelijk omstreeks 13.40 uur. Opmerkelijk is overigens dat bij deze L.W.-kentering het chloorgehalte in het Bokkegat lager is dan in het Slijkgat. Dat komt doordat de ebstroom in het Bokkegat minder snel afneemt en dus meer tijd heeft om het zoutere zeewater naar zee te dringen.
De veranderingen van het chloorgehalte van het water nabij de oppervlakte en bij de bodem tijdens vloed en eb zijn in deze meer zeewaarts gelegen meetpunten minder groot dan in de meetpunten I en II.
Om 16.10 uur bereikt de vloedstroom zijn maximale sterkte zowel in het Slijkgat als in het Bokkegat. Er treedt evenwel een opmerkelijk verschil op in de stroomverticalen voor de meetpunten III en IV.
In het Slijkgat zien we een typische vloedverticaal, gekarakteriseerd door een relatief lage stroomsnelheid aan de oppervlakte en een vrij hoge snelheid op grotere diepte.

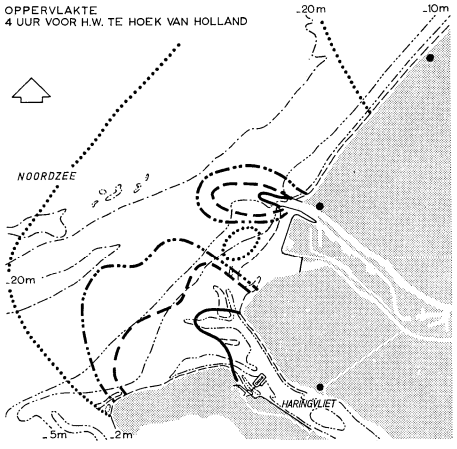


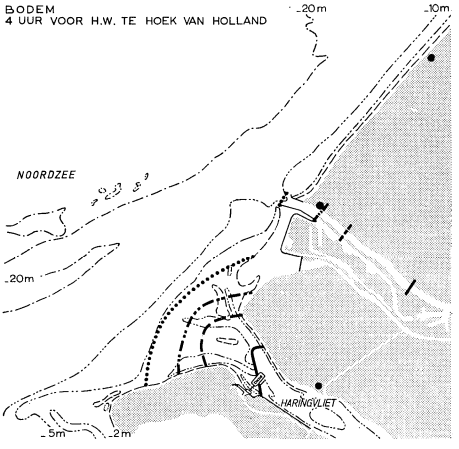
Stroomsnelheid en -richting in de meetpunten 9 en 11 op uren voor en na H.W. te Hoek van Holland.

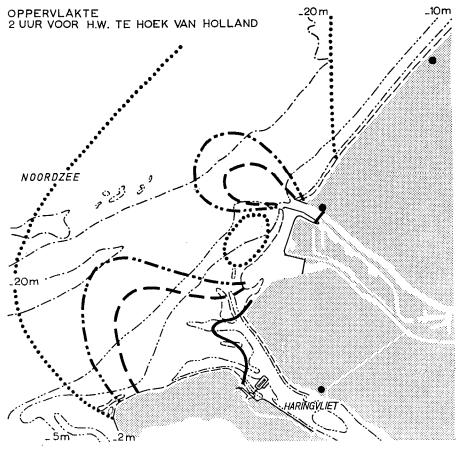
In het Bokkegat daarentegen is de oppervlaktesnelheid groot, en de stroomsnelheid op grotere diepte betrekkelijk klein.
Als gevolg van deze grotere oppervlaktesnelheid neemt het chloorgehalte aan de oppervlakte in het Bokkegat sneller toe dan in het Slijkgat, zoals uit de zoutverticalen duidelijk blijkt.
Zoals reeds gezegd hangt de zout- en zoetwaterbeweging ook af van de grootte van de opperwaterafvoer. In verband hiermede worden voor meetpunt V in het Slijkgat nog enkele stroomverticalen vergeleken, die in nagenoeg dezelfde fase van het getij zijn verkregen tijdens metingen op 1 oktober 1964 en 20 juli 1965. De getijverschillen waren toen nagenoeg gelijk, doch er bestond een aanmerkelijk verschil in de opperwaterafvoer. Deze bedroeg op 1 oktober 1964 970 m^3/sec., en op 20 juli 1965 3750 m^3/sec. Hoewel tijdens deze metingen geen chloorgehalten van het water werden bepaald, kunnen toch enige conclusies worden getrokken betreffende het verschil in zoutinvloed bij verschillende opperwaterafvoeren.
De eerste stroomverticalen werden ongeveer 4 uur na H.W. te Hoek van Holland gemeten tijdens maximale eb. Ofschoon op 20 juli 1965 de stroomsnelheid aan de oppervlakte groter en de stroomsnelheid op grotere diepte kleiner was dan op 1 oktober 1964, is – gezien het grote verschil in opperwaterafvoer – het onderlinge verschil in de vorm van de verticalen opmerkelijk klein.
Het verschil in opperwaterafvoer heeft echter wel een duidelijke invloed gehad op de vorm van de stroomverticalen die omstreeks 5 uur voor H.W. te Hoek van Holland tijdens de L.W.-kentering werden gemeten.
Op 20 juli 1965 werd in de bovenste helft van de verticaal ebstroom, in de onderste helft vloedstroom gemeten. Op 1 oktober 1964 trad dit verschijnsel niet op, vanwege de veel geringere opperwaterafvoer. Weliswaar zette de vloedstroom aanvankelijk in nabij de bodem, maar aan de oppervlakte trad op dat moment reeds stroomkentering op. Hieruit blijkt dat het zoutgehalte toch wel enige invloed op de vorm van de verticaal uitoefent.
De snelheidsverticaal die op 20 juli werd geregistreerd vlak voor de vloedstroom zijn maximum bereikte, omstreeks 2 uur voor H.W. te Hoek van Holland, verloopt ten gevolge van de grote opperwaterafvoer op die dag ook onregelmatiger dan de overeenkomstige verticaal op 1 oktober.

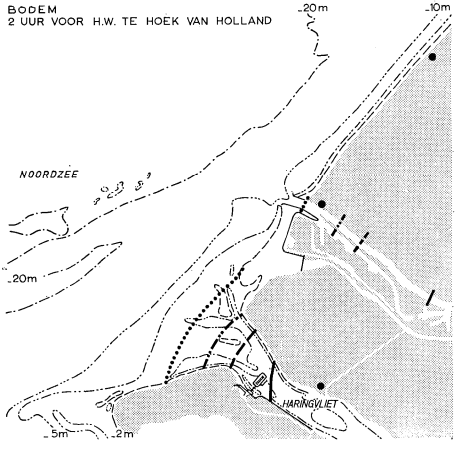




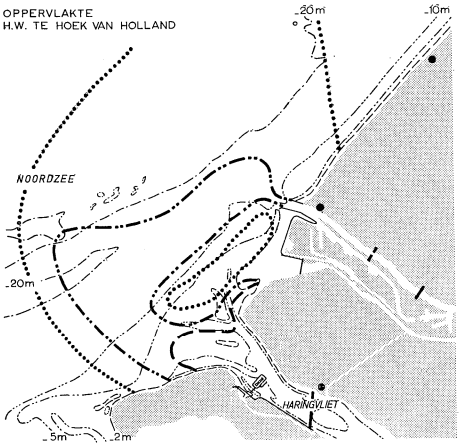


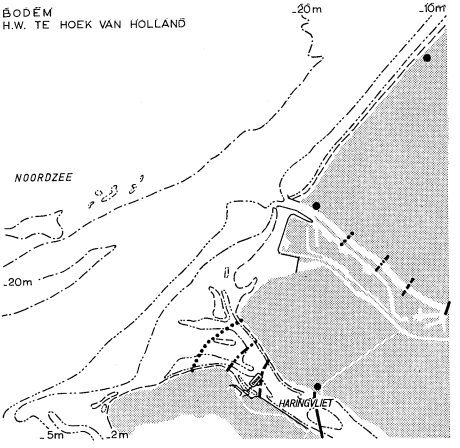


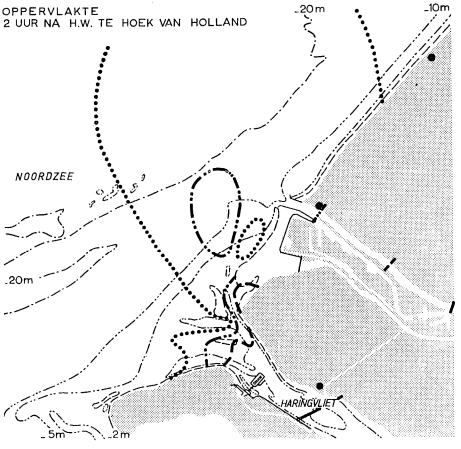


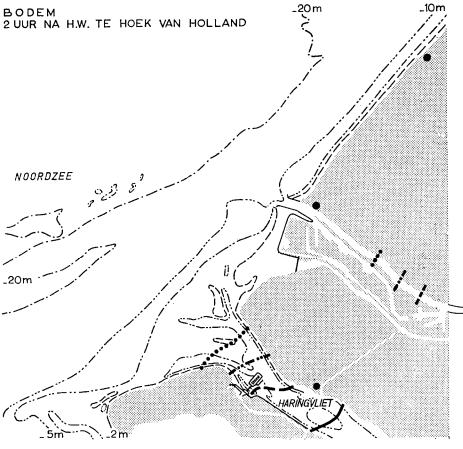


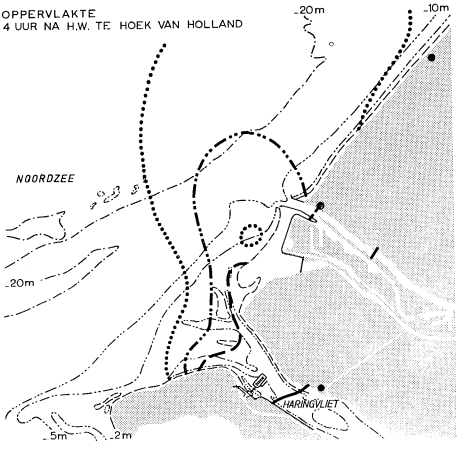
Verloop van enkele isohalinen gedurende een geheel getij, geregistreerd aan de oppervlakte bij de bodem.

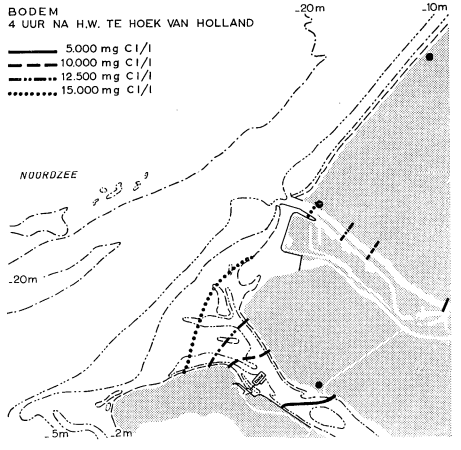

OPPERVLAKTE
H.W. TE HOEK VAN HOLLAND
-20m
-10m
NOORDZEE
-20m
HARINGVLIET
-5m
-2m


BODEM
H.W. TE HOEK VAN HOLLAND
-20m
-10m
NOORDZEE
-20m
HARINGVLIET
-5m
-2m


OPPERVLAKTE
2 UUR NA H.W. TE HOEK VAN HOLLAND
-20m
-10m
NOORDZEE
-20m
HARINGVLIET
-5m
-2m


BODEM
2 UUR NA H.W. TE HOEK VAN HOLLAND
-20m
-10m
NOORDZEE
-20m
HARINGVLIET
-5m
-2m


OPPERVLAKTE
4 UUR NA H.W. TE HOEK VAN HOLLAND
-20m
-10m
NOORDZEE
-20m
HARINGVLIET
-5m
-2m

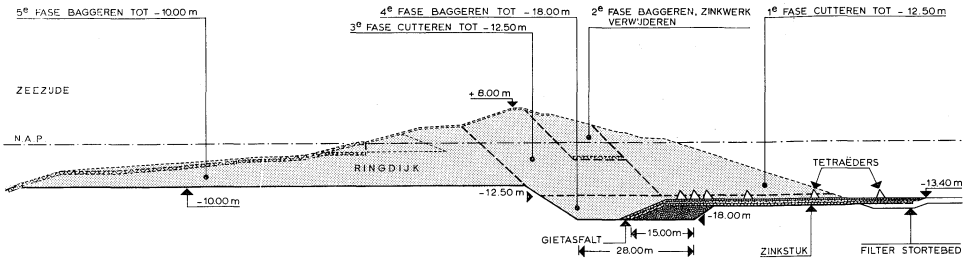

BODEM
4 UUR NA H.W. TE HOEK VAN HOLLAND
5.000 mg Cl/l
10.000 mg Cl/l
12.500 mg Cl/l
15.000 mg Cl/l
-20m
-10m
NOORDZEE
-20m
HARINGVLIET
-5m
-2m

Niet alleen in verticale, ook in horizontale richting heeft het zoutgehalte een zeer wisselend verloop. Met behulp van zoutgegevens uit gelijktijdig verrichte metingen op achtereenvolgende plaatsen kunnen grafieken worden getekend, die het verloop van gelijke zoutgehalten op één bepaald ogenblik in het lengte- of dwarsprofiel van een geul van bodem tot oppervlakte weergeven.
Dergelijke lijnen worden isohalinen genoemd. Een der figuren geeft een voorbeeld van het verloop van de isohalinen in de lengterichting van het Bokkegat. Er blijkt daar een opmerkelijk verschil te bestaan in de vorm van de isohalinen bij eb en vloed. Dit is evenzeer het geval met de isohalinen loodrecht op de geul. Hoewel de stroming in het Bokkegat hoofdzakelijk in de lengterichting verloopt, is de dwarsstroom gedurende bepaalde perioden van het getij niet onbelangrijk. Dit blijkt uit ter plaatse geregistreerde en hier afgebeelde snelheidsrozen. Hierdoor, en ook als gevolg van de verschillen in diepte dwars over de geul is de variatie in de vorm van de isohalinen loodrecht op de geulrichting zeer groot. In de figuren vindt men daarvan voorbeelden. Combinatie van de isohalinen in de lengte- en de breedterichting levert op ieder tijdstip een aantal gebogen oppervlakken op, waarvan de onbestendigheid een grote moeilijkheid vormt bij het verkrijgen van een duidelijk inzicht in de zoet- en zoutwaterbeweging in een dergelijk gebied. Men zal derhalve tot schematisering moeten overgaan, door uit een groot aantal metingen onder gelijke omstandigheden van getij, wind en opperwater gemiddelde waarden te bepalen voor het zoutgehalte in punten van het beschouwde gebied; als interval van de metingen kan bijvoorbeeld één uur worden genomen. Voorts zullen in iedere verticaal alleen het zoutgehalte aan het oppervlak en aan de bodem of de gemiddelde waarde over de gehele verticaal beschouwd worden. Bij nog verdergaande schematisering bepaalt men slechts de gemiddelde waarde van het zoutgehalte over het gehele getij van plaats tot plaats.
In het Waterloopkundig Laboratorium te Delft wordt een groot zout- en zoetwatermodel opgesteld, dat het gebied weergeeft van de kop van het eiland Goeree tot Scheveningen en tot ongeveer 14 km in zee. In verband met proeven die in dit model zullen worden uitgevoerd zijn uit metingen van 28 en 30 september 1965 de isohalinen voor deze gehele kuststrook bepaald.
In een twaalftal kaartjes zijn de isohalinen van 5000, 10 000, 12 500 en 15 000 mg Cl'/l in de mond van het Haringvliet ingetekend, zoals die, aan het oppervlak en bij de bodem, optraden van zes uur vóór tot zes uur na H.W. In verband met de plaatsruimte bedraagt het interval tussen de weergegeven metingen hier steeds twee uur. Omstreeks vier uur voor H.W. te Hoek van Holland, bij de kentering van eb naar vloed, liggen de betreffende isohalinen het verst zeewaarts, om zich daarna landinwaarts te verplaatsen tot omstreeeks twee uur na H.W., als de vloedkentering intreedt. Daarna verplaatsen de isohalinen zich weer zeewaarts. Het zoetere water uit het Haringvliet blijkt bij gemiddelde afvoer reeds ver zeewaarts te stromen. Hoever, kon met behulp van de meting van september 1965 niet worden vastgesteld. De isohaline van 10 000 mg Cl'/l ligt soms wel 10 km zeewaarts van de toekomstige uitwateringssluizen in het Haringvliet. De isohaline van 15 000 mg Cl'/l ligt zelfs tot 20 km uit de kust.
Verder zijn voor de kust tot aan Scheveningen op 2 oktober 1965 en 15 juni 1966 nog enkele stroom- en zoutmetingen uitgevoerd onder omstandigheden die overeenkomen met die op 28 en 30 september 1965. Voor de Nieuwe Waterweg waren resultaten van soortgelijke metingen beschikbaar.
Met behulp van deze gegevens kon ook het verloop van de isohalinen bepaald worden in het zeegebied ten westen van de mond van de Waterweg en langs de kust tot Scheveningen.

Het zoetere oppervlaktewater uit het Haringvliet ontmoet dat uit de Nieuwe Waterweg voor de kust nabij de Maasvlakte. Door de eromheen trekkende zoetere stromen wordt op deze vlakte zouter water geïsoleerd, waarschijnlijk ten gevolge van de geringe diepte en dus grotere invloed van de golfbeweging op de vlakte en de relatief kleine stroomsnelheden waardoor het water er sterker wordt vermengd.
Uit de betreffende figuren zijn deze feiten ook af te lezen.
De zoet- en zoutwaterbeweging in het beschouwde gebied laat zich als volgt kort samenvatten. De kentering van eb naar vloed in de mond van het Haringvliet valt ongeveer 4 uur en in de Nieuwe Waterweg ongeveer 3 uur vóór het tijdstip van hoogwater te Hoek van Holland, die van vloed naar eb in beide mondingen ongeveer anderhalf uur na H.W. te Hoek van Holland. Opgemerkt moet worden dat de tijdstippen van kentering aan het wateroppervlak en aan de bodem onderling aanzienlijk kunnen verschillen, vooral in de Nieuwe Waterweg. In zee treden deze kenteringen later op. In verband met de ronddraaiende stroming gedurende het getij, kan een nauwkeurig tijdstip van kentering niet worden opgegeven; men kan hiervoor nemen de tijdsduur waarbinnen de grootste richtingsveranderingen plaatshebben. In de rivieren liggen de uiterste grenzen van de isohalinen ongeveer bij de kenteringen. Bij de overgang van vloed naar eb het meest rivieropwaarts, bij de kentering van eb en vloed het meest zeewaarts. In volle zee worden deze uiterste grenzen minstens een uur later bereikt.
Door dit verloop van de kenteringstijden van de riviermond naar de zee, de grotere maximale snelheden bij vloed in zee en de hogere waterstanden bij vloed beweegt het zoete water in zee meer in noordelijke dan in zuidelijke richting.
Terwijl het zoetere water aan de oppervlakte ver in zee uitstroomt, is dit bij de bodem in veel mindere mate het geval. Het water met een zoutgehalte kleiner dan 15 000 mg Cl'/l, bij de bodem, blijft in de nabijheid van de kust. Dit blijkt uit de ligging van de daarop betrekking hebbende isohalinen, zoals de figuren tonen. De gelaagdheid van de zoutgehalten in zee is dan ook sterker dan op de rivieren. De geringere gelaagdheid op de rivieren is een gevolg van de grotere maximale snelheden die in de rivieren voorkomen. Ook de turbulentie in de rivieren is veel groter.
Dienovereenkomstig is de gelaagdheid naar zoutgehalte ook in het ondiepe kustgebied tussen de mond van de Waterweg en het Haringvliet kleiner dan op grotere diepten buiten de kust.

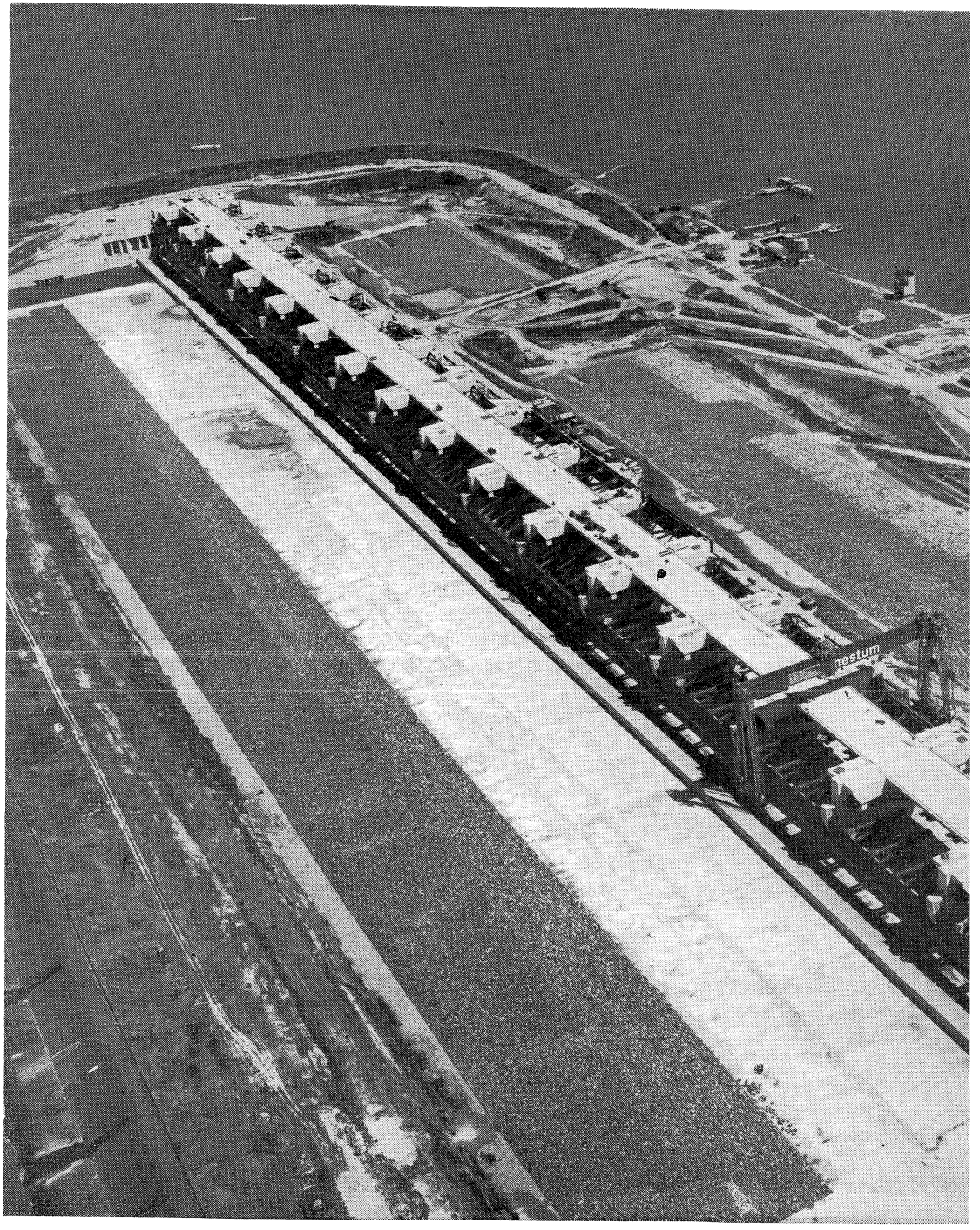
Het opruimen van de bouwput en het verlengen van de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

Als eerste werk in het Haringvliet ter voorbereiding van de afsluiting van deze zeearm werd in 1957 de bouwput voor de uitwateringssluizen gemaakt. Deze bouwput is sederdien een terrein geweest van grote activiteit. Na het maken van de ringdijk moest de put worden leeggemalen en een bronbemaling worden geïnstalleerd om de put droog te houden. Binnen de put vonden in 1958 de ontgravingen plaats die nodig waren om de bouw van het kunstwerk te kunnen aanvangen.
De daarop volgende periode, van 1958 tot 1965, was in hoofdzaak gewijd aan het betonwerk van de uitwateringssluizen. In het voorjaar van 1965 werd het laatste beton gestort van de in totaal hierin verwerkte hoeveelheid van bijna 650 000 m^3.
Naarmate het betonwerk vorderde en ten einde ging lopen kwam het accent geleidelijk aan meer te liggen op het aanbrengen van de stalen schuiven en van de bewegingsmechanismen voor deze schuiven. De periode waarin dit 'staalwerk' werd uitgevoerd liep van 1963 tot en met 1966 en overlapte dus deels de 'betonperiode'.
Tegelijkertijd met de uitvoering van het betonwerk en de montage van de stalen schuiven werden in de jaren 1963 tot en met 1966, voorzover zulks binnen de ringdijk kon geschieden, de stortebedden gemaakt aansluitend aan de uitwateringssluis.
Thans is het werk zover gevorderd dat de uitwateringssluizen hun voltooiing naderen en daarmede komt het moment waarop de bouwput kan worden geïnundeerd, binnen het gezichtsveld te liggen.
Alvorens echter dit moment, dat zonder twijfel als een mijlpaal in het verloop van de Deltawerken kan worden gezien, is aangebroken, dienen in de nog resterende maanden een aantal werkzaamheden voltooid te worden.
Voor het kunstwerk zelf komt dit – afgezien van een aantal detailwerkzaamheden – in hoofdzaak neer op het aanbrengen van de verwarmingsapparatuur langs de verticale aanslagen tegen de pijlers van de schuiven aan de rivierzijde. Een gedetailleerde beschrijving hiervan werd opgenomen in nr. 36 (mei 1966) van deze Berichten.
Voorts moeten enkele schuiven nog door middel van lagers aan de Nablaligger verbonden worden.
Ook de stortebedden moeten worden voltooid. Daar waar aan de rivierzijde van de sluis voor de aanvoer van de schuiven in de bouwput een railbaan was aangelegd, belemmerde het grondmassief waarop deze railbaan rustte aanvankelijk de definitieve afwerking. Eerst na de aanvoer van de laatste onderdelen van de schuiven in het begin



De fasen van de opruimingswerkzaamheden van de ringdijk.

van de zomer van 1966 kon met het opruimen van deze gronddam en het maken van het stortebed ter plaatse worden begonnen.
Nabij de beide landhoofden van de uitwateringssluizen moeten de taluds van de toekomstige dijk, die tegen de vleugelmuren van de landhoofden aansluiten, van een bekleding worden voorzien voordat het water in de bouwput wordt toegelaten. Deze bekleding zal bestaan uit een met asfalt gepenetreerde laag stortsteen. Bij het noordelijke landhoofd zal met het oog op de geringe dichtheid van het aansluitende grondmassief een tijdrovende verdichting moeten plaatsvinden, teneinde een voldoende stabiliteit van de taluds te waarborgen, alvorens de bekleding kan worden aangebracht.
Tenslotte zal voor het inunderen van de bouwput een grote hoeveelheid hulpapparatuur moeten worden verwijderd. Het trekken van een grote lengte damwandschermen in de vier 'hoeken' van de bouwput is in volle gang. Speciale aandacht vraagt ook de grote portaalkraan van de Nestum, die moet worden ontdaan van alle elektrische apparatuur en van de wielstellen. De zware constructie-onderdelen zullen naderhand vanuit de met water gevulde put met behulp van een drijvende kraan worden weggehaald.
Voordat met het eigenlijke opruimen van de ringdijk kan worden aangevangen dient hij eerst te worden ontdaan van alles wat er in de loop der jaren op- en aangebouwd is. Een aantal steigers langs de bouwhaven met bijbehorende wegen dient te worden afgebroken, evenals diverse keten. Bovendien moeten voorraden al dan niet afgekeurd materiaal, dat deels als taludbescherming is gebruikt, worden verwijderd. Daarna zal de asfaltlaag, die als afdekking van het dijklichaam dienst doet, worden opgebroken. Allereerst zal daarbij de asfaltlaag van de dijkkop boven de berm op N.A.P.+3,50 m worden verwijderd en in een volgende fase ook het asfalt beneden dit niveau. Onderzocht wordt nog op welke wijze dit zo economisch mogelijk kan gebeuren. Het restant van de ringdijk aan de zeezijde blijft voorlopig aanwezig als bescherming tegen de golven. Op deze wijze kan de uitbreiding van de stortebedden met de vereiste nauwkeurigheid in rustig water worden gemaakt.
Nadat het dijklichaam over enige afstand is ontdaan van zijn asfaltbekleding zal worden begonnen met het wegcutteren van het zand van de ringdijk, en wel van binnenuit. Zodra het water binnen de ringdijk gestegen is tot de gemiddelde zeestand, zal om het nodige materieel binnen te kunnen brengen aan de noordzijde een opening in deze dijk worden gemaakt. Daarna volgt het nabaggeren om een vlakke bodem te verkrijgen waarop


nestum

De bouwput met de stortebedden.

daarna een uitbreiding van het stortebed kan worden aangebracht. Dit gedeelte van het stortebed zal bestaan uit rijshouten zinkstukken, welke binnen de bescherming van het restant van de ringdijk kunnen worden gezonken. Na het aanbrengen van deze bezinking, die aan de zeezijde een lengte van 64 m zal hebben, zal het buitenste nog resterende deel van de dam worden weggebaggerd.
Aan de rivierzijde van de uitwateringssluizen wordt de dijk direct in zijn geheel opgeruimd aangezien daar de sluizen zelf de beschutting bieden voor het zinkwerk.
Tevens wordt hier de dam langs de bouwhaven door baggeren en cutteren opgeruimd.
De verlenging van het stortebed, die ook aan de rivierzijde nog nodig is, zal daar eveneens door het aanbrengen van rijshouten zinkstukken worden verkregen. Zij zal een iets kleinere lengte hebben dan aan de zeezijde, namelijk 51 m.
Voor de verlenging van de stortebedden zal de bodem worden afgebaggerd op een diepte van N.A.P. – 14,75 m. Het buitenste deel van de bezinking zal echter wat dieper komen te liggen en wel op N.A.P. – 18 m.
Op het dwarsprofiel is de ligging van het stortebed nader aangegeven. Ook de constructie is hierop te zien. Speciale aandacht is gegeven aan het einde van het stortebed. Het zinkstuk komt daar onder een helling op een grindpakket te liggen; bovendien wordt daar de bestorting van een asfaltpenetratie voorzien.
Vorm en afmetingen van het stortebed zijn onderwerp geweest van studie o.a. door het Waterloopkundig Laboratorium. Uit modelproeven bleek dat een constructie eindigend onder een helling van 1 : 2 tot een diepte van 18 m beneden N.A.P. een goede oplossing bood.
Tevens bleek dat door het plaatsen van enkele rijen betonnen tetraëders met een hoogte van 2 m op de rand van het stortebed de ontgrondingen achter het stortebed verder konden worden gereduceerd.
Aangezien de sluizen zijn gebouwd in een ondiep gedeelte van de rivier zal het nodig zijn om toeleidingsgeulen te baggeren. Het eerste gedeelte hiervan moet gereed zijn op het moment dat na het gereedkomen van de stortebedden in de herfst van 1968 de sluizen worden geopend.
Om hydraulische redenen kan pas na het openen van de sluizen worden begonnen met het opruimen van de hoeken van de bouwput.
Slechts de binnen het profiel van de uiteindelijke afsluitdam gelegen gedeelten van de ringdijk blijven liggen en worden na profilering voorzien van de nodige bekledingen.
Het grootste deel van de te ontgraven specie zal worden verwerkt in de aansluiting van

de dam aan de duinen van Goeree. Ter plaatse zal vanaf de reeds gemaakte dijkkop een kunstmatig duin met een hoogte van 11 à 12 m boven N.A.P., buiten de bebouwing van het vissersdorp om, aansluiting geven op het bestaande duingebied.
Voorts zal een belangrijke hoeveelheid grond die niet kan worden gezogen vanwege verontreiniging met stortsteen, mijnsteen, enz., worden gebaggerd en met behulp van onderlossers worden verwerkt in het eerste gedeelte van de ten behoeve van de afsluiting van het Rak van Scheelhoek aan te leggen drempel. Ook andere afkomende materialen, zoals op te ruimen zinkstukken met bestorting, mijnsteen, Klundertse klei en asfalt, zullen zoveel mogelijk een nuttige bestemming krijgen bij de afsluiting van laatstgenoemde geul.
Dat het opruimen van de bouwput met alles wat daarbij komt een bijzonder omvangrijk werk is wordt nog eens duidelijk gedemonstreerd bij een opsomming van de voornaamste hoeveelheden van de verschillende materialen die moeten worden weggehaald en verplaatst of aangebracht.
Uit de ringdijk van de bouwput zal 3 900 000 m³ zand worden weggebaggerd, waarvan globaal 2 400 000 m³ wordt verwerkt in de duinaansluiting, 400 000 m³ in de Zuiderdiepdam en de rest (1 100 000 m³) wordt afgevoerd naar stortplaatsen in de riviermond.
De toeleidingsgeulen zullen ca. 1 100 000 m³ bruikbare specie voor de duinaansluiting leveren en bovendien 1 100 000 m³ onbruikbare specie die wordt gestort in het Rak van Scheelhoek.
De kwadranten, gevormd door de hoeken van de bouwput, leveren ca. 1 040 000 m³ specie die eveneens wordt afgevoerd.
In totaal wordt dus ruim 7 000 000 m³ specie gebaggerd en gezogen waarvan ruim 3 000 000 m³ wordt afgevoerd.
Aan zink- en kraagstukken zal 257 000 m² moeten worden verwerkt, waarvoor ongeveer 300 000 ton steen benodigd zal zijn, en wel 65 000 ton zinksteen en 233 000 ton stortsteen. Daarenboven zal nog een hoeveelheid van ongeveer 350 000 ton grind moeten worden gebruikt.
Aan gietasfalt zal een hoeveelheid van 18 000 ton moeten worden verwerkt.
Voor de opbouw en de bescherming van de ringdijk zijn destijds grote hoeveelheden zink- en kraagstukken aangebracht die nu weer moeten worden opgeruimd. De oppervlakte van deze stukken bedraagt ongeveer 185 000 m². De hoeveelheid steen en grind die een onderdeel vormt van de op te ruimen contructies voor taludbescherming en opbouw van de dam bedraagt ongeveer 100 000 ton.
De asfaltbekleding op de ringdijk die moet worden verwijderd heeft een oppervlakte van 85 000 m² en een inhoud van 30 000 m³.
Voor de uitvoering van het werk is een tijdschema opgesteld, dat uiteraard is afgestemd op de overige werkzaamheden die verband houden met de afsluiting van het Haringvliet. Het goed aanhouden van de vastgestelde uitvoeringsvolgorde en van het juiste tempo is uit hydraulisch oogpunt van het grootste belang.
Binnen dit schema zullen de volgende richtdata gelden als leidraad bij de uitvoering.

Inunderen van de bouwput	jan./febr. 1967
Doorbaggeren van de ringdijk	maart 1967
Wegbaggeren van de ringdijk en verlengen van het stortebed aan de zeezijde	1967
Wegbaggeren van de ringdijk en verlengen van het stortebed aan de rivierzijde	1968
Opruimen van de kwadranten	eerste helft 1969
Maken van de toeleidingsgeulen	1968 en 1969

Het beschreven werk dient medio 1969 geheel voltooid te zijn.

A. De werken van het Deltaplan

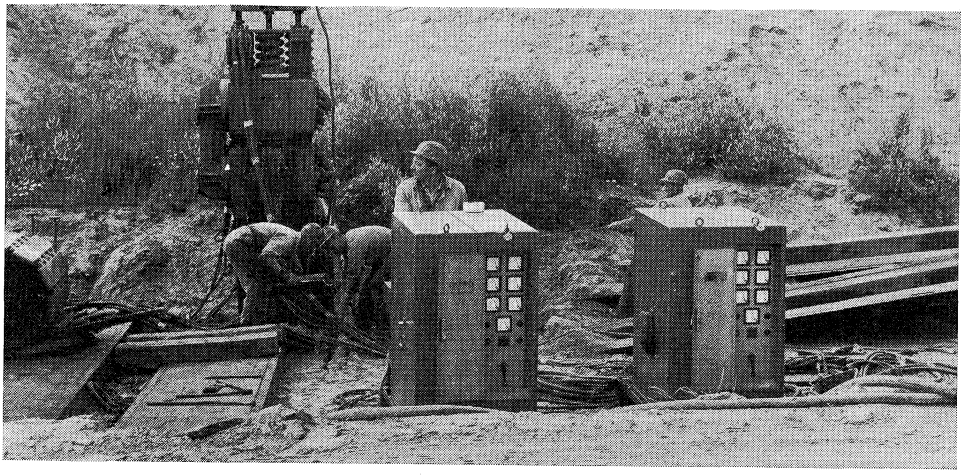
Haringvliet

De uitwateringssluizen

Van de vierendertig schuiven moeten er nog drie met de armen tegen de Nablaligger worden bevestigd. Negentien schuiven hebben reeds proefgedraaid, de resterende schuiven zijn nagenoeg gereed. Van de achtenzestig bewegingswerken moeten er nog twee gedeeltelijk worden gemonteerd. De schuiven en bewegingswerken voor de vis- en zoutriolen zijn nagenoeg gereed voor proefdraaien. In vijf vakken zijn de verwarmingselementen voor de zijaanslagen van de schuiven op de reeds aangebrachte grondplaten gemonteerd. Ten behoeve van de kathodische bescherming zijn aluminiumanodes in de schuiven aangebracht.

De bouwput van de uitwateringssluizen

In de verslagperiode werd aan de Deltacombinatie een aantal werken opgedragen ter voltooiing van de stortebedden van de uitwateringssluizen, en om een begin te maken met de ontmanteling van de bouwput.
Na de ontgraving van de bouwput, die begin 1966 werd beëindigd, restte nog de verwijdering van een gronddam die gebruikt was voor de aanvoer van de schuifhelften van de sluizen.
In de verslagperiode werd 78 000 m³ grond van deze dam ontgraven en afgevoerd. Na gedeeltelijke ontgraving kon de aanleg van het stortebed weer worden voortgezet; daarin zijn 3000 ton steen en 13 000 ton zand en grind verwerkt.
In 1967 zal met de opruiming van de bouwput worden begonnen. Voor de bouwput geïnundeerd kan worden moeten twintig caissons en 12 000 m² zinkstukken in den droge uit de ringdijk worden verwijderd. Voor deze opruimingswerkzaamheden moet 47 000 m³ zand enige malen worden verzet. Deze werkzaamheden zijn aangevangen met vier draglines, twee bulldozers, een Poclainkraantje en de nodige auto's voor de afvoer van puin en zinkstukken. Zeventien van de caissons zijn thans opgeruimd, terwijl ongeveer 4100 m² zinkstukken is verwijderd. Ook werd een begin gemaakt met het afbreken van de steigers in de bouwhaven.
Voor men het water in de bouwput toelaat worden de taluds van de dijkgedeelten die aansluiten op de landhoofden, voor zover mogelijk binnen de ringdijk voorzien van een bekleding van met asfalt gepenetreerde stortsteen.



Door middel van elektrische trilapparatuur wordt de damwand uit de bodem getrokken.

De schutsluis

De terreinen rondom de schutsluis werden met klei bekleed; een begin werd gemaakt met de aanvoer van klinkers voor de bestrating.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

De kleibekledingen op taluds en bermen werden verder afgewerkt. De kade langs de Plaat van Scheelhoek werd voltooid. In de verslagperiode werd 290 000 m³ specie gebaggerd en gespoten buiten de afsluitdam van het Zuiderdiep, nabij de haven van Goedereede.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

De overbrugging van het Zuiderdiep zal bestaan uit een hooggelegen en een laaggelegen brug. De palen onder het noordelijk landhoofd en onder de pijlers zijn geheid. Aan de zuidzijde, waar eenentwintig paalschermen moeten komen, werd met het heien een aanvang gemaakt. Van enkele pijlers werden de voetplaten gestort; voor de verdere opbouw werden de bekisting en bewapening gesteld. In de verslagperiode werd een hoeveelheid van 475 m³ beton gestort. Het heiwerk voor het viaduct is klaar. Men is daar begonnen met het stellen van bekisting en wapening voor de voetplaten en de verdere opbouw. Alle betonpalen van de uitwateringssluis kwamen gereed. Ter voorbereiding van het heiwerk werd een begin gemaakt met het ontgraven van de bouwput.

Plateau en werkweg op het strand van Voorne

Het vorige nummer van het Driemaandelijks Bericht (augustus 1966) bevat een constructiebeschrijving van het plateau en de werkweg op het strand van Voorne. Het werk werd inmiddels opgedragen aan de Deltacombinatie (overeenkomst nr. DED 819). Begonnen werd met het uitleggen van nyloncellendoek gevuld met asfaltzand. Daarna werd getracht vanaf het water mijnsteen te lossen op het strand; de deining maakte dit echter onmogelijk. Men besloot toen eerst het cunet voor de weg over de buitengorzen te ontgraven en te vullen met zand. Na voltooiing van deze werkzaamheden werd de mijnsteen in de werkhaven op auto's geladen, en door het cunet en verder over het strand in de te maken kade ge-

reden. De kade werd in de verslagperiode nagenoeg voltooid en voorzien van een voorlopige steenbekleding.
De aangebrachte kraagstukken van nyloncellendoek bleken al spoedig niet te voldoen. Ze werden namelijk, omdat ze juist in de branding lagen, door de zee opgetild en dubbelgeslagen. Gezien deze ervaring is besloten een strook van rijshouten kraagstukken aan te brengen.

Brouwershavensche Gat

Het damvak op de Kabbelaarsbank

Het zand voor het eigenlijke damlichaam is thans nagenoeg geheel aangebracht; met het persen van zand in het aangrenzende werk- en haventerrein wordt voortgegaan. Van de drie zandzuigers die hier aanvankelijk werkten, werd er in de loop van de verslagperiode één afgevoerd.
De damwand voor de teenconstructie aan de zeezijde is volledig aangebracht, terwijl van de daarvoor aan te brengen steenkorven en asfaltslab respectievelijk 80% en 65% is gereedgekomen.
Begonnen werd met het maken van de taludverdedigingen van gepenetreerde stortsteen en asfaltbeton. Hiervan kwam ongeveer 75% respectievelijk 55% gereed.
Het aanbrengen van de glooiing van koperslakblokken op het binnenbeloop werd voortgezet; daarvan is thans de helft klaar.

Eenheidscaissons voor de afsluitingswerken

In het vorige nummer werd vermeld dat enige uitbreiding aan het aanvankelijk opgedragen werk werd gegeven door het doen bijmaken van 12 eenheidscaissons en 6 opzetstukken.
Deze elementen zijn inmiddels gereed gekomen en zullen binnenkort worden vervoerd naar de daarvoor aangewezen opslagplaatsen.

Volkerak

De schutsluizen

De bouw van het schutsluizencomplex is voor wat het betonwerk aangaat nagenoeg voltooid.
Op 26 januari 1962 nam dit werk een aanvang en op 15 oktober 1966 zal het voor de eerste maal door de aannemer worden opgeleverd. In deze 57 maanden is dan onder meer verwerkt: 155 000 m³ beton, 13 000 ton wapeningsstaal, 10 000 m voorgespannen betonpalen, 1000 ton damwandstaal en 600 000 m³ grond.
Voortgegaan werd met het aanbrengen van de bewegingswerktuigen op de sluisdeuren en de elektrificatie van het kunstwerk.

De ringdijk en de aanvulling der sluisterreinen

De sluisterreinen werden nagenoeg geheel onder profiel gebracht. Een aanvang werd gemaakt met het aanbrengen van de kleibekleding op deze terreinen. De aanvulling van de kil tussen het landhoofd en het bestaand grondlichaam kwam gereed. Hierin werd ca. 25 000 m³ zand verwerkt. De taluds van dit grondlichaam werden afgedekt met klei.

Geleidewerken en wachtplaatsen

De geleidewerken en wachtplaatsen in de noordelijke voorhaven kwamen, behoudens kleine afbouwwerkzaamheden, gereed.
In de zuidelijke voorhaven werden alle stalen buispalen voor de drijvende geleidewerken geheid. Begonnen werd met het heien van de stalen buispalen van de vaste geleiding, zowel voor de middenals voor de zijgeleiding.
Voor de ondersteuning van de betonnen loopbruggen in de middengeleiding werden voorgespannen betonpalen geheid. Een begin werd gemaakt met het plaatsen



De damvakken in het Brouwershavensche Gat, gezien van zuid naar noord.

en aaneenlassen van de 30 m lange secties voor de drijvende geleiding.
Het conserveren van stalen onderdelen en de vervaardiging van hardhouten beschermingsschotten werd voortgezet.

Het bouwdok voor de caissons

Op 8 juli werd dit werk voor de eerste maal, en na de onderhoudsperiode op 8 september voor de tweede maal opgeleverd en goedgekeurd.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven

Op 7 september zijn de werkzaamheden volgens overeenkomst nr. DED 693 voor de eerste maal volledig opgeleverd en goedgekeurd.
Het werk dient gedurende 6 maanden door de aannemer te worden onderhouden, waarna de definitieve oplevering plaatsvindt.

Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven

De grondbezinking en de mijnsteenkern van de schermdam kwamen gereed.

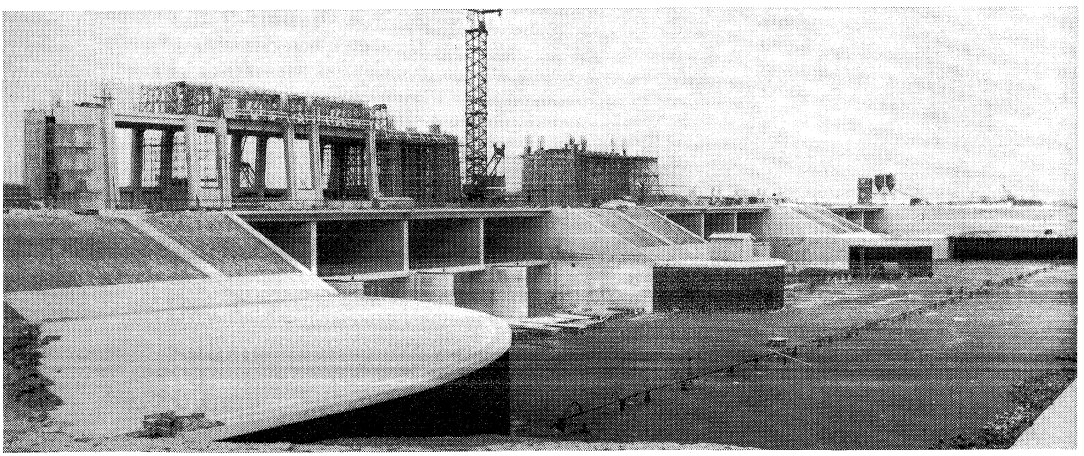
In de periode van mei tot medio september 1966 is hiertoe ruim 125 000 ton mijnsteen gelost en verwerkt. Deze mijnsteenkern is inmiddels afgedekt met een laag grof grind, waarop de steenbekleding van Belgische steen nog moet worden gevlijd.
De grondverbetering voor de uitbreiding van de havendam is gereedgekomen, waarbij 230 000 m³ slechte grond is ontgraven en in het Haringvliet geklapt, nabij de Haringvlietbrug.
Half augustus is een aanvang gemaakt met het aanvullen van deze ontgraving met zand.
Begonnen werd ook met de verdere uitbouw van de havendam met zinkstukken en zand tot N.A.P. – 5 m. In oktober zullen deze werkzaamheden zover gevorderd zijn dat er een mijnsteenkade op kan worden gebouwd.
Aan de oostzijde van de haveningang zijn de werkzaamheden voor de grondverbetering van de oostelijke havennol in volle gang.
Meer landinwaarts wordt voortgegaan met het maken van de oostelijke havenoever. Dit gedeelte van de glooiing heeft een filteropbouw zoals beschreven

in nr. 29 (augustus 1964) van het Driemaandelijks Bericht. Zodra dit filtersysteem gereed is wordt de kade aan de havenzijde weggebaggerd.
In de scheepvaartgeul is de baggermolen 'Nereus' in bedrijf.
In oktober zal hier ook de baggermolen 'Triton' worden ingezet, die enige tijd aan het werk onttrokken is geweest.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De aanleg van het 800 m lange dijkvak ten westen van het werkeiland maakt goede vorderingen: het zandprofiel is vrijwel gereed en ook alle taludbekledingen behalve de kleiafdekking zijn aangebracht.
Vermoedelijk door de sterke druk van het perswater is de zuidelijke keileemkade plaatselijk verzakt. Om verdere verzakkingen te voorkomen werd een tijdelijke bronbemaling in het zandlichaam aangebracht ter plaatse van de binnenberm. Enkele voorlopige voorzieningen zijn voorts getroffen om de beschadigde blokkenglooiing te beschermen.
De drempel in het sluitgat is, wat de grondwerken betreft, gereed. De zinkwerken die deze drempel tegen uitschuring moeten beschermen zijn nog in volle uitvoering. Duidelijk is reeds aan de stromingen merkbaar dat een groot deel van het sluitgatprofiel (ongeveer 35%) thans geblokkeerd is, hetgeen de zinkmanoeuvres bemoeilijkt.
De bovenbouw van de drie uitwateringssluizen vordert goed.
Van de schutsluis in de afsluitdijk is het grootste deel van de wanden gereed. Begonnen is met de aanaarding van dit kunstwerk.
Van twee doorlaatcaissons kwamen de onderbakken geheel gereed en zijn de vloeren gestort; van tien andere caissons zijn de vloeren inmiddels gereedgekomen.
De dijken van de bouwput voor de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen kwamen op hoogte. Een verzakking van de slappe ondergrond veroorzaakte hier enige stagnatie, maar door extra hoeveelheden klei aan te brengen gelukte het de aannemer toch de dijk op de vereiste hoogte te brengen. De oude zeewering ter plaatse is inmiddels afgegraven.
In de gedeeltelijk ontgraven bouwput is een bronbemaling aangebracht.

De vorm van de bovenbouw van de uitwateringssluizen in de Lauwerszeedijk wordt reeds zichtbaar.



Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
DED 756*a*	20 april 1966	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 756 voor het leveren v koperslakblokken t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 773	9 februari 1966	Het uitvoeren van baggerwerk en het maken van oevervoorzieningen m bijkomende werken in de Zuiderdiepboezem
DED 776	20 april 1966	Het maken van het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de V kerakssluizen in de gemeente Willemstad
DED 779	9 februari 1966	Het maken van een bouwput met bronbemaling nabij de schutsluizen in gemeente Willemstad
DED 784	15 februari 1966	Het leveren, lossen en opslaan van Limburgse steen (Silex) voor wegfu deringen in het Noord-Sloe
DED 787	28 maart 1966	Het plaatsen van een keet en het maken van een portaal met hal aan een b staande kantoorbarak, op te maken funderingen en het maken van scheidin wanden in een bestaande kantoorbarak met bijkomende werken op het terre van de Rijkswaterstaat, Kanaalweg 2 O.Z. te Hellevoetsluis
DED 789	30 maart 1966	Het geven van advies inzake technische problemen bij de revisie en het he gebruik van de krachtens overeenkomst DED 506 geleverde en gemonteer kabelbaan
DED 796	21 april 1966	Het maken van documentaire films van de Deltawerken t.b.v. de Deltadien van de Rijkswaterstaat
DED 797	1 februari 1966	Het leveren van stortsteen t.b.v. de afsluiting van het Haringvliet
DED 798	25 januari 1966	Het onderhouden van beplantingen en het grasgewas en het uitvoeren v onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelegenhed op en langs terreinen behorende bij de directie Afsluitingswerken van Deltadienst te Hellevoetsluis
DED 805	1 april 1966	Het leveren van betonglooiingblokken, dik 20 cm, met bijbehorende onde en bovenbanden, t.b.v. de zuidelijke voorhaven van de Volkerakssluizen na Willemstad
DED 808	21 april 1966	Het verrichten van onderhouds- en herstellingswerkzaamheden, leverin en vernieuwingen aan het motorschip 'Springer'
DED 810	2 maart 1966	Het vervaardigen van een keerwand met hierin opgenomen een stroomgoc twee losse laadvloeren en bijbehorende voorzieningen op een terrein aan Gelderse oever van het sluizencomplex te Lith
DED 812	9 maart 1966	Het lossen en in depot opslaan van zink- en stortsteen t.b.v. de afsluiting v het Brouwershavensche Gat
DED 811	9 maart 1966	Het leveren van zink- en stortsteen t.b.v. de afsluiting van het Brouwer havensche Gat en het Haringvliet
DED 816	2 februari 1966	Het leveren en gedeeltelijk lossen van grof grind t.b.v. de afsluiting van h Haringvliet
DED 817	1 februari 1966	Het leveren van grof grind t.b.v. de afsluiting van het Haringvliet
DED 818	9 februari 1966	Het instandhouden en later verwijderen van de bronbemalingsinstallatie c. zoals omschreven in overeenkomst DED 779 t.b.v. het maken van caissons een bouwput nabij de Volkerakssluizen te Willemstad
DED 821	28 februari 1966	Het leveren van mijnsteen t.b.v. de uitvoering van de Deltawerken
DED 823	25 februari 1966	Het penetreren met cementmortel van een grindglooiing langs de geul v Maltha in de gemeente Willemstad
DED 825	28 februari 1966	Het vervoeren, lossen en opschelven van rijsmaterialen t.b.v. de afsluitir van het Brouwershavensche Gat
DED 826	22 maart 1966	Het maken van pijlers van voorgespannen beton t.b.v. een kabelbaan in h Haringvliet in de gemeente Hellevoetsluis
DED 827	23 december 1965	Het verrichten van water- en temperatuurwaarnemingen te Zierikzee
DED 828	3 mei 1966	Het leveren van koperslakblokken t.b.v. de afsluiting van het Brouwer havensche Gat

'erken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
eenheidsprijzen	Mavotrans N.V. te 's-Gravenhage
f 4 118 000,—	Deltacombinatie te Hellevoetsluis
f 10 200 000,—	Combinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
f 1 920 000,—	Combinatie Schutsluizen Volkerak te Amsterdam
eenheidsprijzen	N.V. Handel-, Industrie- en Scheepvaartmij 'de Hoop' te Terneuzen
f 13 999,—	Firma S. L. Kranenburg te Oudenhoorn
—	Les Etablissements Neyrpic te Grenoble
—	A. N. Dekker te Rijswijk Z.H.
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij 'De Keerkring' te Utrecht
f 35 980,—	Firma S. L. Kranenburg te Oudenhoorn
eenheidsprijzen	Pit-Beton N.V. te Middelburg
f 12 344,36	N.V. Scheepswerf Alphen, P. de Vries Lentsch te Alphen aan de Rijn
f 43 495,—	Bitumarin N.V. te Zaltbommel
204 820,—	N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij Arnold Maassen te Maastricht
eenheidsprijzen	Utroma N.V. te Arnhem
eenheidsprijs	Rheinisches Lava Kontor GmbH te Sinzig/Rhein
eenheidsprijzen	Grondboorbedrijf J. Mos N.V. te Rhoon
eenheidsprijs	Hoofddirectie Staatsmijnen in Limburg te Heerlen
f 11 803,60	Combinatie Schutsluizen Volkerak te Amsterdam
f 16 038,—	Aannemerscombinatie Zinkwerken te Gorinchem
f 1 621 500,—	Combinatie Brug Oosterschelde te Beverwijk
—	L. Bij de Vaate te Zierikzee
eenheidsprijzen	Mavotrans N.V. te 's-Gravenhage

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Bart Hofmeester	402 418 438 444
G. de Klerk	442
W. Riemens	394
T. Slagboom	396 398 399
H. de Vries	445

Inhoud nr. 39

A. De werken van het Deltaplan

451 Bescherming van de schuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet tegen corrosie

455 De stormen van november en december 1965

466 Onderzoek naar de grondwaterbeweging met behulp van elektrische analogiemodellen

470 De aansluiting van de dam door het Haringvliet op de duinen van Goeree

473 Het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat

478 Het dok voor de bouw van doorlaatcaissons bij Nieuw Bommenede

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuwsch-Vlaanderen en Walcheren

481 Versterking van de hoogwaterkering van de Nieuw-Neuzenpolder

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

485 De afsluiting van de Lauwerszee met doorlaatcaissons

494 **Vorderingen**



Bescherming van de schuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet tegen corrosie

Bij de beschrijving van de constructie van de schuiven voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet (Driemaandelijks Bericht nr. 25, augustus 1963), is reeds gesproken over de invloed die het proces van corrosie zal hebben op de vermoeiingssterkte van het staal van de schuiven. Zonder corrosie bedraagt de vermoeiingssterkte ruim 1800 kg/cm², maar onder invloed van corrosie kan ze afnemen tot minder dan 900 kg/cm². Bij de bestudering van het probleem der corrosiewerking kwam men tot de slotsom dat behalve een zink- en een verflaag een systeem van kathodische bescherming nodig zou zijn om de schuiven ook gedurende de perioden waarin geen onderhoud kan worden gepleegd, zoveel mogelijk tegen aantasting te beschermen. De kans op beschadigingen van de beschermende verflagen door ijsgang en drijvende voorwerpen is, vooral bij stormachtig weer, allerminst denkbeeldig. Bovendien moet men aannemen dat in de beschermende lagen zelf hier en daar onvolkomenheden zullen voorkomen. Herstel daarvan kan alleen bij goed weer plaatsvinden, zodat beschadigingen die in de herfst optreden veelal pas in het voorjaar of in de zomer zullen kunnen worden hersteld. Aangezien juist het gedeelte van de schuiven dat onder water kan komen het meest kwetsbaar is, kan een kathodische bescherming zeer geschikt als aanvullende corrosiewering dienen. Een proefinstallatie op de deuren van de sluis in de Zandkreekdam leverde gunstige resultaten op, zodat eind 1965 besloten kon worden het daar gebruikte systeem ook toe te passen op de segmentschuiven in het Haringvliet. Zoals men weet zijn de schuiven dubbelwandig uitgevoerd, en zijn ze zowel horizontaal als verticaal met verstijvingsschotten verstevigd. Door openingen aan de onder- en bovenkant kan water in de schuif toetreden. Het is derhalve nodig zowel de binnen- als de buitenzijde van de schuif tegen aantasting te beschermen.

Principe van de kathodische bescherming

Wanneer men twee verschillende metalen plaatst in een elektrolyt – een stof die in waterige oplossing een elektrische stroom geleidt en daarbij ontleed wordt –, vertonen zij een potentiaalverschil. Verbindt men die metalen buiten de vloeistof om door een geleider, dan ontstaat er een elektrische stroom van het ene metaal naar het andere. Van het metaal dat onedel is in vergelijking met het andere, de anode, verplaatsen zich metaalionen door de elektrolyt naar het edeler metaal, de kathode. Langs de

geleider wordt deze stroom gecompenseerd door een elektronenstroom naar de anode. Op dit beginsel berust de accu.
Ook in staal zijn deeltjes aanwezig die zich ten opzichte van naburige deeltjes anodisch gedragen. In een vochtige omgeving zullen er dan ook ijzerionen vrijkomen, die door OH-ionen worden gebonden; de overblijvende waterstofionen verplaatsen zich naar de kathode. Aan de oppervlakte van de kathode ontwikkelt zich dus waterstof, en op de anode komt roest. Dit elektro-chemische proces nu kan worden tegengegaan door kathodische bescherming.
Verbindt men door middel van een geleider aan het staal een ander, onedeler metaal, dan verplaatsen metaalionen van deze anode zich door de elektrolyt naar het te beschermen staal, waar dus het vrijkomen van ijzerionen wordt onderdrukt; bij een goede keuze van de anode kan het zelfs geheel worden voorkomen. Dan wordt dus een volledige kathodische bescherming verkregen. De anode wordt gaandeweg afgebroken en moet na verloop van tijd vernieuwd worden. Men spreekt in dit geval van een opofferingsanode. Als materiaal komen zink, magnesium en aluminium in aanmerking.
Kathodische bescherming kan ook verkregen worden met behulp van een gelijkstroombron, verbonden met een hulpanode, die weer met het te beschermen constructiedeel in verbinding staat. Als hulpanode kan bijvoorbeeld ijzerschroot worden gebruikt, dat dan opgeofferd wordt ten bate van de te beschermen constructie en periodiek vernieuwd moet worden, of een anode, die permanent gebruikt kan worden, bestaande uit bijvoorbeeld geplatineerd titanium. Deze methode wordt 'bescherming met opgedrukte stroom' genoemd.
Voor een goede kathodische bescherming is een bepaalde beschermingspotentiaal vereist, die vrijwel constant dient te worden gehouden. Bij onderbescherming treedt toch nog corrosie op. Bij overbescherming treedt waterstofontwikkeling op aan de kathode, dus het staal. Daardoor kan de verflaag van het staal afgedrukt worden.
Bij kathodische bescherming met als opofferingsanode zink en aluminium behoeft de potentiaal niet geregeld te worden. Overbescherming treedt hier niet op. Bij bescherming met opgedrukte stroom moet dit wel gebeuren. Bij wijziging van het ondergedompelde oppervlak verandert namelijk ook de stroombehoefte. Bij opgedrukte stroom is dan ook een vrij kostbare regelapparatuur nodig.
Daar het inwendige van de schuiven uit een groot aantal door openingen met elkaar verbonden compartimenten bestaat, is daar een bescherming met opofferingsanoden het meest geschikt.
De grote buitenvlakken van de schuiven kunnen echter het best met opgedrukte stroom worden beschermd.

Uitvoering

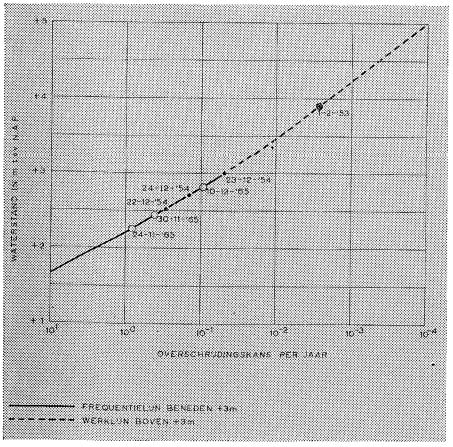
In ieder compartiment in het inwendige van de schuiven is één aluminiumanode aangebracht. Het aluminium is gegoten om een ijzeren staaf, die met zogenaamde worgbouten met de staalconstructie is verbonden. De worgbouten waarborgen een goed metallisch contact en houden de overgangsweerstand binnen aanvaardbare grenzen. De hoeveelheid aluminium is zo gekozen dat zij voldoende is voor een beschermingsduur van 10 jaar, wanneer 20% van het natte oppervlak niet meer van verf voorzien is. De verwarmingselementen worden eveneens beschermd door aluminium-anoden. De buitenwanden, die door middel van opgedrukte stroom worden beschermd, zijn zowel aan de zee- als aan de rivierzijde voorzien van vier anoden van geplatineerd titanium. Aan de zeezijde zijn ze met bouten op de wand bevestigd en aan de rivierzijde met

behulp van een stalen plaat op een waterinlaatpoort. De anoden zijn gevat in elastisch, slijtvast epoxyhars. Op de wanden zijn tevens meetelektroden aangebracht, die dienen als referentie-elektroden voor de gelijkrichterinstallatie. De anoden en referentie-elektroden zijn door middel van kabels verbonden met de gelijkrichterinstallatie.
Per schuifwand worden twee van deze installaties geplaatst. De bereikte potentiaalverschillen worden op een continu registrerend meetinstrument opgetekend. In het centrale bedieningsgebouw brandt bij goede werking van de gehele installatie één oranje lamp, evenals op de buitenzijde van elk der ruimten in de nablaliggers waarin een gelijkrichterinstallatie is geplaatst.
Treedt een defect op, dan dooft de lamp in het bedieningsgebouw en in de gelijkrichterruimte waar de storing is opgetreden.

Het verfsysteem

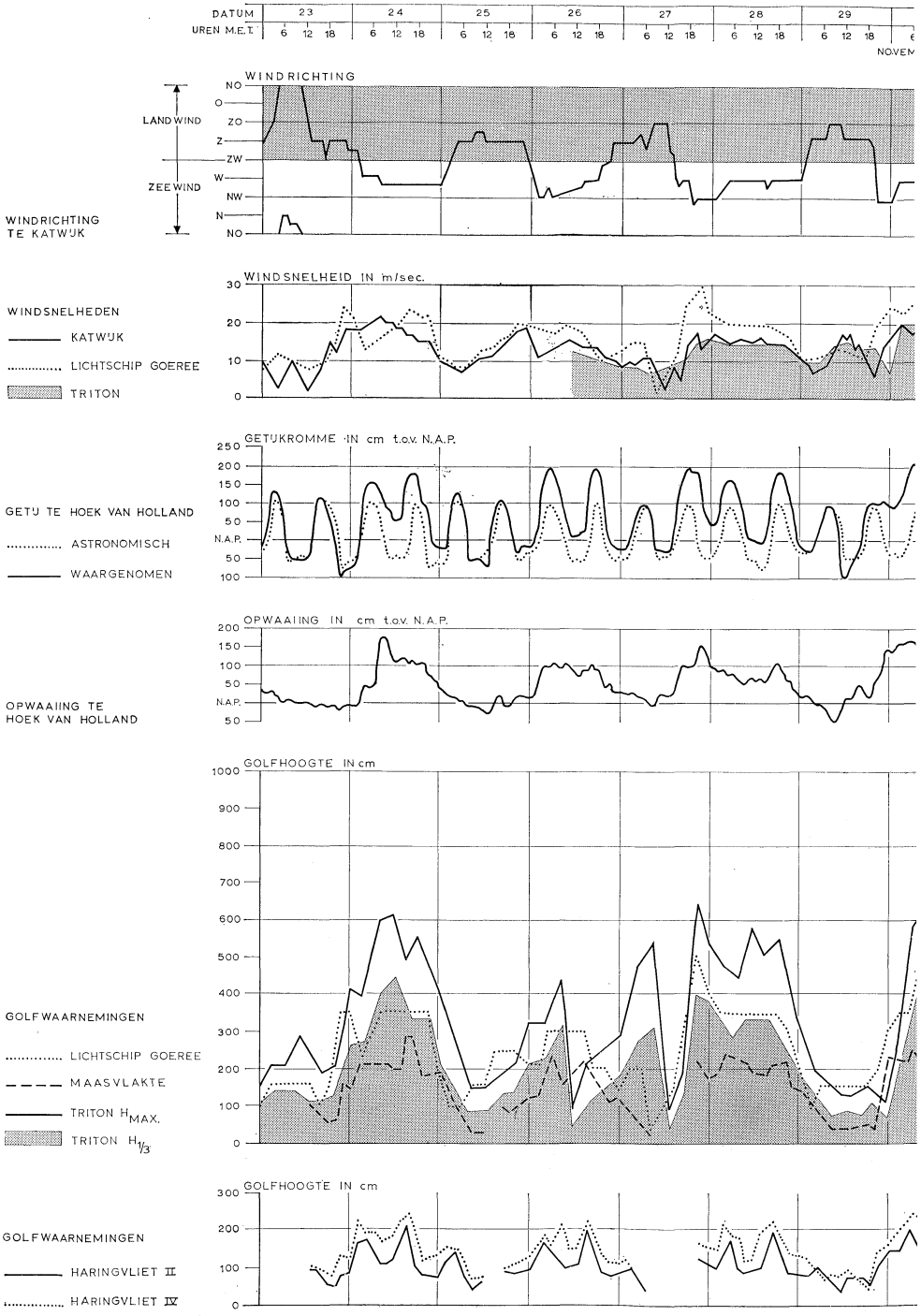
De gehele staalconstructie is voorzien van een verfsysteem op basis van epoxyhars. Uit een groot aantal corrosieproeven is gebleken, dat met een dergelijk systeem in zeewater goede resultaten worden verkregen. Voor het aanbrengen van de verf zijn op de samenstelplaatsen van de schuiven in Utrecht en Rotterdam verfcabines gebouwd, waarin halve schuifwanden met een lengte van 30 m en een breedte van 11 m konden worden behandeld. Een verfprodukt op epikotebasis vereist namelijk een verwerkingstemperatuur van minstens 10° C en een relatieve vochtigheidsgraad kleiner dan 70%. Omdat ook in de winter doorgewerkt moest worden moest het conserveren wel in speciaal voor dit doel gebouwde cabines plaatsvinden. Na het stralen werd een laag epikotezink aangebracht met een laagdikte van ongeveer 40 micron, waarna een laag epikote-aluminium van ongeveer 20 micron en een laag epikote-teer van ongeveer 225 micron volgden. Scherpe kanten en moeilijk te bereiken delen werden met de kwast voorgezet, waarna de rest werd opgespoten met een hoge-drukspuit waarvan de spuitdruk bij de spuitopening 130 tot 200 atmosfeer bedroeg.
Na de montage op de bouwplaats in het Haringvliet zijn de montagelassen geconserveerd en beschadigingen bijgewerkt die waren ontstaan tijdens het transport en de montage.

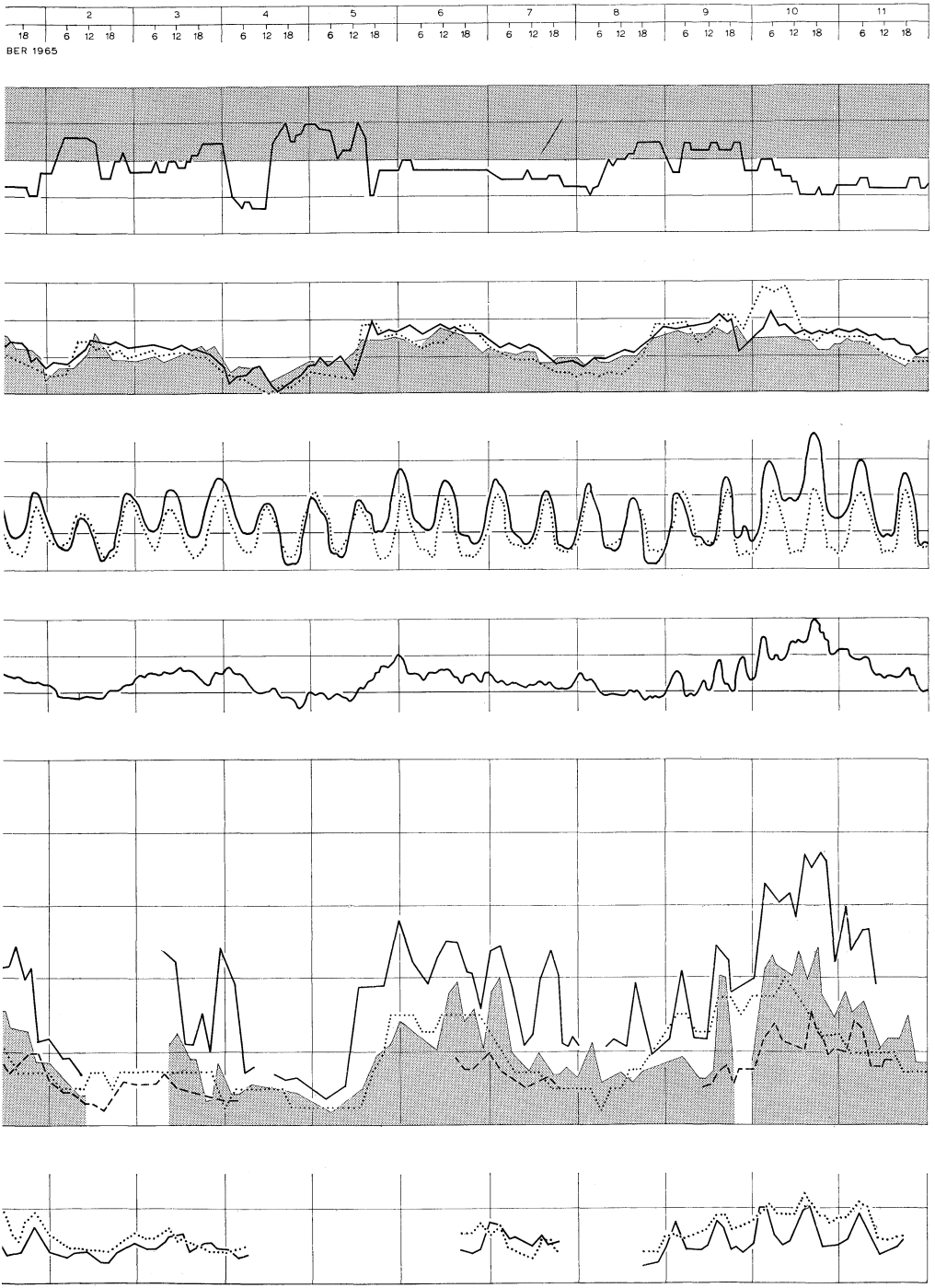
Na de uitvoering van het Deltaplan zullen de zeeweringen ons land beveiligen tegen een dreiging van stormvloeden, en zelfs tegen die van nog nooit in de historische tijd waargenomen stormvloedstanden, die evenwel als gevolg van een samenspel van bijzonder ongunstige getijwaterstanden en opwaaiing op de Noordzee zouden kunnen voorkomen. In de Deltawet is uitgegaan van een zeer zware storm, waardoor de hoogwaterstand te Hoek van Holland het peil van N.A.P. + 5 m, de zogenaamde maatgevende waterstand, zou bereiken. De kans op het optreden van een dergelijke of een hogere stormvloed eenmaal in een willekeurig jaar is 1 : 10 000 of 0,01% en eenmaal in een willekeurige eeuw 1 : 100 of 1%. Deze kans kan met een redelijke nauwkeurigheid bepaald worden uit een overschrijdingskromme, die uit een groot aantal waarnemingen van hoogwaterstanden is geëxtrapoleerd.
Gelukkig zijn stormen die werkelijk grote schade aan de zeeweringen toebrengen slechts zeldzaam. Overigens zijn juist zij het gevolg van de extreme omstandigheden die ons meer leren omtrent de oorzaken van het gevaar waartegen de Deltawerken ons moeten beschermen. De dijken en in vele gevallen ook de duinen moeten bestand gemaakt



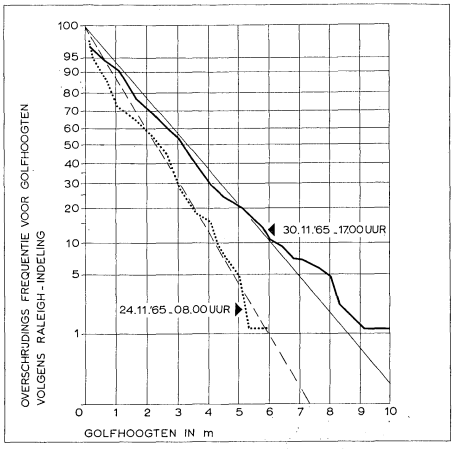
Overschrijdingskansen van de stormvloedstanden te Hoek van Holland




DATUM
23
24
25
26
27
28
29
UREN M.E.T.
6 12 18
NOVEM
WINDRICHTING
NO
O
ZO
Z
ZW
W
NW
N
NO
LANDWIND
ZEEWIND
WINDRICHTING TE KATWIJK
WINDSNELHEID IN m/sec.
30
20
10
0
WINDSNELHEDEN
KATWIJK
LICHTSCHIP GOEREE
TRITON
GETIJKROMME IN cm t.o.v. N.A.P.
250
200
150
100
50
N.A.P.
50
100
GETIJ TE HOEK VAN HOLLAND
ASTRONOMISCH
WAARGENOMEN
OPWAAIING IN cm t.o.v. N.A.P.
200
150
100
50
N.A.P.
50
OPWAAIING TE HOEK VAN HOLLAND
GOLFHOOGTE IN cm
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
GOLFWAARNEMINGEN
LICHTSCHIP GOEREE
MAASVLAKTE
TRITON $H_{MAX.}$
TRITON $H_{1/3}$
GOLFHOOGTE IN cm
300
200
100
0
GOLFWAARNEMINGEN
HARINGVLIET II
HARINGVLIET IV



De verschillende omstandigheden tijdens de stormen in november en december 1965



Golfhoogteverdelingen, waargenomen op het station Triton

worden tegen de gevolgen van de stormen en daarvoor kan men niet meer alleen uitgaan van de vaststelling van de zogenaamde maatgevende waterstanden. Factoren die mede in beschouwing moeten worden genomen zijn de golfslag op zee, de plaatselijke verhoging van de waterstanden, de duur van de hoge waterstanden, en in verband met de kustafslag de gevolgen van het optreden van enkele stormen achterelkaar. Alle gelegenheden worden te baat genomen om de gegevens die men over de uitwerking van stormen heeft aan te vullen, en het inzicht er in te verdiepen. De mogelijkheid daartoe werd in het bijzonder geboden door het optreden van enkele stormen achtereen in de periode 22 november tot 12 december 1965.

De waterstanden

In die periode van drie weken zijn in totaal zeven depressies over de Noordzee getrokken. Daarbij werden echter slechts driemaal stormvloeden veroorzaakt die op ten minste één van de peilschalen in het Deltagebied het grenspeil bereikten, en wel tijdens het tweede hoogwater op 24 november (N.A.P. + 2,80 m te Brouwershaven en Ouddorp), tijdens het tweede hoogwater op 30 november (N.A.P. + 2,97 m te Ouddorp en N.A.P. + 2,47 m te Hoek van Holland) en tenslotte tijdens het tweede hoogwater op 10 december (N.A.P. + 3,35 m te Ouddorp en N.A.P. + 2,81 m te Hoek van Holland).
Aangezien het grenspeil gedefinieerd wordt als het niveau dat gemiddeld één keer per twee jaar wordt overschreden en dus een overschrijdingswaarde heeft van 0,5 of 50% in een willekeurig jaar, is deze opeenhoping van stormvloeden een tamelijk zeldzaam geval.
Blijkens de in de figuren aangegeven werklijn voor Hoek van Holland liggen de kansen op overschrijden van de in deze periode opgetreden stormvloedstanden als volgt: voor de storm van 24 november: 0,78, voor die van 30 november: 0,35 en voor die van 10 december: 0,09. Hieruit kan worden berekend dat de gemiddelde verwachtingswaarde voor het optreden van drie stormvloeden met hogere waterstanden dan op 24 november, waarvan één gelijk of hoger dan de waterstand op 10 december, 0,0036 bedraagt.
Ter vergelijking diene, dat de storm van februari 1953 een overschrijdingswaarde van 0,0033 had en dat in het nog beter vergelijkbare jaar 1954 eveneens drie stormvloeden zijn opgetreden waarbij te Hoek van Holland de stormvloeden N.A.P. + 2,52 m, N.A.P.

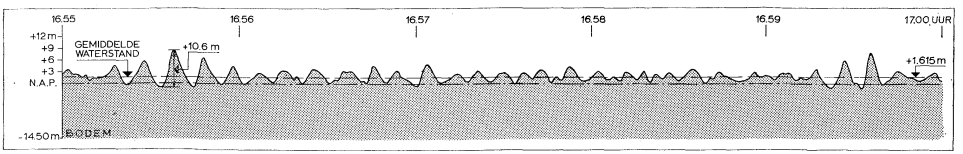
+ 3,00 m en N.A.P. + 2,70 m zijn bereikt en waarvoor naderhand een verwachtingswaarde 0,00036 werd berekend.
Nog uitzonderlijker is, dat de storm van 10 december samenviel met grote rivierafvoeren: de Rijn bij Lobith had een debiet van 6800 m³/sec – gemiddeld 2200 m³/sec – en de Maas bij Lith had een debiet van 1500 m³/sec – gemiddeld 250 m³/sec. Beide afvoeren zijn grensafvoeren en hebben een overschrijdingsfrequentie van één keer per twee winters. Aangezien in het Eindrapport van de Deltacommissie is aangetoond, dat stormvloeden en grote rivierafvoeren onderling onafhankelijk zijn, is de kans op een gelijktijdig optreden van een stormvloed met overschrijdingskans 0,09 gedurende één getij en een afvoer met gemiddelde overschrijdingswaarde 0,5 gedurende gemiddeld 6 van de 180 getijden der drie wintermaanden zeer gering: $6/180 \times 0{,}09 \times 0{,}5 = 0{,}002$.
De waterstanden te Gorinchem en te Andel aan de Waal zijn dan ook hoger geweest dan in februari 1953:

	1965	1953
Gorinchem	4,23	4,04
Andel (Waal)	4,35	4,10

De opwaaiing op de Noordzee

De bovenvermelde waterstanden zijn samengesteld uit de zogenaamde astronomische hoogwaterstanden en uit de opwaaiing. Zoals bekend wordt de getijbeweging veroorzaakt door de aantrekkingskracht van de maan, en in mindere mate door de aantrekkingskracht van de zon, op de watermassa's van de oceanen. Deze aantrekkingskrachten veroorzaken een zeer lange, lage getijgolf, die door resonantie plaatselijk grote getijverschillen kan veroorzaken. De regelmaat waarmee de astronomische invloeden terugkeren maakt het mogelijk de astronomische waterstanden vooraf nauwkeurig te berekenen. De Rijkswaterstaat publiceert de prognoses in de vorm van getijtafels.
De opwaaiing, die als een verstoring van het beeld der astronomische getijden kan worden opgevat, wordt vooral in ondiepe zeeën veroorzaakt, en wel door de wrijving van de stormwind langs het wateroppervlak. De hoogte van de opwaaiing is afhankelijk van de strijklengte van de wind en dus van de windrichting, van de duur en van de windsnelheid; ze laat zich dus moeilijk vooraf berekenen. De nauwkeurigheid van een uit een windverwachting berekende opwaaiing is noodzakelijkerwijs geringer dan die van de windverwachting zelf.
Met behulp van rekenautomaten is het mogelijk geworden het astronomische getij voor enkele stations elke twintig minuten opnieuw te laten berekenen. Uit het verschil met de waargenomen getijkrommen wordt dan naderhand de opwaaiing voor de beschouwde periode bepaald. Gebleken is, dat de maximale opwaaiing gedurende de stormen van 1965 in geen enkele van de zeven perioden met opwaaiing samenviel met het ogenblik van hoogwater; steeds trad ze op bij astronomische waterstanden beneden N.A.P. De

Golfreeks, waargenomen op het station Triton

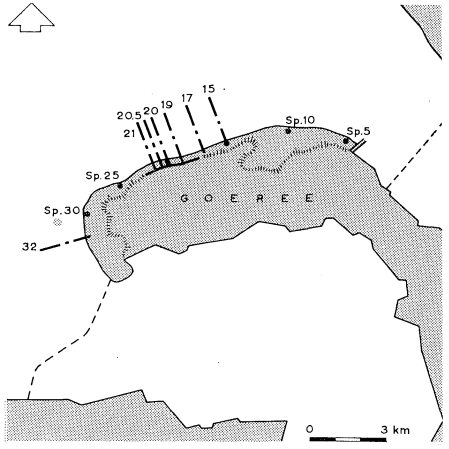


1. Situatie van de dwarsprofielen op het eiland Goeree

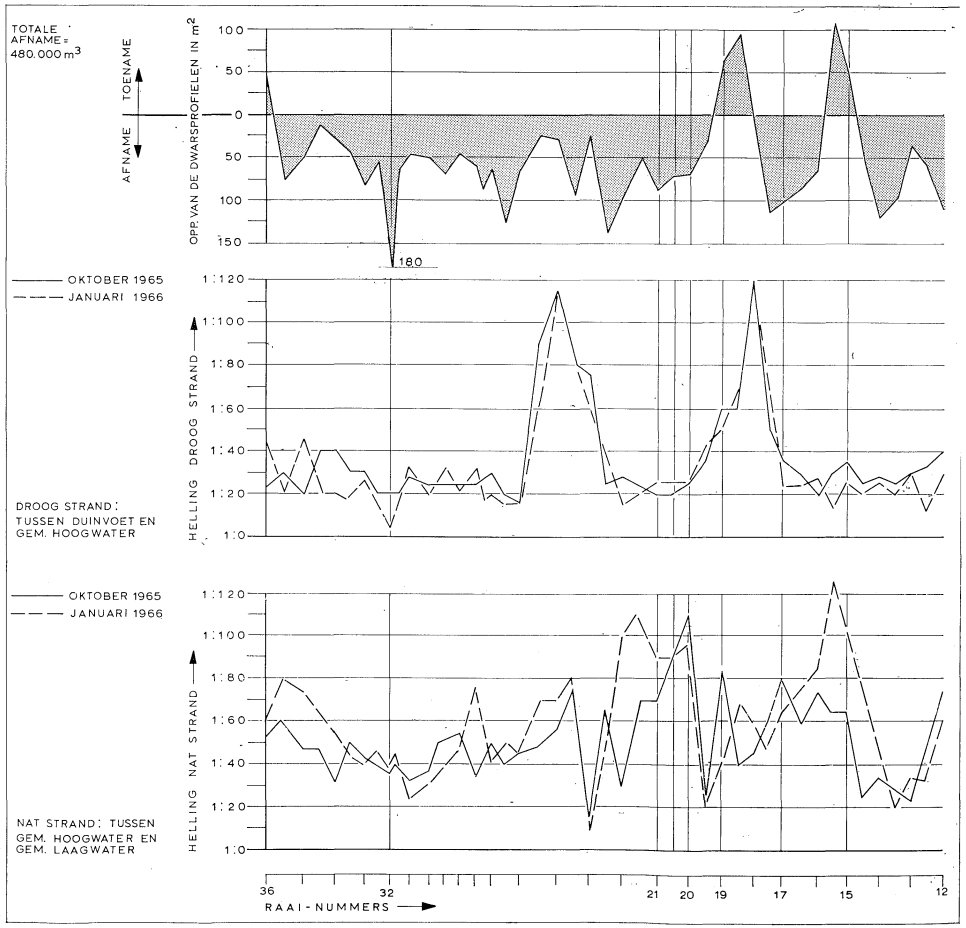
2. Afslag en kenmerkende hellingen van de dwarsprofielen langs de kust van Goeree

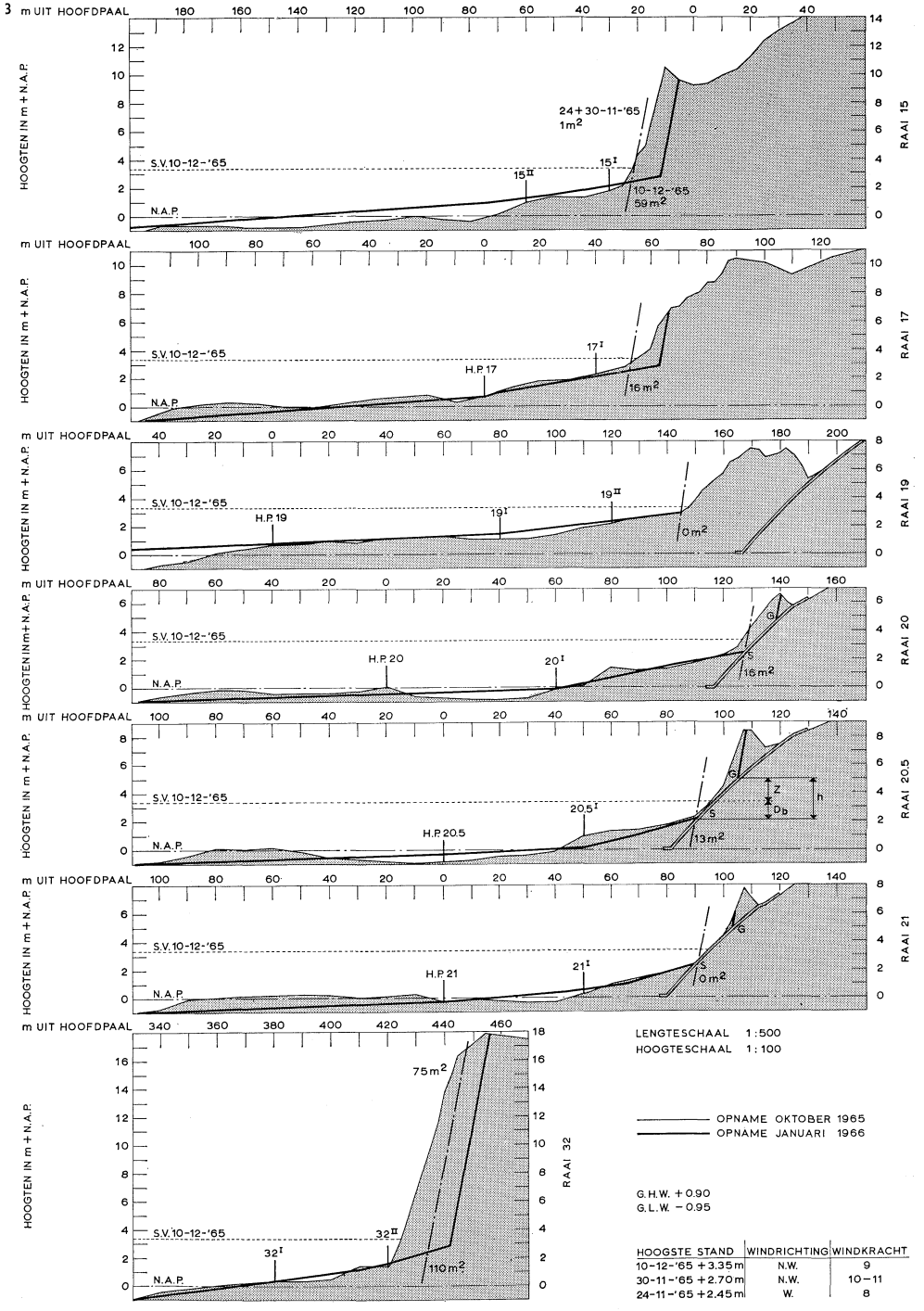
3. Profielen van de duinafslag

1



2





HOOGSTE STAND	WINDRICHTING	WINDKRACHT
10-12-'65 +3.35 m	N.W.	9
30-11-'65 +2.70 m	N.W.	10–11
24-11-'65 +2.45 m	W.	8



Het station Triton, scheefgezakt door de storm

waterstanden hadden bij het samentreffen van hoogwater en maximale opwaaiing nog heel wat hoger kunnen worden. Vooral op 10 december zou een vertraging van de top van de opwaaiing met drie uur ernstige gevolgen gehad kunnen hebben: in Hoek van Holland zou de hoogwaterstand dan nog 44 cm hoger geweest zijn, en wel N.A.P. + 3,25 m.
Opgemerkt moet worden, dat het samenvallen van de maximale opwaaiing met het astronomisch hoogwater beïnvloed wordt door de waterstand zelf en door de stroming. Uit de grafiek kan dit echter niet worden afgeleid.
De vermelde gegevens zijn ontleend aan peilschaalwaarnemingen. Zoals verder zal blijken kan de waterstand echter plaatselijk nog wel hoger geweest zijn ten gevolge van een plaatselijk optredende extra opwaaiing en ten gevolge van het watertransport naar de kust door golven.

De golfbeweging

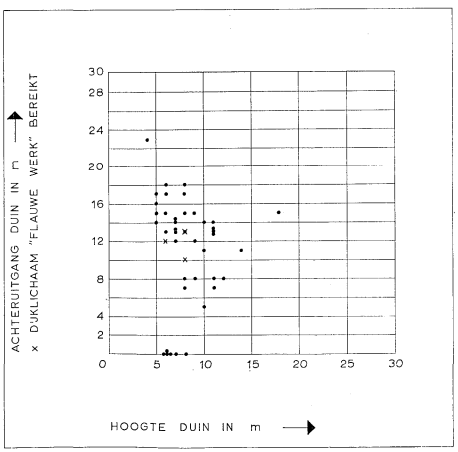
Ook de nadere analyse van de golfbewegingen uit de beschouwde periode heeft enkele interessante gezichtspunten opgeleverd.
Op het station Triton, dat op een diepte van ca. N.A.P. – 15 m dwars van Kijkduin is geplaatst op een stelling die door de Nederlandse Aardoliemaatschappij aan de Rijkswaterstaat ter beschikking is gesteld, zijn op 30 november voor het eerst op de Noordzee brekende golven met een hoogte boven 9 m gemeten. De allerhoogste golf met een hoogte van 10,6 m is op 30 november omstreeks half zes 's middags waargenomen. De met deze maxima overeenstemmende significante golfhoogten H 1/3, dat zijn de gemiddelde hoogten van de hoogste 33⅓% van alle golven uit iedere waarnemingsserie van 10 minuten, waren niet groter dan 6 m.

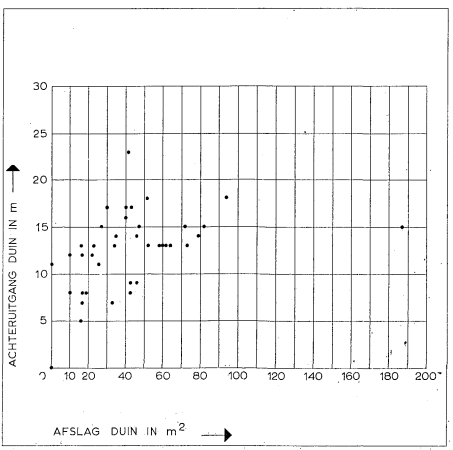
Uit de metingen aan de golfstations in de mond van het Haringvliet, voor de situatie waarvan verwezen wordt naar een figuur in het Driemaandelijks Bericht nr. 36 (mei 1966), is gebleken dat de golfhoogte op geringe waterdiepten nauw samenhangt met de waterstand. De significante golfhoogten bedroegen tijdens de stormperiode bijna overal ca. 1/3 van de momentane waterdiepte.
Het is voorts bevestigd, dat de invloed van de waterdiepte op het golfbeeld bij een zware storm, zoals die van 30 november, ook op de relatief grote diepte van N.A.P. – 15 m niet meer verwaarloosd kan worden. De voor diep water theoretisch vastgestelde golfhoogte-verdelingen mogen dan ook onder deze extreme omstandigheden niet meer worden aangehouden.

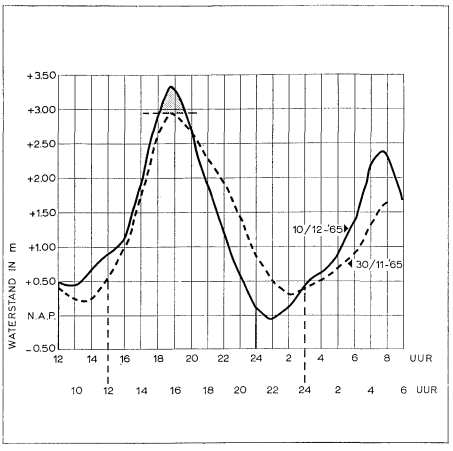
Aanval op de duinkust van Goeree

De waterpassingen vóór het stormseizoen en zo spoedig mogelijk na het optreden van de stormen, die de meeste beheerders van kustvakken laten uitvoeren ter bepaling van de aangerichte schade, hebben een aantal belangrijke feiten naar voren gebracht. Hier zal slechts een gedeelte van de resultaten betreffende de kop van Goeree worden vermeld, afgeleid uit in oktober 1965 en januari 1966 verrichte waterpassingen van profielen ter plaatse van de strandpalen.
Met uitzondering van de drie profielen 15, 19, en 36 is overal boven het niveau N.A.P. — 1 m afslag opgetreden.
Uit de zeereep, de buitenste duinenrij, en het strand is over een lengte van 12 km in totaal ca. 480 000 m³ zand weggeslagen. Waar het strand een te flauwe helling had is in het algemeen zand bijgekomen.
Er is geen verband gevonden tussen de hoogte van de duinen, of de hoeveelheid afgeslagen zand, en de achterwaartse verplaatsing van de duinvoet.
De grootste in deze periode weggehaalde hoeveelheid zand bedroeg 188 m³ per strekkende meter van de kustlijn in profiel 36.

Achterwaartse verplaatsing van de duinvoet als functie van de duinhoogte en van de duinafslag







Vergelijking van de waterstanden te Ouddorp op 30 november en 10 december 1965

Opmerkelijk is dat na de stormperiode de knik tussen het strandprofiel en de steile helling van de zeereep in alle normale profielen op het niveau van N.A.P. + 2,80 m werd teruggevonden. Alleen daar waar het zand van de oorspronkelijk ondergestoven asfaltdijk van het Flaauwe Werk werd afgespoeld is, zoals de profielen 20, 20½ en 21 tonen, een ander beeld ontstaan.
Het knikpunt ligt dus 55 cm lager dan de hoogste stormvloedswaterstand op de peilschaal te Ouddorp: N.A.P. + 3,35 m.
Deze stand is bereikt op 10 december, dus bij de laatste storm. Het hoogste hoogwater daarvoor, dat bij de vorige storm werd bereikt, bleef 40 cm lager. Aangezien geen reden aanwezig is voor de veronderstelling, dat het knikpunt van de strandhelling toen hoger zou gelegen hebben ten opzichte van de hoogste waterstand, kan men dus aannemen, dat het knikpunt na de storm van 30 november op N.A.P. + 2,40 m lag. Dit houdt echter in, dat de afslag van de duinen bij de eerste twee stormen niet meer dan ca. 20% bedroeg van de totale zandverliezen uit de duinen, dus de overige 80% is afgeslagen gedurende dat éne halve uur, waarin de waterstand op 10 december hoger is gekomen dan het hoogste hoogwater van 30 november. Ook indien wordt verondersteld dat de afslag nog tijdens het dalen van de waterspiegel doorging, blijft het opmerkelijk dat in de tijd van ca. 1½ uur in het profiel met de grootste afslag 100 m³ per strekkende meter kustlijn is afgeslagen. Aangenomen dat de gemiddelde periode van de golven 6 sec is, is de hoeveelheid zand die per strekkende meter uit de duinen door iedere golf wordt weggehaald, te schatten op 0,1 m³, met een gewicht van ± 250 kg. Dit is het maximum aan afslag dat tijdens deze storm op deze plaats had kunnen voorkomen. Uit de hoeveelheden zand die door golven uit de zeereep weggenomen kunnen worden blijkt wel dat in het algemeen bij iedere grote storm een snelle aanpassing van het strandprofiel verwacht kan worden aan het evenwichtsprofiel dat bij een zeker golfbeeld behoort.
De gemiddelde waarde van de duinafslag per strekkende meter kustlijn kan voor de gehele zandkust van Goeree bij de storm van 10 december in orde van grootte 0,01 à 0,02 m³ per golf gesteld worden.
Voor andere kustgedeelten zullen uiteraard andere getallen afgeleid kunnen worden, afhankelijk van de richting van de kust en van de golfenergie die vanuit de Noordzee naar de kust wordt getransporteerd.

De golfoploop op de dijk

Zoals reeds vermeld, hebben de golven op enkele plaatsen langs de oorspronkelijk ondergestoven dijk van het Flaauwe Werk het zand weggeslagen. Waar de asfaltdijk met talud 1 : 5 in direct contact kwam met de golven, heeft de aanval een geheel andere uitwerking gehad dan op de strand-duinovergang in de overige profielen. Ten gevolge van de golfoploop op het steile talud is het zand daar weggeslagen tot N.A.P. + 4,60 m à 4,90 m terwijl de overgang van strand naar dijk kwam te liggen op N.A.P. + 2,40 m en 2,10 m. Het is interessant om na te gaan of deze cijfers overeenkomen met de theoretische benadering van golfoploop op dijken.
Voor het ontwerpen van dijken wordt veelal als formule voor de golfoploop gebruikt:

$Z = 8\,H\,\mathrm{tg}\,\alpha$ waarin: Z = het niveau van de golfoploop boven het stormvloedsniveau,

H = de golfhoogte aan de voet van de dijk,

α = de helling van de dijk (hier $\mathrm{tg}\,\alpha = 1/5$).

Anderzijds geldt voor de maximale golfhoogte H_{max} boven het strand de empirische formule:

$H_{max} = H_b = \frac{3}{4} D_b$

waarin H_b = de maximale hoogte van een brekende golf,

D_b = de diepte ter plaatse van de breking.

Voor het verschil h tussen het hoogste niveau van het strand S en het hoogste niveau van golfoploop G geldt voor de hoogste golven die dit niveau bereiken op een dijk met talud 1 : 5 :

$h = Z + D_b = 8.H_{max} \cdot \frac{1}{5} + \frac{4}{3} H_{max} = (1{,}6 + 1{,}3)\, H_{max} = \underline{2{,}9\, H_{max}}$

hieruit volgt, dat $H_{max} = \frac{1}{3} h$ en $\underline{D_b = \frac{4}{9} h}$

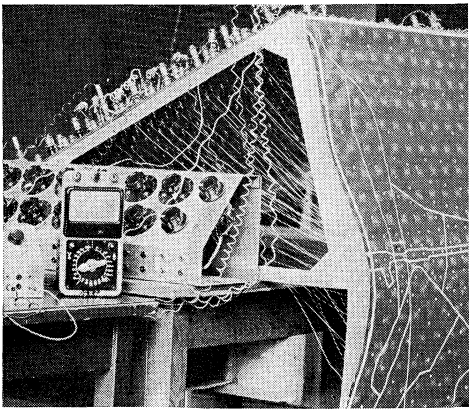
Voor de raaien 20, 20½ en 21, waarvan de plaats in de figuren teruggevonden kan worden, geldt:

Raai nr.	S in m boven N.A.P.	G in m boven N.A.P.	h in m	H max. in m	Db in m	maximale waterstand S.V. S + Db in m boven N.A.P.
20	2,4	4,6	2,2	0,7	1,0	3,4
20½	2,1	4,9	2,8	0,9	1,2	3,3
21	2,1	4,9	2,8	0,9	1,2	3,3

De maximale waterstand S.V. heeft op 10 december inderdaad bijna het hier berekende niveau bereikt. Dit zou een bevestiging inhouden van de geldigheid van de bovenvermelde formule voor maximale golfoploop als gevolg van op het talud brekende golven.

Onderzoek naar de grondwaterbeweging met behulp van de elektrische analogiemodellen

Bij de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst worden berekeningen betreffende de grondwaterbeweging veelvuldig vervangen door elektrische metingen. Dit is mogelijk door de analogie tussen de wetten van Darcy en Ohm, die formuleren hoe de stroom afhangt van de weerstand die water in de grond en elektriciteit in een geleider ontmoeten. Vele problemen waarvoor berekeningen slechts met veel moeite een redelijk nauwkeurige oplossing kunnen geven, worden op deze wijze behandeld. Dank zij moderne elektrische meetmethoden, waarbij onder meer gebruik wordt gemaakt van een oscilloscoop, kan de invloed van verschillende variabele factoren op de grondwaterbeweging op eenvoudige efficiënte wijze worden gemeten en visueel voorgesteld.
Als materiaal voor de bouw van het te bezigen model wordt een elektrisch geleidende papiersoort gebruikt, die ook veel in registratieapparatuur wordt toegepast. Dit papier kan gemakkelijk in de gewenste vorm worden geknipt, zo dat het stroomvoerende grondpakket van bijvoorbeeld een dijk er eenvoudig op schaal mee kan worden nagemaakt. Voor het invoeren van de randvoorwaarden worden elektroden aangebracht, door het papier op bepaalde plaatsen met zilververf te bestrijken. In een enkel geval wordt er naast het geleidende papier ook van elektrische weerstanden in de gewone vorm gebruik gemaakt. In de jaren 1959 tot en met 1966 zijn bijna 15 000 manuren besteed aan het onderzoek van de grondwaterbeweging met behulp van elektrische analogiemodellen. Voor de Deltadienst van de Rijkswaterstaat werd gewerkt gedurende 74% van die tijd, voor de overige directies van de Rijkswaterstaat 20% en voor instellingen buiten de Rijkswaterstaat gedurende 6% van de tijd. In deze laatste categorie valt bijvoorbeeld een onderzoek naar het verloop van de waterspanningen in de dijken

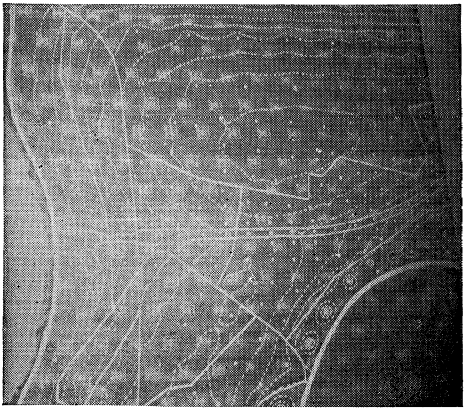


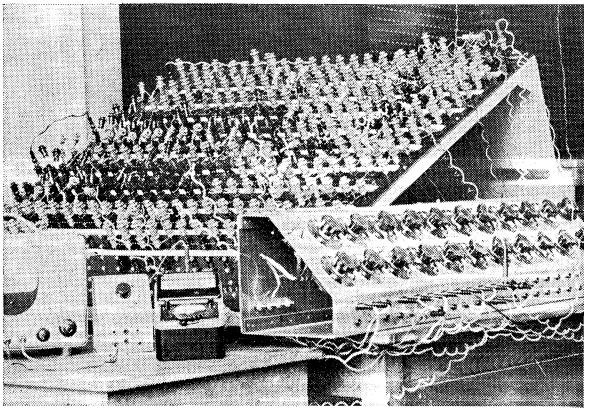
Elektrisch analogon van een poldergebied

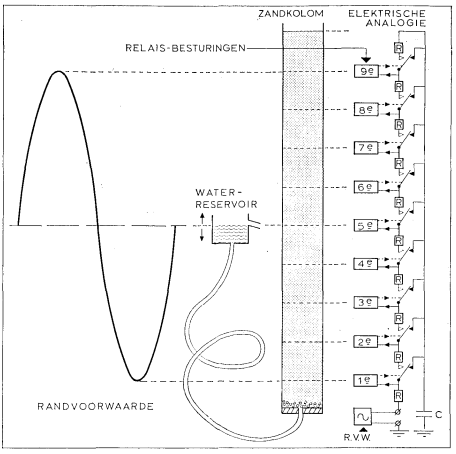
Het geleidend papier met een aantal equipotentiaallijnen

Paneel met weerstanden en bijbehorende meet- en randvoorwaardeapparatuur

in de omgeving van Hamburg. Dit onderzoek vond plaats naar aanleiding van de overstromingen aldaar in 1962.
Bij het elektrisch modelonderzoek kunnen twee soorten proeven worden onderscheiden: proeven waarbij alleen gelijkstroom wordt toegepast, en proeven waarbij tevens wisselstroom wordt gebruikt. Een permanente grondwaterbeweging kan met gelijkstroomproeven worden onderzocht. Op eenvoudige wijze kan zo bijvoorbeeld het verloop van het freatisch vlak en een beeld van de stroom- en equipotentiaallijnen worden verkregen, en ook de kwel worden gemeten door een dam die een constant waterverschil moet keren. Al deze gegevens zijn van belang voor de stabiliteitsberekeningen van dammen, en om vast te stellen of er speciale voorzieningen moeten worden getroffen op plaatsen waar water treedt uit een talud.
Met de beschreven modeltechniek worden bijna uitsluitend twee-dimensionale grondwaterbewegingen onderzocht. In bijzondere gevallen kan men het analogon ook gebruiken om er drie-dimensionale verschijnselen mee te onderzoeken, waarbij dus ook rekening wordt gehouden met de invloed van de profielwijzigingen in het beschouwde gebied. Zo kan men zich met behulp van elektrische analogieën een beeld vormen van de kwel naar een polder of een groep polders, althans wanneer de bodemopbouw kan worden geschematiseerd tot een zogenaamd 'Hollands profiel'. Typisch voor het Hollandse profiel is dat een slecht doorlatende laag van bijvoorbeeld klei- en veenpakketten, waarin alleen een verticale waterbeweging wordt verondersteld, rust op een doorlatende zandlaag van overal gelijke dikte, met alleen horizontale waterbeweging. Op de bijgevoegde foto's is de elektrische analogie van zo'n bodemopbouw te zien. De zandlaag – rechts op de eerste foto – wordt voorgesteld door elektrisch geleidend papier, en het daarboven liggend grondpakket door een aantal vaste weerstanden, die met draadjes aan het papier verbonden zijn. Op de voorgrond van de eerste foto ziet men de meetapparatuur en de regelaars waarmee de randvoorwaarden, zoals polderpeilen, worden ingevoerd. Op de volgende foto's zijn het paneel met weerstanden en het geleidend papier met een aantal equipotentiaallijnen te zien. Het gebied dat is onderzocht, bevindt zich tussen de Ooster- en de Westerschelde nabij de Kreekrakdam, en paalt aan de toekomstige Schelde-Rijn-verbinding. Met behulp van dit model is een indruk verkregen van de invloed die het kanaal op de kwel in de naastgelegen polders zal hebben. Op gelijksoortige wijze gaat men de invloed na van nieuw aan te leggen polders op de reeds bestaande.



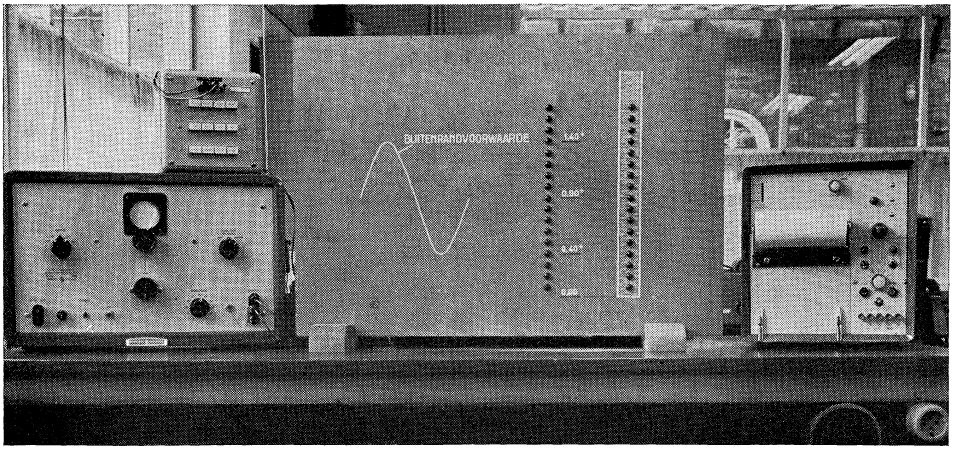




Schema en overzichtsfoto van een weerstandsnetwerk als analogiemodel

Om een met de tijd veranderlijke waterbeweging te onderzoeken is elektrische apparatuur nodig die de randvoorwaarden kan voorstellen welke de waterbeweging, zoals getijden en verhoging van de waterstand door storm, nader bepalen. Bij dit onderzoek wordt wisselspanning gebruikt. Meestal dient het ter bepaling van de waterspanningen die onder een dichte dijkbekleding van bijvoorbeeld asfalt kunnen optreden wanneer de waterstand buiten de dijk sterk daalt, zoals aan het einde van een stormperiode, terwijl het waterniveau in de dijk deze verlaging niet snel genoeg kan volgen. De te verwachten waterspanningen zijn een noodzakelijk gegeven voor de dimensionering van dichte dijkbekledingen. In het Driemaandelijks Bericht nr. 13 (augustus 1960) en nr. 34 (november 1965) wordt beschreven hoe de dimensionering van de bekleding van enkele dammen in het Deltagebied met behulp van elektrische analogieën werd vastgesteld. Ook een aantal hoogwaterkeringen buiten het Deltagebied waar toepassing van een dichte taludbekleding werd overwogen, werden in verband met de te verwachten waterdrukken bij stormvloed onderzocht.

Ook voor het onderzoek van situaties met niet-permanente stroming wordt wel elektrisch geleidend papier gebruikt als materiaal voor het model. Dat heeft echter enige bezwaren. In de eerste plaats het feit dat het stroomvoerend pakket tijdens de metingen een onverandelijke vorm heeft. In de werkelijkheid echter zal in dit soort situaties het freatisch vlak in een dijk onder invloed van het getij en het daarop gesuperponeerde stormeffect een verandering ondergaan, zodat ook het stroomvoerende grondpakket van punt tot punt en op ieder tijdstip van vorm en afmetingen verandert. Die veranderingen kunnen niet worden nagebootst in modellen van geleidend papier. Dit kan wel door gebruik te maken van een geleider die is opgebouwd uit weerstanden van de gebruikelijke vorm. Uit een groot aantal van die weerstanden bouwt men een netwerk op dat overeenkomt met de weerstand in een bepaald dijkprofiel. Zodra een stukje grond, dat in het model door een weerstand wordt voorgesteld, bij een stijging van de vrije waterspiegel in de dijk aan de grondwaterbeweging gaat meedoen, wordt de betreffende weerstand ingeschakeld, en evenzo bij daling van het water uitgeschakeld met behulp van een schakelmechanisme in de vorm van een relais, dat is ingebouwd op de punten waar de weerstanden bij elkaar komen. Het water vult bij opwaartse beweging van de vrije waterspiegel de poriën in de grond. Om deze factor, het waterbergend

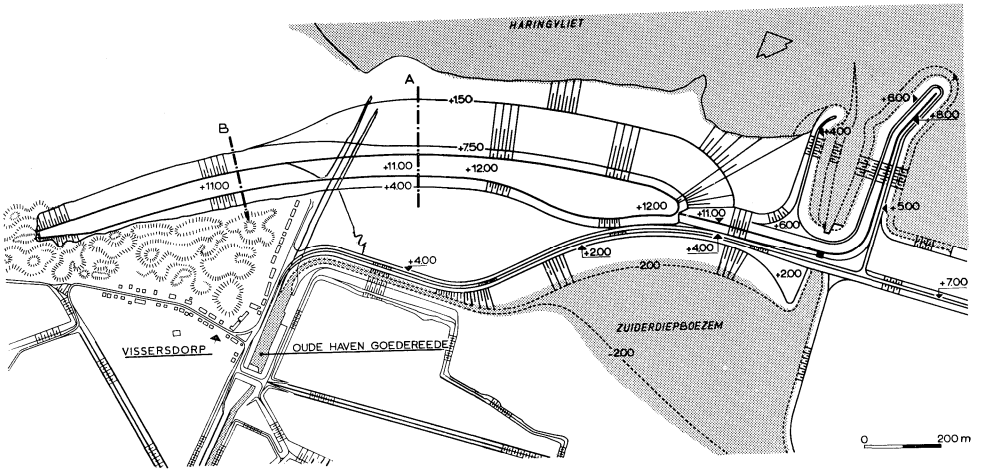


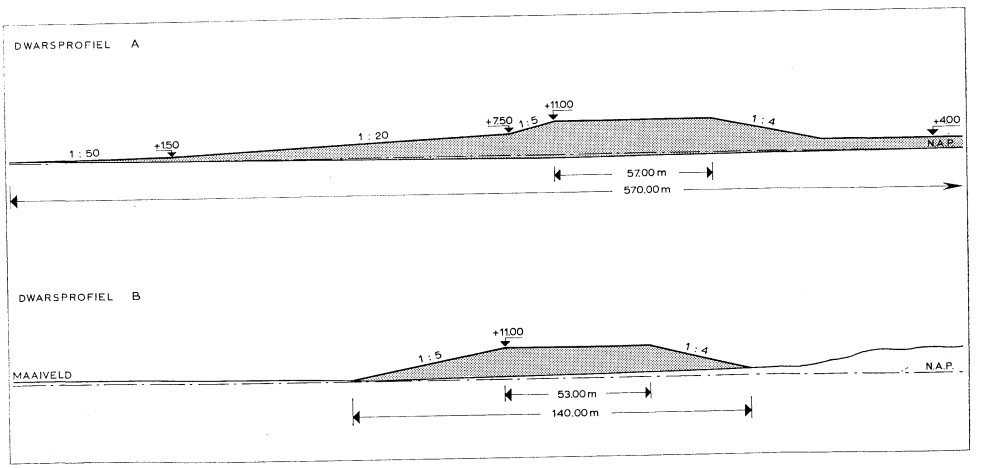
vermogen van een dijk, voor te stellen wordt in het model gebruik gemaakt van een condensator, die wordt opgeladen bij stijging van de waterspiegel en ontladen bij daling. In het gedeelte van het weerstandsnetwerk dat het gebied nabij de vrije waterspiegel voorstelt, worden dan relais in de knooppunten aangebracht, terwijl in deze punten tevens een verbinding tot stand wordt gebracht met een condensator, die in- en uitgeschakeld wordt al naar er waterbeweging in het betreffende punt optreedt. Op deze wijze wordt de juiste vorm van het stroomvoerend pakket in het model op elk ogenblik geëvenaard. Tegelijk kan door variatie in de grootte van de weerstanden een desnoods van punt tot punt veranderende doorlatendheid van de grond worden nagebootst. Deze verschillen in doorlatendheid, die in de praktijk veelvuldig optreden, kunnen met behulp van geleidend papier slechts globaal in bepaalde gebieden aangebracht worden. Daarbij komt dan nog dat behoudens in enkele gevallen met elektrisch geleidend papier slechts twee-dimensionale verschijnselen kunnen worden benaderd, terwijl het weerstandsnetwerk in zich de mogelijkheden heeft ook drie-dimensionale grondwaterstromen met alle daarbij optredende veranderingen na te bootsen. Een weerstandsnetwerk houdt dus een belangrijke uitbreiding van de mogelijkheden in en levert een betere benadering van de realiteit op dan de tot nog toe toegepaste papieren geleiders. De ontwikkeling van een dergelijk netwerk is dan ook in samenwerking met de afdeling weg- en waterbouwkunde van de Technische Hogeschool in Delft ter hand genomen. In eerste aanleg heeft men een elektrisch analogon gemaakt van een grondkolom waarin de waterspiegel onderhevig is aan een sinusvormige beweging. Het elektrische schema hiervan is weergegeven op een der figuren, terwijl ook een overzichtsfoto van het model is opgenomen. Het elektrische analogon van een dijkprofiel moet nu worden opgebouwd uit een groot aantal met elkaar verbonden secties van dit type, teneinde daarmee het gebied in de omgeving van de vrije waterspiegel in de dijk in model te brengen. De rest van het dijklichaam kan door een weerstandsnetwerk zonder speciale voorzieningen zoals relais en condensatoren worden voorgesteld. De bouw van de diverse secties vergt veel tijd; toch verwacht men uit een groot aantal van deze secties een elektrisch analogon van een dijk te kunnen samenbouwen. Vragen betreffende de dimensionering van de asfaltbekleding van een dijktalud zal men na voltooiing van het complete model snel kunnen beantwoorden, aangezien dan een voor talloze situaties bruikbaar model steeds ter beschikking staat.

De aansluiting van de dam door het Haringvliet op de duinen van Goeree

Vanaf de schutsluis in de dam door het Haringvliet in zuidelijke richting volgen de dammenweg en de toekomstige hoofdwaterkering niet verder hetzelfde tracé; de weg zal rechtdoorgaan naar de hals van Goeree, terwijl de hoofdwaterkering om de buitenhaven heen een richting volgt die loodrecht op het wegtracé staat, teneinde aansluiting te geven op de duinen van Goeree. Het gedeelte van deze hoofdwaterkering dat gelegen is tussen de schutsluis en het Zuiderdiep werd enige jaren geleden reeds voltooid; het is uitgevoerd in de vorm van een met asfalt beklede dijk met een kruinhoogte op N.A.P. + 11 m. Thans rest nog het gedeelte van 1500 m tussen de kop van de asfaltdijk op de Plaat van Scheelhoek en de duinen.
Het bleek in verschillende opzichten aantrekkelijk om dit gedeelte van de hoofdwaterkering niet als een dijk doch als een kunstmatig duin uit te voeren. Vooral nu er een grote hoeveelheid zand vrijkomt bij het opruimen van de bouwput van de uitwateringssluizen en er tegelijkertijd nog ontgravingen worden verricht voor het verlengen van de stortebedden van deze sluizen zal er bij de mond van het Haringvliet een grote hoeveelheid bruikbaar zand vrijkomen, waaraan een goede bestemming kan worden gegeven door verwerking in een kunstmatige duinenrij.
Voor het vaststellen van het vereiste profiel van een waterkerend duin bestaan nog geen geldende regels. Wel is bekend dat een duin onder invloed van een met storm gepaard gaande hoge waterstand, een zogenaamde stormvloedstand, door de golfbeweging zal worden afgevlakt.
Het is echter moeilijk, vooraf te bepalen welke helling zo'n afgevlakt duin, ook wel stormstrand genoemd, aan de zeezijde zal hebben na het optreden van een zeer zware storm.
Getracht is om door metingen van opgetreden duinafslag te komen tot het vaststellen van bepaalde relaties, waaruit door extrapolatie het door een zeer zware storm gevormde profiel zou zijn te vinden. Een moeilijkheid hierbij is dat het gevonden verband slechts geldig is voor het betreffende kustvak, en dan nog maar onder de huidige omstandigheden.
Ook door middel van fundamenteel en experimenteel onderzoek tracht men te komen tot de bepaling van de vorm van strand en duin na de afslag tengevolge van een storm. De voorlopige resultaten van deze methoden wijzen in de richting van een stormstrand met een zeer flauw beloop, waarvan de helling die van het natte strand benadert.

Overzicht en dwarsprofielen van de aansluiting van de dam op de duinen





Het aan te leggen duin valt uiteen in twee gedeelten, gelegen aan weerszijden van de voormalige haven van Goedereede. Ten oosten daarvan gaat het tracé over een platengebied; voor dit gedeelte is een duin ontworpen, met daarvóór een strand onder een helling van 1 : 50.
Dank zij de ruime hoeveelheid beschikbaar zand kon een duin worden gemaakt met een aan de voorlopige eisen beantwoordend dwarsprofiel.
Het westelijk gedeelte is geprojecteerd op het aldaar voor de duinen gelegen zeer brede voorland, ook wel het groene strand van Goeree genoemd.
Een zo breed grasland buiten de duinvoet als men hier aantreft is een vrij zeldzaam verschijnsel; mede door de zeer grote rijkdom aan plantensoorten heeft dit gebied een bijzondere natuurhistorische waarde.
De breedte van dit voorland, ter plaatse meer dan 1000 m, dempt de golfaanval in sterke mate. Zelfs de stormvloed van 1953 had op dit kustgedeelte geen duinafslag van betekenis ten gevolge.
Volgens de nieuwste inzichten is de breedte van een duin van veel meer betekenis dan een grote hoogte. Een op de in de aanvang vermelde beschouwingen gebaseerde opzet zou geleid hebben tot een groot verlies aan oppervlakte van dit waardevolle terrein. Gezien de breedte van het voorland zal daarom voorlopig worden volstaan met een profiel met een in vergelijking met het theoretisch vereiste vrij steil buitenbeloop van 1 : 5, welk beloop ook bij de aansluitende natuurlijke duinen wordt aangetroffen. Mocht later tengevolge van aanpassing van de kust aan de nieuwe toestand met afgesloten Haringvliet blijken dat de breedte van het voorland aanmerkelijk zou verminderen en de golfaanval op het duin daardoor zou toenemen, dan kan alsnog een verdere aanpassing van het dwarsprofiel van het duin plaatsvinden.
Het duin zal, deels om esthetische redenen, een hoogte krijgen van ongeveer N.A.P. + 11 m: het sluit namelijk aan de ene kant aan op de dijk op de Plaat van Scheelhoek, die een kruinhoogte heeft van N.A.P. + 11 m, en aan de andere zijde op de bestaande duinen, waarvan de toppen tot een hoogte van N.A.P. + 10 à 12 m reiken. De aansluiting van het duin op de dijk, waarbij de asfaltdijk over een zekere lengte in het zandlichaam is opgenomen, is zodanig ontworpen dat de asfaltdijk pas boven stormvloedhoogte uit het veronderstelde profiel van afslag te voorschijn komt, zodat de golven op het zandbeloop zullen doodlopen zonder het dijkbeloop te treffen. De bedoeling hiervan is, het ongunstige effect van discontinuïteiten in het beloop van de zeewering juist ter plaatse van het einde van de dijk zo klein mogelijk te houden. Ter verkrijging van meerdere zekerheid is bovendien de achterzijde van de dijk nog over 200 m lengte in een zandlichaam gepakt.
Om het gehele werk het aanzien van een natuurlijk duin te geven zal het profiel niet strak worden afgewerkt zoals op de tekening is weergegeven, doch zullen de oppervlakken golvend worden aangelegd.
Direct na het aanbrengen van het zand zal moeten worden overgegaan tot het tegengaan van verstuiving door het ineggen met stro en de plaatsing van rijsschermen; tegelijkertijd wordt graan gezaaid en kunstmest gestrooid, waarmee bereikt wordt dat de verstuiving voor enige jaren wordt voorkomen. Nog afgezien van grote zandverliezen zou anders het nabij gelegen vissersdorp van ontoelaatbare zandoverlast te lijden hebben. Daarna kan worden overgegaan tot het aanbrengen van een in botanisch opzicht verantwoorde duinbeplanting, die later de taak van het vasthouden van het zand kan overnemen. De uitvoering van het werk zal plaatsvinden gedurende de jaren 1967 en 1968. De totale hoeveelheid in het duin te verwerken zand bedraagt 3 500 000 m³.

Het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat

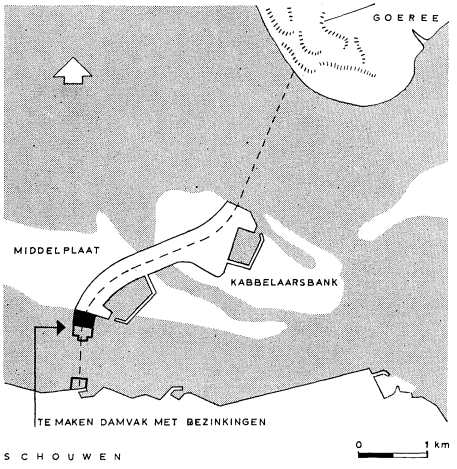


Na de keuze van de sluitingsmethode voor de twee stroomgeulen in het Brouwershavensche Gat, beschreven in het vorige nummer van het Driemaandelijks Bericht, moesten als volgende stap op de weg die uiteindelijk leidt tot de volledige afsluiting in 1971 de bodembeschermingen en de drempels van de beide wintersluitgaten worden ontworpen. Elk van de gekozen afsluitingsmiddelen stelt daaraan eigen eisen. In de Kous, het noordelijk sluitgat, zullen doorlaatcaissons op de drempel geplaatst worden; in het zuidelijk sluitgat vormt de drempel de basis voor de sluitkade die zal worden opgebouwd volgens de methode van geleidelijke sluiting. In dit artikel zal de detaillering van het zuidelijk sluitgat worden toegelicht.

De bodembescherming

Een belangrijk criterium voor de bodembescherming van een sluitgat wordt gevormd door de bij de sluiting optredende ontgrondingen. De grootte en de plaats van de ontgrondingen worden bepaald door een aantal algemeen geldende waterloopkundige regels. Het artikel 'Ontgrondingen in Sluitgaten' in de vorige aflevering van het Driemaandelijks Bericht geeft daarvan een overzicht. Bij de geleidelijke sluiting doen zich nog enkele bijzondere factoren gelden. Tot een hoogte vanaf de bodem van ongeveer driekwart van de totale waterdiepte nemen de ontgrondingen bij verhogen van een sluitkade toe, doordat de turbulentie naar verhouding meer toeneemt dan het debiet kleiner wordt. Boven die hoogte van driekwart van de oorspronkelijke waterdiepte overheerst de vermindering van het debiet de turbulentie; deze hoogte kan als de kritieke hoogte van de sluitkade worden beschouwd. De watermassa in de luwte van de dam wordt door de overtrekkende stroom in een draaiende beweging gebracht; achter de kade ontstaat een zogenaamde 'neer'. De stroom over de kade kan dus de bodem pas weer achter de neer raken, dat is na een lengte van 6 à 8 maal de kadehoogte. Om de diepte van de ontgronding te beperken en te voorkomen dat hij te dicht bij de drempel zou optreden moet de verdediging van de geulbodem tot voorbij het einde van de neer worden doorgetrokken. De over de damkruin trekkende stroom zal dan ten allen tijde voor het einde van de verdediging de bodem raken. In het ontwerp is een reserve van ruim 20 m aangehouden, zodat de afmeting van de bodembescherming daarmee bepaald was.
Om ontgrondingen als gevolg van wervelstraten aan de oever te beperken zou het aan-

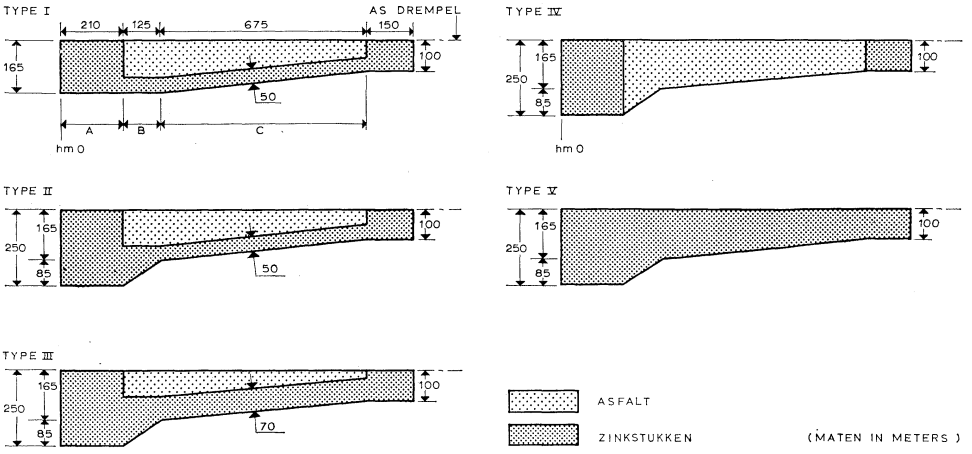
1

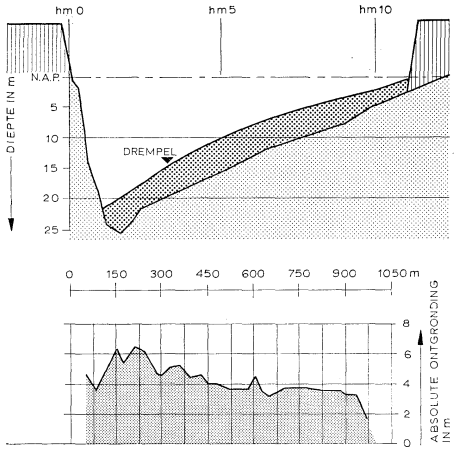


1. Het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat

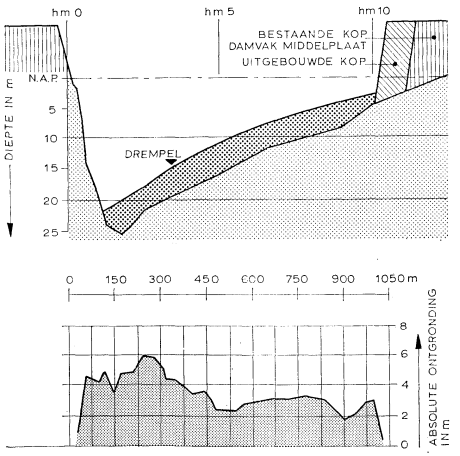
2. Overzicht van de onderzochte typen bodemverdediging

beveling kunnen verdienen daar ter plaatse de bodemverdediging breder te maken.
Voor toepassing als bodembescherming komen thans drie constructies in aanmerking, te weten: het klassieke zinkstuk met steenbestorting, de asfaltmastiekmat, die onder andere is toegepast bij de afsluiting van de Grevelingen, en de gegradeerde steenbestorting, zoals die in den droge is toegepast voor de stortebedden van de Haringvlietsluizen. Elk van deze constructies heeft een eigen toepassingsgebied. Wanneer een bodembescherming moet worden aangebracht over een grote breedte kunnen de verschillende soorten naast elkaar worden toegepast, hetgeen zekere uitvoeringstechnische voordelen heeft. Dit is het geval in een groot deel van het zuidelijk sluitgat. De drempel van het sluitgat kan worden uitgevoerd als een open gegradeerde steenbestorting, de hydraulisch gladde en dichte asfaltmastiekmat kan achter de drempel in het gebied van de bodem neergelegd worden, terwijl de bodembescherming moet worden beëindigd met een rand van ruwe klassieke zinkstukken met bestorting, terwille van de aanpassing van de stroom aan de natuurlijke bedding. Zou in plaats van de zinkstukken asfaltmastiek worden gelegd, dan zou dit hogere watersnelheden langs de bodem opleveren en daardoor een grotere diepte en een steilere aanzethelling van de ontgrondingskuil. Op de steile zuidelijke oever kunnen alleen maar zinkstukken worden aangebracht, omdat asfalt van de helling af zou schuiven en gegradeerde steen er vanaf zou rollen. Omdat de bodemverdediging aan de noordelijke zijde van het sluitgat niet breder hoeft te zijn dan 100 m, is daar geen ruimte voor toepassing van meer dan één type bodembescherming; er zullen dan ook uitsluitend zinkstukken worden gelegd.
Met behulp van deze richtlijnen zijn enige mogelijke oplossingen ontworpen, die in het model van het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' werden onderzocht. Daarbij bleek, dat een uitbreiding van de bezinking onder de Schouwense oever geen duidelijk gunstig effect heeft op de ontgrondingen ter plaatse (in de figuren voorgesteld als type II). Op de overgang van een brede naar een smallere verdediging ontstaan integendeel juist extra ontgrondingen. Voorts kwam vast te staan dat een totaal gladde bescherming (type IV) grotere ontgrondingen oplevert dan een totaal ruwe (type V). Voor aanpassing van de stroom aan de bodem blijkt een ruwe rand van 50 m breedte voldoende (type I en II); een rand van 25 m is te smal, terwijl een rand van 70 m breedte (type III) of een bodembescherming





De ontgronding in het model zonder uitgebouwde kop op het damvak Middelplaat en de kabelbaan volgens de as van het damtracé

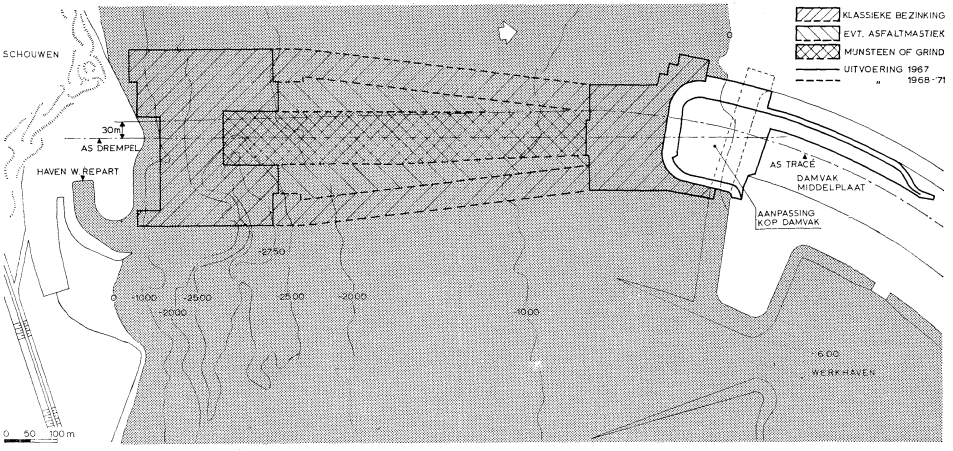


De ontgronding in het model met uitgebouwde kop op het damvak Middelplaat en de kabelbaan volgens het gekozen tracé

van uitsluitend zinkstukken (type V) weinig verschil in ontgronding laat zien in vergelijking met een 50 m brede rand. Op grond van de resultaten van dit onderzoek verdient een bescherming volgens type I de voorkeur.
De over de kruin van de steenkade trekkende stroom veroorzaakt overdrukken onder de asfaltmastiekmat. Naar de grootte van deze overdrukken is een onderzoek gaande ter bepaling van de dikte die de mat zou moeten verkrijgen. Pas aan de hand van de resultaten van dit onderzoek zullen de uiteindelijke vorm en het type van de bodembescherming bepaald worden.

Aanpassing van het damvak op de Middelplaat

Sluiting van de zuidelijke geul met een in de as van de dam geplaatste kabelbaan zou voor de opstelling van de installatie een uitbreiding van het damvak op de Middelplaat aan de zeezijde vereisen. Een dergelijke uitbouw zou echter na de voltooiing van de sluiting weer verwijderd moeten worden; het zou derhalve aantrekkelijker zijn als de voor de opstelling van de installatie benodigde ruimte binnen het uiteindelijke damprofiel gevonden zou kunnen worden. Indien nu de as van de kabelbaan gedraaid zou kunnen worden, biedt het voltooide damvak voldoende ruimte voor de kabelbaan. Die asdraaiing zou men het liefst mogelijk maken door het damvak 160 m in zuidelijke richting te verlengen, wat tevens een welkome besparing aan materiaal voor de sluitkade en de bodembescherming zou opleveren. In het reeds eerder genoemde model van het Brouwershavensche Gat is nu een aantal situaties ingebouwd en onderzocht: één waarbij de as van de baan gedraaid is om het aansluitpunt van de dam op Schouwen tot onder een hoek van 1 : 20 naar het oosten, één waarbij op Schouwen-Duiveland het aansluitpunt van de as 50 m naar het westen en op het damvak Middelplaat 40 m naar het oosten is verplaatst en één waarbij de as 30 m naar het oosten verschoven en daarna om het punt bij de Schouwense aansluiting tot onder een hoek van 1 : 40 naar het oosten gedraaid is. De beste resultaten werden verkregen bij deze laatste variant. Bij het onderzoek is ook bepaald of een uitbouw van de kop toelaatbaar is en welke vorm aan de uitbouw gegeven dient te worden om de ontgrondingen ten gevolge van het verlengen van het damvak in zuidelijke richting tot een minimum te beperken. Het verschil



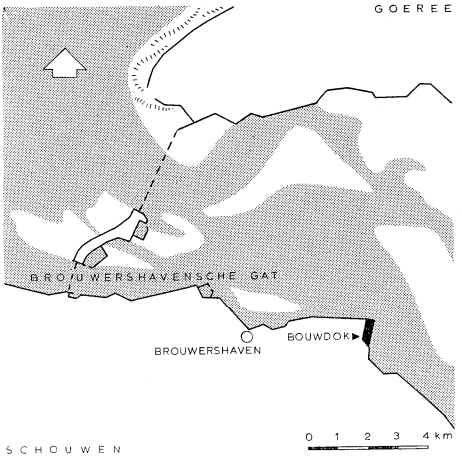
in ontgronding tussen de situatie met gedraaide en verschoven as en uitgebouwde kop van het damvak op de Middelplaat en de bestaande situatie met de as volgens het tracé van de dam is in een figuur afgebeeld. Daaruit blijkt, dat de ontgrondingen in beide gevallen praktisch even groot zullen zijn. Een volgende figuur geeft een overzicht van de gekozen oplossing.

Uitvoering

In het jaar 1967 zal in de zuidelijke geul begonnen worden met de aanpassing van de kop van het damvak op de Middelplaat en met het aanbrengen van de oeverbescherming van klassieke zinkstukken aan de Schouwense oever en aan de zijde van de Middelplaat. De onderbreking van de bezinking op de plaats van de toekomstige drempel wordt opgevuld met een 1 m dikke laag mijnsteen of grind. Deze materialen zijn voldoende stroombestendig en zanddicht om gedurende de jaren die voorafgaan aan de sluiting te fungeren als bescherming van de geulbodem. Tussen de begrenzingen van het in 1967 uitgevoerde werk wordt dan in de jaren 1968–1971 de bodembescherming voltooid. Op de plaats van de drempel wordt daartoe op de bodem eveneens een laag mijnsteen of grind van 1 m dikte aangebracht. De vorm en het type van het laatste deel van de bodemverdediging zal nader vastgesteld worden. In 1970 komt het sluitgat gereed door de opbouw van de drempel uit mijnsteen of grind, afgedekt met stortsteen.

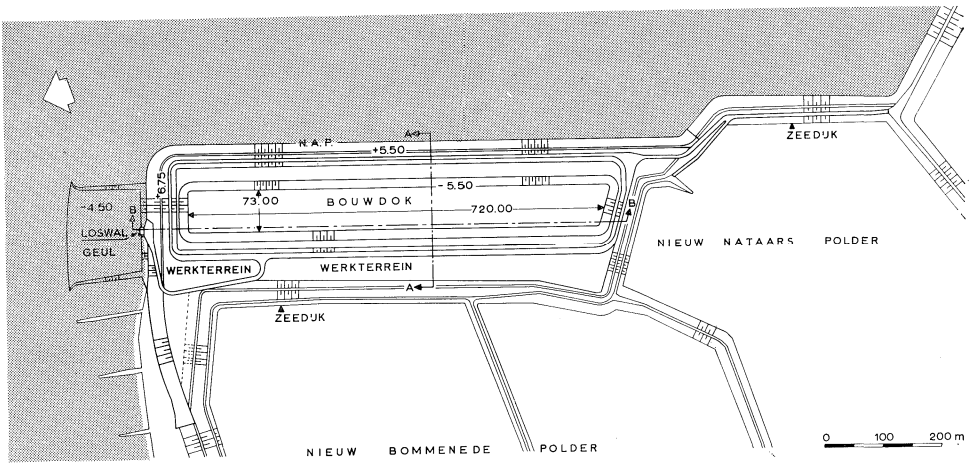
Het dok voor de bouw van doorlaatcaissons bij Nieuw Bommenede

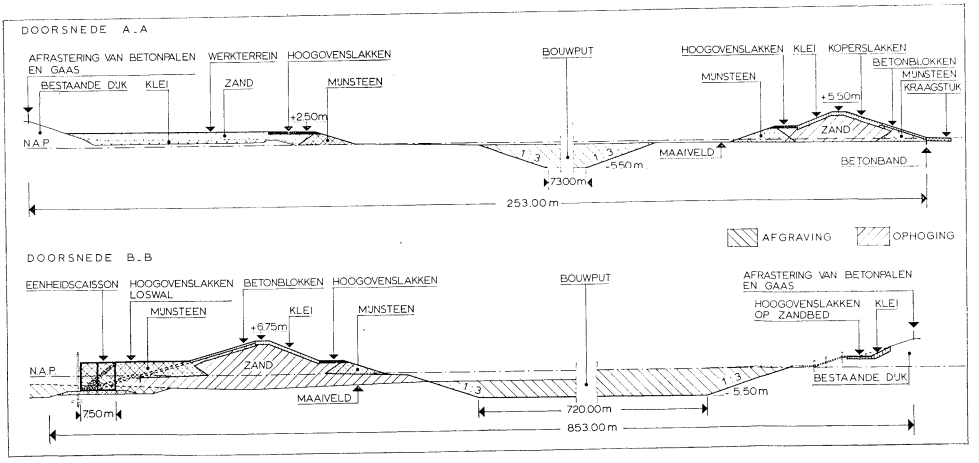
In het vorige nummer van het Driemaandelijks Bericht werd de keuze gemotiveerd van de afsluitmethoden voor de twee stroomgeulen in het Brouwershavensche Gat. Voor de afsluiting van de 1000 m brede noordelijke stroomgeul de Kous is de keuze gevallen op het gebruik van doorlaatcaissons; de twintig benodigde caissons zullen in de buurt van het sluitgat in een bouwdok moeten worden gebouwd.
Uit een ingesteld vooronderzoek is gebleken dat het voordeel biedt deze caissons niet alleen in serie te bouwen, doch ook in één enkel groot dok dat alle caissons kan bevatten in plaats van in een kleiner dok waarin telkens slechts een deel van het benodigde aantal kan worden vervaardigd.
De mogelijkheid werd onderzocht de bouw van de caissons voor het Brouwershavensche Gat te combineren met de bouw van die voor de afsluiting van het Volkerak. Het kostenvoordeel daarvan bleek echter gering, zodat het niet opwoog tegen de nadelen. Het koppelen van twee verschillende afsluitingswerken levert een aantal coördinatieproblemen op, terwijl vanuit een gezamenlijk bouwdok tussen Brouwershavensche Gat en Volkerak ook over een groter stuk open water met de caissons zou moeten worden gesleept. De vaarafstand en de aard van de te volgen vaarroute zijn dus mede bepalend geweest voor de keuze van de plaats van het te maken bouwdok.
Het bouwdok moest verder worden aangelegd op een ondergrond die door zijn samenstelling geschikt is om er doorlaatcaissons van grote afmetingen op te bouwen; het moest langs of zeer dichtbij diep vaarwater liggen, maar ook over land goed bereikbaar zijn voor de aanvoer van materialen. Er is gezocht naar een terrein met zo weinig mogelijk bebouwing in de onmiddellijke omgeving, dat groot genoeg was voor een bouwdok waarin alle caissons in één keer op stapel konden worden gezet.
Rekening houdend met al deze eisen kwam men tot de slotsom dat het buitendijkse gebied langs de zeedijken van de polders Nieuw Bommenede en Nieuw Nataarpolder, oostelijk van Brouwershaven op Schouwen en Duiveland, de meest aangewezen plaats zou zijn voor het bouwdok. De grootte van het bouwdok wordt bepaald door het aantal en de afmetingen van de erin te bouwen caissons. Daarnaast moet dan ook nog voldoende ruimte zijn voor opslag van het bij de bouw te gebruiken materieel, zoals traversen en kranen, en later ruimte voor de sleepboten die de caissons uit het dok moeten wegslepen. De diepte van de put dient zodanig te worden gekozen dat voldoende ruimte aanwezig is tussen de bovenkant van de putvloer en de onderkant van de caissonbodems om de caissons na voltooiing in drijvende toestand uit het dok weg te slepen.



Situatie van het bouwdok voor de caissons

Bovenaanzicht en profielen van het bouwdok





Ter plaatse van de te maken bouwput bestaat de grondslag uit een dik pakket van zeer fijn zand, onderbroken door sliblagen; het slibgehalte is het grootst in het zuidelijk deel van de bouwplaats. Met het oog op de noodzakelijke stabiliteit van de taluds van de put werd een grondmechanisch onderzoek ingesteld, terwijl aan het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening advies is gevraagd omtrent het te verwachten waterbezwaar en de in verband daarmee benodigde capaciteit van de in de put te installeren bronbemaling; het advies betreffende de bronbemaling wordt nog ingewacht.
De put waarin de caissons zullen worden gebouwd zal in het schor worden uitgegraven en aan twee zijden omringd worden door een dijk die aansluit op de zeedijk van Schouwen-Duiveland, die de beide andere zijden van de put omsluit. De om de bouwput te leggen ringdijk zal worden opgebouwd uit een kern van zand tussen twee zogenaamde teenkaden van mijnsteen. Het dijklichaam wordt aan de zeezijde verdedigd met beton- en koperslakblokken, aangebracht op een mijnsteen- of kleilaag. De binnenbelopen worden afgedekt met klei. Aan de noordzijde van de put komt de kruin van de ringdijk te liggen op een hoogte van N.A.P. + 6,75 m, terwijl de kruin van de oostelijke ringdijk een hoogte van N.A.P. + 5,50 m zal krijgen. Dit hoogteverschil houdt verband met de meer of minder beschutte ligging van de verschillende dijkgedeelten.
Aan de noordzijde van het dok zal een toegangsgeul naar het diepe Brouwershavensche Gat worden gebaggerd. In deze geul zal tegen de ringdijk een eenvoudige loswal worden gemaakt met behulp van een eenheidscaisson van 6 m hoog, 7,50 m breed en 11 m lang. Langs de westzijde van de put, dus langs de zeedijk van de polder Nieuw Bommenede, zal een werkterrein aangelegd worden, waarop de betoninstallaties opgesteld en materialen opgeslagen kunnen worden. Rondom de bouwput zal een verharde werkweg worden aangelegd die middels op- en afritten wordt aangesloten op de loswal aan de noordzijde en op de verkeersweg langs de zeedijk aan de zuidzijde van het bouwdok.
De bodemdiepte van de bouwput zal voorlopig 5 à 5,50 m beneden N.A.P. bedragen. In een later stadium van het werk zal de diepte worden vergroot tot N.A.P. – 6 m. In de bodem zal, voordat met de bouw van de caissons wordt begonnen, een enkele decimeters dik filterbed van grof materiaal worden ingegraven. Door deze poreuze onderlaag krijgt het water, wanneer de bouwput wordt geïnundeerd, gemakkelijk toegang tot overal onder de caissonbodem, waardoor de caissons vlot kunnen loskomen en opdrijven.
Daar de mogelijkheid niet is uitgesloten dat voor de uitbouw van het damvak tussen de Goereese kust en de noordelijke rand van de Kous een groot aantal eenheidscaissons zal worden gebruikt, is het bouwdok zodanig bemeten, dat aan weerszijden van de put ruimte voor de bouw van deze kleinere elementen beschikbaar is. Ten behoeve van deze bouw moeten dan te zijner tijd de thans op omstreeks N.A.P. langs de put gelegen oostelijke of westelijke berm tot een diepte van N.A.P. – 2,50 m worden verlaagd.
Met het maken van het bouwdok zal binnenkort worden begonnen; het werk moet dan in het voorjaar van 1968 voltooid zijn. Onmiddellijk daarna dient te worden begonnen met de bouw van de doorlaatcaissons, die in het najaar van 1970 gereed zullen moeten zijn.

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuwsch-Vlaanderen en Walcheren

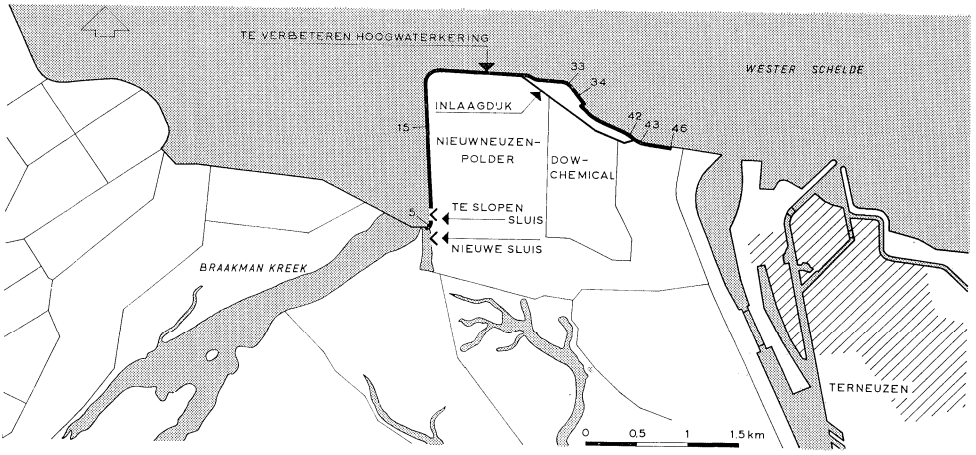
Versterking van de hoogwaterkering van de Nieuw-Neuzenpolder

Tussen de Braakmanskreek en Terneuzen aan de Westerschelde ligt de calamiteuze Nieuw-Neuzenpolder, vroeger een geheel agrarisch gebied, maar van industrieel belang geworden door de vestiging in 1963 van een chemische fabriek van het Dow Chemical concern, dat zijn emplacementen daar nog steeds uitbreidt. De versterking van de gehele hoogwaterkering van deze polder heeft de eerste urgentie gekregen. De bestaande dijk heeft een kruinhoogte tussen N.A.P. + 5,40 m en N.A.P. + 6,50 m; slechts ter plaatse van de dijkdoorbraak van 1953 ligt de kruin op N.A.P. + 7,40 m; hij loopt van de aansluiting op de zeedijk van de Braakmanpolder over een lengte van 4200 m naar een punt waar hij zal aansluiten op de nog aan te leggen Westhavendijk van de zeevaarthaven te Terneuzen. Het buitenbeloop en het verdedigde onderwaterbeloop van de dijk hebben een helling van ongeveer 1 : 3 en het binnenbeloop een helling die varieert tussen 1 : $1\frac{1}{2}$ en 1 : 2. De buitenberm, op een hoogte van N.A.P. + 3,30 m, heeft breedten tussen 7 en 13 m. Achter het oostelijk deel van de zeedijk ligt sinds 1869 een inlaagdijk. De gehele vooroever is aaneengesloten verdedigd, als verweer tegen in het verleden veelvuldig opgetreden oever- en dijkvallen. Er is vrijwel nergens voorland aanwezig.

De nieuwe dijk

De versterking wordt uitgevoerd als een verzwaring en verhoging aan de landzijde van de bestaande dijk. Op een enkele bochtverbetering na wordt dan ook over de gehele lengte van het werk het tracé van de oude zeedijk gevolgd. Met behulp van duikers werd een onderzoek ingesteld naar de toestand van de oeververdediging onder water. Het resultaat was bevredigend. Ook uit peilingen van de vooroever van de laatste tientallen jaren bleek geen noemenswaardige verandering van het profiel, zodat besloten kon worden de inlaagdijk af te graven en met de uitkomende specie, voorzover bruikbaar, het zandlichaam van de nieuwe dijk te bekleden.
De kruinhoogte van de nieuwe hoogwaterkering zal niet op alle plaatsen dezelfde zijn; afhankelijk van de ligging van de dijk ten opzichte van de overheersende windrichting varieert ze van N.A.P. + 8 m tot N.A.P. + 9,75 m. De kruinbreedte wordt 2,50 m.
Uitgaande van een stormvloedstand ter plaatse van N.A.P. + 5,80 m trekt men het bestaande waterbeloop van N.A.P. + 3,40 m onder een helling van 1 : 4 tot deze hoogte

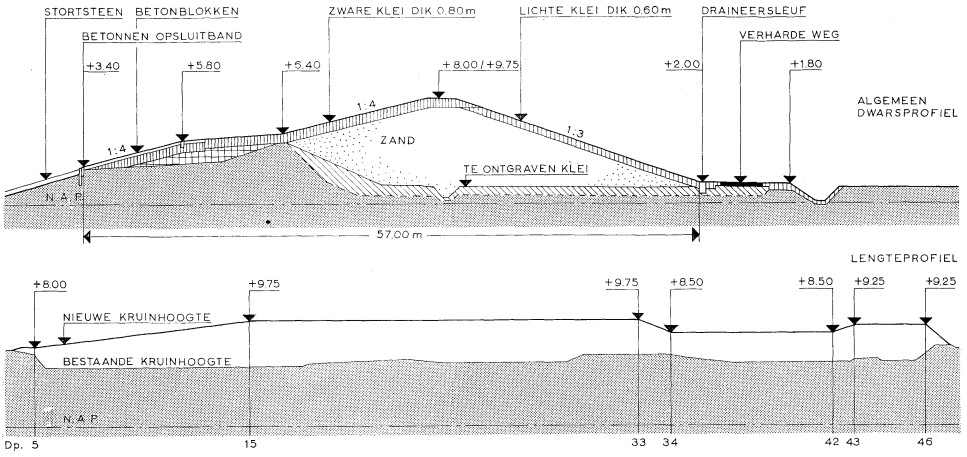
1


TE VERBETEREN HOOGWATERKERING
WESTER SCHELDE
33
34
42
43
46
15
INLAAGDIJK
NIEUWNEUZEN-
POLDER
DOW-
CHEMICAL
5
TE SLOPEN
SLUIS
NIEUWE SLUIS
BRAAKMAN KREEK
TERNEUZEN
0
0.5
1
1.5 km

2



3



1. Overzicht van de dijkversterking
2. De dijkversterking in uitvoering, aug. 1966
3. Lengte- en dwarsprofiel

op, en verdedigt het met een glooiing van betonblokken, opgesloten tussen betonbanden. De buitenberm verkrijgt een breedte van 9 m, behalve bij de noordwesthoek van de dijk, waar de breedte 14 m zal bedragen. Het buitenbeloop wordt aangelegd met een helling van 1 : 4, het binnenbeloop onder een hellingshoek van 1 : 3. De binnenberm wordt 8,50 meter breed; erop zal een verharde weg komen van 4 meter breedte.

Voor de zandkern van de nieuwe dijk is ± 1 000 000 m³ zand nodig, dat aan de noordelijke oever van de Pas van Terneuzen in de Westerschelde wordt onttrokken. De kleibekleding van de buitenberm, het buitenbeloop en de kruin krijgt een dikte van 80 cm, de kleibekleding van het binnenbeloop wordt 60 cm dik. De hiervoor benodigde klei, ± 200 000 m³, wordt verkregen door afgraving van het bouwland in de inlaag, van de inlaagdijk zelf, van bouwland dat door aanleg van de nieuwe dijk in beslag wordt genomen, en uit een eerder aangelegd depot, waarvan de klei afkomstig is van het afgegraven terrein van Dow Chemical.

De bestaande uitwateringssluis in de hoogwaterkering, die dateert uit 1816, zal worden gesloopt. Binnendijks wordt een nieuwe uitwateringssluis gebouwd ten zuiden van de zeedijk van de Braakmanpolder, hetgeen de veiligheid verhoogt. De waterlozing op het buitenwater vindt dan plaats via deze uitwateringssluis, de spuikom voor de Lovenpolder en de uitwateringssluis in de zeedijk van de Braakmanpolder.

Het onderhavige werk werd door het Bestuur van de Waterkering van de calamiteuze polder Nieuw-Neuzen op 22 december 1965 aanbesteed. De laagste inschrijver op het bestek, waarbij geen verrekening van wijziging in lonen en sociale lasten plaatsvindt, was het N.V. Aannemingsbedrijf Gebr. Geldof te Serooskerke (Walcheren), aan welk bedrijf het werk voor een bedrag van f 6 235 000,– werd gegund. Op 7 februari 1966 is met de werkzaamheden begonnen. Het gehele werk moet voor de eerste maal worden opgeleverd op 20 mei 1968.

Het werkeiland met het bouwdok voor de caissons in de Lauwerszee; opname van oktober 1966



De afsluiting van de Lauwerszee met doorlaatcaissons

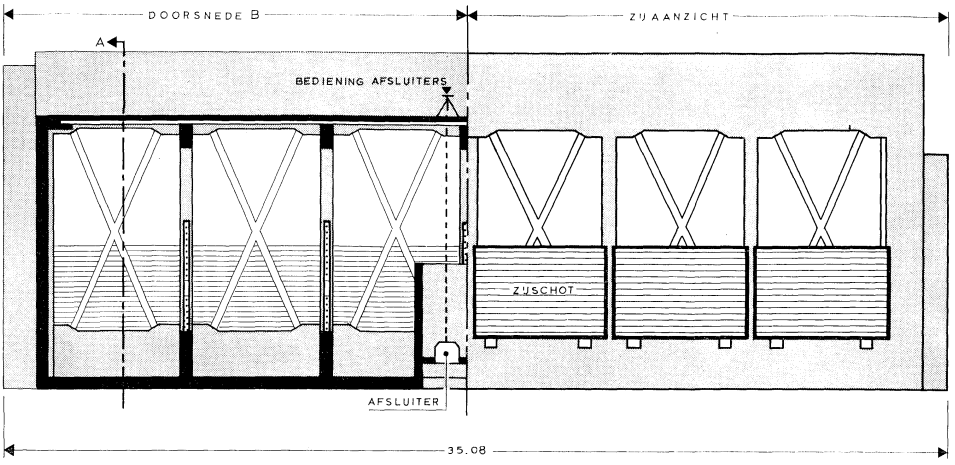
Als alles volgens de plannen verloopt, zal de Lauwerszee in het eerste halfjaar van 1969 met behulp van doorlaatcaissons worden gesloten. De overwegingen die hebben geleid tot de keuze van deze sluitingsmethode staan uitvoerig uiteengezet in nummer 37 (augustus 1966) van het Driemaandelijks Bericht.
Het programma van eisen voor het ontwerp van de doorlaatcaissons leidde tot een ontwerp dat veel overeenkomst vertoont met de doorlaatcaissons voor het Veersche Gat. Niettemin is er één omstandigheid, waardoor de detaillering van de Lauwerszee-caissons verschilt van de tot dusver in het Deltagebied gebruikte caissons. Het grote probleem bij het ontwerp van de caissons voor de afsluiting van de Lauwerszee was namelijk gelegen in de omstandigheid dat in korte tijd het grote aantal van vijfentwintig caissons geplaatst, gesloten en geballast moet worden. In de volgende beschouwing wordt een overzicht gegeven van de problemen die zich in dit opzicht voordeden en de oplossingen die ervoor zijn gevonden.

Constructie van de caissons

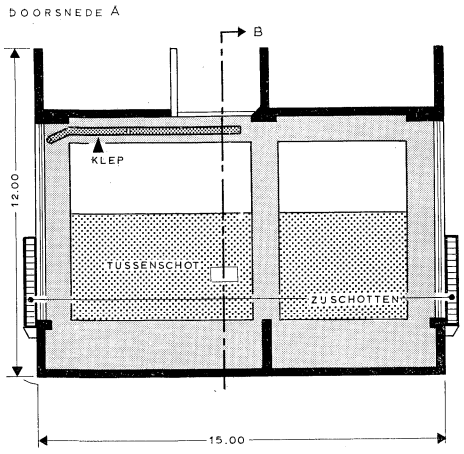
In Driemaandelijks Bericht nr. 37 wordt uiteengezet hoe de hoofdafmetingen van de zesentwintig caissons – waarvan één reserve – werden vastgesteld. Hieronder staan de afmetingen nog eens bij elkaar:

lengte, met inbegrip van ribben op de kopwand		33,08	m
breedte		15,00	m
hoogte		12,00	m
breedte van de doorstroomopeningen, 6 x 5,08 m		30,48	m
gewicht, gereed voor het zinken		1845	t
diepgang		3,60	m
'volumegewicht', voor het zinken		0,31	t/m³
onderkant van de vloer, na plaatsen	N.A.P. –	6,50	m
bovenzijde van de drempel, na plaatsen	N.A.P. –	4,50	m
plafond van de doorstroomopening, na plaatsen	N.A.P. +	3,00	m

De Lauwerszee-caissons bestaan uit een bodembak, die als drijflichaam dienst doet en daartoe tijdelijk wordt verhoogd met zijschotten, en een hoog gelegen ballastbak, die

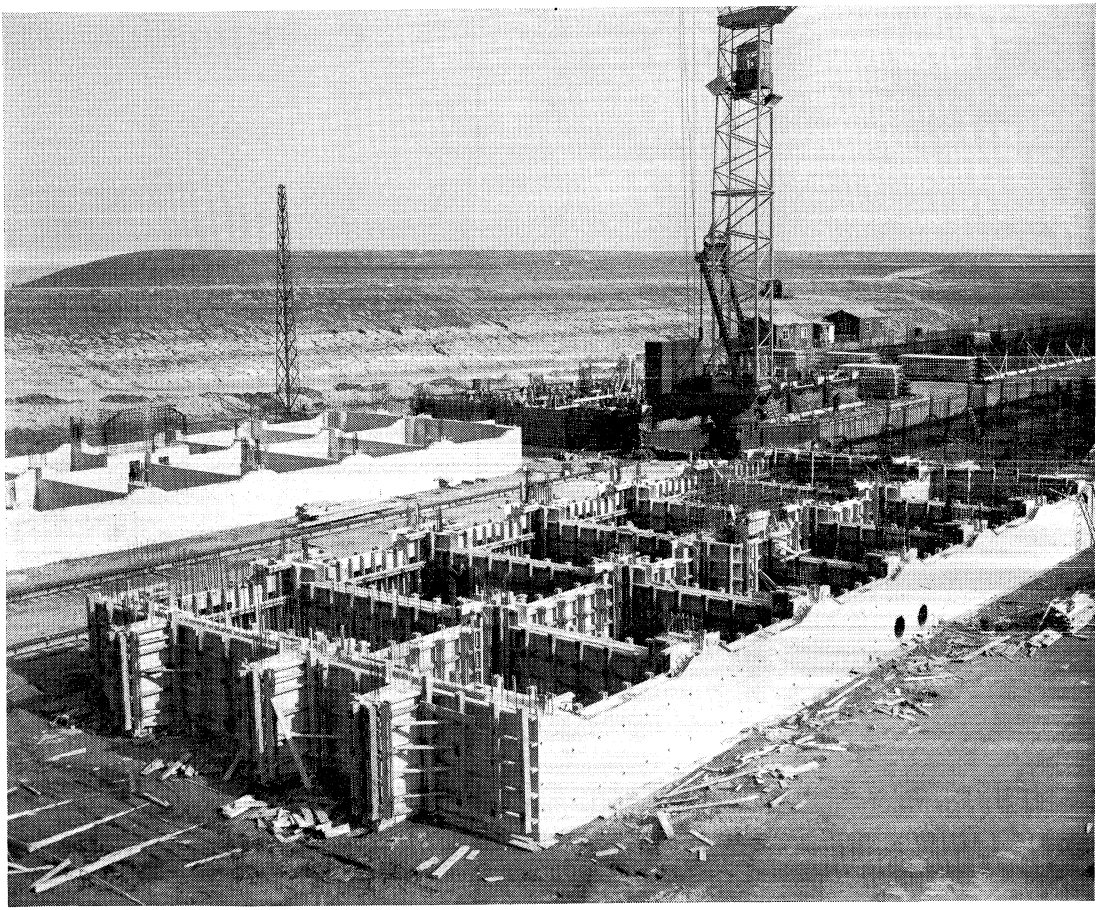


door middel van betonnen kolommen rust op de onderbak. Loodrecht op de as van de caissons staan vijf dwarsschotten en twee kopwanden, die de caisson in zes compartimenten of doorstroomopeningen verdelen.
De draagconstructie van de caisson bestaat uit drie hoofdliggers, in de lengterichting van de bodem- en de hooggelegen ballastbak. De wanden van bodem- en ballastbak vormen de onder- en de bovenrand van iedere ligger; daartussen zijn kolommen aangebracht, terwijl het geheel is verstijfd met stalen diagonaalverbanden. De kopwanden en de dwarsschotten verstijven het gehele samenstel in de dwarsrichting.
De drie langsliggers kunnen worden beschouwd als vakwerken met zeer stijve onder- en bovenranden. De constructief meest rationele oplossing wordt verkregen als elk van de drie langswanden een derde deel van de belasting opneemt. Deze toestand wordt zo goed mogelijk benaderd door de tussenschotten zeer stijf te maken. Dit is een van de redenen waarom deze schotten niet als een open portaal zijn uitgevoerd, maar als bijna geheel gesloten wanden.
In het artikel 'De ontwikkeling van doorlaatcaissons sinds de sluiting van het Veersche Gat' in het Driemaandelijks Bericht nr. 34 (november 1965) is uiteengezet dat een caisson eventueel alleen onder de beide uiterste of onder de middelste compartimenten kan worden ondersteund. Van een dergelijke ondersteuning is bij het ontwerp van de caissons voor de Lauwerszee uitgegaan.
De berekening van de zeer veelvoudig statisch onbepaalde langsligger werd uitgevoerd met behulp van een rekenautomaat, waarbij gebruik kon worden gemaakt van het rekenprogramma dat in opdracht van de Deltadienst voor dergelijke berekeningen is ontwikkeld. Het was op deze manier mogelijk om in zeer korte tijd de onder verschillende omstandigheden in de constructie optredende krachtenverdeling te bepalen. De gevolgen van de wijzigingen in de constructie die naar aanleiding van de resultaten van deze eerste berekeningen noodzakelijk waren, konden eveneens binnen zeer korte tijd en tegen geringe extra kosten worden bepaald. Juist bij deze gecompliceerde betonconstructies, die zesentwing maal moeten worden vervaardigd, kon door de inschakeling van een computer veel tijd en geld worden bespaard.
Naast de verticale krachten werken op de geplaatste caissons in dwarsrichting de waterdruk en de golfdruk.

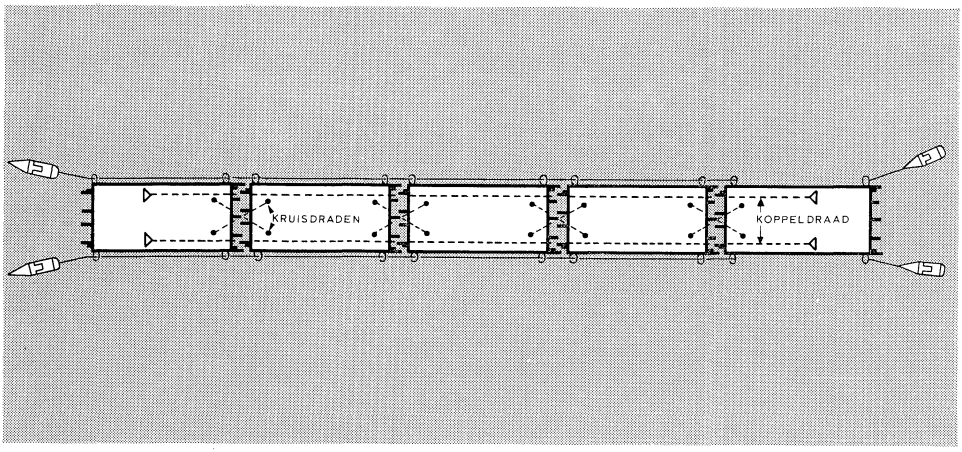


Aanzicht en doorsneden van de doorlaatcaisson

De onderbakken voor de caissons in aanbouw



1

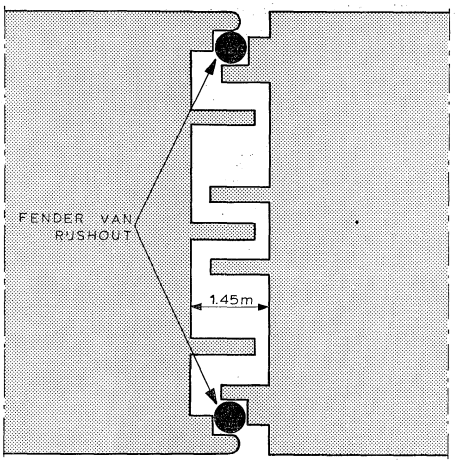


In uiterst zeldzaam voorkomende gevallen zullen stoten van 33 t/m caisson, dus van totaal 1000 t per caisson kunnen optreden. Deze krachten zullen trachten de caisson in dwarsrichting over de drempel te verplaatsen, maar de wrijving tussen de caissonbodem en de stenen drempel is bij het totale gewicht van de caisson met zandballast voldoende om dit te voorkomen: de maximaal benodigde wrijvingscoëfficiënt van 0,41 treedt ook inderdaad op.
De doorstroomopeningen van de caissons zullen alle worden voorzien van kleppen.
De caissons worden gebouwd in een bouwput van 350 bij 120 m, die door middel van een open bemaling wordt drooggehouden. De bouwput grenst aan het werkeiland in de Lauwerszee. De bodem van deze bouwput ligt op N.A.P. – 3,95 m. Met de bouw van de caissons is aangevangen in juni 1966; eind 1968 moeten ze zijn voltooid.

Het varen met de caissons.

De caissons worden drijvend gemaakt door het benedenste gedeelte van de doorstroomopeningen af te sluiten met zijschotten. De schotten worden samengesteld uit gecreosoteerde houten balken, aan elkaar verbonden met spanstaven. Voor waterdichte aansluiting tegen de caisson wordt een driehoekig rubberprofiel aangebracht. De schotten passen van onderen in een aan de caisson bevestigde oplegstoel, aan de bovenzijde worden zij vastgehouden door een grendel. Deze grendel is zo gemaakt, dat het schot al dadelijk met enige kracht tegen de caisson wordt aangedrukt, zodat reeds tijdens het stijgen van het water in de bouwput waterdichte afsluiting is gewaarborgd. Als de schotten later weer moeten worden verwijderd, kan de grendel van de ballastbak af worden gelost door een ruk aan een nylon trekdraad. Om kleven van een caisson op de bodem van de bouwput tegen te gaan, is een filterconstructie ontworpen op de bodem van de bouwput; ze bestaat uit een zanddicht nylonweefsel, zogenaamd polyprop, waarop een 7 cm dikke laag filtergrind wordt aangebracht. Hierop wordt een werkvloer van watervast hardboard gelegd, die na het storten van de vloer van de bodembak aan die vloer verankerd blijft. Mocht er ondanks dit filter niettemin onderdruk onder de caissonvloer blijven, waardoor die zou blijven vastkleven, dan kan alsnog water onder de caissonbodem worden geperst door in de vloer ingestorte buisjes.

2

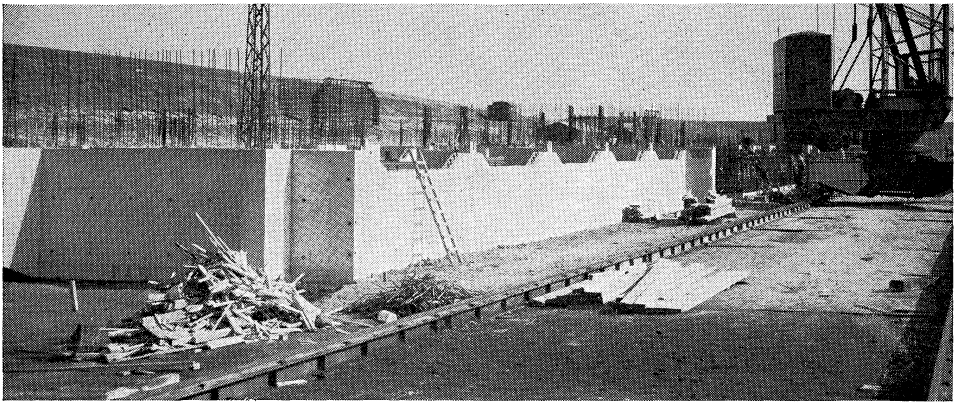


1. Schema van het koppelen van de caissons

2. Bovenaanzicht van het verende draaipunt tussen twee caissons

De blokkering van het sluitgat zal plaatsvinden in het voorjaar van 1969. In verband met de voorbereidende werkzaamheden, de weersomstandigheden en de lengte van de dagen in die periode zal de eerste caisson niet vroeger kunnen worden geplaatst dan omstreeks half april. Alle caissons moeten worden geplaatst tijdens het moment van laagwater, bij voorkeur bij daglicht en niet gedurende de weekenden of feestdagen. Het aantal voor plaatsing geschikte laagwaters wordt door deze eisen nogal klein. Zou er bij elk geschikt laagwater één caisson worden geplaatst, dan zou de sluitingsoperatie veel te lang duren. De stroomsnelheden over de drempel nemen namelijk snel toe naarmate er meer caissons worden geplaatst, zodat de periode met felle stromingen te lang zou duren. Bovendien zou er in het sluitingsjaar onvoldoende tijd overblijven om na de sluiting over de caissons het zandlichaam van de dijk aan te brengen. Er moeten dus meer caissons tegelijkertijd worden geplaatst; daartoe zullen de caissons worden gekoppeld tot eenheden van twee, drie en vijf stuks.
De aldus gevormde eenheden moeten zo star zijn, dat ze zonder moeite met behulp van sleepboten op de goede plaats kunnen worden gebracht; anderzijds moeten zij zo flexibel zijn, dat de in de koppeling optredende krachten nimmer catastrofaal worden. Gekoppelde caissons hebben de neiging om onder invloed van golfslag, stroming en wind ten opzichte van elkaar te gaan slingeren – bewegen om de langsscheepse as –, stampen – bewegen om de dwarsscheepse as –, draaien – waarbij de lengteassen een hoek vormen, zowel horizontaal als verticaal – en verschuiven, zowel in horizontale als in verticale richting.

In het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen is het na een aantal proeven gelukt een zodanig flexibele koppeling te maken, dat bij geen der bovengenoemde bewegingen de veiligheid in de koppeling wordt overschreden. Een gelukkige omstandigheid hierbij bleek te zijn, dat de normaal te verwachten golfslag de caissons nauwelijks doet bewegen, zodat vrijwel uitsluitend de door de stroming en het slepen opgewekte krachten moeten worden opgenomen.
De elastische koppeling wordt zo uitgevoerd, dat de caissons in de bovenste hoeken van de kopwanden ten opzichte van elkaar kunnen scharnieren. Hiertoe zijn op de kopwanden betonelementen aangebracht, die tezamen met een 70 cm dikke rijshouten wiep als verende spil een draaipunt vormen. De caissons worden door middel van twee met

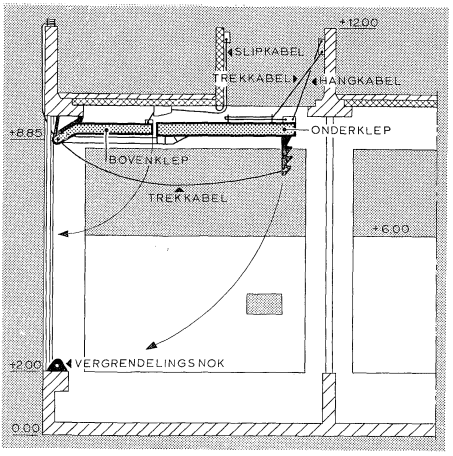


tien ton voorgespannen kabels in de lengterichting verbonden. Deze kabels, die ter vergroting van de elasticiteit nog worden voorzien van nylon rekkers, komen in de ballastbakken, dus boven op de caissons. De korte zijden van de ballastbakken zijn hiertoe opengehouden.
Bij het slepen van de caissons zouden de door het slepen opgewekte krachten door de koppeldraden moeten worden opgenomen. Om dit te voorkomen worden de sleepkabels vastgemaakt aan de achterste caisson van de reeks en vervolgens langs de zijwanden naar voren geleid, zodat de caissons als het ware door de achterste caissons worden opgeduwd. De koppeldraden doen dus uitsluitend dienst om de caissonreeks goed gestrekt te houden.
Het is niet noodzakelijk dat de caissonreeksen al dadelijk in de bouwput worden samengesteld. De caissons worden eerst afzonderlijk via het Nieuwe Robbengat naar het vaarwater naar Oostmahorn gevaren en daar in ruim water op een daartoe bestemde koppelplaats samengesteld. Met de gekoppelde caissons behoeft dan slechts over korte afstand te worden gevaren.

Plaatsing van de caissons in het sluitgat

Nadat een samenstel van caissons op een gunstig moment met betrekking tot het getij door het overblijvende sluitgat van de Lauwerszee naar het wad is gesleept, wordt de caissonreeks tijdens de ebperiode, dus wanneer het water uit de Lauwerszee naar buiten stroomt, geparkeerd, ongeveer op dezelfde wijze als destijds bij het Veersche Gat. Wanneer de kentering waarop de eb overgaat in de vloed komt doorzetten, wordt de caissonreeks naar de drempel gebracht en vervolgens ingedraaid. Op het moment van de kentering wordt de caissonreeks als één geheel gezonken.
Voor het toelaten van water zijn in het midden van de caissons twee afsluiters aangebracht. Bij het zinken komt het water door openingen in de bodem en in de zijwand via deze afsluiters in een bun. In deze bun zijn weer openingen aangebracht, die zo zijn gevormd, dat de watertoetreding in de caissons gelijkmatig plaats vindt. Hierdoor wordt de invloed van de asymmetrische ligging van de middelste rib van de bodembak ongedaan gemaakt. De caissons moeten gemiddeld over een afstand van 1,60 m zakken; dit

2



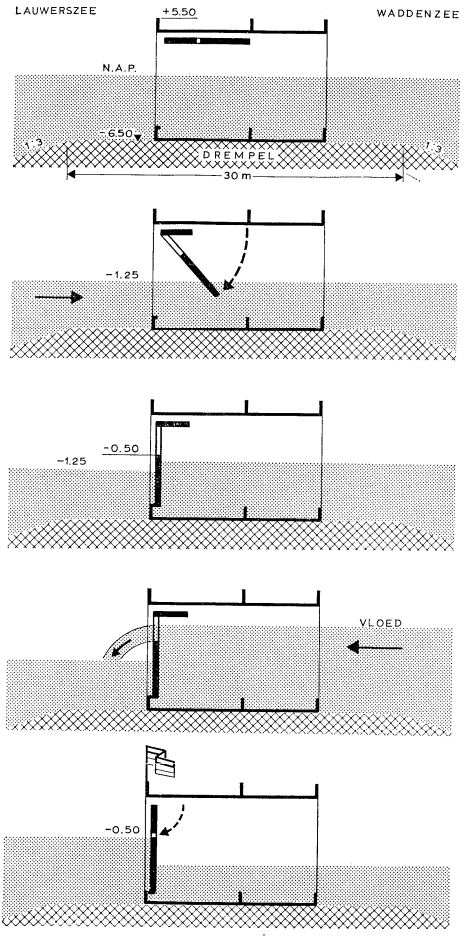
1. Voltooide onderbak van een doorlaatcaisson

2. Dwarsdoorsnede van de caisson met de onder- en bovenkleppen

duurt ongeveer 6 minuten. Hierna moeten de waterspiegels in en buiten de caissons zo snel mogelijk gelijk komen, om de zijschotten die dienen voor tijdelijke afsluiting te kunnen verwijderen.
De opkomende vloedstroom zou de zijschotten aan de waddenzijde met grote kracht tegen de caissons drukken, zodat het bijzonder moeilijk zou zijn ze nog los te krijgen. Om nu het buitenwater snel in de caisson te laten vloeien, worden vlak voordat de caisson op de bodem staat houten luikjes in de zijschotten geopend.
Dadelijk na het zinken worden de caissons geballast door de bovenbak vol te spuiten met zand. Door deze ballast krijgen de caissons voldoende gewicht om verschuiving over de drempel te voorkomen. De openingen aan de korte zijde van de bak moeten vóór het volspuiten met schotbalken worden afgesloten. Per caisson kan ongeveer 1000 m^3 ballastzand worden aangebracht. Snelle ontwatering van het opgespoten zand wordt bevorderd door een drainage-systeem met plastic buizen, die via openingen in de zijwanden van de ballastbak lozen.
Om een doorgaande kering te vormen vult men de kamers die ontstaan door het in elkaar grijpen van de op de kopwanden van twee caissons aangebrachte ribben, met stortsteen en mijnsteen. Vervolgens worden tussen de caissons overbruggingen gemaakt met behulp van de inmiddels vrijgekomen zijschotten; zo wordt een doorgaande verbinding gevormd over de reeds geplaatste caissons.
Tegen de opstaande randen van de onderbak aan de waddenzijde worden ter vermindering van de onderloopsheid aanstortingen van loodslakken en bazaltsteen gemaakt.

Afsluiting van de doorstroomopeningen

Vanwege de grote lengte en kwetsbaarheid van de smalle caissonreeks heeft men gezocht naar een systeem waarvan de bedrijfszekerheid onder alle omstandigheden gewaarborgd is. Vooral ook omdat het hier om zulke grote aantallen afsluitmiddelen gaat, wilde men het neerlaten ervan zo mogelijk zonder mechanische aandrijving doen plaatsvinden.
De Lauwerszee-caissons worden daarom voorzien van kleppen die, met het oog op de sluitingsprocedure, verdeeld zijn in onder- en bovenkleppen. Boven de tot nu toe bij de



De sluitingsprocedure

Deltawerken gebruikelijke schuiven bieden kleppen enige belangrijke voordelen, waaronder als eerste een grote bedrijfszekerheid te noemen valt. Een klep wordt niet gemakkelijk in zijn bewegingen belemmerd, zelfs niet als de caisson als gevolg van een zeer ongunstige belasting of van een aanvaring enige vervorming ondergaat. Er zijn geen bewegingswerken bij nodig, want de klep wordt na het losmaken van een klink door de zwaartekracht in beweging gebracht. De val wordt door het water min of meer gedempt.

Hiertegenover staan enige nadelen. De kleppen maken de constructie van de caissons in dwarsrichting asymmetrisch. Met het oog hierop dient de middelste langswand ook asymmetrisch te worden geplaatst, zodanig dat de caisson horizontaal blijft drijven. Een nevenvoordeel is dat er meer ruimte komt voor de klepbeweging. Een klep zonder grendel is slechts naar één zijde waterkerend. Door het aanbrengen van getande grendels,

die automatisch dichtvallen zodra de klep een verticale stand heeft bereikt, wordt echter voorkomen dat de klep bij laagwater op de Waddenzee weer open zou worden gedrukt. De dichting is dan weliswaar niet volledig, maar dit is voor het bedrijf geen bezwaar. De vergrendeling is zo uitgevoerd, dat de klep ook nog wordt vastgehouden wanneer hij door welke oorzaak dan ook niet geheel zou kunnen worden gesloten. Een stuk hout tussen de klep en de aanslag behoeft dus geen ernstige gevolgen te hebben.

Voor het organiseren van de sluiting is het van buitengewoon belang dat de kleppen al kunnen worden neergelaten, terwijl het ebwater van de Lauwerszee naar de Waddenzee nog volop door de caisson stroomt. Er is dus gedurende enkele uren gelegenheid om de kleppen neer te laten, terwijl onverhoopte stagnaties nog tijdig kunnen worden verholpen. De kleppen worden tot aan het ogenblik van de kentering door de stroom opengeduwd en vallen langzamerhand dicht wanneer de waterstanden binnen en buiten gelijk worden.

Aanvankelijk worden alleen de onderkleppen gesloten. Dit geschiedt tijdens of na de hoogwaterkentering; het water stroomt dan uit de Lauwerszee naar de Waddenzee. Het uitstromende water houdt de kleppen in een half geopende stand. Met de laagwaterkentering keert de stroom om en drukt de kleppen tegen de sponningen waarna ze in deze stand op de eerder beschreven manier automatisch worden vergrendeld. De lekstroom, die het gevolg kan zijn van onvolledige afsluiting van een klep, kan zonodig worden ondervangen door de betrokken doorstroomopening met stortsteen te vullen. Dit geldt vanzelfsprekend eveneens, wanneer een klep in het geheel niet zou kunnen worden gesloten. Er kan dan met vrachtauto's stortsteen gekiept worden door ruime openingen in de bovenbak, waardoor ook de kabels van de kleppen worden geleid. De dwarsschotten tussen de doorstroomopeningen dienen dus behalve voor de sterkte ook om deze noodafsluiting tot stand te kunnen brengen. Alleen de bovenste twee en een halve meter van de schotten is open, om te voorkomen dat de druk van de golven door weerkaatsing in de hoeken van de doorstroomopening te hoog zou oplopen.

Nadat de onderkleppen zijn gesloten zal de waterstand in de Lauwerszee ongeveer N.A.P. – 1,25 m bedragen. Dit is te laag om tijdens een mogelijk voorkomende zomerstorm met hoge waterstanden op de Waddenzee het evenwicht van de caissons te waarborgen. Overwogen is, om de Lauwerszee daarom aan te vullen met behulp van de uitwateringssluizen. Dit bleek echter te lang te duren en bovendien te gevaarlijk te zijn voor de sluizen en de bodemverdedigingen, die niet op het inlaten van water zijn ingericht. Zodra nu de waterstand in de Waddenzee boven het peil van de bovenzijde van de onderkleppen komt, loopt de Lauwerszee vol tot de hoogte van hoogwater. Het binnenlopen van de hiervoor benodigde 40 miljoen m³ water kan in ongeveer twee hoogwaterperioden geschieden.

Daarna kunnen de bovenkleppen op eenvoudige wijze worden neergelaten, waardoor de stroom in het sluitgat vrijwel geheel wordt geblokkeerd. Onmiddellijk daarna moet een volledige blokkering tot stand worden gebracht door zo snel mogelijk een zandlichaam tussen, naast en over de geplaatste caissonrij aan te spuiten.

De bovenkleppen behoeven alleen te keren naar de waddenzijde; eventueel de Lauwerszee binnengedrongen lekwater kan dus steeds weer over de onderkleppen weglopen. De bovenzijde van de bovenkleppen is ontworpen op een hoogte van N.A.P. + 1,90 m, zodat in het zeer uitzonderlijke geval van een zomerstorm in de sluitingsperiode met een waterstand op de Waddenzee hoger dan dit peil, enig zeewater in de Lauwerszee zal binnenstromen. Dit is voor de standzekerheid van de caissons en het verder slagen van de afsluiting niet bezwaarlijk.

A. De werken van het Deltaplan

Het Haringvliet

De uitwateringssluizen

Alle schuiven zijn bevestigd; twee ervan moeten nog proefdraaien. De bewegingsapparatuur is gemonteerd.
In de verslagperiode zijn de vis- en zoutriolen evenals de verwarmingselementen gereedgekomen.

De bouwput van de uitwateringssluizen

In de verslagperiode werden de stortebedden voltooid; met het bekleden van de taluds achter de landhoofden van de sluizen vorderde men zover dat de inundatie van de bouwput er niet langer op hoefde te wachten.
Eveneens op tijd werd de laatste grond uit de bouwput ontgraven. De in de ringdijk aanwezige caissons en zinkstukken werden verwijderd.
In het grondlichaam achter het noordelijk landhoofd werd nog ± 18 000 m³ grond ontgraven, weer aangevuld en verdicht. Deze verdichting bleek nodig door de slechte pakking van de aanwezige zandlagen.

De schutsluis

De bestratingen op de schutsluisterreinen kwamen gereed.

Plateau en werkweg op het strand van Voorne

De benodigde 195 000 m³ zand voor het plateau op het strand werd aangebracht. Ondanks het bijzonder slechte weer werd de betonfundering voor de weg over 3 400 m voltooid, terwijl op de gevaarlijkste plaatsen al verdedigingen van de taluds werden aangebracht.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

In de verslagperiode werd 350 000 m³ specie gebaggerd en opgespoten buiten de afsluitdam van het Zuiderdiep. Het baggerwerk in de boezem kwam gereed, behoudens een kleine hoeveelheid in de haven van Stellendam.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

Alle voetplaten van pijlers en landhoofden van de overbrugging zijn gestort, evenals de portalen van de kleine brug. Voor de verdere opbouw van de pijlers van de grote brug en de landhoofden werden bekisting en bewapening gesteld. De voetpaden voor de pijlers en de landhoofden van het viaduct zijn gereedgekomen. Hier werd een begin gemaakt met het stellen van de bekisting en de bewapening voor de opbouw van de pijlers.
Op 30 december werd de laatste paal geheid onder de uitwateringssluis. Alle 906 palen onder brug, sluis en viaduct zijn nu geheid.
Tot op heden werd in overbrugging en viaduct 1 700 m³ beton verwerkt.

Brouwershavensche Gat

Het damvak op de Kabbelaarsbank

Het persen van zand in het werk- en haventerrein van de Kabbelaarsbank is gereed. Daarmede is een werkhaven van ca. 21 ha ter beschikking gekomen ten dienste van de werkzaamheden voor het noordelijk sluitgat.
Het profileren van zand vordert gestaag en wordt gevolgd door bekleding van het zandlichaam met mijnsteen en klei: de aanvoer van maasklei is vertraagd wegens moeilijkheden aan de winplaats, die veroorzaakt werden door de hoge rivierstanden.
Het asfaltbedrijf verliep geheel volgens het opgestelde werkschema; reeds is een begin gemaakt met het afvoeren van de menginstallaties. De verdediging aan de zeezijde kwam geheel gereed; ook de steenkorven zijn dus geplaatst.
Aan de meerzijde van het damvak is de glooiing van koperslakblokken nagenoeg voltooid; alleen enkele zink- en kraagstukken met bijbehorende nabestortingen moeten nog worden aangebracht.
Het damvak heeft de najaarsstormen goed doorstaan.

Volkerak

De schutsluizen

Op 15 oktober 1966 werd het betonwerk van de sluizen en bedieningsgebouwen voor de eerste maal opgeleverd. Na een onderhoudsperiode van zes maanden zal de eindoplevering plaats vinden. Het aanbrengen van de bewegingswerktuigen van sluisdeuren en basculebruggen werd voortgezet, evenals de elektrificatie ervan.

De ringdijk en de aanvulling der sluisterreinen

Het aanbrengen van de 30 cm dikke kleibekleding op de sluisterreinen kwam nagenoeg gereed.
Een aanvang werd gemaakt met de aanleg van wegverhardingen en paden langs de sluiskolken.

Geleidewerken en wachtplaatsen

In de zuidelijke voorhaven kwam het heien van de stalen buispalen voor de vaste geleidewerken gereed. Voor de ondersteuning van de betonnen loopbruggen in de middengeleiding werden stalen palen geheid. De drijvende geleiding kwam geheel gereed.
Een begin werd gemaakt met het plaatsen en lassen van de 30 m lange secties voor de vaste geleidewerken. Voortgegaan werd met het vervaardigen van de hardhouten beschermingsschorten, terwijl een begin is gemaakt met de bevestiging ervan aan de vaste geleidewerken. Het conserveren van de stalen onderdelen werd voortgezet.

Caissonbouw

Op 26 augustus 1966 is onderhands aanbesteed het maken van 13 caissons en 2 landhoofdcaissons. De laagste inschrijver was de N.V. Betonmaatschappij Bato te 's-Gravenhage met een bedrag van f 7 922 000.–.
Op 22 september 1966 werd een aanvang gemaakt met de werkzaamheden, die tot dusverre hoofdzakelijk bestonden uit het inrichten van het werkterrein in de bouwput, de aanleg van wegen en kraanbanen en het maken van een loswal in de noordelijke voorhaven.
De drainagebedden voor 2 caissons kwamen gereed.

Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhoven

In ruwe vorm is de schermdam gereed. Mijnsteen en grind zijn geprofileerd en de voor de steenschil benodigde zware en lichte steen is op het werk aangevoerd. Het vlijwerk is inmiddels zover gevorderd dat naar schatting over anderhalve maand de penetratie met gietasfalt kan plaatsvinden.
De opbouw van de zuidelijke havendam is zover gevorderd dat nog in januari

kan worden begonnen met het persen van zand tussen de mijnsteenkaden. Dit betekent dat de grondverbetering met zand is aangeklopt tot ongeveer N.A.P. – 2 m en de voor het afdekken van de belopen benodigde mijnsteen in de perskaden is gelost.
Aan de oostzijde van de haven ingang is het baggerwerk voor de grondverbetering gereedgekomen, evenals het gedeelte van de glooiing dat een filteropbouw heeft en in den droge moest worden gemaakt. Voortgegaan werd met het uitbouwen van het grondmassief tot een hoeveelheid van ruim 200 000 m³, die nog aan de haven kan worden ontleend.
De vorderingen van het baggerwerk voor de scheepvaartgeul zijn zodanig dat dit onderdeel vermoedelijk binnen de daarvoor gestelde termijn gereed zal zijn. De baggermolen 'Triton', die volgens het aanvankelijk plan reeds in oktober 1966 op het werk terug zou komen, wordt in het vroege voorjaar opnieuw voor baggerwerk ingezet.
Tegenover deze goede voortgang van het baggerwerk staat helaas een vertraging, die is ontstaan in het zandpersbedrijf voor de havendam en de oostelijke havennol. Ondanks deze vertraging mag worden verwacht dat het werk toch nog vóór de gestelde datum kan worden opgeleverd.

Wegen in de buitenpolder Maltha

Aangezien de plaats waar de caissons voor de afsluiting zullen worden gemaakt is gelegen ten westen van het sluizencomplex, diende op korte termijn een verbindingsweg tot stand te worden gebracht tussen de toeleidingsweg naar de sluizen en het werkterrein voor de caissonbouw. De verbindingsweg bestaat uit een 1010 m lang gedeelte met een verhardingsbreedte van 7,33 m en verder uit een gedeelte op de afrit naar de toekomstige Zoomweg gelegen, ter lengte van 890 m en met een verhardingsbreedte van 5,08 m Ten dienste van het landbouwverkeer en het toekomstige lokale verkeer dienen voorts nog wegen te worden gemaakt ter gezamenlijke lengte van 820 m m.et een verhardingsbreedte van 3,20 m.
De verhardingsconstructie van de verbindingsweg bestaat uit een zand-cementstabilisatie van de ondergrond ter dikte van 15 cm, waarop twee lagen grindzandasfalt ter dikte van 6 cm worden gespreid. De voorlopige toplaag bestaat uit een 3 cm dikke laag open asfaltbeton. De constructie van de landbouwwegen bestaat uit een fundering van silex van 20 cm waarop een penetratiedek van slakkenzand en een slijtlaag worden aangebracht.
De wegenbouwwerkzaamheden zijn aangevangen in september 1966; half november was de fundering van zandcement met daarop twee lagen grindasfalt gereed en voor het verkeer naar het terrein van de inmiddels aangevangen caissonbouw opengesteld.
Het nog te verrichten grondwerk en het aanbrengen van de asfalttoplagen zullen in dit voorjaar worden uitgevoerd.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en Fiemel

Het bestek voor de tweede fase van de binnenwaartse verlegging van de 450 m lange zeedijk voorlangs het optieterrein van de K.N.S. bij Delfzijl ligt gereed. Het werk zal in 1967 worden uitgevoerd. Het overge gedeelte van de dijkverzwaring tussen Delfzijl en Weiwerd is voltooid.
Het 200 m lange dijkvak ten westen van de Schaaplaan voorlangs het A.K.U.-industrieterrein bij Heveskes is, voor wat betreft de eerste fase van het werk, gereedgekomen. Ook de eerste aanzet van de verhoging van de zeedijk langs de noordrand van de Kwelder Oterdum over een lengte van 1500 m en tot een voor-



Overzicht van de uitwateringssluizen van de Lauwerszeezijde gezien

lopige hoogte van N.A.P. + 6,50 m, werd voltooid. De eerste fase van de dijkverzwaring tussen Oterdum en Fiemel is thans geheel uitgevoerd. Bij Fiemel is de dijk klaar. De stroomkokers van het gemaal zijn verlengd, en de noodschuifinstallaties aangebracht. Aan weerszijden van het gemaal werden dijkgedeelten van 100 m op Deltahoogte gebracht.

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en de Oostpolder

Begonnen is met de verzwaring van de zeedijk tussen Delfzijl en Nansum met bijkomende werken. Nog uit de tweede wereldoorlog resterende bunkers te Delfzijl werden opgeruimd. Een nieuwe dijksloot, en de nodige aanpassingswerken aan de reeds in 1963 voltooide rijkszeedijk te Delfzijl kwamen gereed. De andere voorzieningen in verband met het te maken werk bij de ten noorden van Delfzijl gelegen rioolpersleidingen van de gemeenten Delfzijl en Appingedam werden voltooid.

Verhoging van de zeedijk langs de Groninger noordkust

Begonnen werd met de verzwaring van het dijkgedeelte van het waterschap Noordpolder ter plaatse van de kruising met de afvalwaterleiding Hoogkerk-Waddenzee ten noorden van Warfum. Het grondwerk kwam vrijwel gereed.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Op het 800 m lange dijkvak ten westen van het werkeiland wordt de kleibekleding voltooid; overigens is dit werk vrijwel gereed. Verzakkingen van het binnenbeloop hebben zich na het aanbrengen van een bronbemaling op de binnenberm niet meer voorgedaan. De bronbemaling werd inmiddels na het beeindigen van het zandspuiten verwijderd. De zinkwerken op de drempel in het sluitgat, die voor 1966 waren ontworpen, kwamen op 5 december gereed. Door grote inspanning van de aannemer en rustig najaarsweer werd bereikt dat over de gehele 900 m lange drempel in het sluitgat een ruim 120 m brede bodemafdekking kon worden aangebracht vóór het invallen van de winter.

De bovenbouw van de meest oostelijke sluisgroep is nu in uitvoering. Op de beide andere sluizen nadert de bovenbouw zijn voltooiing.

De bouw van de doorlaatcaissons vordert goed. Inmiddels zijn van acht caissons de onderbak en van twaalf andere de vloeren gereedgekomen.

Voor de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen kwamen de bouwput met de omleidingsweg langs de buitenste bouwputdijk gereed.

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 754*a*	9 mei 1966	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 754 voor het aanlegg van een damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat, met b komende werken, onder de gemeenten Ouddorp en Middenschouwen
DED 809*a*	2 februari 1966	Het leveren van betonartikelen voor de Brouwershavensche-Gatdam
DED 822	27 juli 1966	Het aanleggen van een damvak op de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensc Gat met bijkomende werken, onder de gemeenten Ouddorp, Middenschouw en Brouwershaven
DED 829	17 mei 1966	Het maken van zandpalen met bijbehorende werken in de oostelijke oprit v de Volkeraksluizen in de gemeenten Willemstad, Fijnaart en Heiningen
DED 830	7 juni 1966	Huur van een gedeelte van een loods te Bruinisse t.b.v. de opslag van zar zakken voor de Deltawerken
DED 831	25 mei 1966	Het leveren en opstellen van een automatische elektrische pompinstallatie het Noord-Sloe
DED 832	13 oktober 1966	Het ontwerpen van een beladingsinrichting voor een dambouwschip
DED 833	23 mei 1966	Het leveren van grof grind t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche C
DED 834	10 mei 1966	Het lossen en in depot opslaan van zinksteen en grind t.b.v. de afsluiting v het Brouwershavensche Gat
DED 835	20 mei 1966	Het leveren van zinksteen t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche C
DED 837	3 juni 1966	Het leveren van rijsmaterialen t.b.v. de noordelijke havendijk te Willemst
DED 838	25 juli 1966	Het verrichten van ontgravingen, het maken van stortebedden, het lossen vervoeren van stortsteen, het opruimen van een beteugelingsdam en steige in de bouwput van de uitwateringssluizen in het Haringvliet en het egaliser en bekleden van de terreinen rond de schutsluis
DED 839	7 juni 1966	Huur van een Dieselgemaal t.b.v. de watervoorziening van de polder Maltha een gedeelte van het grondgebied behorende tot het waterschap 'de Strier te Kiundert
DED 840	2 augustus 1966	Het leveren van steenkorven ten behoeve van de afsluiting van het Brouwer havensche Gat
DED 841	25 mei 1966	Het leveren en opzetten van een houten expositiegebouw te Hellevoetsluis
DED 842	3 juni 1966	Het maken van funderingen, rioleringen en bijkomende werken t.b.v. e expositiegebouw te Hellevoetsluis
DED 843	23 maart 1966	Het leveren van rijsmaterialen voor de afsluiting van het Brouwershavensc
DED 844	24 maart 1966	Gat
DED 845	24 maart 1966	
DED 847	5 april 1966	
DED 849	27 juli 1966	Het leveren van mijnsteen ten behoeve van de Volkerakwerken

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

Nummer van het bestek	Dienstjaar	Omschrijving van het werk
DED 783	1965—1966	Het maken en leveren van gewapend betonnen eenheidscaissons en bijb horende opzetstukken
DED 806	1966	Het uitvoeren van baggerwerk in de werkhavens te Hellevoetsluis en Willer stad, in de havens van de bouwputten in het Haringvliet en in de noordelijl voorhaven van de schutsluizen te Willemstad

erken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
—	N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes
f 15 297 300,—	N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage
f 189 900,—	Aannemingsbedrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam
eenheidsprijzen	M. Meeuwsen te Bruinisse
f 11 925,—	Molenbouw Bosman N.V. te Piershil.
Verrekenprijzen	Werktuigkundig Adviesbureau Kubbe N.V. te Amsterdam
eenheidsprijzen	N.V. Utroma te Arnhem
eenheidsprijzen	N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage
f 362 500,—	N.V. Handelmij. Arnold Maassen te Maastricht
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
f 2 574 650,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
eenheidsprijzen	Verhuurbureau D. de Witte N.V. te Leeuwarden
f 144 040,—	Aannemings-, Wegenbouw- en Handelsbedrijf 'Rotterdamsche Wegenbouw' te Rotterdam
f 55 979,—	G.B.N. Exclusieve Houtbouw te Nijkerk
f 20 479,—	fa. S. L. Kranenburg te Oudenhoorn
eenheidsprijzen	fa. v/h T. W. Volker en Zn. te Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	E. H. van Hoff te Woerden
eenheidsprijzen	fa. Kraayeveld's Aannemers- en Handelsond. te Barendrecht
eenheidsprijzen	Utroma N.V. te Arnhem

gegunde werken

Aannemingssom	Aannemer
f 592 500,—	Combinatie Brug Oosterschelde te Beverwijk
f 528 500,—	Th. Smeulers' Baggermaatschappij te Utrecht

Opgave van door het Rijk ten behoeve van de Lauwerszeewerken gesloten onderhandse

Nummer van het bestek	Datum	Omschrijving van het werk
LAW 552	20 mei 1964	Het leveren van stortsteen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 565a	1 september 1964	Het leveren van betonklinkerkeien ten behoeve van de Lauwerszeewerker
LAW 566	21 mei 1964	Huur van een bemand motorvaartuig ten behoeve van de Lauwerszeewerk
LAW 567	23 maart 1965	Het lossen en opslaan van koperslakblokken ten behoeve van de Lauwersz werken
LAW 568	31 augustus 1964	Het leveren van koperslakblokken ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 570	31 juli 1964	Het leveren van betonblokken ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 571	22/25 september 1964	Het leveren van elektrische energie ten behoeve van elektriciteitsvoorzieni op het werkeiland in de Lauwerszee
LAW 572	13 juli 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 573	13 juli 1964	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 574	18 mei 1965	Het leveren van loodslakken ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 575	31 mei 1965	Het leveren van basaltstortsteen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 576	30 september 1965	Het maken van een dijkvak aan de Friese kust met een losplaats op de Hoek v de Bant met bijkomende werken
LAW 577	16 februari 1965	Het leveren van stortsteen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 578	15 februari 1965	Het leveren van koperslakblokken ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 579	26 april 1965	Het leveren van betonklinkerkeien ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 580	26 april 1965	Het leveren van mijnsteen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 582	4 juni 1965	Het leveren van grof grind ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 584	22 juni 1965	Wijziging bestek nr. 1, dienst 1961-1962 voor het maken van een werkhaven het Bootsgat nabij Oostmahorn
LAW 585	4 juni 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 586	9 juni 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 587	22 juni 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 588	3 juni 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 589	6 juli 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 590	6 juli 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 591	16 augustus 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
ZW 3407 (LZW nr. 2)	18 juni 1964	Het vervaardigen en leveren van loop- en geleiderails voor de uitwatering sluizen in de afsluitdijk van de Lauwerszee
ZW 3445 (LZW nr. 3)	17 mei 1965	Het bouwen van een schutsluis in de afsluitdijk van de Lauwerszee
LAW 583	14 januari 1966	Het leveren van palen van badding-, plaat- en vloerhout
LAW 592	27 mei 1966	Aanleg van 800 m dijkvak en van een drempel in de stroomgeul
LAW 593	dienst 1966	Verbeteren van de polderweg in de Westpolder in de gemeente Ulrum (Gro ningen)
LAW 594	24 november 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 595	29 november 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 596	1 december 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken

Aannemingssom	Aannemer
:enheidsprijzen	Firma de Smidt en Weijnen te Terneuzen.
:enheidsprijs	N.V. Schokbeton, te Kampen
' 500,— per week	G. Postma te Kollumerpomp.
151 320,—	'Cobinatie Lauwerszee' te 's-Gravenhage'.
:enheidsprijzen	Mavotrans N.V. te 's-Gravenhage.
:enheidsprijs	Oosthoek en Zoon's Industrie- en Handelmij. N.V. te Alphen aan de Rijn.
:arieven	Provinciaal Electriciteitsbedrijf in Friesland.
:enheidsprijzen	C. T. den Breejen te Hardinxveld-Giessendam.
:enheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk te Werkendam.
:enheidsprijs	de Hoop N.V. Handel-, Industrie en Scheepvaart Mij te Terneuzen.
eenheidsprijzen	J. C. de Looff te Rotterdam
f 7 250 250,—	'Combinatie Lauwerszee' te 's-Gravenhage.
eenheidsprijzen	Firma de Smidt en Weijnen te Terneuzen.
eenheidsprijs	Mavotrans N.V. te 's-Gravenhage.
eenheidsprijs	N.V. Schokbeton te Kampen.
eenheidsprijs	Staatsmijn in Limburg te Heerlen.
eenheidsprijzen	N.V. Utroma te Arnhem.
	Hollandsch Aannemersbedrijf Zanen Verstoep N.V. en N.V. C. J. v. d. Hoeven, beide te 's-Gravenhage.
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk te Werkendam.
eenheidsprijzen	T. den Otter te Meerkerk.
eenheidsprijs	E. H. van Hoff te Woerden.
eenheidsprijs	N.V. J. de Jong Bzn. te Sliedrecht.
eenheidsprijs	Fa. J. de Waard te Lekkerkerk.
eenheidsprijs	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam.
eenheidsprijs	Fa. J. A. de Ruiter C.V. te Hardinxveld-Giessendam.
f 549 000,—	De Koninklijke fabrieken Penn en Bauduin N.V. te Dordrecht.
f 2 853 000,—	'Combinatie Lauwerszee' te 's-Gravenhage.
eenheidsprijzen	Kon. Nederlandse Heidemaatschappij te Lonneker
f 9 391 950,—	'Combinatie Lauwerszee', 's-Gravenhage
f 269 500,—	Asfaltcombinatie 'Waddenzee', Groningen
eenheidsprijzen	Willem van Wijngaarden N.V., Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam
eenheidsprijzen	T. den Otter, Meerkerk

Nummer van de/ het overeenkomst/ bestek	Datum	Omschrijving van het werk
LAW 597	29 november 1965	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 598	22 maart 1966	Het leveren van stortsteen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 599	11 mei 1966	Het leveren van basaltstortsteen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 600	14 juni 1966	Het leveren van grof grind ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 601	31 maart 1966	Het leveren van mijnsteen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 602	21 februari 1966	Het leveren van koperslakblokken ten behoeve van de aanleg van een dijk in de Lauwerszee aansluitend aan de westzijde van het werkeiland
LAW 603	15 juni 1966	Het leveren van betongoten ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 604	3 juni 1966	Huur van een onbemand motorvaartuig ten behoeve van de Lauwerszeewerk
LAW 605	22 maart 1966	Het leveren van betonblokken ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 606	16 juni 1966	Het leveren van betonklinkerkeien ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 607	14 juni 1966	Het leveren van betontegels ten behoeve van de verbetering van de weg de Westpolder
LAW 608	18 april 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 609	18 april 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 610	4 april 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 611	18 april 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 612	31 maart 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 613	3 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 615	3 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 616	4 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 617	3 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 618	3 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
LAW 619	3 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de Lauwerszeewerken
ZW 3518 (LZW nr. 4)	14 september 1965	Vervaardigen en plaatsen van 24 stalen hefdeuren en contragewichten voor uitwateringssluizen
ZW 3551 (LZW nr. 5)	30 maart 1966	Vervaardigen en opstellen van de bewegingswerken voor de schutsluizen de afsluitdijk en te Dokkumer Nieuwe Zijlen
ZW 3583 (LZW nr. 6)	12 januari 1966	Vervaardigen en leveren van stalen onderdelen voor de schutsluis in de afslu dijk
ZW 3586 (LZW nr. 7)	17 mei 1966	Het leveren en bedrijfsvaardig opstellen van bewegingswerktuigen voor hefdeuren in de afsluitdijk
ZW 3595 (LZW nr. 8)	7 maart 1966	Afwerken van de bouwput voor de caissons voor de afsluiting van de Lauwe zee en het aanleggen van een bemalingsinstallatie in deze bouwput
ZW 3605 (LZW nr. 9)	dienst 1966-1968	Bouw schutsluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen
ZW 3619 (LZW nr. 11)	16 maart 1966	Vervaardigen en leveren van diagonaalverbanden voor de caissons ten behoe van de afsluiting van de Lauwerszee
ZW 3654 (LZW nr. 13)		Vervaardigen en bedrijfsvaardig opleveren van een elektrische installatie vo het in aanbouw zijnde sluiscomplex in de afsluitdijk van de Lauwerszee

Aannemingssom	Aannemer
eenheidsprijzen	E. H. van Hoff, Woerden
eenheidsprijzen	fa. de Smidt en Weijnen, Terneuzen
eenheidsprijzen	J. C. de Looff, Rotterdam
eenheidsprijzen	Utroma N.V., Arnhem
eenheidsprijs	Staatsmijnen, Heerlen
eenheidsprijzen	Mavotrans N.V., Den Haag
eenheidsprijzen	N.V. Schokbeton, Kampen
315,— per week	G. Postma, Kollummerpomp
eenheidsprijs	N.V. R. Noppert en Zn., Bergum.
eenheidsprijs	N.V. Schokbeton, Kampen
eenheidsprijs	N.V. R. Noppert en Zn., Bergum.
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam.
eenheidsprijzen	fa. T. den Otter, Meerkerk
eenheidsprijzen	Willem van Wijngaarden N.V., Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. J. de Jong Bzn., Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter C.V., Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Hakkers, Werkendam
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. v/h T. W. Volker en Zn., Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. J. de Geus, Puttershoek
eenheidsprijzen	C. H. Schuller, Drimmelen (N.Br.)
2 311 000,—	N.V. De Vries Robbé en Co, Gorinchem
f 371 040,—	N.V. 'Landustrie', Sneek
f 79 430,—	N.V. Zwolsche Machinefabriek en Constructiewerkplaats 'De Nijverheid' v/h Fa. G. J. Wispelweij en Co., Zwolle
f 1 380 000,—	N.V. Metaalindustrie 'Stertil', Kootstertille
f 694 300,—	'Combinatie Lauwerszee', 's-Gravenhage
f 3 778 000,—	N.V. Aann. Mij v/h Hillen en Roossen, Amsterdam
f 513 600,—	Havenbedrijf 'Vlaardingen' N.V., Vlaardingen

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aerophoto Eelde	484 497
Bart Hofmeester	487 490
Cees van der Meulen	454
Rijkswaterstaat	466 467 469
T. Slagboom	482

Inhoud nr. 40

A. De werken van het Deltaplan

507 Onderzoek naar de verschillende methoden van bodembescherming

518 De verhouding van getijvolume en doorstromingsprofiel in de zeegaten

525 De verdediging van het buitenbeloop van de op de uitwateringssluizen in het Haringvliet aansluitende damgedeelten

531 Verdichting van losgepakte zandlagen bij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

534 De bepaling van de grootte van wateroverdrukken onder een gesloten asfaltmastiekmat

541 De damvakken op de Middelplaat en de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat

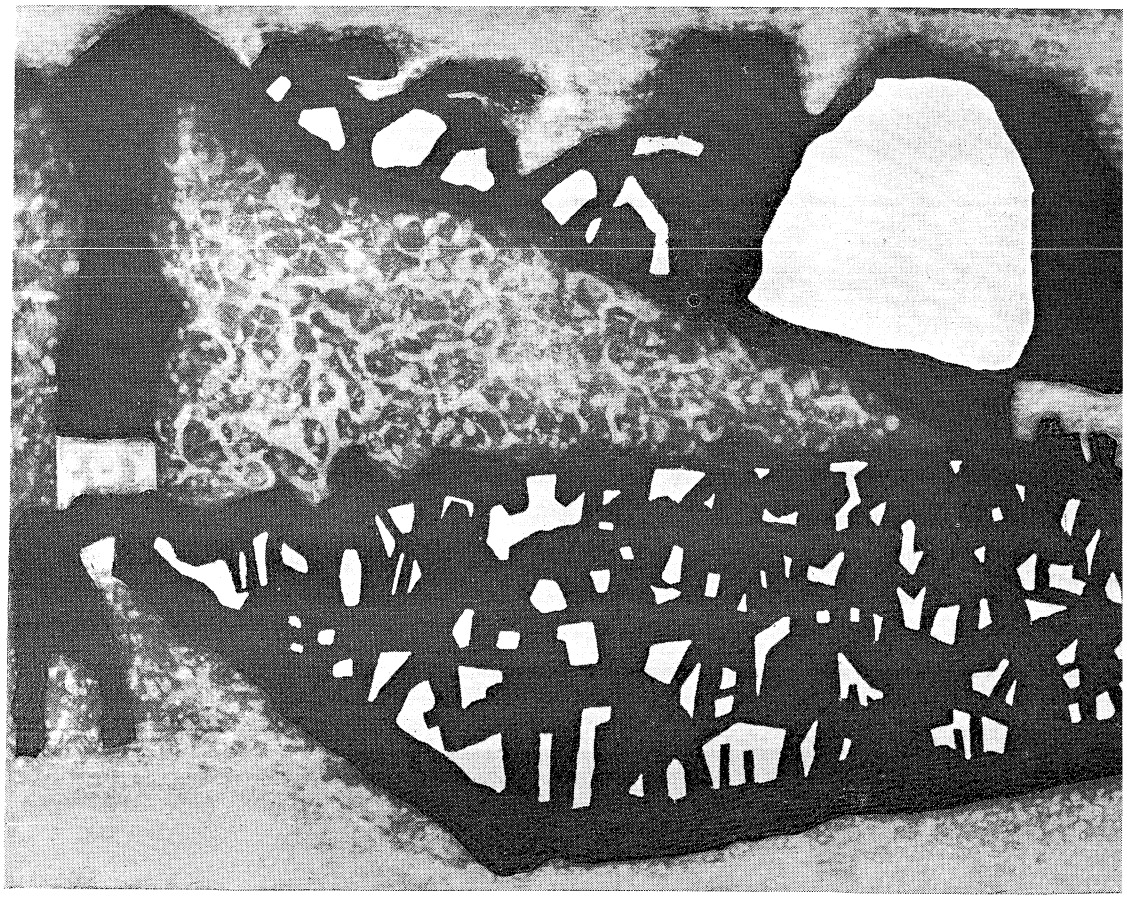
547 De ontgraving van het bouwdok voor de doorlaatcaissons ten behoeve van de Volkerakafsluiting

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

551 De verzwaring en verhoging van de zeewaterkering ten noorden van de Eendragtpolder op Texel

553 **Vorderingen**

Rijswerkers; ets en aquatint van H. van Kruiningen



Onderzoek naar de verschillende methoden van bodembescherming

Het is vanaf de aanvang van het Deltaplan duidelijk geweest dat de grote afsluitingen waarin het plan voorzag, niet tot stand zouden kunnen worden gebracht uitsluitend met behulp van de bestaande werkmethoden. Bij de oprichting van de Deltadienst is dan ook onmiddellijk een afdeling gevormd voor de ontwikkeling van nieuwe materialen en werkmethoden, die zich alleen bezighield met het zoeken naar nieuwe mogelijkheden. Bij de uitvoering van de verschillende werken werd elke gelegenheid benut die mogelijkheden op hun verdienste voor de praktijk te onderzoeken. Vooral bij de afsluiting van de Grevelingen is op grote schaal met nog onvoldoende bekende methoden en materialen geëxperimenteerd. Voor het eerst werd daar een gat geleidelijk gesloten met behulp van een kabelbaan, waarbij ook verschillende nieuwe materialen op hun geschiktheid voor dit type sluiting werden beproefd. Nieuwe wijzen van bodembescherming werden aan experimenteel onderzoek op grote schaal onderworpen.

Welke methode van afsluiting men ook kiest, het ontwerpen van een doelmatige bodembescherming zal bij de beweeglijke zandbodem in onze zeegaten steeds een essentiële voorwaarde zijn voor het welslagen van de sluitingsoperatie. Bij de opbouw van een afsluitdam uit steen of ander stortmateriaal moet men er om de stabiliteit te verzekeren niet alleen zeker van zijn dat de bodem onder de dam niet door stroom wordt aangetast, doch ook moet er voor worden gezorgd dat de bodm aan beide zijden van de dam over voldoende breedte wordt beschermd tegen uitschuring. Door de over de dam trekkende getijstromen immers zullen bij een onbeschermde bodem aan weerszijden van de dam ontgrondingen optreden, die in geval ze te dicht bij de dam voorkomen, eveneens stabiliteitsverliezen kunnen veroorzaken.

Vanwege het grote belang van de bodembescherming bij de sluitingsoperaties is in de zomer van 1963 een commissie in het leven geroepen, met als belangrijkste taak het inventariseren van alle tot dusver bekende methoden van bodembescherming. Op grond van een uitgebreide studie zou men moeten komen tot een aanbeveling van constructies welke volgens de bestaande inzichten technisch en economisch verantwoord moeten worden geacht voor het gebruik bij de grote afsluitingen in het Volkerak, het Haringvliet, het Brouwerhavensche Gat en de Oosterschelde.

Behalve een aantal afdelingen van de Deltadienst waren enige bedrijven en instellingen in de commissie vertegenwoordigd, en wel het Rijkswegenlaboratorium om te adviseren

in alle zaken die asfalt betroffen, de firma Key en Kramer N.V. vanwege haar grote ervaring met koud asfalt, het Shell-laboratorium te Amsterdam als bevoegde instantie op het gebied van warm asfalt, de N.V. Bitumarin, die al in de Grevelingen heeft geëxperimenteerd met methoden voor het onder water leggen van een asfaltslab, de Vereniging van Kunst- en Oeverwerken als overkoepelende zinkwerkorganisatie en het Ministerie van Sociale Zaken, afdeling Arbeidsvoorziening, onder meer om licht te brengen in de sociale problemen van het rijshoutbedrijf.

Werkwijze van de commissie 'Inventarisatie Bodembescherming'

Voor de beoordeling van de geschiktheid van een bodembeschermende constructie is het noodzakelijk de kenmerkende eigenschappen van zo'n constructie vast te stellen. Ze zijn te verdelen in materiaaleigenschappen als sterkte, buigbaarheid, bestandheid tegen uitwendige – bijvoorbeeld biologische – invloeden, en constructie-eigenschappen zoals weerstand van de constructie tegen stroom- en golfaanval.
De golfaanval is bij het onderzoek slechts zijdelings in de overwegingen betrokken, omdat deze factor bij de toepassing in sluitgaten in het algemeen slechts een ondergeschikte rol speelt.
Voor een aantal constructies is ter vergelijking ook de toepassing als talud- en oeverbescherming nagegaan. Dit bleek niet alleen wenselijk omdat men niet altijd een duidelijke scheiding kan maken tussen bodem- en oeververdediging, maar ook omdat van een aantal nieuwe materialen belangrijk meer bekend was als taludverdediging dan als bodembescherming.
Om doelgericht te kunnen werken werd een drietal werkgroepen gevormd, die elk een bepaald type bodembescherming als onderwerp van studie toegewezen kregen. Naast leden van de commissie namen in elk der drie werkgroepen ook andere, daartoe uitgenodigde, deskundigen zitting. Werkgroep A bestudeerde de rijshouten, betonnen en rieten zinkstukken, werkgroep B de bodembeschermingsconstructies van kunststoffen en metalen, en werkgroep alle bodembeschermingsconstructies waarin asfalt is verwerkt.
Alleen bij uitzondering werden door de commissie nieuwe onderzoekingen uitgevoerd of aan derden opgedragen. Wel werden gedurende het verloop van de studie door het Waterloopkundig Laboratorium bepaalde onderzoekingen uitgevoerd, waarvan de ter beschikking gekomen resultaten in de verschillende afzonderlijke studies werden verwerkt.
Ter beoordeling van de geschiktheid van een materiaal of constructievorm hebben de werkgroepen steeds gelet op een viertal hoofdcriteria: de constructiekenmerken, het gedrag als bodembescherming, de wijze van werking en de kosten.
De constructiekenmerken kunnen velerlei zijn. Gelet werd op de zanddichtheid, zowel van elk stuk bodemverdediging afzonderlijk als van de naden die ontstaan wanneer men de verdedigingen naast elkaar neerlegt. De doorlatendheid voor lucht, gassen en water werd beoordeeld, alsook de geschiktheid om de bodemfiguratie en de veranderingen die daarin kunnen komen te volgen. Er is voorts gekeken naar de mechanische sterkten, zoals buig- en treksterkte, en het gedrag bij ankerbeschadiging; naar de weervastheid en bestendigheid onder water; naar de resistentie tegen biologische en chemische aantasting.
Gaat men het gedrag van een constructie of materiaal als bodembescherming na, dan let men op de stabiliteit met betrekking tot overtrekkende stroom, wervelingen en neren; op de hydraulische ruwheid, en de randeffecten met betrekking tot ruwheid, dikte en flexibiliteit van de verdediging.



Klassiek rijshouten zinkstuk

Onder het hoofd 'verwerking' komen de vragen aan de orde die de aanvoer van het materiaal en de verwerking ervan tot het eindprodukt betreffen. Vanwaar wordt het materiaal betrokken, is het steeds beschikbaar, kan het in voldoende mate worden aanaangevoerd? Is de fabricage van het produkt al dan niet arbeidsintensief, vraagt de opslag veel terrein of aandacht? Het is voorts van belang vast te stellen hoeveel en welk materieel nodig is bij de aanmaak van de bodemverdediging in kwestie en het afzinken ervan. Welke ervaringen zijn met de constructie opgedaan, hoe groot is het aantal werkbare dagen, en welke produktie kan worden bereikt?
Ten laatste blijft de belangrijke overweging: wat kost het produkt?

Studies der werkgroepen

Het resultaat van de studie van werkgroep A is – omdat riet en beton voor de grote sluitgaten niet in aanmerking komen – samengevat in een als deelrapport uitgebrachte verhandeling over het klassieke rijshouten zinkstuk. De constructiekenmerken en bodembeschermende eigenschappen van het zinkstuk worden aan een nader onderzoek onderworpen, en er worden aanbevelingen gedaan tot verbetering van zwakke punten in de constructie.
Naast dit samenvattende deelrapport hebben commissieleden en geraadpleegde deskundigen een aantal bijzonderheden nader bezien en de resultaten van hun studies in bijlagerapporten vastgelegd. Zij behandelden onder meer het onderzoek naar het voorkomen van de paalworm en naar de paalwormbestandheid van rijsmateriaal onder verschillende omstandigheden, de aankoop en opslag van rijsmaterialen, de arbeidsvoorzieningen, het gebruik van kunstmatige zaten en mechanische steenstorters en het zinken op stroom.
Aandacht werd ook besteed aan de geschiktheid van azobé-matten ter vervanging van rijshout in waterbouwkundige constructies.
Werkgroep B heeft zich, nadat aluminium als ongeschikt van de lijst van toepasbare materialen was afgevallen, bij zijn onderzoek beperkt tot constructies waarin kunststoffen zijn verwerkt. De kunststoffen bestrijken een zeer groot terrein, dat slechts door

1. Stroomzinken te Hellevoetsluis; september 1960

2. Wiepenbindmachine

3. Een op een haspel gewonden kunststofmat wordt afgezonken in het Zuiderdiep

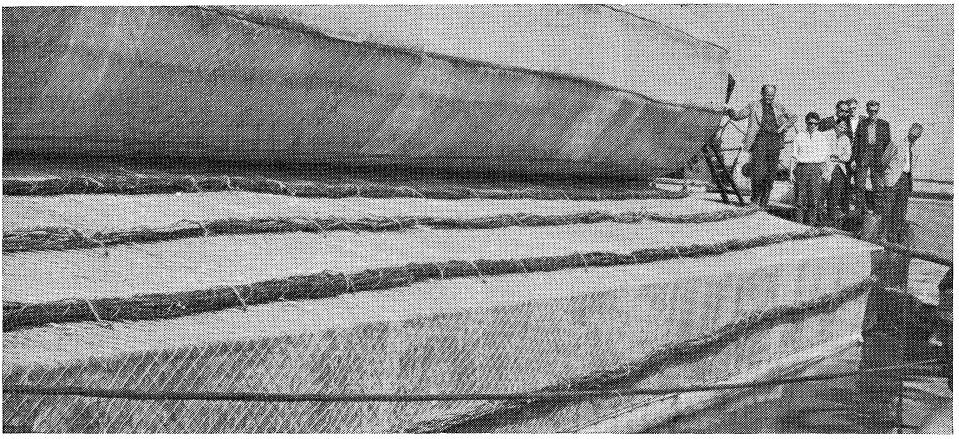
1



2



3



specialisten op dit gebied goed kan worden overzien. De werkgroep heeft een onderzoek ingesteld naar de toepassing van deze materialen in bodembeschermende constructies, en de resultaten daarvan in een tweetal deelrapporten vastgelegd. In deze rapporten wordt slechts oppervlakkig gesproken over de opbouw, vervaardiging en eigenschappen der betrokken materialen. Het ene deelrapport heeft betrekking op de kunststofweefsels, het andere op de kunststoffolies. Bij de weefsels zijn de kunststofdraden als monofilamenten of als samengestelde draden in twee loodrecht op elkaar staande richtingen geweven, waarbij tussen de draden openingen van verschillende afmeting aanwezig blijven. Het weefsel is dus waterdoorlatend. Kunststoffolies bestaan uit een ononderbroken, zeer dunne laag van kunststof; ze bevatten geen openingen en zijn derhalve niet waterdoorlatend. De belangrijkste onderzochte materialen zijn: nylon, polyvinylchloride, polyetheen en polypropyleen.
Werkgroep C heeft zich bij het onderzoek in het bijzonder met bitumineuze constructies beziggehouden, waarbij veel aandacht werd besteed aan de vraag hoe asfaltmastiek als bodembescherming is te verwerken. Daarbij heeft de werkgroep de beschikbare gegevens over het gedrag van asfaltmastiek in de Krammer bij de afsluiting van de Grevelingen nader geanalyseerd en heeft zij de resultaten van de bij de afsluiting van de Grevelingen genomen proeven met gebitumineerd zand als dambouwmateriaal aan een nader onderzoek onderworpen. Ook de mogelijke toepassing van warm en koud zandasfalt werd bezien, terwijl de gepenetreerde steenbestorting mede in de beschouwingen werd betrokken.

Bruikbaarheid

Uit de resultaten van de verschillende studies blijkt dat men de verschillende typen bodembescherming voor wat betreft hun toepasbaarheid in de grote sluitgaten in drie groepen kan verdelen: ongeschikte constructies, beperkt geschikte constructies en geschikte constructies. Constructies worden in het rapport van de commissie, die immers moest nagaan welke bodembeschermingen voor onmiddellijke toepassing in de grote sluitgaten in aanmerking komen, ongeschikt genoemd wanneer zij òf te weinig ontwikkeld zijn dan dat hun waarde thans met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld, terwijl er weinig kans is dat daarin op de termijn waarbinnen over het gebruik voor de Delta-

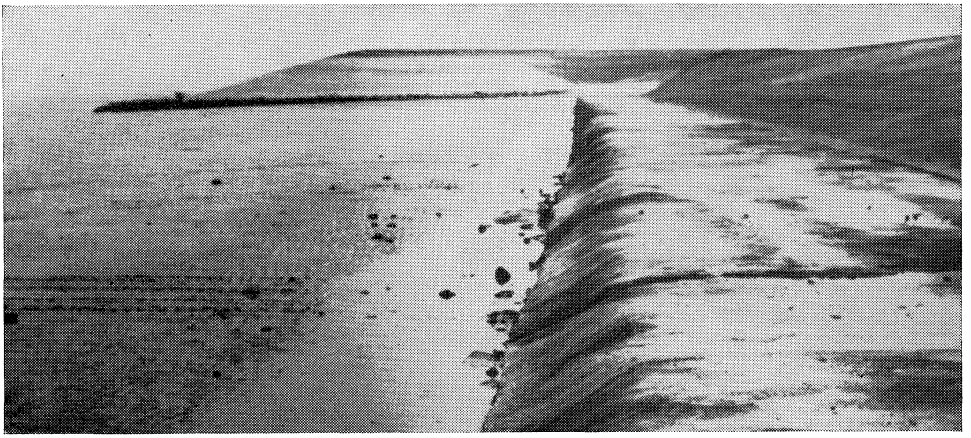
werken beslist zal worden verandering komt, òf krachtens huidige inzichten beslist niet geschikt zijn om bij een stroomaanval van enige betekenis een afdoende verdediging te waarborgen. Tot deze groep behoren onder meer zinkstukken van beton, riet, of azobé; kunststofweefsels of -folies, enkelvoudig toegepast zonder bestorting of randverzwaring, aluminiummatten, stortsteenasfalt en warm en koud zandasfalt.
Constructies zijn beperkt geschikt genoemd wanneer mag worden aangenomen dat zij in staat zijn een niet te zware stroomaanval goed te weerstaan. Tot deze groep behoren onder andere met zand of zandasfalt gevulde nylon dubbelweefsels en kunststofweefsels of –folies met lichte bestorting. Dergelijke constructies zullen stroomsnelheden tot 1,5m/sec in elk geval wel kunnen weerstaan. In gebieden waar door de aard van het stroombeeld een grote turbulentie en sterke wervels worden verwacht, moet toepassing worden ontraden.
Met asfaltmastiek onder water gepenetreerde steenbestortingen zijn tot nu weinig in de praktijk beproefd, doch op grond van proeven op beperkte schaal mag verwacht worden, dat deze combinatie goede toepassingsmogelijkheden biedt. De opbouw van deze bodembescherming kan velerlei vorm aannemen, van een mastieklaag op een steenbestorting tot een filter met gestabiliseerde bovenlaag.
Hoewel de toepassing van gepenetreerde steenbestorting voorlopig als beperkt geschikt moet worden geclassificeerd, wordt het waarschijnlijk geacht, dat op grond van wat meer uitgebreide ervaring de classificatie in 'geschikt' zal kunnen worden veranderd.
Constructies die geschikt geacht worden zijn het rijshouten zinkstuk, de gegradeerde steenbestorting met of zonder kunststofweefsel als onderlaag en de asfaltmastiekmat. Aan deze geschikt geachte constructies zullen in het hierna volgende nog enige samenvattende beschouwingen worden gewijd.

Het rijshouten zinkstuk

Met het klassieke rijshouten zinkstuk is gedurende een groot aantal jaren uitgebreide ervaring opgedaan. De waarde ervan als bodembescherming is dientengevolge met redelijke nauwkeurigheid bekend. Het onderzoek heeft aangetoond dat ten aanzien van de zanddichtheid van deze constructie nog een vrij grote mate van onzekerheid bestaat. In de praktijk brengt men vaak een laag riet aan, waarvan men verwacht dat er een grotere zanddichtheid mee wordt bereikt.
De toepassing van nieuwe werkmethoden zoals het zinken op stroom, het vervangen van het bind- en sjorringtouw door kunststof en het toepassen van een wiepenspinmachine en van kunstmatige zaten, hebben de prijs van deze constructies verlaagd en de betrouwbaarheid ervan belangrijk verhoogd.
Indien de opvolgende zinkstukken van een bezinkveld met een open naad worden gelegd, zullen ter plaatse van deze naden bijzondere maatregelen noodzakelijk zijn; een bestorting zonder meer wordt daartoe onvoldoende geacht. Het verdient daarom de voorkeur op elkaar aansluitende zinkstukken zo neer te leggen dat ze elkaar overlappen. De buitenste stukken van een bezinkveld bij een afsluitdam zullen in ieder geval met een overlap moeten worden gezonken.
Het rijshouten zinkstuk kan over het gehele bezinkveld worden toegepast. De bestorting dient te worden aangepast aan de stroomaanval.

De gegradeerde steenbestorting

Met een gegradeerde steenbestorting bedoelt men een uit verschillende lagen van toenemende steengrootte opgebouwd steenpakket; men spreekt ook wel van filterconstructie.



Kraagstuk van asfaltmastiek

Hoe een dergelijke constructie moet worden opgebouwd kan in eerste benadering worden vastgesteld door uit te gaan van in de literatuur vermelde filtereisen voor waterleidingfilters.
Op basis van deze eisen gevormde filtersamenstellingen bleken – door de veel grotere korrelafmetingen van een steenpakket – bij laboratoriumproeven niet steeds geheel te voldoen.
In de gegradeerde steenbestortingen van een sluitgatdrempel kunnen, bijvoorbeeld bij een caissonsluiting, vrij grote horizontaal gerichte drukverhangen optreden op de grens van twee pakketten van opvolgende steenafmetingen; de constructie moet bestand zijn tegen de hierdoor opgewekte stroomsnelheden in het pakket.
In het algemeen zullen laboratoriumproeven noodzakelijk zijn om vast te stellen of een ontworpen filteropbouw de benodigde stabiliteit bezit.
Bij uitvoering in den droge is het niet moeilijk een goede opbouw te verwerkelijken. In den natte is een economische uitvoeringsmethode slechts goed mogelijk bij volledige mechanisering, dus door toepassing van mechanische steenstorters. Ook dan kan een zekere onnauwkeurigheid van werken niet geheel vermeden worden; bij het bepalen van de dikte der verschillende lagen zal men hiermee rekening moeten houden.
Als bescherming van een zandbodem kan in principe overal een filter worden gebruikt, mits aan de rand, waar ontgrondingen zullen optreden, bijzondere voorzieningen worden getroffen. De rand kan bijvoorbeeld worden opgesloten door een klassiek zinkstuk dat wel in staat is ontgrondingen te volgen zonder zijn samenhang te verliezen.
Als een bijzondere vorm van de gegradeerde steenbestorting kan men de toepassing zien van een kunststofweefsel dat wordt afgedekt door een uit één of verscheidene lagen bestaande bestorting. Het kunststofweefsel vervangt dan de fijnere lagen van het filter.
Voor het aanbrengen van het kunststofweefsel op de zandbodem moet een voor dit doel geschikte werkwijze met speciaal daartoe ontwikkelde apparatuur, bijvoorbeeld een rolponton, worden toegepast.

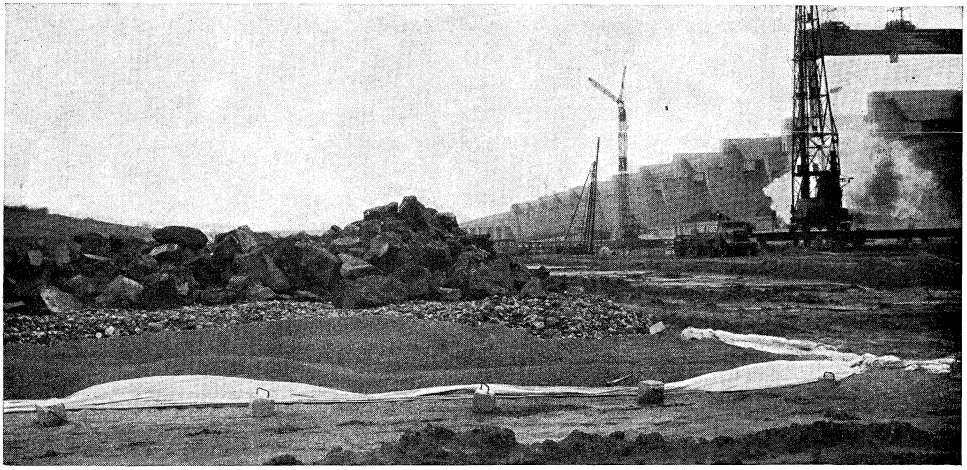
Bij een caissonsluiting biedt het toepassen van een filterconstructie in een drempel in verband met mogelijke onderloopsheid zekere voordelen boven het klassieke zinkstuk.

De asfaltmastiekmat

Asfaltmastiek is een warm mengsel van zand, vulstof en bitumen. Ervaringen met dit type bodembescherming in de Grevelingen opgedaan, wettigen de verwachting dat met deze methode een aan hoge eisen beantwoordende bodembescherming kan worden verkregen.
Een asfaltmastiekmat wordt met een speciaal daarvoor geconstrueerde stortpijp op de zandbodem aangebracht in stroken van bijvoorbeeld 5 m.
Door de stroken overlappend te leggen wordt een geheel gesloten bodemverdediging verkregen, indien men er in slaagt de uitstroming van de asfaltmastiek ononderbroken te doen plaatsvinden.
De materiaaleigenschappen en verwerkingsmogelijkheden van asfaltmastiek onder water zijn bekend; op grond van theoretische beschouwingen kan voor een asfaltmastiekmat de benodigde laagdikte worden berekend en kunnen uitspraken over het te verwachten gedrag bij ontgrondingen worden gedaan.
Een asfaltmastiekmat mag niet door onder de mat optredende overdrukken worden opgelicht; daar het volumegewicht onder water ongeveer gelijk is aan 1, moet de mat dus een dikte hebben die tenminste gelijk is aan de waterhoogte waarin men deze overdruk kan uitdrukken. Indien de benodigde mastieklaag in verband hiermee te dik en te duur wordt, kan het aanbeveling verdienen op een andere wijze, bijvoorbeeld door een steenbestorting op de mat, de overdruk op de onderzijde van de mat te compenseren. Men spreekt dan van een verzwaarde mastiekmat.
Een gladde asfaltmastiekmat geeft in het algemeen aanleiding tot grotere ontgrondingen en een steilere aanzethelling van het bovenstroomse talud van de ontgrondingskuil. Een asfaltmastiekmat moet in het algemeen dan ook niet worden aangewend langs de randen van het bezinkveld. Voor een algemene behandeling van deze kwestie wordt verwezen naar het artikel 'Ontgrondingen in Sluitgaten', Driemaandelijks Bericht nr. 38 (november 1966).
Indien men besluit bij de grote sluitgaten op grote schaal van deze vorm van bodembescherming gebruik te maken, verdient het aanbeveling een daartoe speciaal ingericht en uitgerust asfaltschip te doen bouwen, waarmee een grote produktiecapaciteit kan worden verkregen, zodat een rendabele en uit technisch oogpunt verantwoorde uitvoeringswijze mogelijk wordt.

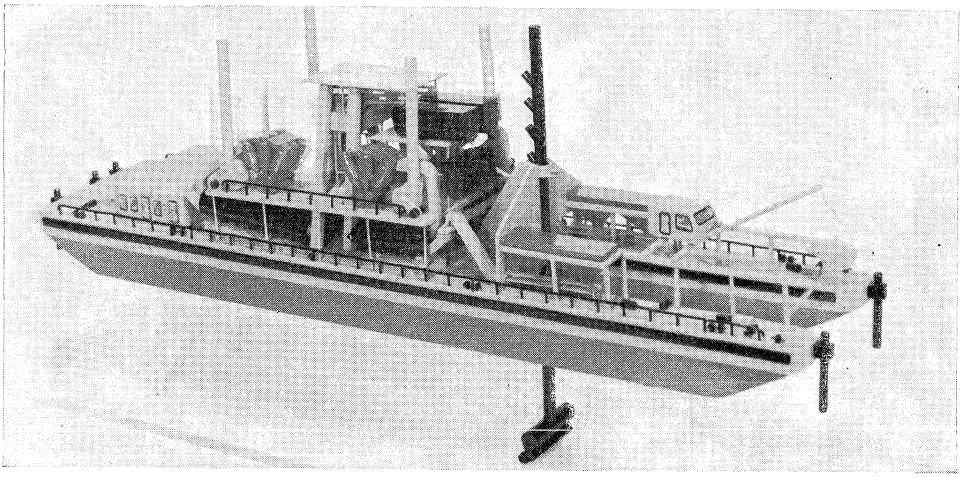
Toepasbaarheid onder verschillende omstandigheden

Met de opmerking dat de drie beschreven types van bodembescherming 'geschikt' zijn, is eigenlijk nog niet veel gezegd. In de praktijk is men pas gebaat bij een antwoord op de meer concrete vraag: hoe geschikt is die bodemverdediging onder die en die omstandigheden? De commissie heeft haar vergelijkend oordeel daar dan ook op gebaseerd.
Bij een sluiting wordt het stroombeeld in de eerste fase van de uitvoering bepaald door de drempelopbouw. De grootste gemiddelde snelheid op de drempel bedraagt dan ongeveer 2,5 m/sec. In de tweede fase van de sluiting kunnen de snelheden oplopen tot een grootste gemiddelde over het hele profiel van 5 m/sec. Het is mogelijk een rijshouten zinkstuk, en met name de steenbestorting erop, op deze stroomaanval te dimensioneren.



Opbouw van het filter voor de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet, najaar 1964

Bij een gegradeerde bestorting kan het bovenste deel van de opbouw op deze stroomaanval worden berekend. Waar, zoals bij de kap van een sluitgatdrempel voor caissons, sprake kan zijn van onderloopsheid, is een bestorting beter geschikt dan een rijshouten zinkstuk.
De asfaltmastiekmat is bij de geleidelijke sluiting van de Grevelingen bestand gebleken tegen de stroomaanval bij een maximale gemiddelde snelheid van 2,5 m/sec. Kleine openingen in de mat bleken daarbij niet hinderlijk te zijn. Er is geen reden om aan te nemen dat een asfaltmastiekmat zonder openingen en naden niet tegen stroomsnelheden van 5 m/sec bestand zou zijn. Bij die snelheid kan de overdruk onder een gesloten verdediging echter zo groot worden dat een asfaltmastiekmat van voldoende dikte om de opwaartse druk te weerstaan, dan te duur wordt.
Benedenstrooms van een drempel bevindt zich, aan het eind van de bodemneer, in het algemeen een gebied met sterk verhoogde turbulentie. Bij dijkkoppen zullen turbulenties voorkomen met een verticale as. Bodembeschermingen in gebieden met veel turbulentie zullen vooral een gesloten geheel moeten vormen. Dit houdt voor zinkstukken in dat de bestorting over het zinkveld regelmatig moet zijn, en dat met name de overlappingen van een goede afstorting met voldoende zware stortsteen moeten worden voorzien. Bij een filter zal de bovenste laag geheel en al moeten bestaan uit stenen van een voldoende grootte, anders wordt de constructie aangetast. Een gesloten asfaltmastiekmat moet bij turbulentie bestand zijn tegen de drukschommelingen die worden opgeroepen door wervelstraten. In het algemeen zal slechts uit laboratoriumonderzoek kunnen blijken welke dikte de mat in een bepaald geval moet hebben. In geen geval mogen er naden tussen de gelegde banen voorkomen.
De onvermijdelijke ontgrondingen benedenstrooms van een bodembescherming zullen na een gladde asfaltmastiekmat dieper worden en steiler beginnen dan na welke andere van de drie bodemverdedigingen ook. De asfaltmastiekmat moet dan ook ongeschikt worden genoemd voor de beëindiging van een bodemverdediging, totdat middelen zijn gevonden deze mat aan het einde hydraulisch ruw te maken. De commissie beveelt een onderzoek in die richting aan. Een asfaltmastiekmat kan een ontgronding aan de rand goed volgen, mits het talud ervan niet te steil is.



Maquette van het asfaltschip

Aangezien een filterconstructie aan de rand van een ontgronding verzakt en uit elkaar valt, blijft van de drie beschouwde typen als enige mogelijkheid ter beëindiging van de bodemverdediging het klassieke rijshouten zinkstuk over. Juist aan de rand van de verdediging is een goed afgestorte overlapping der stukken van groot belang. Een zinkstuk kan de ontgronding in het algemeen goed volgen. De randconstructie moet zo zwaar worden bestort, dat ze niet kan worden opgetild. Wordt de aanzethelling van een ontgronding zo steil dat de bestorting van het stuk rolt, dan gaat het klapperen en wordt het vernietigd. Bijzondere stroomsnelheden of turbulenties aan het einde van de verdediging kunnen dit proces in gang zetten.
Bij de grote sluitgaten moet een bodemverdediging in staat zijn drie tot vijf jaar achtereen de zandbodem of een zandophoging onder water tegen uitschuring te beveiligen. Asfaltmastiek is onbeperkt houdbaar, en voldoet aan die eis dus ruim. Een goed geconstrueerd filter is ook onbeperkt houdbaar. Van een rijshouten stuk echter kan de treksterkte in enkele jaren geheel te niet gaan doordat het bindmateriaal verrot, of doordat de paalworm het rijshout antast. Niet dat daarmee de bodembeschermende werking van het stuk verloren gaat, maar als het, bijvoorbeeld doordat het op de rand van een ontgronding komt te liggen, op trek belast wordt, kan het in die toestand gemakkelijk vernield worden. De tot dusver gebruikte bindingen vergaan onder water binnen een half jaar; toepassing van kunststoffen biedt hier uitkomst. De aantasting van het rijshout door de paalworm wordt wellicht gereduceerd door bestorting met een laag grind.
Bij de sluitingen is men gebaat met een zo hoog mogelijk tempo van het aanbrengen van de bodemverdediging. Voor de beide grootste afdammingen van het Deltaplan zal in het werkseizoen in elk geval een gemiddelde weekproduktie van 10.000 m² moeten kunnen worden gehaald. Wil men deze hoeveelheid rijshouten zinkstuk per week leggen, dan is daarvoor een zekere voorbereiding nodig: het vereist betrekkelijk grote opslagterreinen voor rijshout, zinkstenen en stortsteen, en er moet in minstens één der bij het werk aangelegde werkhavens een overslagbedrijf gevestigd worden. Een aantal geschoolde rijswerkers moet tijdig worden aangetrokken. Filterconstructies kunnen in het vereiste

tempo worden aangebracht, wanneer gebruik kan worden gemaakt van genoeg mechanische steenstorters. Het aantal van zulke steenstorters dat thans in gebruik of in aanbouw is, moet voldoende worden geacht. Grote bodembeschermende asfaltmastiekmatten kunnen zoals gezegd alleen gelegd worden door een asfaltschip. Bij voorstudies is het mogelijk gebleken een schip te bouwen dat de vereiste capaciteit ruimschoots haalt na een naar verhouding zeer korte aanloopperiode. Veel voorbereiding eist de werkzaamheid van deze drijvende fabriek niet: de materialen worden afgeroepen en aangevoerd, het asfaltschip vaart naar de plaats waar de bodembescherming moet worden aangebracht, en begint de mat te leggen. Daarbij moet een systeem van plaatsbepaling toegepast worden dat uitsluit dat per ongeluk naden ontstaan tussen de gelegde stroken. Behalve een ligplaats voor bevoorradingsschepen zijn bij deze werkwijze geen voorzieningen zoals werkhavens of opslagterreinen nodig.
De vergelijking der prijzen valt als volgt uit: een vierkante meter op de bodem aangebracht rijshouten zinkstuk kostte in 1965, afhankelijk van de bestorting, 27 tot 40 gulden. Daarbij moet worden aangetekend dat 25 tot 35% van dit bedrag heengaat aan arbeidsloon. Bij voortgezette stijging van de lonen zal het zinkstuk in de komende jaren dus nog heel wat duurder worden.
Het beschermen van een vierkante meter bodem met een filterconstructie kost tussen de 50 en 75 gulden. De kosten van een vierkante meter asfaltmastiek bedragen bij een redelijk grote opdracht – in de orde van grootte van 100 000 m² per seizoen – 30 tot 40 gulden, bij gebruik van 200 tot 400 kg asfaltmastiek per m². Hierin is het loonbestanddeel laag, terwijl de prijs van asfaltbitumen een dalende lijn blijkt te volgen. In de naaste toekomst hoeft voor deze bodemverdediging geen prijsverhoging te worden verwacht.
Bij de verwerking van elk der drie typen bodemverdediging is geschoold personeel nodig, hetzij rijswerkers, hetzij machinisten, molenbazen, kraandrijvers, elektriciëns en schippers. De commissie is tot de slotsom gekomen dat het werven van personeel in geen der gevallen uitzonderlijke moeilijkheden zal behoeven op te leveren. Voor de constructie van filters of het leggen van een asfaltmastiekmat kunnen de geschoolde arbeiders met hun normale vakkennis toe. Om tijdig rijswerkers op het werk te hebben, is het vooral van belang dat er voor een behoorlijk continue werkgelegenheid wordt gezorgd op dit gebied. Een rijswerker kan na een cursus van drie maanden en twee jaar praktijk volleerd genoemd worden. Tot nu toe hebben echter veel rijswerkers weer ander werk aangenomen als de vraag naar zinkwerk verminderde.
Hoe groot zijn nu de stagnatiekansen bij de verschillende werkprocessen? Werken in de zeegaten kan onmogelijk worden gemaakt door golven en door mist. Zowel het afzinken van een rijshouten stuk als het opbouwen van een filterconstructie vereist rustig weer. Volgens proeven die in het Scheepsbouwkundig Proefstation zijn genomen met een model van het asfaltschip zal dit schip nog kunnen werken bij wind- en deininggolven waarbij het voor bevoorradingsschepen al niet meer mogelijk is langszij te komen. Voor nauwkeurige plaatsbepaling ten opzichte van een eerder gelegde baan is een apparaat gebouwd voor radiografisch-elektronische besturing, dat het schip ook onder moeilijke omstandigheden precies op de juiste plaats zal brengen; dat althans is de verwachting, want praktische ervaring heeft men met deze apparatuur nog niet.
Bij minder dan 1000 m zicht kan geen filterconstructie meer worden gebouwd, of een zinkstuk afgezonken: de plaatsbepaling wordt dan te onzeker. Het asfaltschip zal, dank zij zijn bijzondere voorzieningen, wel doorwerken, maar de materiaalaanvoer zal dan stilstaan. Overigens zou de bovengenoemde radiografisch-elektronische apparatuur ook in de rand van een zinkstuk kunnen worden aangebracht, zodat de plaatsbepaling door slecht zicht niet meer wordt bemoeilijkt.

De verhouding van getijvolume en doorstromingsprofiel in de zeegaten

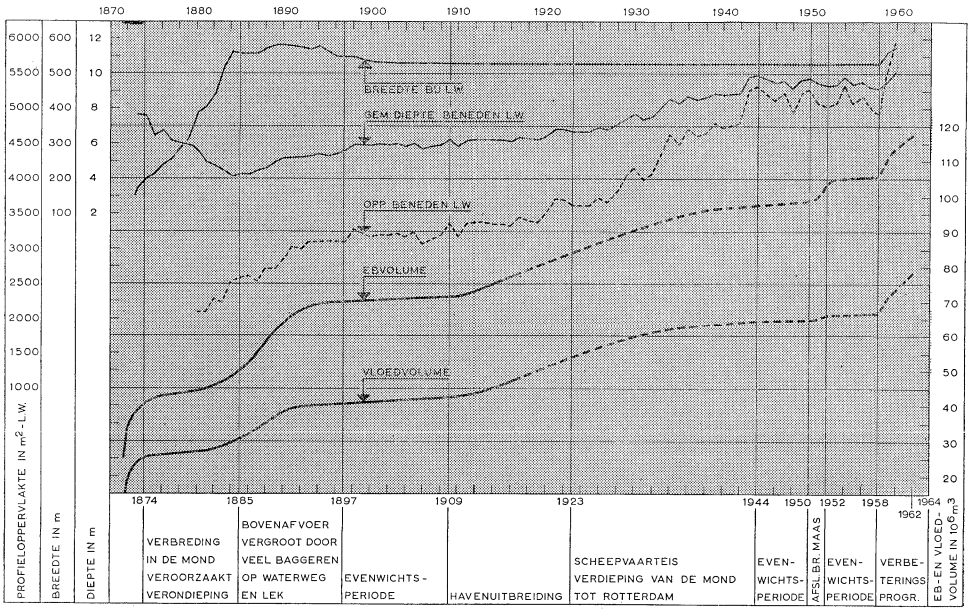
Met elk getij trekken grote hoeveelheden zeewater – in de orde van grootte van honderden miljoenen m^3 – de Nederlandse zeegaten in en uit.
De hoeveelheid water die een zeegat per getij binnenstroomt, heet het vloedvolume van dat zeegat; wat er bij eb uittrekt, wordt ebvolume genoemd. In de Rotterdamse Waterweg en het Haringvliet wordt de hoeveelheid terugstromend ebwater vergroot door het afvoerwater van de Rijn; in het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde is het ebvolume vrijwel gelijk aan het vloedvolume. Het totale getijvolume, dus vloed- èn ebvolume, bepaalt in de zandige bodem van onze zuidwestelijke zeegaten de grootte en de vorm van het doorstroomprofiel.
De monden van de Oosterschelde en van het Brouwershavensche Gat zijn door het vrijwel ontbreken van opperwaterafvoer op zichzelf meer geschikt om deze verhouding te bepalen dan de monden van het Haringvliet en de Rotterdamse Waterweg, waar de opperwaterafvoer wel van betekenis is. Voor de mond van de Rotterdamse Waterweg staan echter aanzienlijk meer gegevens over het getijvolume en profiel ter beschikking; bovendien zijn daar de veranderingen in getijvolume en profiel als gevolg van baggerwerken en havenaanleg bestudeerd en is het verloop aan de hand van afvoermetingen en lodingen sinds 1870 te overzien. De eerste volledige stroommetingen waaruit het getijvolume in de monden van de Oosterschelde en het Brouwershavensche Gat kon worden berekend, dateren pas van 1934. Hydrografische kaarten met enigszins betrouwbare gegevens van de bodem van de zeegaten dateren van tussen 1830 en 1840; die van na 1870 zijn echter aanzienlijk nauwkeuriger.
Uit bestudering van de beschikbare gegevens is gebleken, dat de verhouding tussen getijvolume en profiel in de monden van alle zuidwestelijke zeegaten nagenoeg dezelfde is. Ze komt tot uitdrukking in de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij, die in alle genoemde monden ca. 55 cm/sec bedraagt. Dit blijkt ook het geval te zijn in de mond van de Waterweg bij de kop van het Noorderhoofd, en in de mond van het Haringvliet op 6 tot 7 km zeewaarts van de Haringvlietsluizen.
De gegevens waaruit deze conclusie volgde zullen thans nader worden beschouwd. Voor de mond van de Waterweg hadden de gebruikte gegevens geen betrekking op kilometerraai 1032,750, de kop van het Noorderhoofd, maar op kmr 1030, op 0,5 km beneden Hoek van Holland gelegen, waar over de lange periode van 1870 tot 1956 metingen verricht zijn.
Van de mond naar binnen toe blijkt de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij langzaam af te nemen, behalve in de mond van de Rotterdamse Waterweg, waar ze op 2,5 km rivierwaars van de kop van het Noorderhoofd tot ca. 70 cm/sec oploopt om daarna langzaam af te nemen. Een analoog verschijnsel doet zich voor in de mond van het Haringvliet. In beide rivieren is de opperwaterafvoer van invloed.

De mond van de Rotterdamse Waterweg

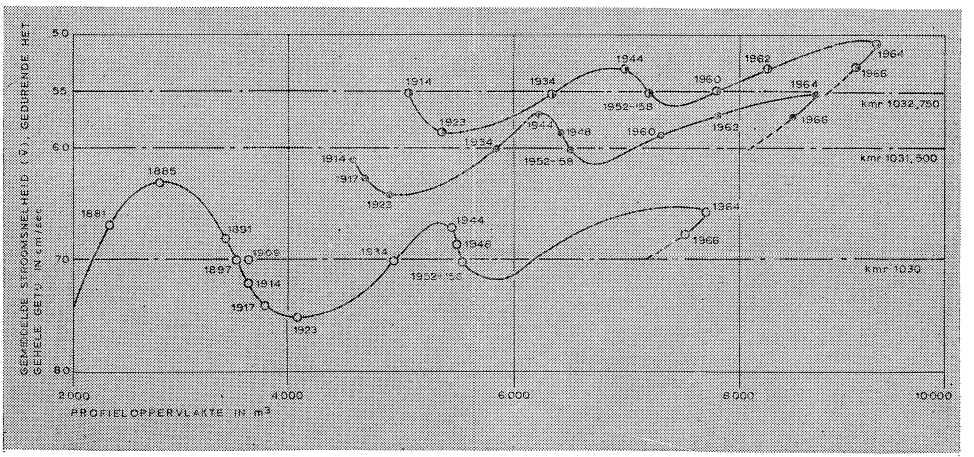
Op 26 november 1868 werd de verbinding van de Nieuwe Maas-Scheur met de zee middels een laatste doorgraving tot stand gebracht. Van 1868 tot 1874 schuurden de vloed- en ebstromen het smalle gegraven geultje uit, maar na 1874 werkte de natuur niet langer mee, zoals gehoopt was, en werd het geultje steeds smaller. Omvangrijke baggerwerken waren noodzakelijk om een goede scheepvaartweg te verkrijgen en te behouden. Deze baggerwerken konden worden uitgevoerd omdat in die tijd mechanisch werkende baggermolens ter beschikking kwamen.

Op de eerste bijgevoegde figuur wordt de ontwikkeling weergegeven in de jaren 1872 tot 1962 van de gemiddelde breedte en de gemiddelde diepte van het profiel van kmr 1030, van de oppervlakte van dit profiel beneden L.W., en van het eb- en vloedvolume ter plaatse in miljoenen m^3. Het eb- en vloedvolume in de periode van 1870 tot 1917 werd bepaald aan de hand van stroommetingen met stokdrijvers in de jaren 1871, 1872, 1874, 1881, 1885, 1897, 1909 en 1917. Tussen 1874 en 1885 werd de vaargeul verbreed van 200 m tot 560 m; dit leidde tot een vermindering van de gemiddelde diepte, en wel van 7,50 m tot 4,20 m. Tussen 1885 en 1897 moest op de gehele Rotterdamse Waterweg zeer veel gebaggerd worden om bij de in 1885 bereikte breedte van 560 m bij kmr 1030 de voor de scheepvaart vereiste gemiddelde diepte van 5,50 tot 6 m beneden L.W. te bereiken. Het tijverschil te Rotterdam en te Krimpen aan de Lek nam in die periode sterk toe, van 129 tot 147 cm te Rotterdam en van 120 tot 140 cm te Krimpen. Het getij drong ook verder de Lek op, terwijl de Rijnafvoer met ongeveer 10 miljoen m^3 meer dan voorheen de Nieuwe Waterweg ging volgen. Het ebvolume nam toe van 49,5 miljoen m^3 tot 70 miljoen m^3 en het vloedvolume van 30,5 tot 41 miljoen m^3.
In de periode 1897–1909 bleek de situatie zowel voor de scheepvaart als uit hydraulisch oogpunt gunstiger te zijn geworden; noch de profieloppervlakte, noch het getijvolume ondergingen in de mond bij kmr 1030 gedurende deze periode nog enige verandering van betekenis. Wel moest in deze periode nog flink gebaggerd worden om de gunstige toestand te behouden, want van een evenwicht in zandtransport was bij kmr 1030 nog geen sprake; nog steeds werd er bij eb minder zand uit de Waterweg afgevoerd dan er bij vloed in kwam.
De periode 1909–1923 heeft zich vooral gekenmerkt door een sterke havenuitbreiding: het areaal nam toe van 160 ha tot 580 ha; dit leverde een extra komberging op van 6,3 miljoen m^3. De verdere toeneming van het eb- en vloedvolume werd veroorzaakt door de versterking van het tijverschil door met name hoger op de rivier uitgevoerde baggerwerken. Ook van 1923 tot 1934 werd er veel baggerwerk uitgevoerd, tot ver boven Rotterdam. De scheepvaart eiste namelijk een grotere diepte van de rivier. De breedte in de mond bij kmr 1030 bleef constant op 535 m. Het tijverschil nam overal toe: te Krimpen aan de Lek van 154 tot 166 cm, te Schoonhoven van 125 tot 134 cm, te Vreeswijk van 42 tot 89 cm en te Culemborg van 16 tot 48 cm.

Tussen 1917 en 1934 zijn er maar weinig volledige oevermetingen op de Rotterdamse Waterweg uitgevoerd; het eb- en vloedvolume over die periode moesten berekend worden uit de meerdere komberging door havenaanleg en de toeneming van het tijverschil door baggerwerken. De afvoermetingen die in 1934 zijn gehouden bij een vrij sterke oostenwind werden herleid tot gemiddelde omstandigheden van wind en bovenafvoer. In het tijdsinterval 1934–1944 waren de veranderingen in het regime van de Waterweg kleiner dan in voorafgaande jaren. Wel speelde de verruiming van de Westgeul en de



1. Verloop van het profiel en het eb- en vloedvolume bij kmr 1030 van de Rotterdamsche Waterweg in de periode 1872–1962



2. Profieloppervlakte en gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij bij kmr 1030, 1031,500 en 1032,750 (kop van het Noorderhoofd)

verdieping van de Oude Maas in 1934 en 1935 nog een rol. De invloed van de afdamming van de Brielse Maas in juli 1950 blijkt uit een vergelijking van de afvoermetingen uit de periode van 1948 tot 1952 met die van 1956.
In de periode 1952–1958 was er ook wat het zandtransport betreft sprake van een zeker evenwicht: er ging bij eb ongeveer evenveel zand uit de Waterweg als er bij vloed binnenkwam. Dit bleek, behalve uit een studie omtrent de aan- en afvoer van zand, uit het feit dat de waterinhoud van het traject kmr 1013 tot 1032,750 stabiel gebleven was, terwijl er slechts geringe hoeveelheden zand werden gezogen.
Tussen 1958 en 1962 is het eb- en vloedvolume in de mond weer sterk gestegen, ten gevolge van de meerdere komberging door de aanleg van de Europoort- en Botlekhavens.
Het in figuur 1 grafisch weergegeven verloop van de vloed- en ebvolumina heeft betrekking op de gemiddelde waarden, berekend uit een groot aantal stroommetingen bij verschillend getij en verschillende bovenafvoer.
Het verloop van de gemiddelde stroomsnelheden gedurende het gehele getij in het dwarsprofiel bij kmr 1030 tussen 1880 en 1966 blijkt vrij dicht te schommelen rondom een gemiddelde waarde van 70 cm/sec, ondanks het feit, dat – zoals in het voorgaande gebleken is – in de gehele periode voortdurend grote veranderingen in het regime van de Waterweg zijn opgetreden. De gemiddelde stroomsnelheden gedurende het getij kunnen voor de verschillende perioden uit figuur 2 worden afgelezen. Als er veel baggerwerk in de mond was uitgevoerd werd het profiel bij kmr 1030 extra verruimd en nam de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij af; als er grote havens werden aangelegd langs de rivier en ook als het bovendeel van de rivier verdiept werd, nam het getijvolume in de mond toe, en dus ook de gemiddelde stroomsnelheid. In het eerste geval brachten de daarop volgende aanzandingen in de mond het profiel weer terug in de eerdergenoemde verhouding met het getijvolume; in het tweede geval veroorzaakten de daarop volgende uitschuringen in de mond een groter profiel, aangepast aan het grotere getijvolume in de mond.
Daar veelal verscheidene veranderingen tegelijk het regime van de rivier beïnvloedden, was het moeilijk na te gaan in welke mate de afzonderlijke werken, zoals baggeren in de mond, havenaanleg en baggeren hoger de rivier op, tot de regimeveranderingen hebben bijgedragen.
Tengevolge van de doorgraving op 31 augustus 1960 van de tijdelijke mond van de Europoort bij kmr 1030 was het profiel hier na 1960 niet langer geschikt voor bestudering van de verhouding tussen getijvolume en profieloppervlak. Met behulp van een kombergingsberekening werden de waarden van het getijvolume ter plaatse van kmr 1031,500 en kmr 1032,750, aan de kop van het Noorderhoofd, afgeleid uit die van kmr 1030. Deze waarden werden eveneens grafisch uitgezet tegen de bijbehorende profieloppervlakken. Door deze verspreid liggende punten kon op soortgelijke wijze als bij kmr 1030 een gemiddelde lijn worden getrokken.
De gegevens van 1958 tot 1966 ter plaatse van kmr 1031,500 werden op figuur 2 uitgezet ter completering van de gegevens uit de jaren tussen 1872 en 1958 ter plaatse van kmr 1030. De gemiddelde stroomsnelheid gedurende het getij bleek bij kmr 1031,500 ca. 60 cm/sec te bedragen en bij kmr 1032,750 ca. 55 cm/sec.

De zuidwestelijke zeegaten

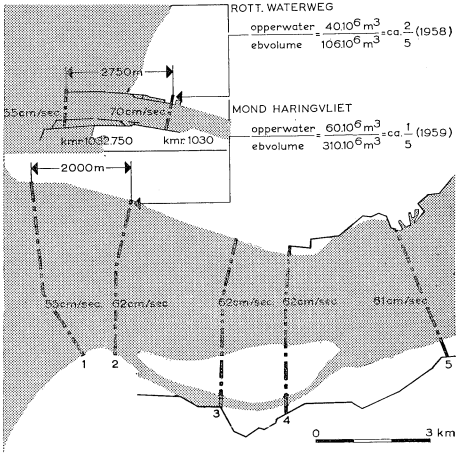
Voor de mond van het Haringvliet zijn de gemiddelde stroomsnelheden ter plaatse van raai 1 – figuur 3 – voor het gehele getij bepaald uit waarnemingen in de jaren

3. Gemiddelde stroomsnelheden gedurende het gehele getij in de Rotterdamsche Waterweg en de mond van het Haringvliet

4. Getijvolume en profieloppervlakte in de mond van de zuidelijke zeegaten

5. Profieloppervlakten en gemiddelde stroomsnelheden gedurende het gehele getij in de monden van de zuidwestelijke zeegaten en in de afzonderlijke geulen

6. Profielen in de monden van de Oosterschelde en het Brouwershavensche Gat



1933–'34 en 1959; in beide gevallen blijken ze ca. 55 cm/sec te bedragen. Meer naar binnen toe lopen de gemiddelde stroomsnelheden op tot ca. 62 cm/sec, om daarna hoger de rivier op zij het slechts langzaam af te nemen, tot ze bij de westpunt van het eiland Tiengemeten 50 cm/sec bedragen. Ter vergelijking: op de Rotterdamse Waterweg lopen de stroomsnelheden op tot ca. 70 cm/sec bij kmr 1030 en nemen ze hoger de rivier op eveneens langzaam af; bij kmr 1016–1017 is de gemiddelde stroomsnelheid nog 66 cm/sec.

De hoeveelheid opperwater in de mond van het Haringvliet is ten opzichte van het totale ebvolume aldaar kleiner dan in de mond van de Rotterdamse Waterweg. Daarmee stemt overeen dat de gemiddelde stroomsnelheden van de mond naar binnen toe er in mindere mate toenemen en over een kleinere afstand.

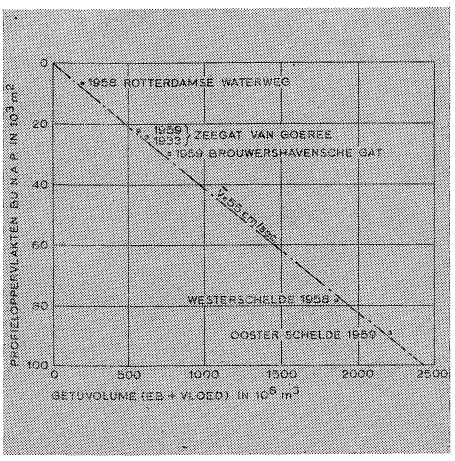
Zet men voor de monden van het Brouwershavensche Gat, de Oosterschelde en de Westerschelde de grootheden getijvolume en profieloppervlakte, bekend uit de afvoermetingen en lodingen van 1934, grafisch tegen elkaar uit, dan blijkt de verhouding getijvolume/profieloppervlakte voor de monden van de drie zeegaten gelijk te zijn (zie fig. 4); de gemiddelde stroomsnelheden gedurende het gehele getij schommelen voor de monden van deze zeegaten heel dicht om de 55 cm/sec (zie fig. 5).

Zoals gebleken is, werd voor de mond van de Rotterdamse Waterweg bij kmr 1032,750 eveneens een gemiddelde stroomsnelheid van 55 cm/sec gedurende het gehele getij gevonden.

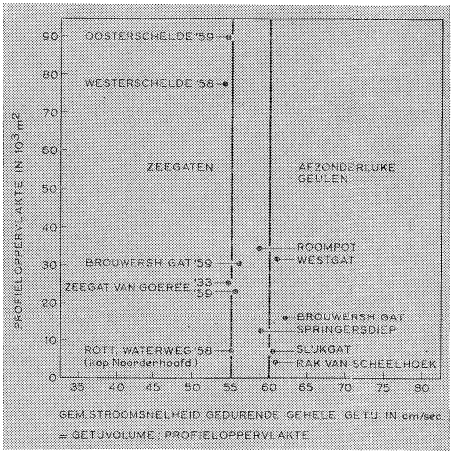
Zowel in de mond van de Oosterschelde als van het Brouwershavensche Gat en het Haringvliet komen twee geulen voor: in alle gevallen is de zuidelijke getijgeul dieper en breder dan de noordelijke geul. In deze geulen is de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij vanzelfsprekend groter dan 55 cm/sec, maar de snelheid blijkt in alle getijgeulen toch vrijwel overeen te komen. Zet men beide grootheden getijvolume en profieloppervlakte van de afzonderlijke getijgeulen grafisch uit, dan blijken deze punten weer op één lijn te liggen met een gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij van ca. 60 cm/sec.

Het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde vertonen in de mond een grote overeenkomst in de vorm van het profiel (zie fig. 6); het profiel van de Oosterschelde van 1872 moet dan vergeleken worden met het profiel van het Brouwershavensche Gat in 1899; de Oosterschelde van 1933 komt overeen met het Brouwershavensche Gat van 1959.

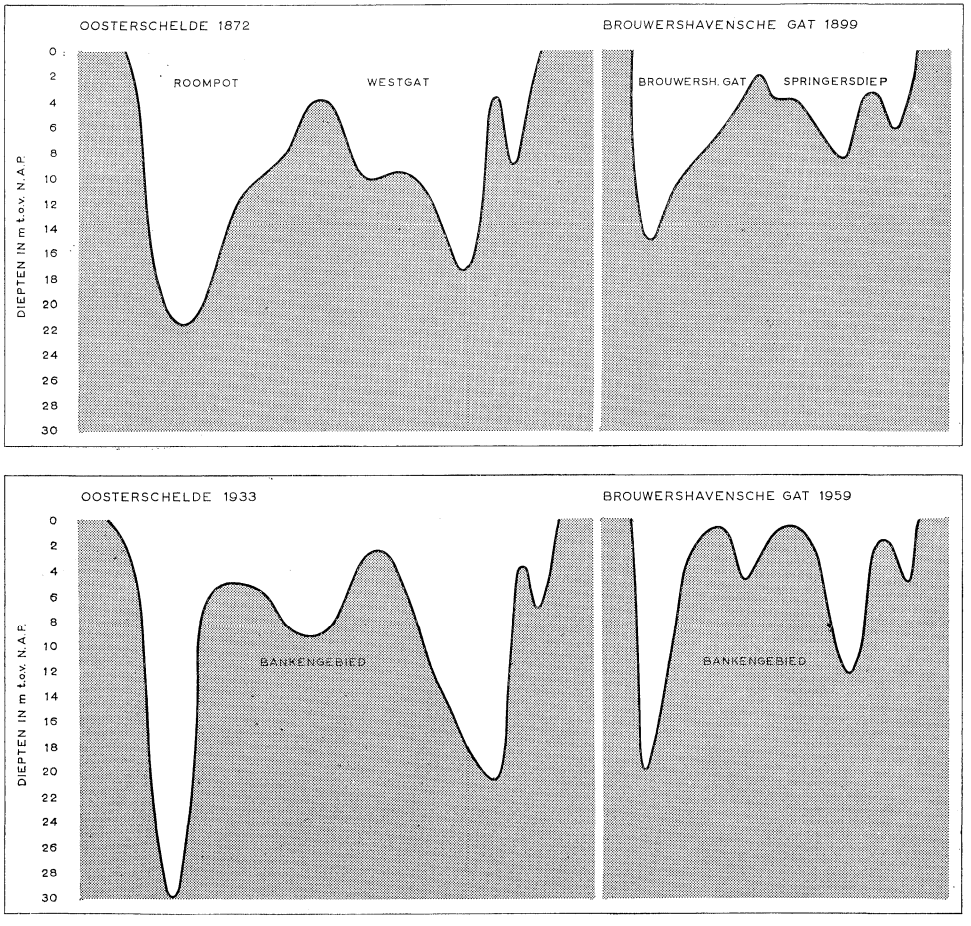
4

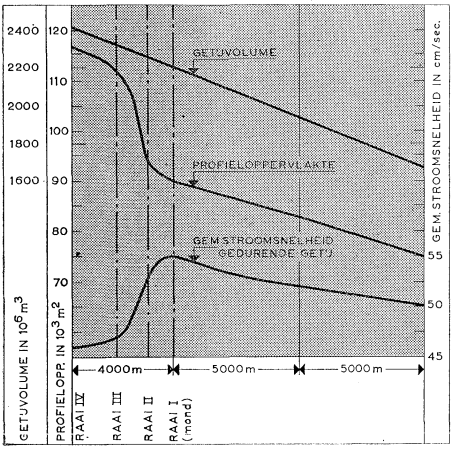

1958 ROTTERDAMSE WATERWEG
1959
1933
ZEEGAT VAN GOEREE
1959 BROUWERSHAVENSCHE GAT
1933 en 1959
WESTERSCHELDE 1959
OOSTER SCHELDE 1959
PROFIELOPPERVLAKTEN BIJ N.A.P. IN 10³ m²
GETIJVOLUME (EB + VLOED) IN 10⁶ m³

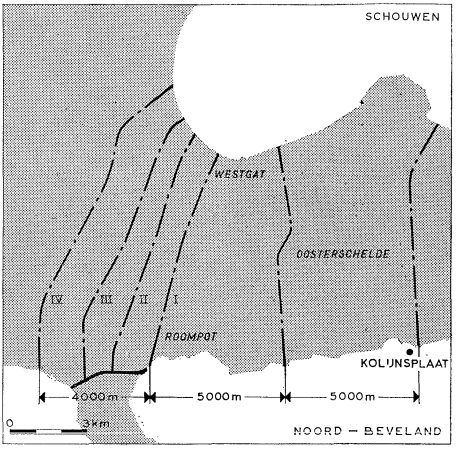
5


OOSTERSCHELDE '59
WESTERSCHELDE '58
ZEEGATEN
AFGRONDERIJKE GEULEN
ROOMPOT
WESTGAT
BROUWERSH. GAT '59
ZEEGAT VAN GOEREE '33
'59
BROUWERSH. GAT
SPRINGERSDIEP
ROTT. WATERWEG '58
(nap Noordelhoofd)
SLIJKGAT
RAK VAN SCHEELHOEK
PROFIELOPPERVLAKTE IN 10³ m²
GEM. STROOMSNELHEID GEDURENDE GEHELE GETIJ IN cm/sec
= GETIJVOLUME : PROFIELOPPERVLAKTE

6


OOSTERSCHELDE 1872
BROUWERSHAVENSCHE GAT 1899
ROOMPOT
WESTGAT
BROUWERSH. GAT
SPRINGERSDIEP
DIEPTEN IN m t.o.v. N.A.P.
OOSTERSCHELDE 1933
BROUWERSHAVENSCHE GAT 1959
BANKENGEBIED
BANKENGEBIED
DIEPTEN IN m t.o.v. N.A.P.





7. Verloop van getijvolume, profieloppervlakte en gemiddelde stroomsnelheid over het gehele getij tussen de mond van de Oosterschelde en Kolijnsplaat

Uit de stroommetingen en lodingen van 1959–1962 waren het getijvolume en de profieloppervlakte op verschillende plaatsen in de mond bekend. Van zee uit naar de hals van de zeegaten toe blijken de gemiddelde stroomsnelheden gedurende het getij toe te nemen van 46–48 cm/sec tot 55–56 cm/sec om verder naar binnen slechts langzaam af te nemen (zie fig. 7). In de Oosterschelde ter hoogte van Kolijnsplaat bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid nog bijna 50 cm/sec.
De maximale stroomsnelheid van 55–56 cm/sec treedt in de zeegaten op ongeveer ter plaatse van het smalste gedeelte.

Slotopmerkingen

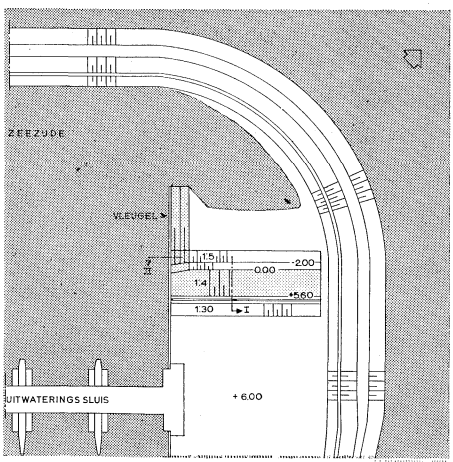
In het Zeegat van Texel en het Zeegat van het Vlie is de gemiddelde stroomsnelheid ca. 70–75 cm per seconde; het aanzienlijke verschil met de snelheid van 55 cm/sec in de zuidwestelijke zeegaten is in hoofdzaak het gevolg van het verschil in korrelgrootte van het zand. Voor de meer landinwaarts gelegen waddengeulen bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het getij 50–55 cm/sec.
In de zuidwestelijke zeegaten neemt het getijvolume van de mond naar binnen toe verhoudingsgewijs iets meer af dan de profieloppervlakte, hetgeen tot gevolg heeft dat de gemiddelde stroomsnelheid er afneemt, zij het slechts langzaam. Dit verschijnsel kan samenhangen met de fijnere gradatie van het bodemmateriaal, maar ook met de vervorming van het getij.
Bij een aan één zijde afgesloten zeearm, zoals het Brouwershavensche Gat thans is, verloopt de gemiddelde stroomsnelheid van ca. 55 cm/sec tot nihil bij de Grevelingendam.
Het gemiddelde profieloppervlak van de geulrestanten bij de Grevelingendam, onder andere van de Bocht van St.-Jacob, zal echter niet tot nul afnemen, aangezien het voor opzanding benodigde materiaal er door de te zwakke stromen niet kan worden aangevoerd.

De verdediging van het buitenbeloop van de op de uitwateringssluizen in het Haringvliet aansluitende damgedeelten

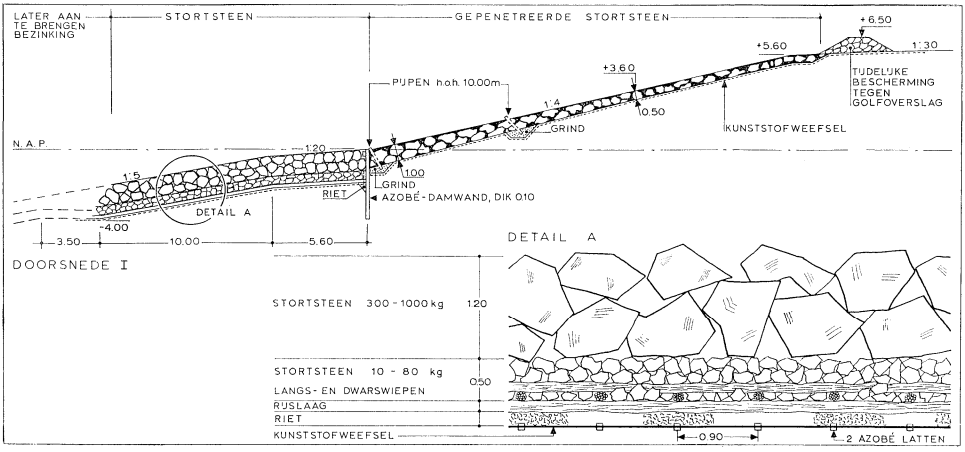
Voordat het water werd toegelaten in de bouwput van de uitwateringssluizen in het Haringvliet heeft men van de gelegenheid gebruik gemaakt om die gedeelten van de toekomstige afsluitdam die onmiddellijk aansluiten aan de landhoofden van de sluizen, nog in den droge te maken. De opbouw van de taludbescherming kon daardoor gemakkelijker en nauwkeuriger worden uitgevoerd, hetgeen vooral van belang werd geacht voor de aansluiting aan de vleugeldeuren van de landhoofden. In dit artikel zal slechts gesproken worden over de glooiingen aan de zeezijde tussen N.A.P. – 3 m en N.A.P. + 5,50 m over een lengte van ongeveer 150 m aan weerszijden van de sluis, en verder over de verdediging van stroken ter breedte van 12 m langs de vleugels van de beide landhoofden, aflopend van N.A.P. tot N.A.P. – 15 m.

De eerstgenoemde glooiing zal worden blootgesteld aan een niet geringe golfaanval. De golfhoogte kan bij waterstanden boven N.A.P. + 1,50 m oplopen tot 2,5 m. Een golfhoogte van 1,5 m kan nog voorkomen bij waterstanden boven N.A.P.

Ervaringen met de verdediging van de bouwput hadden reeds geleerd dat de zware stortsteen van de kraagstukken bij dezelfde waterstanden doch bij veel geringere golfhoogten reeds op en neer ging bewegen over het dijkbeloop. Daarom werd bij het opma-



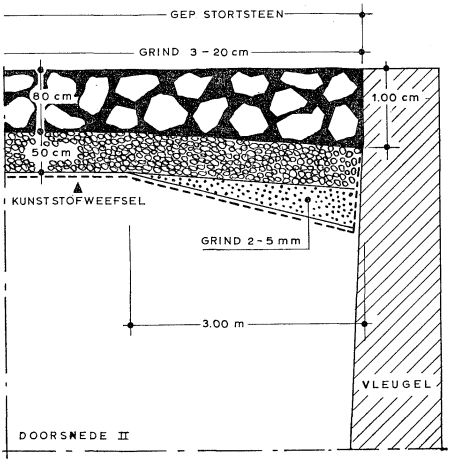
Plattegrond van de vleugelmuren en het daarop aansluitende damgedeelte



ken van het onderhavige ontwerp voor het onderwaterbeloop aanvankelijk gedacht aan kraagstukken met een steenbestorting die in de zone van de grootste golfaanval vastgelegd zou worden door penetratie met gietasfalt. Voor het bovenwaterbeloop, dat voorlopig slechts tot een hoogte van N.A.P. + 6 m reikt, was een bekleding gekozen van met gietasfalt gepenetreerde stortsteen. Bij nader onderzoek van deze constructies met een elektrisch analogon bleken de overdrukken onder de bekledingen tot vrij hoge waarden te kunnen oplopen. Vooral het gepenetreerde onderwaterbeloop had een zeer ongunstige invloed op de overdrukken, ook ter plaatse van het bovenwaterbeloop. De bodembescherming zou dus een grote dikte moeten krijgen, en daardoor nogal duur worden. Een tweede nadeel bleek hierin gelegen dat een poreus zinkstuk met daarop een dikke laag gepenetreerde stortsteen onder invloed van de golven aanleiding kan geven tot grote drukverschillen onder en boven de dichte laag. Op grond van deze bezwaren werd besloten om te trachten voor het onderwaterbeloop een open constructie te vinden. De keus viel op een filteropbouw, met als onderlaag een kraagstuk bestaande uit een laag riet, een laag rijshout en een onderlaag van polypropeen-weefsel. Daarop werden twee steenlagen aangebracht. Een bovenlaag van 1,20 m dik, bestaande uit stenen met een stukgewicht van 300–1000 kg, was voldoende om de stabiliteit bij de eerder genoemde golfaanval te verzekeren. De onderste steenlaag, ter dikte van 50 cm, werd samengesteld uit stortsteen 10–80 kg.

Van het kraagstuk dienden de riet- en rijslaag hoofdzakelijk om het filterdoek te beschermen tegen beschadiging tijdens het aanbrengen van de steenlagen, en later tegen de inwerking van de golven. De samenstelling van het kraagstuk verschilde van de normale uitvoering, daar het onderroosterwerk werd weggelaten. Om toch het nodige onderlinge verband te verkrijgen, werd aan weerszijden van het filterdoek op afstanden van 90 cm een azobé-lat met een doorsnede van 5 × 0,5 cm aangebracht, waaraan sjorringtouwen konden worden vastgemaakt ter latere bevestiging aan de kruispunten van het bovenroosterwerk.

Het gehele samenstel van filterdoek, verstevigd met een opgestikte rietmat, azobélatten en sjorringtouwen, werd in de fabriek klaargemaakt en op het werk aangevoerd in rollen van 4 m breed. Deze rollen werden van boven naar beneden over het beloop afgerold.



1. Verdediging van het buitenbeloop

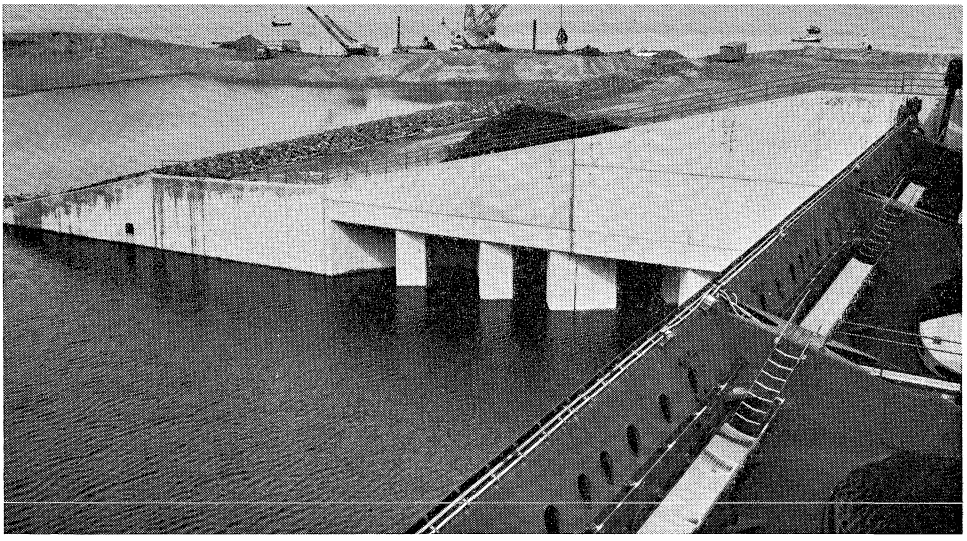
2. Verdediging ter plaatse van de aansluiting van de dam op de vleugelmuren

Aan één zijde stak het filterdoek 20 cm uit, waarmee een overlap werd gevormd bij het leggen van de volgende baan. Ook aan de onderzijde steekt het doek uit, zodat later de verdere bezinking op deze rand komt te liggen.
Wat de vorm van het beloop betreft kan nog opgemerkt worden dat gestreefd is naar een zo gelijkmatig mogelijk verloop van de helling, teneinde de golven geen extra aangrijpingspunten te verschaffen. De voor de noodzakelijke steun van de damwand nodige berm werd daarom onder een helling van 1 : 10 gelegd, terwijl de ongelijkheden, veroorzaakt door verschil in dikte van de verschillende constructies, werden opgevangen in de vormgeving van het grondbeloop.
Zoals reeds opgemerkt, blijft het grondwerk de komende jaren liggen op een hoogte van ± N.A.P. + 6 m; pas daarna vindt verdere ophoging plaats tot de hoogte van de verkeersweg over de uitwateringssluizen op ongeveer N.A.P. + 18 m.
De thans gemaakt asfaltbekleding is aan de voet 1 m dik, verloopt naar een dikte van 50 cm op N.A.P. + 3 m en blijft daarboven gelijk.
Bij de latere verhoging van het zandlichaam zouden er tengevolge van het opspuiten van zand grotere overdrukken onder de bekleding kunnen ontstaan dan die welke in de eindtoestand kunnen voorkomen. Om deze drukken te reduceren zijn op twee hoogten onder de bekleding met grind gevulde draineersleuven aangebracht, deze kunnen door middel van pijpen door de bekleding heen water afvoeren. Als de dam geheel gereed is en de grondwaterstand zich heeft aangepast, zullen de pijpjes worden afgebrand en gedicht.
In het geval er holten in de penetratie zouden voorkomen, zou moeten worden gevreesd dat hierdoorheen zand van onder de bekleding kan verdwijnen. Om dit te verhinderen werd op het zandbeloop een filterdoek van polypropeen aangebracht. Om verwerking mogelijk te maken en beschadiging tijdens de aanleg te voorkomen is dit doek voorzien van een opgestikte rietmat. Aan de onderzijde werd de asfaltbekleding opgesloten door een azobé-damwand met een dikte van 10 cm. De lengte van de planken moest zo klein mogelijk zijn om de overdrukken laag te houden; aan de andere kant was voor de vereiste stabiliteit van de wand een vrij grote lengte vereist. Om deze reden zijn de planken afwisselend van lengte gemaakt, telkens twee planken van 4 m en een plank van 3 m, hetgeen overigens het goed sluitend heien heeft bemoeilijkt.



Overzicht van de werken in de mond van het Haringvliet; maart '67





De vleugelmuur, van de sluizen af gezien

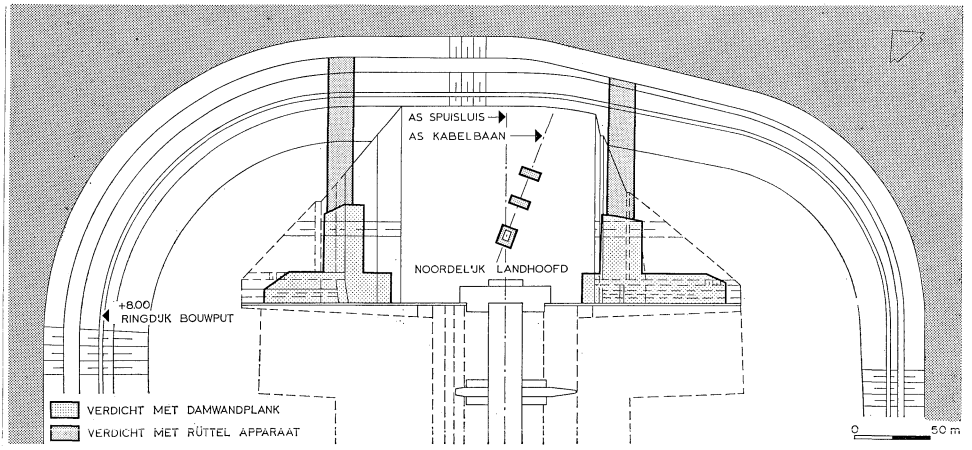
Moest dus bij de besproken glooiing hoofdzakelijk rekening worden gehouden met de golfaanval, bij de aansluiting van de vleugels aan de landhoofden moesten tevens maatregelen genomen worden tegen een sterke stroom. Hoewel grote aandacht is besteed aan de verdichting van de aanvullingsgrond achter de vleugels, kan toch niet worden voorkomen dat bij verdere verhoging van het grondlichaam ook hier nog enige zetting zal optreden, terwijl op de lange duur ook klink nog een rol kan spelen. Ook dan moet echter worden voorkomen dat er, als de grond afschuift langs de achterzijde van de betonnen vleugelmuur, een naad ontstaat tussen glooiing en betonwerk. Dit zou immers aanleiding kunnen geven tot het wegzuigen van zand van onder de bekleding, waardoor vernieling zou optreden.
Teneinde de aanval op de aansluiting zo klein mogelijk te houden, is er in de zone waar sterke golfaanval zal optreden geen hoogteverschil tussen de bovenkant van de vleugelmuur en de bovenkant van de glooiing. Op grotere diepte is het hoogteverschil 1 m. Met het oog op turbulenties, veroorzaakt door over de bovenkant van de vleugel trekkende stoom, werd het raadzaam geacht om de aansluitende strook van de glooiing over de gehele hoogte, dus tot N.A.P. – 13,50, van een asfaltbekleding te voorzien. De verdediging bestaat uit een laag grof grind ter dikte van 50 cm met daarop een laag met gietasfalt gepenetreerde stortsteen van 80 cm dik.
Bij de aansluiting op het betonwerk is bovendien nog een onderlaag van fijn grind van 2 tot 5 mm aangebracht, zodat in het geval van ontstaan van een naad tussen asfaltbekleding en betonwerk toch nog een volledig filter aanwezig is, waarvan verondersteld wordt dat het steeds blijft aansluiten.
Onder de verdediging ligt dan nog een weefsel van polypropeen. Ook de damwand kan de zettingen van het grondlichaam volgen, doordat hij vrij is gehouden van de achterzijde van de betonmuur; de muur helt achterwaarts onder een hoek 10 : 1. Voor de nodige aansluiting is gezorgd door de damwand op te vangen in een sponning die gevormd wordt door twee aan het beton bevestigde hardhouten ribben.

Verdichting van losgepakte zandlagen bij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

Een gedeelte van de dam door het Rak van Scheelhoek, dat onmiddellijk aansluit op de uitwateringssluizen in het Haringvliet en thans nog binnen de ringdijk van de bouwput ligt, is in den droge tot een hoogte van N.A.P. + 6 m afgewerkt; de strook die grenst aan het landhoofd werd reeds voorzien van een definitieve bekleding. Voordat met deze werkzaamheden een begin werd gemaakt is door middel van sonderingen een onderzoek ingesteld naar de kwaliteit van de grondslag. De grond boven de oorspronkelijke bodem was ter plaatse van de ringdijk geklapt, en voor het overige gedeelte met auto's ingereden. Bij het onderzoek bleek dat de lagen gedeeltelijk zo los gepakt waren, dat de kans op zettingsvloeiingen bij het opkomen van het water in de put allerminst mocht worden uitgesloten. Bij de aansluiting van de bekleding van de dam aan de landhoofden leken zettingen mogelijk. Er zou dan ruimte kunnen ontstaan tussen de bekleding en het landhoofd, wat de inleiding zou betekenen tot verdere schade. Bovendien zal het door het damlichaam gevormde plateau achter het landhoofd dienst gaan doen als grondslag voor het eindstation aan de zijde van de sluizen van de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek. Een reden te meer om zettingen hier te trachten te voorkomen. De sonderingen brachten ook aan het licht dat de kwaliteit van de ondergrond verder verslechterd werd door de aanwezigheid van allerlei afval, onder meer oud beton; holle ruimten verminderden de stabiliteit van de bodem.
Een oplossing van de gerezen problemen werd gedeeltelijk gevonden in het trillen van de grond door middel van een stuk ingebrachte damwand met daarop trilapparatuur. Deze apparatuur was op het werk aanwezig om de damwandschermen op te ruimen. Met deze eenvoudige methode werd wel enig, maar toch voor sommige terreingedeelten een onvoldoend resultaat behaald. Een gedeelte van de grond langs het landhoofd moest worden ontgraven en onder voortdurend verdichten weer worden aangevuld. Om aantasting van de stabiliteit van de dam door zettingsvloeiingen en de zetting van de funderingsstroken voor het kabelbaanstation te beperken gebruikte men voorts een andere methode van grondverbetering, het zogenaamde Rütteldruckverfahren.

Rütteldruckverfahren

Het verdichten op diepte door middel van het Rütteldruckverfahren houdt in dat de korrels van een losgepakte korrelmassa in trilling worden gebracht, zodat een dichtere en stabielere structuur ontstaat. Het resultaat wordt niet alleen veroorzaakt door mechanisch trillen, maar ook door de stromingsdruk van het toegevoerde of reeds aanwezige



Overzicht van de verdichte terreingedeelten

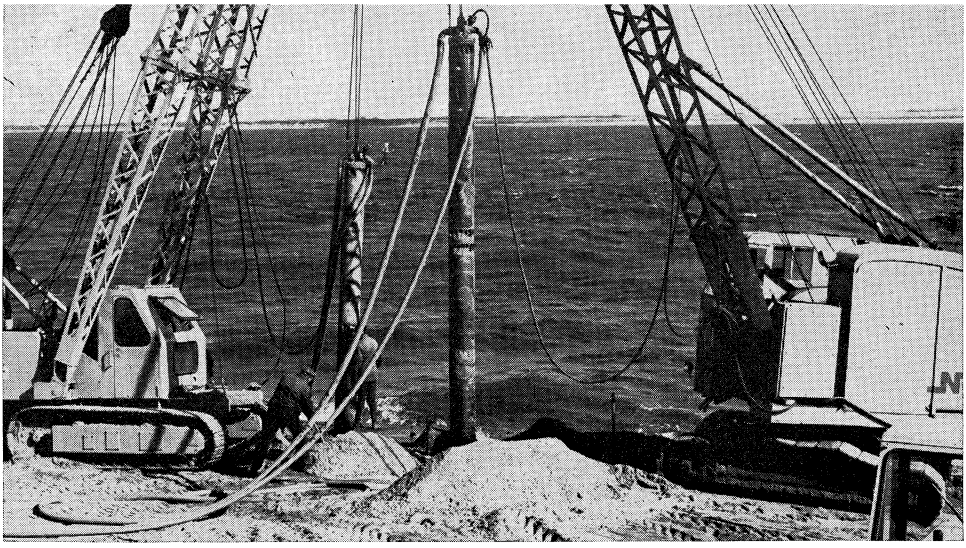
water. Samen verstoren zij de statische opbouw van het korrelskelet, waardoor de onderlinge wrijving tussen de korrels wordt opgeheven. Een resterend deel van de zwaartekracht zorgt ervoor dat de korrels nu naar een situatie zoeken waarin hun potentiële energie zo gering mogelijk is, dus de pakkingsdichtheid zo groot mogelijk. Door vermindering van het poriënvolume wordt het water verdreven, zodat het elders opnieuw de stabiliteit verstoort.

Om de korrels in trilling te brengen gebruikt men een trilapparaat ondergebracht in een buisvormig lichaam. In deze buis bevindt zich een elektromotor met een verlengde as, waarop excentrieken zijn aangebracht. Door deze excentrieken wordt aan de buis een cirkelvormige draaibeweging gegeven, die de omringende grond in trilling brengt. Het trilapparaat is aan verlengbuizen opgehangen in een stelling of kraan. Er kan water worden toegevoerd, dat aan de onder- en de bovenzijde uittreedt. Bij het inbrengen van het apparaat kan uit de onderzijde water worden gespoten; het apparaat zakt dan door zijn eigen gewicht weg in het gevormde drijfzand. Op de gewenste diepte begint de eigenlijke verdichting, eventueel met behulp van een geringe watertoevoer van boven. Als er voldoende verdichting is bereikt – wat op de ampèremeter af te lezen is aan het stroomverbruik – dan wordt het trilapparaat enige decimeters opgetrokken, en wordt het volgende stuk getrild. Om te voorkomen dat het terrein tijdens het trillen zakt wordt tijdens het verdichten zand bijgestort. De hoeveelheid bijgestort zand is een maat voor de bereikte verdichting.

Op deze wijze verdichte zandlagen hebben een grotere inwendige wrijving dan voorheen, en de kans op zettingsvloeiingen is daardoor kleiner geworden. Verontreiniging door kleideeltjes doet het resultaat echter sterk verminderen.

Het 'rütteln' achter het noordelijk landhoofd

Langs de rivier- en de zeezijde van dat deel van de dam door het Rak van Scheelhoek dat nog binnen de bouwput ligt, zijn zoals op de tekening is aangegeven twee stroken van de ondergrond door 'rutteln' verdicht, om bij het begin van een eventuele zettingsvloeiing steun te geven aan het damlichaam; de stroken zijn toch waterdoorlatend. Aan de rivierzijde is men begonnen te werken met een zogenaamde torpedotriller zonder



Verdichten op diepte door middel van het Rütteldruckverfahren

watertoevoer. De torpedo wilde echter niet zonder meer de grond in, zodat werd overgegaan op toevoer van water door middel van een pomp. In het geheel is aan de rivierzijde op 500 punten getrild tot een diepte van 7 m beneden N.A.P. Behalve van de torpedotriller is ook gebruik gemaakt van de Pfeilertriller die altijd met water werkt. Aan de zeezijde is op ruim 550 punten getrild tot een gemiddelde diepte van N.A.P. – 6,50 m. Om de verdichting zo diep te laten komen als nodig werd geoordeeld is ter plaatse van de te verdichten stroken een gedeelte van de ringdijk ingegraven. Voor de fundering van het kabelbaanstation op het plateau achter het landhoofd is op een beperkt gebied op 133 punten tot een diepte van N.A.P. – 3 m getrild met een Pfeilertriller.

De gebruikte torpedoverdichter bestaat uit een 4,75 m lange buis met een gewicht van 2000 kg. Het stroomverbruik varieert van 30 A bovengronds tot 70 A in de grond. Deze verdichter is speciaal geschikt voor harde grondsoorten. De Pfeiler-verdichter waarmee gewerkt is heeft een lengte van 5,25 m en een gewicht van 1200 kg; het stroomverbruik bedraagt van 20 A bovengronds tot 50 A ondergronds. Dit opparaat is vooral geschikt voor slappe grondsoorten.

De voeding van de gebruikte apparatuur werd verzorgd door een aggregaat bestaande uit een 12 cilinder luchtgekoelde Deutz dieselmotor met een generator met een vermogen van 145 kVA (220-380V). Tijdelijk heeft een tweede aggregaat dienst gedaan toen met vier kranen en verdichters werd gewerkt. De foto's geven een beeld van de apparatuur in gebruik.

De grondsoorten waarmee gewerkt moest worden, waren door de aanwezigheid van sliblaagjes en kleidelen niet optimaal geschikt om te worden verdicht. Desondanks bleek een goede verdichting en daardoor een verbetering van de stabiliteit van dit damgedeelte mogelijk. De sondeerwaarden waren na het 'rutteln' aanmerkelijk beter dan ervoor. Kwamen voor de verdichting der lagen sondeerwaarden van minder dan 10 kg/cm² geregeld voor, na bewerking bleek de sondeerwaarde vrijwel overal in de stroken op enige diepte boven de 100 kg/cm² te liggen.

Waar de sondeerwaarde plaatselijk lager bleef, was dit te wijten aan de aanwezigheid van kleideeltjes die door het 'rütteln' geen verbetering hadden ondergaan.

De bepaling van de grootte van wateroverdrukken onder een gesloten asfaltmastiekmat

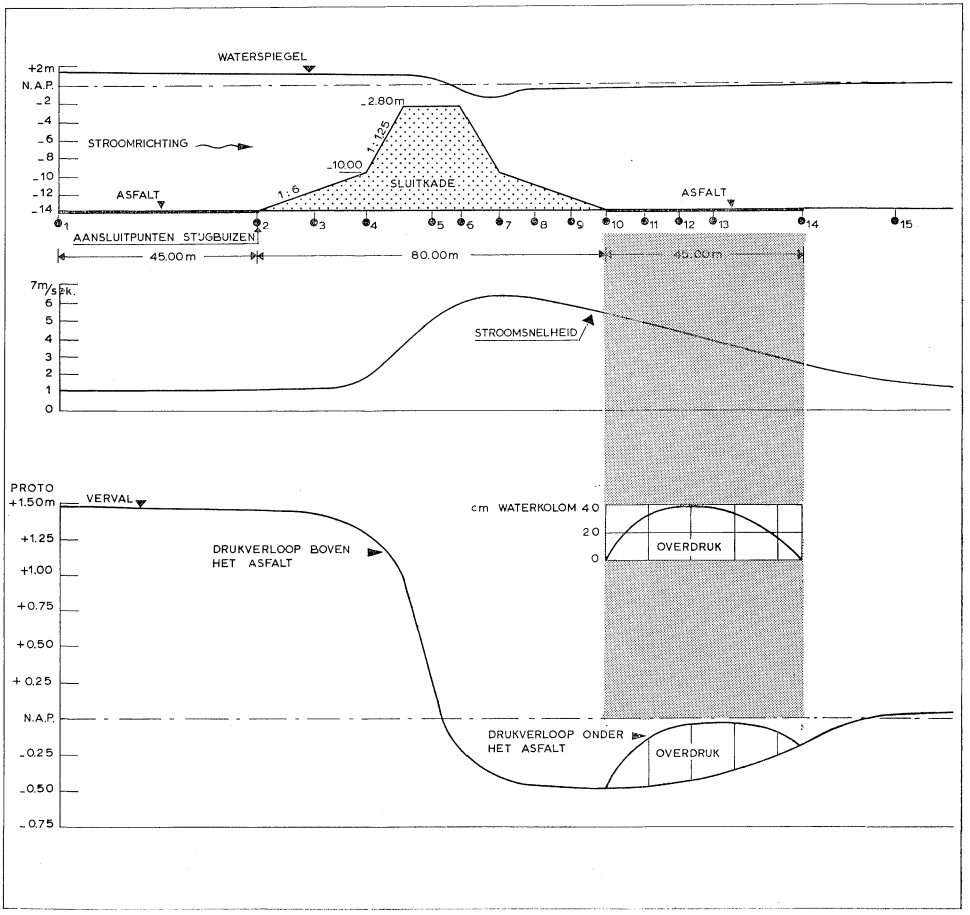
In het vorige nummer van het Driemaandelijks Bericht werd de vormgeving besproken van de bodembescherming in het zuidelijke sluitgat van het Brouwershavensche Gat. Men kan daar lezen dat deze bescherming voor een gedeelte zal bestaan uit een asfaltmastiekmat, die ondoorlatend is voor water.
Onder een dergelijke dichte verdediging kunnen wateroverdrukken optreden welke de mat gedeeltelijk of in zijn geheel oplichten, waardoor in het asfalt scheuren zouden ontstaan. Ter plaatse van zo'n scheur wordt de zandbodem dan niet meer beschermd; het zand wordt door de overtrekkende stroom meegezogen, de randen van de mat gaan verzakken en de scheur verbreedt zich. Aldus kan een desastreuze ontwikkeling worden ingeleid. Het is daarom zaak de dikte van de asfaltmat zodanig te kiezen dat zijn gewicht onder water gelijk is aan of groter dan de opwaartse waterdruk, zodat voorkomen wordt dat de mat wordt opgelicht.
Ter bepaling van de grootte van de overdrukken is een modelonderzoek verricht, dat twee gedeelten omvatte: een hydraulisch onderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium, waarbij de waterdrukken vlak boven de bodembescherming werden bepaald, en een onderzoek met behulp van een elektrisch analogiemodel voor de grondwaterbeweging, waarbij de waterdrukken onder de bescherming werden gemeten.
In dit artikel worden deze onderzoeken nader toegelicht; de resultaten ervan worden mede betrokken op het ontwerp van de bodembescherming in het Brouwershavensche Gat.

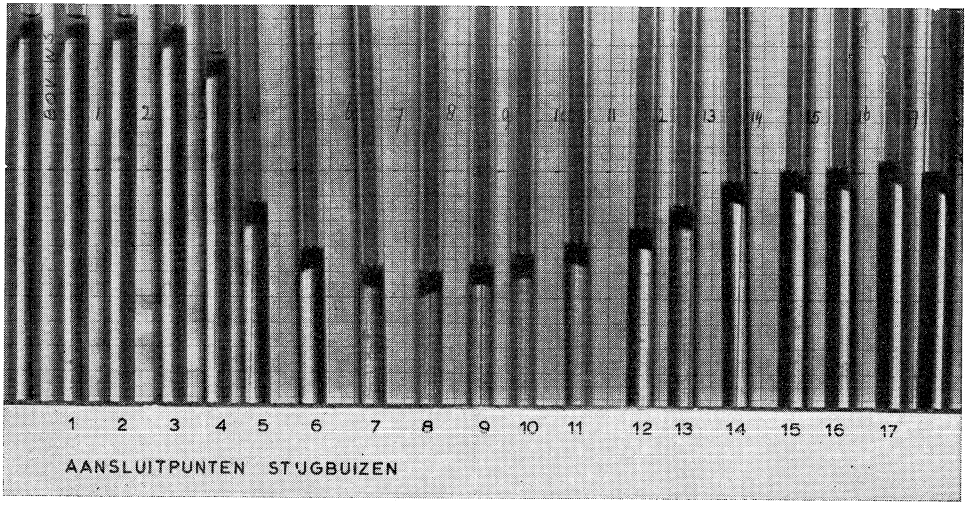
Hydraulisch onderzoek

Tijdens de opbouw van een sluitkade in een sluitgat veranderen de hydraulische omstandigheden ter plaatse voortdurend. Als voorbeeld nemen wij de afsluiting van een zeearm als het Brouwershavensche Gat, waardoor een kombergingsgebied wordt afgesloten. Het achterliggende bekken wordt elke getijcyclus gevuld en geledigd door de geulen, die door het afsluittracé lopen. De vul- en ledigingsstroom passeert het tracé van de afsluiting dus tweemaal per dag. Door het omhoogwerken van een sluitkade neemt de hoeveelheid water die het bekken in- en uitstroomt af; eerst heel langzaam, daarna, als het doorstroomprofiel tot 20% à 10% van zijn oorspronkelijke oppervlak is verminderd, in steeds sterkere mate. Het verschil in waterstand aan weerszijden van de

sluitkade, dat het verval wordt genoemd, wordt echter van het begin af aan steeds groter, waardoor de stroomsnelheden boven de kade toenemen. Bovenstrooms en benedenstrooms van de sluitkade echter, waar het doorstroomprofiel niet verandert, nemen de snelheden in gelijke mate af als de vul- en ledigingsstroom.
Het water dat het bekken uit- of instroomt wordt dus bij de sluitkade eerst versneld totdat boven de kade de maximumsnelheid is bereikt, en vervolgens achter de kade vertraagd. In het versnellingsgebied voor en boven de kade zakt de waterspiegel, om in het vertragingsgebied achter de kade weer gedeeltelijk op te lopen.
De waterdrukken op de bodemverdediging verlopen in grote lijnen overeenkomstig het waterspiegelverloop. Afwijkingen treden op als gevolg van de kromming van de

1. Verloop van de waterspiegel, de stroomsnelheid, de druk en de overdruk bij een sluitkade





2. Stijgbuisjes voor de bepaling van de drukken vlak boven de asfaltmastiekmat

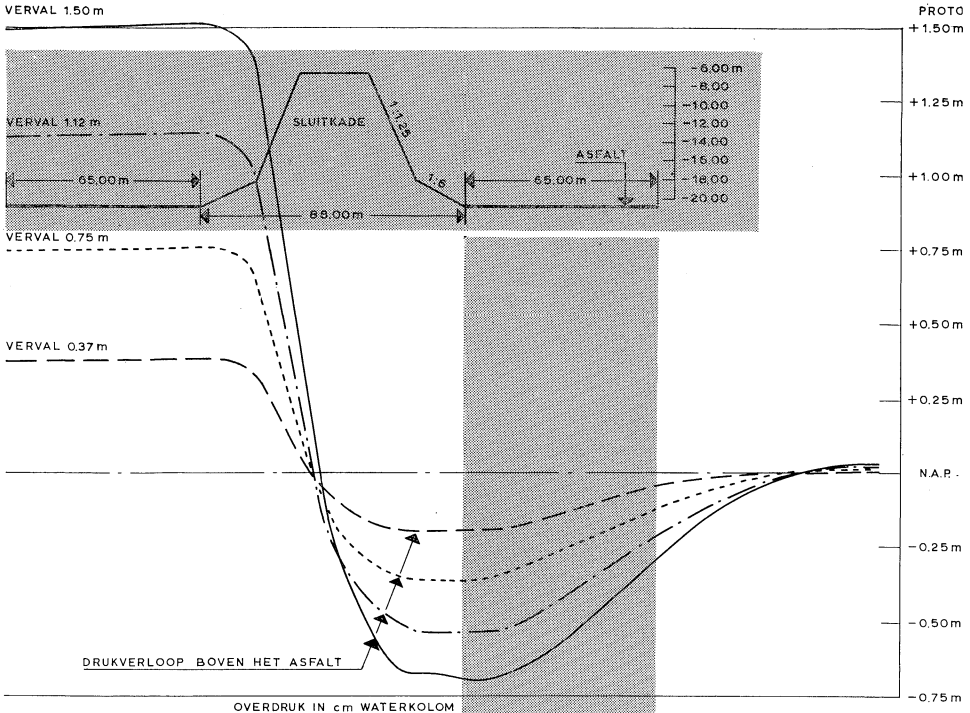
3. De invloed van het verval, de doorlatendheid van de dam, de waterstand en de breedte van de slab op de grootte van de overdrukken

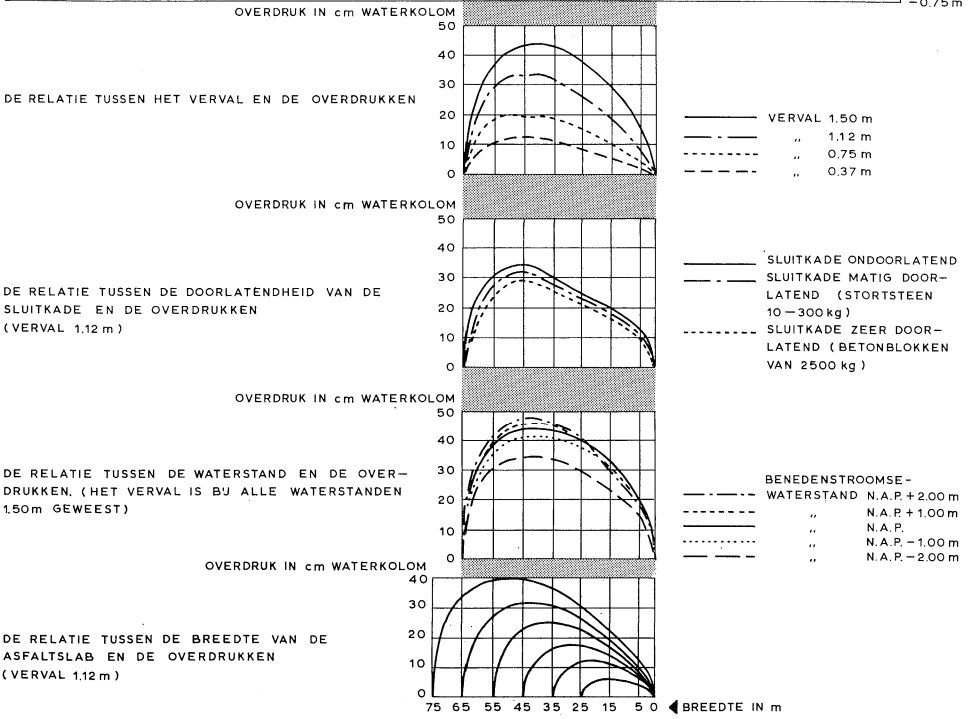
stroomlijnen ter plaatse van de taluds van de sluitkade. Men meet de drukken op de bescherming in het hydraulisch model door op regelmatige afstanden openingen in de bodem te maken welke met slangen verbonden zijn aan stijgbuisjes. De stijghoogte van het water in het buisje is de maat voor de druk op de bodem. Het verloop van de drukken is sterk afhankelijk van de vorm van de sluitkade. Zowel de hoogte van de kade ten opzichte van de bodem als de breedte van de kruin en de taludhellingen zijn van invloed, evenals de doorlatendheid van de kade.
Bij het onderzoek zijn zowel deze eigenschappen alsook de waterdiepte en het verval over de kade gevarieerd. In de figuren is het verloop langs de bovenzijde van de bodembescherming voor een aantal gevallen weergegeven. Met behulp van deze gegevens kan nu in een elektrisch analogiemodel voor de grondwaterbeweging het verloop van de waterdrukken onder de asfaltmastiekmat worden bepaald.

Onderzoek met behulp van een elektrisch analogiemodel

Voor een algemene beschouwing over het elektrisch analogiemodel en de fysische wetten waarop het berust, wordt verwezen naar het vorige nummer van deze Berichten. Wil men met behulp van zo'n model de stroming van water door een grondpakket bepalen, dan is het in het onderhavige geval noodzakelijk geïnformeerd te zijn over het

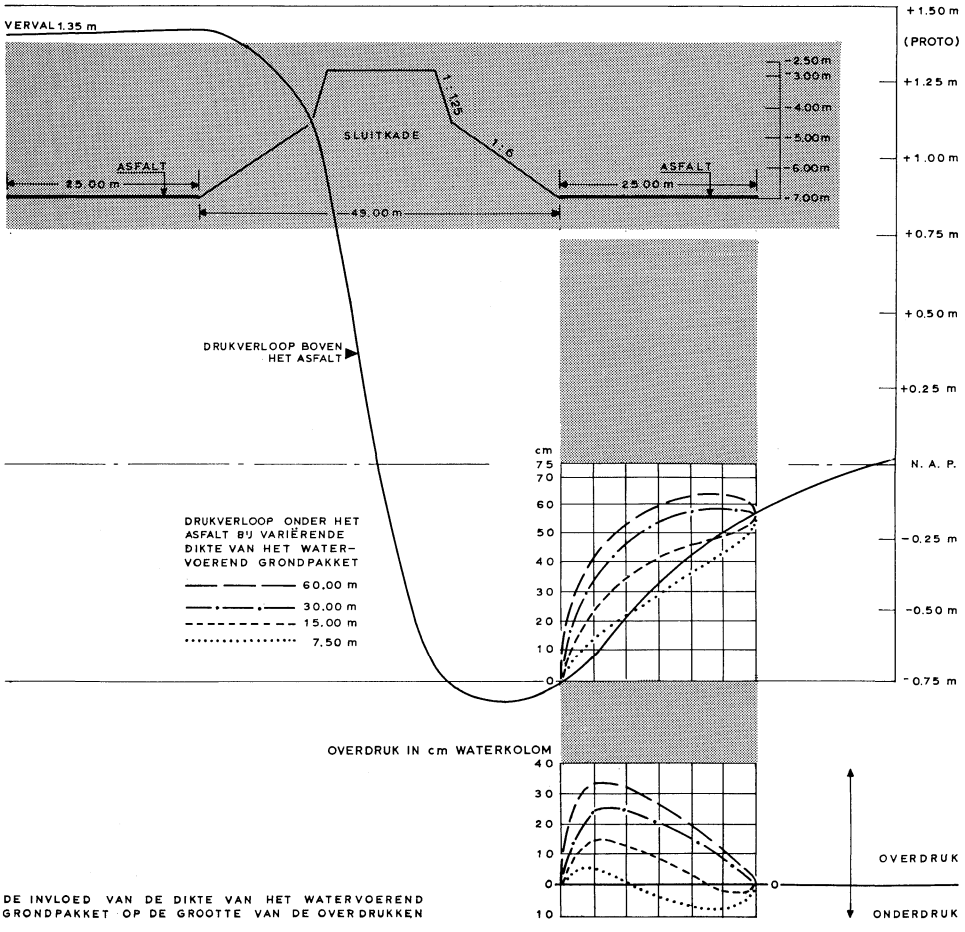
3


VERVAL 1.50 m
PROTO
+1.50 m
VERVAL 1.12 m
SLUITKADE
1:1.25
1:6
ASFALT
-6.00 m
-8.00
-10.00
-12.00
-14.00
-15.00
-18.00
-20.00
65.00 m
65.00 m
68.00 m
+1.25 m
+1.00 m
VERVAL 0.75 m
+0.75 m
VERVAL 0.37 m
+0.50 m
+0.25 m
N.A.P.
-0.25 m
-0.50 m
DRUKVERLOOP BOVEN HET ASFALT
-0.75 m

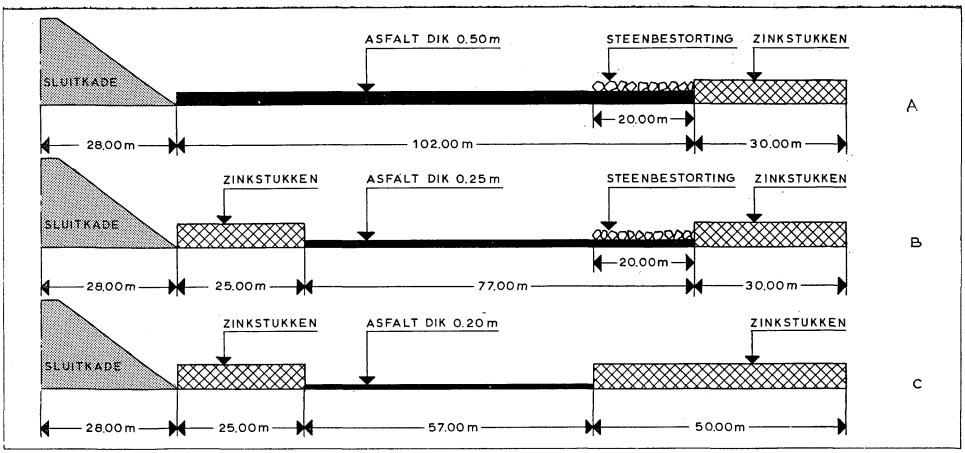

OVERDRUK IN cm WATERKOLOM
50
40
30
20
10
0
DE RELATIE TUSSEN HET VERVAL EN DE OVERDRUKKEN
VERVAL 1.50 m
„ 1.12 m
„ 0.75 m
„ 0.37 m
OVERDRUK IN cm WATERKOLOM
DE RELATIE TUSSEN DE DOORLATENDHEID VAN DE SLUITKADE EN DE OVERDRUKKEN (VERVAL 1.12 m)
SLUITKADE ONDOORLATEND
SLUITKADE MATIG DOORLATEND (STORTSTEEN 10 – 300 kg)
SLUITKADE ZEER DOORLATEND (BETONBLOKKEN VAN 2500 kg)
OVERDRUK IN cm WATERKOLOM
DE RELATIE TUSSEN DE WATERSTAND EN DE OVERDRUKKEN. (HET VERVAL IS BIJ ALLE WATERSTANDEN 1.50 m GEWEEST)
BENEDENSTROOMSE WATERSTAND N.A.P. + 2.00 m
„ N.A.P. + 1.00 m
„ N.A.P.
„ N.A.P. – 1.00 m
„ N.A.P. – 2.00 m
OVERDRUK IN cm WATERKOLOM
40
30
20
10
0
DE RELATIE TUSSEN DE BREEDTE VAN DE ASFALTSLAB EN DE OVERDRUKKEN (VERVAL 1.12 m)
75 65 55 45 35 25 15 5 0
BREEDTE IN m

drukverloop langs het grensvlak water – grond. Dit drukverloop is in het Waterloopkundig Laboratorium bepaald, en hiervoren beschreven.
Is de waterdruk langs het grensvlak tussen water en grond van plaats tot plaats verschillend, dan stroomt water door het grondpakket van een plaats met een hogere druk naar een plaats met een lagere druk.
Als een gedeelte van het grensvlak wordt afgedicht met asfalt, dan bepalen de waterdrukken aan weerszijden van het asfalt de stroming door de grond onder het asfalt en daarmee de drukken daar ter plaatse. De grootte van deze drukken wordt bepaald door het drukverschil aan weerszijden van de asfaltslab, door de breedte van de slab en door de eigenschappen van het grondpakket. Met name is de dikte van het watervoerend grondpakket van invloed. Gesteld dat de asfaltmat is aangebracht op een waterdoorlatende zandbodem, terwijl enige meters dieper een niet waterdoorlatende kleilaag aanwezig is, dan beperkt deze kleilaag in sterke mate de stroming in het zandpakket onder de asfaltmat, en beïnvloedt daardoor het drukverloop onder de mat.

4. De invloed van de dikte van het watervoerend grondpakket op de grootte van de overdrukken



DE INVLOED VAN DE DIKTE VAN HET WATERVOERENDE GRONDPAKKET OP DE GROOTTE VAN DE OVERDRUKKEN



5. Relatie tussen breedte en dikte van de asfaltslab voor het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat

In figuur 4 wordt deze invloed bij verschillende dikte van het watervoerend pakket geïllustreerd. In het elektrisch model is het drukverloop onder de asfaltmat gemeten voor de in het Waterloopkundig Laboratorium onderzochte situaties. Hierbij is de breedte van de asfaltslab gevarieerd.
De overdrukken onder de mat zijn in de figuren voorgesteld door waterkolommen. Daar het soortelijk gewicht van asfalt 2,0 bedraagt, komt het gewicht van 10 cm asfalt onder water overeen met de waterdruk van een kolom van 10 cm. De grootte van de overdrukken geven dus zonder meer de minimale dikte van de te leggen asfaltmat aan.

Brouwershavensche Gat

In het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat varieert de waterdiepte in het gedeelte dat voor de toepassing van asfalt in aanmerking komt van 7 tot 21 m.
Het verloop van de overdrukken hangt onder meer af van de waterdiepte; hier zal worden toegelicht welke constructiemogelijkheden er zijn bij een waterdiepte van 21 m.
Aan de randen van een bodembescherming treden ontgrondingen op, die verzakkingen van de rand kunnen veroorzaken. Er treden dan trekkrachten op in de bescherming. Asfalt is geen materiaal dat in staat is langdurige trekkrachten van enige betekenis op te nemen, zodat toepassing ervan aan de randen van de bescherming niet raadzaam genoemd kan worden. Voor de constructie van deze randen wordt gebruik gemaakt van klassieke zinkstukken welke bovendien door hun ruwe oppervlak ten opzichte van het gladde asfalt de ontgronding aan de randen beperken. De breedte van deze rand moet voor het Brouwershavensche Gat tenminste 50 m bedragen. De gladheid van het asfaltoppervlak kan eventueel worden verminderd door het aanbrengen van een steenbestorting op het asfalt. In bijgevoegde figuur 5 is voor drie gevallen de breedte van de asfaltmat gevariëerd. Men ziet dat naarmate de breedte afneemt, met een geringere asfaltdikte kan worden volstaan.
De geringere breedte van het asfalt moet worden gecompenseerd door het aanbrengen van een andersoortige bodembescherming, bijvoorbeeld zinkstukken.
Een kostenvergelijking voor de verschillende mogelijkheden zal moeten uitwijzen welke oplossing het meest aantrekkelijk is.

De damvakken gereed. Op de voorgrond het damvak op de Kabbelaarsbank



De damvakken op de Middelplaat en de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat

Terugblik op de uitvoering

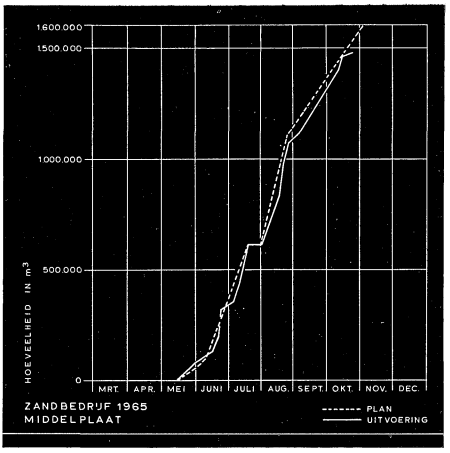
De ontwerpen van de damvakken op de Middelplaat en op de Kabbelaarsbank zijn beschreven in de nummers 31 (februari 1965) en 35 (februari 1966) van deze Berichten. Nu deze ontwerpen zijn verwerkelijkt lijkt het nuttig een kort overzicht te geven van de praktijk van de uitvoering.

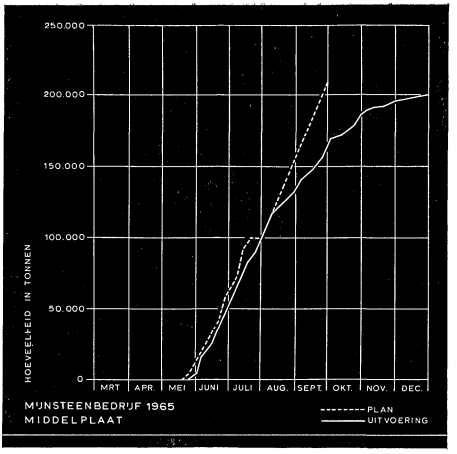
Met de bouw van het damvak op de Middelplaat werd in mei 1965 begonnen. Het werk is op 15 april 1966 voor de eerste en op 31 oktober 1966 voor de tweede maal opgeleverd. In maart 1966 is een begin gemaakt met het aanleggen van het damvak op de Kabbelaarsbank. Dit werk is nu nagenoeg voltooid.

De werken werden volgens een met haar voor het maken van de afsluitdam door het Brouwershavensche Gat gesloten raamovereenkomst uitgevoerd door de N.V. Dijksbouw, een combinatie waarin samenwerken de N.V. Aannemersbedrijf v.h. Firma T. den Breejen van den Bout, Van Hattum en Blankevoort N.V. te Beverwijk, Hollandsche Aanneming Mij N.V. te 's-Gravenhage en de Kon. Mij tot het uitvoeren van openbare werken 'Adriaan Volker' N.V. te Sliedrecht; de belangrijkste onderaannemers waren de 'Delta Asfalt Combinatie' en de 'Combinatie Zinkwerken'.

Het werkprogramma van beide damvakken werd bepaald door de wens het damlichaam vóór de najaarsstormen beschermd te hebben. Voor het damvak op de Middelplaat was dit een zware eis; er moest vrijwel in zee, letterlijk uit het niets, een dijkvak worden aangelegd. De werkzaamheden waren in het begin dan ook vooral gericht op de opbouw van het zuidoostelijk gedeelte van het langs de dam geprojecteerde werkterrein, teneinde daar zo spoedig mogelijk een asfaltinstallatie op te kunnen plaatsen voor het maken van de voor taludbescherming benodigde asfaltprodukten. Om tijdig met de asfaltbekleding te kunnen beginnen en er steeds in het gewenste tempo mee door te kunnen gaan heeft men de grootste voorrang gegeven aan het oppersen van het zeewaartse gedeelte van de dam.

De in het damvak op de Kabbelaarsbank te verwerken hoeveelheden waren veel groter dan die van het damvak op de Middelplaat, maar de uitvoeringsomstandigheden waren hier veel gunstiger, omdat ook vanuit het zuiden, dus vanuit het gereed gekomen damvak op de Middelplaat gewerkt kon worden, en juist daardoor reeds bij het begin der werkzaamheden over de inmiddels goed geoutilleerde werkhaven Middelplaat kon worden beschikt.





Zandbedrijf

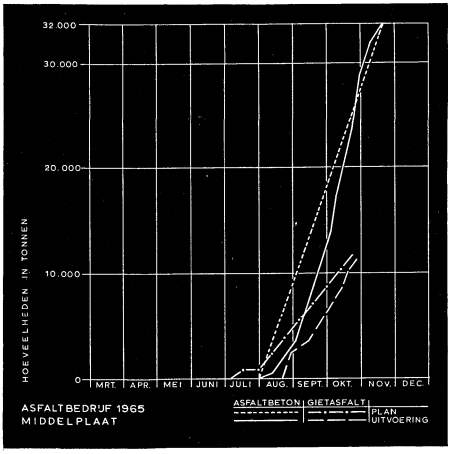
Het zand voor het damvak op de Middelplaat werd ontleend aan de naast het damvak te ontgraven werkhavenkom. Voor het ontgraven van de kom werd de cutterzuiger 'Edax' met een zuigbuisdiameter van 75 cm in bedrijf gesteld. In dit damgedeelte werd ongeveer 1,6 miljoen m³ zand verwerkt. Het zand was van wisselende korrelgrootte, maar overwegend fijn. De gemiddelde korreldiameter lag tussen de 0,130 en de 0,180 mm. De hellingen van de storten waren daardoor zeer flauw; de persrichting was van zuid naar noord.

Een lastig werkonderdeel vormde het maken van de betrekkelijk ondiepe maar voor de stabiliteit van het haventalud noodzakelijke grondverbetering tot N.A.P. – 3 m langs de havenzijde van het damvak.

Het damvak op de Kabbelaarsbank kon gelukkig zodanig worden ontworpen dat een soortgelijke in eerste instantie noodzakelijk geachte grondverbetering achterwege kon blijven.

Voor het opbouwen van het damlichaam op de Kabbelaarsbank werd het zand voornamelijk ontleend aan de te ontgraven werkhaven Kabbelaarsbank, en aan een zandwinplaats in de tussen de Kabbelaarsbank en de Middelplaat gelegen Kabbelaarsgeul. In de werkhaven Kabbelaarsbank werd het zand gewonnen met de cutterzuiger 'H.A.M. 207', met een zuigbuisdiameter van 70 cm; in de Kabbelaarsgeul met de profielzuiger 'Beverwijk 37', met een zuigbuisdiameter van 75 cm. Het zand uit de werkhaven Kabbelaarsbank was grover en in het algemeen schoner dan dat uit de werkhaven Middelplaat; de storten waren dan ook steiler. Er werd tegelijk geperst vanuit het zuiden, vanaf het damvak Middelplaat, en vanuit het noorden vanaf het kopeinde van het nieuwe damvak. In totaal werd in dit damvak 3,5 miljoen m³ zand verwerkt. De onderwatertaluds van de beide werkhavens werden met een baggermolen afgewerkt.

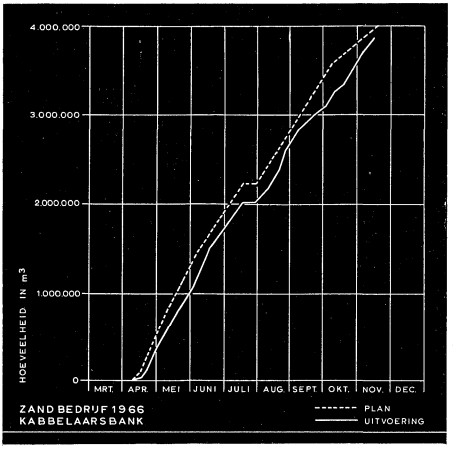
De tussen de Middelplaat en de Kabbelaarsbank gelegen Kabbelaarsgeul werd in de beginperiode van de aanleg van het damvak op de Kabbelaarsbank, in april 1966, vanaf de zijde van de Middelplaat afgesloten. De sluiting werd voltrokken door bij de binnenteen van de dam in continu-bedrijf met de 'Beverwijk 37' zand te persen tot een hoogte van N.A.P. – 1 m. Deze zuiger had een gemiddelde netto uurproduktie van 1200 m³. Boven het op N.A.P. – 1 m gespoten zandstort werd met behulp van vrachtauto's een binnenperskade van mijnsteen aangebracht. Achter deze kade werd verder zand geperst.



Produktiegrafieken voor de Middelplaat

Asfaltbedrijf





Produktiegrafieken voor de Kabbelaarsbank

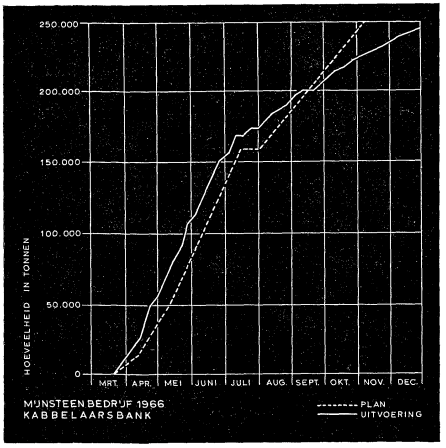
Gelijktijdig met de 'Beverwijk 37' spoot ook de 'Beverwijk 38' zand in de Kabbelaarsgeul; deze cutterzuiger ontleende zand aan de werkhaven Middelplaat en perste het in hoofdzaak aan de zeezijde in het te maken damlichaam. In enkel dagwerk werd met deze cutterzuiger 600 m³ per netto winuur gespoten.

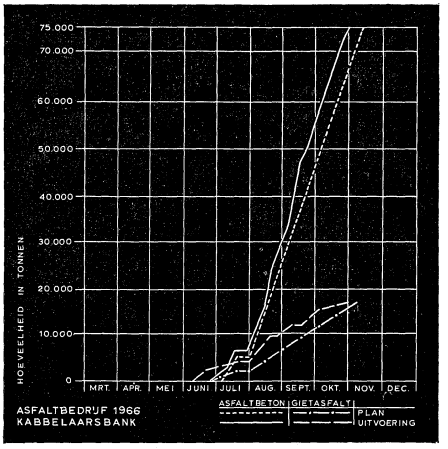
Mijnsteenbedrijf

Aan het begin van de werkzaamheden op de Middelplaat was de voortgang van de mijnsteenpers- en steenkade bepalend voor de vorderingen van alle volgende werkzaamheden. Begonnen werd daarom ter plaatse van de kade mijnsteen te lossen, hetzij met onderlossers, hetzij met behulp van drijvende kranen. Met het oog op de verdere aanvoer en verwerking van mijnsteen werd het eerst de kade langs het zuidoostelijke werkterrein opgebouwd.
Zo spoedig mogelijk werd aan de havenzijde van dit werkterrein een eenheidscaisson van 11 x 7,5 x 6 m geplaatst, zodat hiermee een tijdelijke loswal kon worden gevormd waarvandaan mijnsteen met vrachtauto's in de perskaden kon worden gereden. Zodra de definitieve loswallen gereed kwamen werden deze voor de overslag gebruikt.
Voor het damvak op de Kabbelaarsbank werd uit twee richtingen mijnsteen aangevoerd: via de in het zuiden gelegen loswallen van de werkhaven Middelplaat, en vanuit een in het noorden tijdelijk gevormd mijnsteendepot ter plaatse van de te maken noordkop; nadat de definitieve loswallen in de werkhaven Kabbelaarsbank gereed waren gekomen werd de mijnsteen via deze loswallen aangevoerd. De mijnsteenperskaden reikten in eerste aanleg tot een hoogte van ongeveer N.A.P. + 2 m en gaven zodoende een veilige tijdelijke bescherming van het zandstort. In de damvakken op de Middelplaat en de Kabbelaarsbank werd respectievelijk 200 000 en 250 000 ton mijnsteen verwerkt. De mijnsteen werd per schip uit Limburg aangevoerd; voor de overslag is hoofdzakelijk gebruik gemaakt van een drijvende kraan.

Asfaltbedrijf

Langs de buitenteen van de damvakken moest ter bescherming van het voorland een asfaltslab worden gelegd; het buitenbeloop wordt beneden N.A.P. + 5 m verdedigd met een glooiing van gepenetreerde stortsteen, en boven dit peil met een bekleding van asfaltbeton. Ook de kruin en het binnenbeloop worden bekleed met asfaltbeton. Een





van de belangrijkste onderdelen van het werk was daarom het asfaltbedrijf.
Voor het penetreren van de steen in de taluds beneden N.A.P. + 5 m en voor het maken van de asfaltslab aan de zeezijde van de dammen werd een gietspecie gebruikt van de volgende samenstelling: 26% grind 5–20 mm, 52% gegradeerd zand (zand A), 8% vulstof (zeer zwak), en 14% asfaltbitumen 80/100.
Het asfaltbeton voor de bekleding van het buitenbeloop boven N.A.P. + 5 m, de kruin en het binnenbeloop werd in één laag aangebracht van 20 cm dikte op het buitenbeloop en 15 cm dikte op het binnenbeloop, en had de volgende samenstelling: 44,5% steenslag 5–15 mm, 42% gegradeerd zand (zand A), 6,5% vulstof (zeer zwak) en 7% asfaltbitumen 80/100.
De gietspecie voor het damvak op de Middelplaat werd geproduceerd in molens van het type Amman 25 SN en die voor het damvak op de Kabbelaarsbank in een Barber Greene continu-mixer-molen. Het asfaltbeton werd gemaakt in Amman-1500-B-molens. Eén molen produceerde voldoende voor het damvak op de Middelplaat, voor het damvak op de Kabbelaarsbank werden er twee gebruikt, waarvan één met een grotere droogtrommel. De molens stonden alle opgesteld op het werkterrein nabij de zuidkop van het damvak op de Middelplaat.
Aanvankelijk werd de specie rechtstreeks op het zandtalud gestort en geheel met de hand verwerkt; daarna werd gedurende een zeer korte periode voor het spreiden van de specie een laadschop van het type 'Drott' gebruikt. Al spoedig echter ging men over tot het gebruiken van draglines. De specie werd door de aanvoerauto's in een bak gestort, vanwaaruit de dragline de specie op het talud spreidde. Deze methode voldeed redelijk en werd op het grootste gedeelte van het werk op de Middelplaat gebruikt. Op de Kabbelaarsbank werd de specie gespreid met hydraulische kranen van het type 'Poclain' en 'Oleomat'; dit bleek een zeer efficiënte methode te zijn.
Gedurende korte tijd werd geëxperimenteerd met een taludspreimachine, waarbij de specie met een transportband op de taluds werd aangebracht. Het zand werd met bulldozers afgewerkt en de aangebrachte specie werd met rollen en met trilwalsen verdicht. In totaal werden op de Middelplaat 12 000 ton gietasfalt en 34 000 ton asfaltbeton verwerkt, en op de Kabbelaarsbank 17 000 ton gietasfalt en 75 000 ton asfaltbeton.
Uit een systematische analyse van de uit deze werken geboorde asfaltbetonkernen blijkt dat het gevonden holle-ruimte-percentage bijzonder laag is, nl. gemiddeld 3,95% bij het

damvak op de Middelplaat, en 3,55% bij het damvak op de Kabbelaarsbank. De laagste percentages werden gevonden op de horizontale gedeelten en op de taluds van 1 : 6, de hoogste op het binnentalud met een helling van 1 : 3. Uit de analyse blijkt ook een sterke correlatie tussen de kwaliteit van het asfaltprodukt en de nauwkeurigheid van de gradatie van het gebruikte zand.
Teneinde betere inzichten te verkrijgen in de geschiktheid van asfaltbeton voor de waterbouw werden ter plaatse van tijdelijke bekledingen verschillende proefvakken aangelegd waarin de samenstelling van het asfaltbeton werd gevariëerd.

Terreinafdekkingen en glooiingen

De werkterreinen werden afgedekt met een 20 cm dikke laag mijnsteen, de rest van de terreinen met een 20 cm dikke laag maasklei. Grote hoeveelheden klei werden verwerkt: in het damvak op de Middelplaat 20 000 m^3, in het damvak op de Kabbelaarsbank 80 000 m^3.
De tijdelijke koppen van de damvakken werden voor een deel bekleed met blokken van Portugees graniet, gezet op een 10 cm dikke laag van Doornikse steenslag. Het bovenste gedeelte van de taluds van deze dijkkoppen werd bekleed met een laag asfaltbeton van, zoals eerder vermeld, per proefvak verschillende samenstelling.
Langs het hele haventalud is boven de op N.A.P. – 0,25 m gelegen teenconstructie een bekleding van koperslakblokken aangebracht. Voor het aanbrengen daarvan werd het talud van de mijnsteenkade geprofileerd, daarop een 3 cm dikke laag gebroken grind aangebracht, en die met een rij afgewerkt. De koperslakblokken werden op deze grindlaag gezet.

Teenconstructie en teenbescherming

Aan de zeezijde bestaat de teenconstructie uit een damwand van planken van 2,5 m lang, 50 cm breed en 10 cm dik. De planken werden in de grond gespoten, dat wil zeggen dat in het zand ter plaatse met spuitlansen een ruimte werd vrijgemaakt waarin de planken meteen tot de juiste diepte verzonken. De damwand werd voor de mijnsteenkade uit gebouwd. Naast de damwand werden korven geplaatst. De korven zijn rechthoekig van vorm en 4 m lang, 1 m breed en 50 cm hoog. Zij zijn gemaakt van met polyvinylchloride beklede verzinkte draden die in een patroon van zeskantige mazen zijn gevlochten. Het vlechtwerk werd in pakken aangevoerd en op het werk tot korven samengesteld. Die werden daarna op hun definitieve plaats gezet en met behulp van een kraan met grof grind gevuld; het grind werd daarna met de hand nog wat bijgeschikt. De korf werd gesloten door het deksel aan de opstaande wanden te verbinden; dit geschiedde echter pas nadat het getij er enige malen overheen was geweest en het grind nog wat verder had geschikt. De korven werden ook onderling aan elkaar verbonden. Alle verbindingen werden uitgevoerd met binddraad van hetzelfde soort als het draad van de korven zelf. Aan de zeezijde van de korven werd een 6 m brede en 20 cm dikke laag gietasfalt aangebracht. Bij het damvak op de Middelplaat, waarvoor zich een brede, vrij hoge plaat uitstrekte, was het niet moeilijk de asfaltslab aan te brengen; bij het damvak op de Kabbelaarsbank daarentegen, waar bescherming aan de zeezijde ontbrak, was het moeilijker: voordat het getij opkwam moest met het werken aan de slab worden opgehouden, omdat de kabbelende zee anders grote ribbels op de nog warme en plastische asfaltoppervlakte vormde.
Langs de koppen en de binnentaluds bestaat de teenconstructie uit perkoenen met een teenschot. De onderwaterbelopen zijn beschermd door kraagstukken, die werden afgestort met lichte steen en grind. Alle kraagstukken werden vervaardigd op een centrale hellingzate nabij de werkhaven Den Osse.

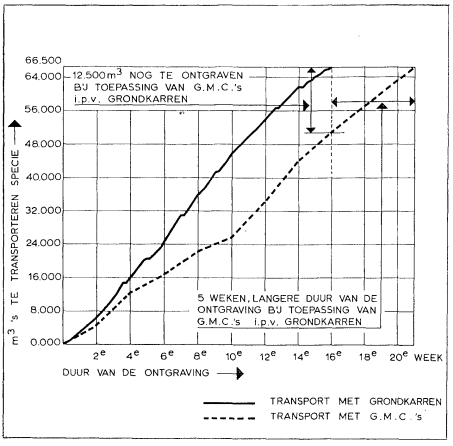
De ontgraving van het bouwdok voor de doorlaatcaissons ten behoeve van de Volkerakafsluiting

Voor de bouw van de doorlaatcaissons en de landhoofdcaissons ten behoeve van de afsluiting van het Volkerak is een bouwdok nodig. Na een vergelijkend onderzoek (zie Driemaandelijks Bericht nr. 36, mei 1966) werd besloten dit bouwdok te maken op de plaats waar in de toekomst eventueel een derde schutsluis zal worden gebouwd. Uit een door het Laboratorium voor Grondmechanica ingesteld onderzoek bleek dat een grondverbetering tot N.A.P. – 8 m noodzakelijk was om zettingsverschillen tijdens de bouw van de caissons tot een aanvaardbare grootte te beperken. De binnentaluds van de N.W.- en N.O.-zijde van het dok dienden ter verzekering van de stabiliteit onder een helling van 1 : 4 te worden gebracht. Aan de andere zijden van het dok kon met een helling van 1 : 3 worden volstaan.
Blijkens ter plaatse verrichte boringen en sonderingen kon de volgende bodemopbouw worden verwacht: van maaiveldhoogte tot N.A.P. – 4,50 m fijn zand met slib, een veenlaag van N.A.P. – 4,50 m tot N.A.P. – 5,50 m, daaronder tot N.A.P. – 10 m een zandhoudende kleilaag en beneden N.A.P. – 10 m vastere zandlagen.
Toen met de ontgraving van het bouwdok werd begonnen, was een gedeelte van de laag fijn zand tot N.A.P. – 4,50 m reeds gebruikt voor aanvulling van de sluisterreinen van de schutsluizen.

Het grondverzet

Het grondverzet bij het ontgraven van het bouwdok omvatte de verwerking van 115 000 m³ zand en het ontgraven en afvoeren van 65 000 m³ veen en klei.
De ontgraving en het transport van het zand leverde geen moeilijkheden op. Het zand kon in diverse aanvullingen in de onmiddellijke omgeving van het bouwdok worden verwerkt. Een groot gedeelte is zelfs gebruikt als grondverbetering ter plaatse van het ontgraven klei- en veenpakket. Bij het transport werd voornamelijk van vrachtwagens gebruik gemaakt. Toepassing van dit vervoermiddel bij de verdere ontgraving, met name van de veen- en kleilagen, stuitte echter op ernstige bezwaren.
Deze lagen sloten het vele water dat door de overvloedige regenval in het erboven liggende zand aanwezig was van het diepe grondwater af, en verhinderden daardoor een normale afvoer via de aangebrachte bronbemaling. Bovendien was het zand van een samenstelling die drainage erdoor nauwelijks mogelijk maakte. Voor de vrachtwagens

1



1. Vergelijking van het transport met grondkarren en G.M.C.'s

2. Werkwijze bij het ontgraven van het bouwdok en het aanbrengen van de grondverbetering

3. Het bouwdok gereed

zou daarom de hele rijbaan van rijplaten voorzien moeten worden, terwijl, om het grote hoogteverschil van N.A.P. – 4 m tot N.A.P. + 5 m te overwinnen, betrekkelijk lange op- en afritten nodig zouden zijn. Men heeft daarom omgezien naar een ander middel van vervoer. De keuze viel op de zogenaamde grondkar of leipkar, die een inhoud heeft van 2 m³ en voorzien is van 2 vliegtuigbanden met lage druk. Deze grondkarren werden getrokken door landbouwtractors met een 4-cilindermotor van 56 pk.

De karren konden, gegeven de vervoersafstand van 400 m heen en 400 m terug, per uur vijf vrachten wegbrengen, en vervoerden dus 10 m³ per uur per kar. Voor de ontgraving kon over 17 transporteenheden worden beschikt, waarvan er echter telkens enkele voor reparatie stonden. Met de gemiddeld beschikbare 15 eenheden kon in theorie per week $45 \times 15 \times 10 = 6750$ m³ worden vervoerd; een produktie die echter nooit werd gehaald. De karren werden geladen door drie draglines. Elke dragline had dus vijf karren te vullen, en moest $5 \times 5 \times 2 \times 9 = 450$ m³ per dag produceren.

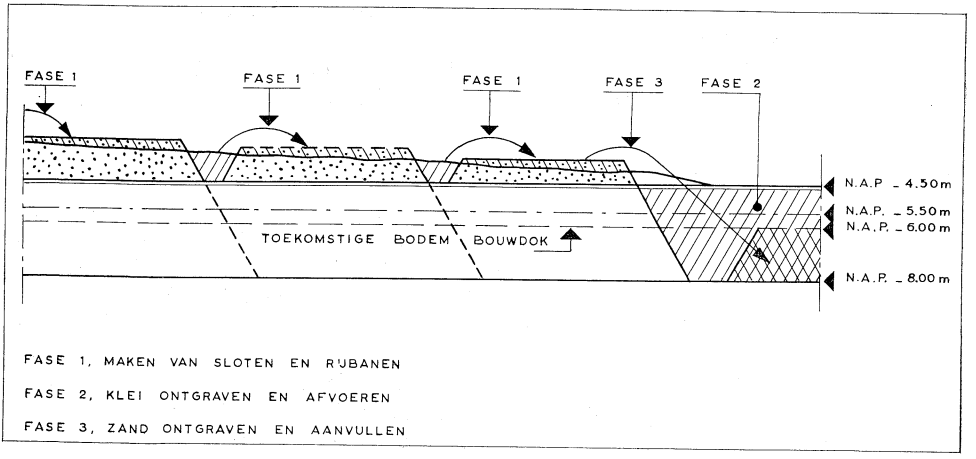
Aan de hand van de beschikbare gegevens is een produktielijn opgesteld van de afvoer met grondkarren van het afgegraven klei- en veenpakket uit het bouwdok. Ter vergelijking is in deze grafiek tevens de denkbeeldige produktielijn getekend van de afvoer van de specie met behulp van vrachtwagens. Deze lijn is verkregen door te veronderstellen dat dezelfde topproduktie van de drie draglines van 450 m³ per dag per dragline werd afgevoerd met G.M.C.'s, waarbij het transport op regendagen en een etmaal na een regendag zonder toepassing van rijplaten, niet mogelijk zou zijn.

Het ontgraven van het bouwdok en het aanbrengen van de grondverbetering van N.A.P. – 8 m tot N.A.P. – 6 m werd in drie fasen uitgevoerd.

In de eerste fase van het werk werden in de lengterichting van de te maken ontgraving in de laag zand een aantal sloten getrokken tot N.A.P. – 4,50 m. Het water dat zich in deze sloten verzamelde werd door middel van klokpompen verwijderd. Het zand uit de sloten werd tussen de sloten gestort op de rijbanen voor de grondkarren.

In de tweede fase werd de grond van N.A.P. – 4,50 m tot N.A.P. – 8 m ontgraven en getransporteerd naar een stortplaats op het terrein van de zuidelijke voorhaven, waar de specie uit de karren tegen elkaar werd gestort en daarna met een lichte bulldozer geëgaliseerd.

2

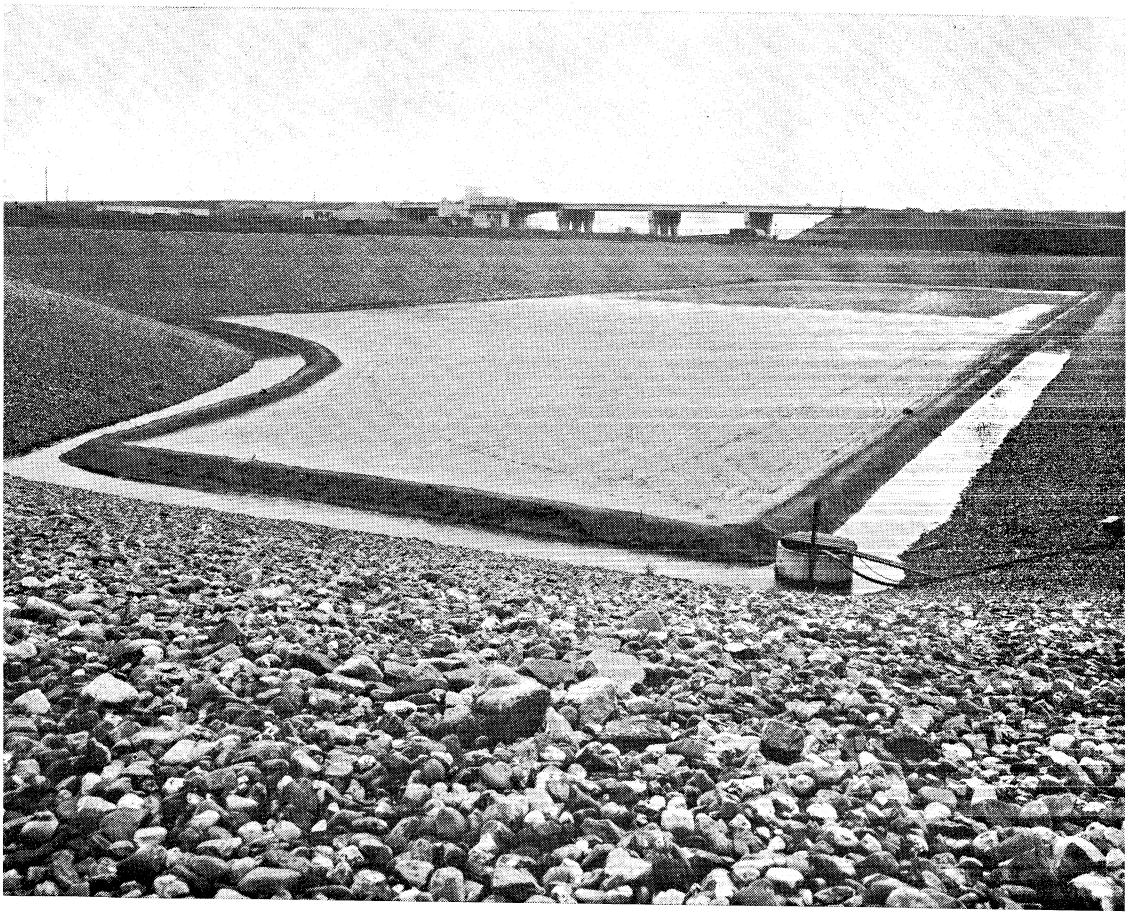


FASE 1, MAKEN VAN SLOTEN EN RIJBANEN

FASE 2, KLEI ONTGRAVEN EN AFVOEREN

FASE 3, ZAND ONTGRAVEN EN AANVULLEN

3



In de laatste fase werd het zand boven N.A.P. – 4,50 m gebruikt om de ontgraving aan te vullen tot N.A.P. – 6 m.
Nadat de grondverbetering in het gehele bouwdok was aangebracht is het oppervlak ter voorkoming van het verstuiven van het fijne zand met stro ingeëgd.

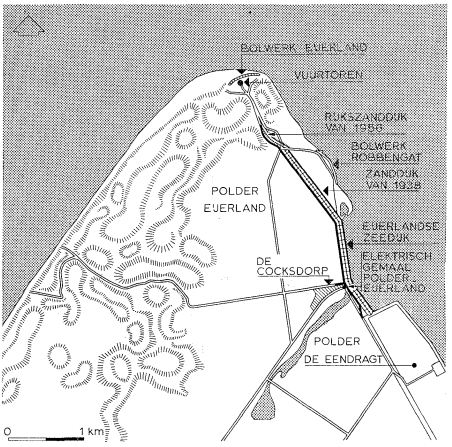
De taludbekleding

Om uitspoelen van het fijne zand te voorkomen diende langs de N.W.- en N.O.-zijde van het dok een filterconstructie te worden aangebracht vanaf N.A.P. – 6,50 m tot N.A.P. – 2,50 m. Het filter bestaat uit een 20 cm dikke laag grindzand, afgedekt door een laag grind 3-8 cm van 30 cm dikte. Boven dit filter, van N.A.P. – 2,50 m tot N.A.P. + 2,50 m, en op het talud langs de Z.W.-en Z.O.-zijde van het bouwdok, moest een 50 cm dikke laag grof grind 3-20 cm worden aangebracht.
Het door het filter uittredende water wordt in een in de kleilaag op N.A.P. – 6,50 m uitgespaarde sloot opgevangen. Bij hoge waterstanden in de sloot kan het water niet naar het bouwdok afvloeien. Overigens wordt het water in deze sloot op peil gehouden door twee klokpompen, elk met een capaciteit van 80 m³ per uur. Deze klokpompen zijn opgehangen in pompputten aan de uiteinden van de lange zijde van het dok. De pompputten bestaan elk uit twee betonringen met een doorsnee van 2 m, die zodanig zijn geplaatst dat de bovenkant van de onderste ring gelijk ligt met de bodem van de sloot, terwijl in de bovenste ring openingen zijn aangebracht waardoor het water kan toestromen.

Zandpalen

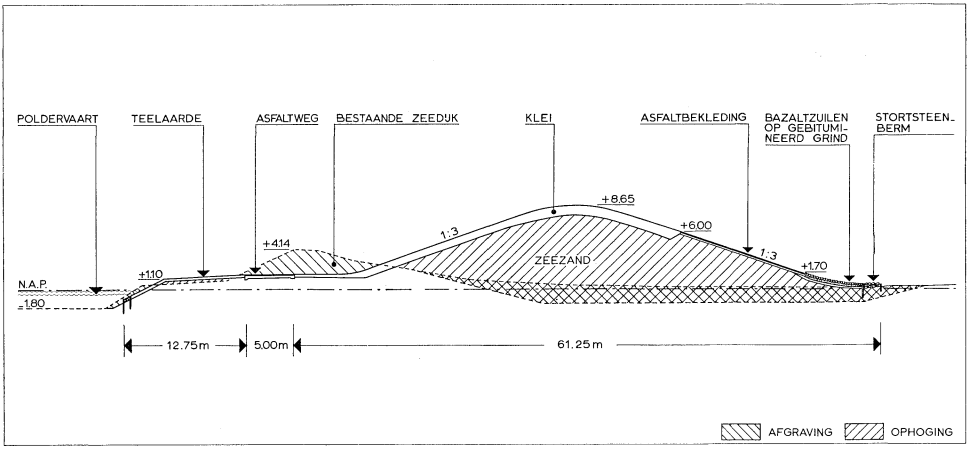
Na een periode van overvloedige regenval bleek de grondverbetering in het noordelijk gedeelte van het bouwdok volkomen met water verzadigd te zijn. De bronbemaling kon dit water niet of uiterst langzaam aan het zand onttrekken doordat de kleilaag ter plaatse niet was doorgebroken. Aangezien de caissons onmogelijk op deze ondergrond van met water verzadigd zand zouden kunnen worden gebouwd, werd besloten een deel van het dok van zandpalen te voorzien. In totaal is 10 000 m zandpaal aangebracht, in lengte variërend van 4 m tot 9,5 m, al naar gelang de dikte van de te doorboren kleilaag. Na het gereedkomen van de zandpalen was het waterbezwaar opgeheven.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland



De verzwaring en verhoging van de zeewaterkering ten noorden van de Eendragtpolder op Texel

Met de verhoging van de Texelse zeedijken ingevolge de Deltawet is in 1961 een begin gemaakt bij de Prins Hendrikpolder (Driemaandelijks Bericht nr. 16, mei 1962). Hierna zijn voorbereidingen getroffen voor de verhoging van de waterkeringen ten noorden van de Eendragtpolder, namelijk de Eijerlandse zeedijk en enige zanddijken ten zuiden van de vuurtoren. In de loop van de tijd zijn deze zeeweringen door de achteruitgang van de duinen langs het Eijerlandse Gat steeds meer aan golfaanvallen blootgesteld. In het bijzonder de constructie en de hoogte van de Eijerlandse zeedijk zijn onvoldoende voor de huidige functie van de zeewering. Deze ongunstige ontwikkeling noodzaakte reeds in 1937–'38 tot het aanleggen van een inlaagdijk, de 'zanddijk van 1938'. De daarvoor gelegen sikkelvormige waterkering wordt sindsdien in stand gehouden als vast punt; zij werd voortaan 'bolwerk Robbengat' genoemd.
De aanwezigheid van een relatief hoog gelegen wad voor de Eijerlandse zeedijk en de aanwezigheid van een gemaal in het binnenbeloop alsmede van een boezemkanaal onmiddellijk binnen de dijk maakten het raadzaam de dijk aan de buitenzijde te verzwaren. Voorts verdiende het om redenen van veiligheid en financiën de voorkeur, niet het 'bolwerk Robbengat' te verhogen, maar de 'zanddijk van 1938'.
De nieuwe Eijerlandse zeedijk zal worden aangelegd op een hoogte van N.A.P. + 8,65 m, terwijl de nieuwe hoogte van de inlaagdijk en de daarop in het noorden aansluitende zanddijk tot aan de duinen bij de vuurtoren N.A.P. + 8 m zal bedragen. De constructie van deze dijkvakken varieert naar gelang van de omstandigheden.
Voor de Eijerlandse zeedijk, die ruim 1400 m lang is, is tussen N.A.P. + 1,70 m en N.A.P. + 6 m een asfaltbekleding op het buitenbeloop ontworpen met een dikte van 20 cm. Beneden N.A.P. + 1,70 m komt een steunglooiing van basalt op een dubbele vlijlaag en een filterlaag van gebitumineerd grind. De totale breedte van de berm tussen de binnenteen van de dijk en het boezemkanaal zal 10 m bedragen. Op deze berm zal een verharding worden aangelegd van 5 m breed.
Grondmechanisch onderzoek heeft uitgewezen dat een bodemverbetering onder de nieuwe dijk gewenst is.
De 1100 m lange te verhogen binnendijk zal geheel als groene dijk worden aangelegd



Dwarsdoorsnede van de nieuwe Eijerlandse zeedijk

met een 75 cm dikke kleilaag op binnen- en buitentalud. Ook langs de binnenzijde van deze dijk zal een asfaltverharding van 5 m breed worden gemaakt. De in het noorden op deze dijk aansluitende zanddijk van ruim 600 m krijgt, afgezien van enige teelaarde bij de buitenteen, geen bekleding. De hoge ligging en de aanzienlijke breedte van het voorland, dat ligt op N.A.P. + 1 à 4 m, maken de omstandigheden hier relatief gunstig. Ter plaatse is een verharding aanwezig die aan de vermelde eisen wordt aangepast.

In 1965 is vooruitlopende op de eigenlijke dijkverhoging het gemaal in de Eijerlandse zeedijk aangepast aan het nieuwe dijkprofiel. Het werk hield voornamelijk een verlenging in van de uitstroomkokers, die gedeeltelijk in gewapend beton en gedeeltelijk in staal werd uitgevoerd. De verlengde kokers werden gefundeerd op palen. In elk van deze kokers bevinden zich drie keringen; aan de buitenzijde zit een automatisch werkende stalen klep met hooggelegen horizontale as, en verder zijn er een met de hand bedienbare stalen schuif en een veiligheidsklep op het hoogste punt van de koker.

De pompen in het oude gemaal en de nieuwe kokers zijn onderling flexibel gekoppeld, teneinde breuk te voorkomen.

Van de bovengenoemde werken zijn de Eijerlandse zeedijk en het daaringelegen gemaal, alsmede de 'zanddijk van 1938' in beheer bij de polder Eijerland. De zanddijk ten noorden van de laatstgenoemde dijk is in beheer bij het Rijk.

Ter ontlasting van het polderbestuur, dat krachtens de Deltawet gehouden is zijn eigen dijkverhogingen uit te voeren, werd de voorbereiding en het toezicht op de uitvoering van de onderhavige werken door de Rijkswaterstaat overgenomen.

De aanpassingswerken aan het gemaal zijn uitgevoerd door de firma Drijver te Den Burg (Texel); de aannemingssom bedroeg f 687 000. Het werk is begonnen op 11 november 1965 en voor de eerste maal opgeleverd op 31 januari 1967; de onderhoudstermijn is vier maanden.

Het werk aan de zeewaterkering is gegund aan het aannemersbedrijf J. de Vries en W. v. d. Wiel te Hilversum voor een bedrag van f 3 786 000; in de aannemingssom is f 231 000 begrepen voor het Rijkswerk. De uitvoeringstermijn is vastgesteld op 24 maanden na de nog te bepalen datum van aanvang. De onderhoudstermijn bedraagt 6 maanden.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

De bouwput van de uitwateringssluizen

De taluds van de grondlichamen aansluitend aan de landhoofden van de sluis werden in de verslagperiode vrijwel geheel bekleed.
In deze bekleding werden de volgende hoeveelheden materialen verwerkt: 3000 m² kraagstuk met kunststofzool, 120 m azobédamwand, 6400 m² polypropeenweefsel, 16 700 ton stortsteen en 4900 ton gietasfalt.
De bouwput werd tussen 1 januari en 17 maart gevuld met water tot een stand van N.A.P. + 0,25 m.
Achter het noordelijk landhoofd werden door middel van het zogenaamde 'Rütteldruckverfahren' grondverdichtingen uitgevoerd in de taluds van de toekomstige dijk en ter plaatse van de te maken funderingen voor de kabelbaan.

Opruiming van de bouwput van de uitwateringssluizen

Het buiten de ringdijk nog aanwezige zanddepot van ongeveer 100 000 m³ werd weggezogen en geperst in een depot achter de vissershaven.

Een begin werd gemaakt met het ontmantelen van de havendam.
Ter plaatse van het te maken gat in de ringdijk werd de asfaltbekleding opgebroken, en werden zinkstukken opgeruimd tot een diepte van ± N.A.P. – 5 m.
Er werd voorts voor de in de bouwput te brengen cutterzuiger een persleiding aangelegd naar de haven van Goeree.
Op de buitenberm van de ringdijk wordt een tijdelijke bescherming aangebracht ten einde golfoverloop over deze berm na het wegcutteren van de kruin van de dijk te beperken. Hiertoe wordt een stalen damwand ingeheid met de bovenzijde op N.A.P. + 5,50 m. Voor deze damwand worden twee rijen tetraëders geplaatst. Met deze werkzaamheden is in de verslagperiode een begin gemaakt.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

Het baggerwerk in de haven van Stellendam kwam gereed.
Tevens kwam de onderbouw gereed voor een vijzelpomp die dienst moet doen om water op de drooggevallen Plaat van Scheelhoek te pompen.
In de verslagperiode werden voorts nog enige grindbekledingen gemaakt.



Plateau en werkweg op het strand van Voorne

Plateau en werkweg op het strand van Voorne

De betonfundering van de weg en het asfaltwegdek kwamen gereed.
De klei- en steenbekledingen werden voor een belangrijk deel voltooid.

Deltageul

De toegangsgeul naar de vissershaven van Goedereede, de zogenaamde Deltageul, is nabij de mond van de haven zodanig verondiept dat het noodzakelijk bleek een diepere vaargeul te maken.
Eerst is geprobeerd deze geul te laten maken door een concessiezuiger die het gewonnen zand zou afvoeren.
Het bleek echter niet mogelijk op korte termijn op de ondiepe plaats te zuigen, de zuiger ondervond moeilijkheden met het inbreken en de afvoer van het zand bij L.W.
Bovendien bleken zich onder de ondiepte klei- en veenlagen te bevinden, zodat het zand op die plaats minder geschikt is voor de handel. Daarom wordt de geul nu met de nieuwe baggermolen 's-Gravenhage' – emmerinhoud 800 l – gemaakt; de specie wordt met een bakkenzuiger opgeperst in een depot achter de vissershaven.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

Het betonwerk voor de onderbouw van de kleine en de grote brug is voltooid.
Het dek van de kleine brug zal een der komende weken worden gestort. Aangevangen werd met het stellen van de ondersteuningsconstructie voor het maken van het dek van de grote brug. Ook is begonnen aan de zandaanvullingen van de landhoofden van de bruggen.
De onderbouw van het viadukt is gereed.
Bij de uitwateringssluis, die acht sluismoten krijgt, zijn zes van de acht vloeren gestort, terwijl van twee sluismoten ook de wanden en dekken zijn gestort.
In totaal werd van de 10 200 m^3 te verwerken beton tot nu toe 3950 m^3 gestort.

Volkerak

De schutsluizen

De montage en elektrificatie van de bewegingswerktuigen voor de sluisdeuren en de basculebruggen werden voortgezet. Voorbereidingen werden gemaakt voor

de nautische beseining en de verdere inrichting van de voorhavens.

Doorgraving van de ringdijk en aanvulling der sluisterreinen

Op 1 februari 1967 werden deze werken voor de eerste maal voltooid opgeleverd. Na een onderhoudsperiode van 4 maanden zal de eindoplevering plaatsvinden.

Geleidewerken en wachtplaatsen

In de zuidelijke voorhaven kwamen het plaatsen en lassen van de 30 m lange secties voor de vaste geleidewerken nagenoeg gereed. De hardhouten beschermingsschotten kwamen alle gereed; op een paar na zijn ze op hun plaats aangebracht.
Het werk is hiermede in zijn eindfase gekomen.
Alleen de dukdalven voor de duw- en conventionele vaart, die in verband met werken van derden pas later kunnen worden gemaakt, moeten nog worden geheid.

Caissonbouw

Mede door de zachte winter maakte het werk goede vorderingen. In de verslagperiode werden acht vloeren van de onderbak van de doorlaatcaissons gestort. Daarna werd begonnen met het stellen van de 10 m hoge diagonaalverbanden. Voor drie caissons kwam men hiermee gereed.
Met de bouw van de landhoofdcaissons werd een begin gemaakt. De grondverbetering hiervoor werd aangebracht.

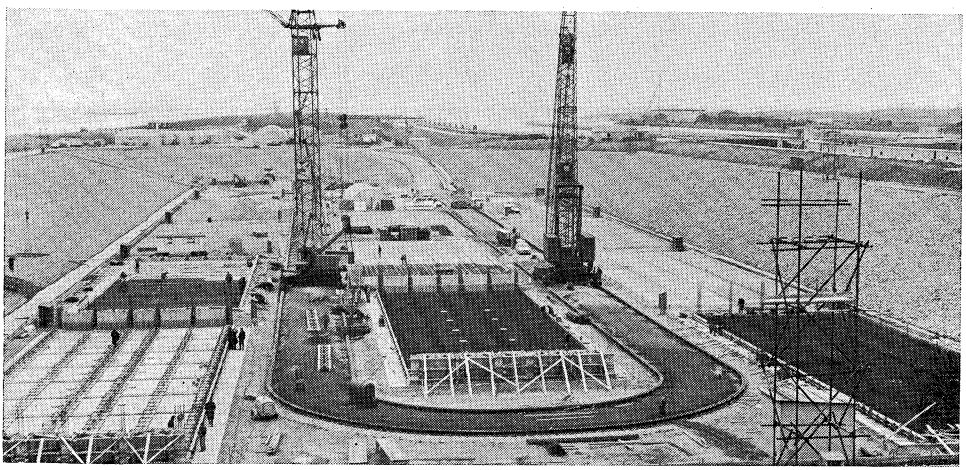
Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven

De werkzaamheden volgens overeenkomst nr. DED-693 zijn op 27 maart 1967 voor de tweede maal geheel voltooid opgeleverd en goedgekeurd.

Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven

De schermdam is bijna gereed. Alleen de kruin moet nog met gietasfalt worden gepenetreerd en daarmee is inmiddels een aanvang gemaakt. Aan de N.O.-zijde van de schermdam is op 60 m vanaf de kop aan de zijde van de scheepvaartgeul een eenvoudige houten steiger gebouwd, waarop door motorkracht bewogen kruiwagens – zogenaamde 'japanners' –,

Bouw van de doorlaatcaissons in het bouwdok bij Willemstad



welke de asfaltspecie transporteren, naar de kruin van de schermdam kunnen rijden. Deze 'japanners' nemen ongeveer 550 kg of 260 liter gietspecie mee. Voor de steiger is het asfaltschip 'Dorus Heymans' afgemeerd, dat het asfalt produceert.
De asfaltering ondervond stagnatie door het ruwe voorjaarsweer.
Van de zuidelijke havendam is het zandlichaam met bekleding van mijnsteen en grind aan de rivierzijde gereed. De vlijsteen is aangebracht, doch dient nog te worden gevlijd. Aan de havenzijde werd begonnen met het profileren van zand en mijnsteen en het aanbrengen van de filterglooiing tot N.A.P. + 0,75 m.
Ook deze werkzaamheden zijn belangrijk vertraagd door het stormachtige weer.
De opbouw van het oostelijk haventerrein met havennol verliep redelijk goed. Na nog één week zand persen zal ook hier kunnen worden begonnen met het in den natte aanbrengen van het filtersysteem rond de havennol. De filterglooiing wordt opgetrokken tot N.A.P. + 0,75 m en bestaat uit een 70 cm dikke laag grind 3-8 cm, waarop een bestorting van 400 kg/m² steen 10-80 kg. Reeds eerder werd in den droge een filterglooiing gemaakt waarop deze aansluit.
Uit de scheepvaartgeul is reeds 850 000 m³ van de in totaal te verwijderen 911 000 m³ specie weggebaggerd.
Achter de schermdam en verder zuidelijk langs de rand van de doorbaggerde plaat vindt in de geul weer aanzanding plaats, tot nu toe tot een hoeveelheid van 100 000 m³.
In de zuidelijke voorhaven dient in totaal 575 000 m³ specie te worden weggebaggerd, waarvan thans 465 000 m³ is verwerkt. Inmiddels is in deze haven een niet onbelangrijke aanzanding geconstateerd. Voorts dient langs de binnenkant van de havendam een op N.A.P. – 4 m liggend banket ter breedte van 35 m te worden weggebaggerd tot N.A.P. – 7 m. Dit banket werd tijdens de uitvoering van het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven uit stabiliteitsoverwegingen niet verwijderd. In totaal dient in de zuidelijke voorhaven ruim 200 000 m³ aan extra baggerwerk te worden uitgevoerd.

Wegen in de buitenpolder Maltha

Op de afwerking na zijn de wegen voltooid. De nog te verrichten werkzaamheden – het aanbrengen van asfalttoplagen, de wegmeubilering en het eggen en inzaaien van wegbermen en overige terreinen – zullen worden uitgevoerd zodra de weersomstandigheden het toelaten. In verband hiermee is de aannemer uitstel van oplevering verleend tot 3 mei 1967.

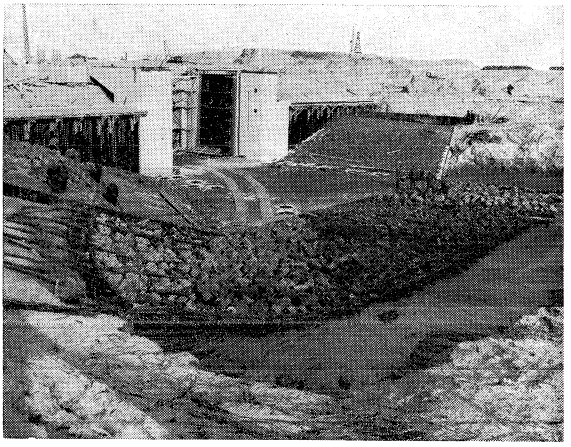
Brouwershavensche Gat

Het damvak op de Kabbelaarsbank

In de afgelopen periode werden de bodem en de taluds van de werkhaven aan de Kabbelaarsbank met behulp van een baggermolen verder afgewerkt. Het profileren van zand op de bermen en de werk- en haventerreinen is nagenoeg voltooid. Vrijwel de gehele kleibekleding op deze terreinen is aangebracht. Met de bemesting en het inzaaien van deze kleiafdekking is een aanvang gemaakt. Het zinkwerk is voltooid, inclusief de nabestorting; de glooiing van koperslakblokken en de mijnsteenafdekking van het damvak zijn geheel aangebracht.
Onmiddellijk ten oosten van het damtracé, vlak voor de Schouwense oever, bevond zich een bultvormige verondieping die het stroombeeld ter plaatse zeer ongunstig beïnvloedde. Deze bult is tot een diepte van N.A.P. – 20 m weggebaggerd.
Begin januari is in de werkhaven Kabbelaarsbank begonnen met de aanleg van onderwaterdepots van stortsteen 10/300 kg.
Er werd onderhoudsbaggerwerk verricht in de haven West-Repart en Den Osse.

Werkhaven Schelphoek

Op 14 januari 1967 werd het maken van een werkhaven in de Schelphoek-kom op Schouwen en Duiveland voor de somma van f 4 296 000,– opgedragen aan het Aannemingsbedrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam. In de loop van de maand april werd het eerste baggermaterieel aangevoerd, waarna een aanvang werd gemaakt met het baggeren van de grondverbeteringen en enige verdere voorbereidende werkzaamheden werden uitgevoerd.



Het maken van een bodemvoorziening van de schutsluis in de afsluitdijk van de Lauwerszee

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

In de verslagperiode zijn verschillende stormen opgetreden waarbij hoge waterstanden voorkwamen. Voor het eerst sinds februari 1962 werd te Oostmahorn het grenspeil overschreden, dat wil zeggen dat een hoogwaterstand optrad die als stormvloed wordt aangemerkt. De uitgevoerde werken, die dus nog niet eerder zo'n hoge waterstand hadden doorstaan, hebben zich in het algemeen voortreffelijk gehouden. Alleen aan tijdelijke constructies aan de Lauwerszeezijde is plaatselijk geringe schade opgetreden.

Na het winterseizoen zijn de dijkwerken hervat. Dit jaar wordt er geen nieuw dijkvak aangelegd, maar wordt de bestaande zeedijk van de Anjumer- en Lioessenerpolder verhoogd tussen het Westerstek – waar de nieuwe afsluitdijk erop aansluit – en het dorp Peasens. Gedeeltelijk wordt de hoogwaterkering versterkt door aanleg van een nieuw dijkvak door de bestaande zomerpolder.

Door deze dijkversterking wordt een eventuele doorbraak naar de Lauwerszee via de Anjumer- en Lioenssenerpolder voorkomen.

De bouw van de uitwateringssluizen is thans zover gevorderd, dat aan het eind van de verslagperiode de eerste hefdeuren konden worden aangevoerd. Alle 24 hefdeuren zullen in de komende maanden worden aangebracht.

Ook zijn de houten puntdeuren van de schutsluis aangevoerd; ze kunnen thans worden ingehangen.

Van de 26 doorlaatcaissons voor de sluiting zijn er in ruwbouw enkele vrijwel gereed, zodat men nu een indruk krijgt van hun afmetingen. Met de afwerking van de caissons kan een aanvang worden gemaakt.

Voor de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen werd het eerste beton gestort in de vloer van het buitenhoofd. De wapening voor de overige vloermoten wordt gevlochten en gesteld.

De hoge stroomsnelheden in het sluitgat schuren de bodem uit aan weerszijden van de bodembescherming rond het sluitgat. De bodemverdiepingen die zich thans na het stormachtige winterseizoen beginnen af te tekenen, zijn echter nog niet onrustbarend; wel moeten zij voortdurend worden gepeild om plaatselijke verdiepingen zo nodig met zinkstukken te kunnen beteugelen.

Opgave van door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerk

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zuid-Holland	X-1964	Maken van kleidepots langs het Wevereind te Puttershoek
Zuid-Holland	XXIa-1964	Leveren en monteren van bemalingsinstallatie ten behoeve van de Oranje-buitensluis
Zuid-Holland	XXIII-1964	Versterking van de N.W. duinregel van Voorne te Oostvoorne en Rockanje
Zuid-Holland	IV-1965	Verbetering vav de Lekdijk tussen hmp 99 en hmp 108 te Lekkerkerk
Nieuwe Stad- en Lieve Vrouwenpolder	—	Wijziging van het gemaal te Stad aan 't Haringvliet (als aanpassingswerk)
Polders Oud Beijerland c.a. en	—	Bouw van het gemaal te Heinenoord ter vervanging van bestaande gemalen (als aanpassingswerk)
Volgens O.O. bij bestek nr. Z dienst 1966	8-10-1965	Inrichten van een kleidepot in de Hellegatpolder, ten behoeve van dijkverzwering (waterschap Axeler-Ambacht)
—	januari 1966	Levering van betonbuizen met stalen kern c.a. ten behoeve van twee persle dingen voor het bouwgemaal te Stoppeldijk (waterschap Hulster-Ambacht). Van nevenvermeld bedrag komt rond 86% voor subsidie in het kader van c Deltawet in aanmerking en rond 14% voor verbetering
—	28-1-1966	Aanleg van een nieuw dijkvak tussen dp 65+ 40 m van de waterkering van h cal. waterschap Walzoorden (waterschap Hulster Ambacht) en de Wilhelmu polder en het uitbreiden van de haven te Walzoorden. Van nevenvermeld bedrag van f 2 140 700,— komt f 585 000,— ten laste van c Waterkering en f 1 555 700,— ten laste van de havenuitbreiding (gemeen Hontenisse). In laatstgenoemd bedrag wordt nog een Rijksbijdrage v f 900 000,— verleend in verband met de opheffing van havens
—	12-5-1966	Aanleg van een kleidepot in de Kleine-Huissenspolder ten behoeve van dijkv zwaring in de Margaretapolder (waterschap Axeler-Ambacht)
Zuid-Holland	V-1965	Verbetering van de waterkering nabij de suikerfabriek te Puttershoek
5, Wat. Walcheren	1966	Het verbeteren van de zeewering te Westkapelle tussen strandpaal 42 en dij paal 0 van het zuiderstrand van de noordwatering van het waterschap Walcher
5, Wat. De brede Wat. van Zuid-Beveland	1966	Verhogen en verzwaren van de zeedijk van cal. Borsselepolder van dp 54 t dp 56 en van de Van Citterspolder van dp 0 tot dp 26 + 35 m
Besteed 22-12-1965 Gegund 20-1-1966 (ongenummerd)	1966-1968	Verhogen en verzwaren van de zeedijk van de calamiteuze Nieuw-Neuzenpo der van dp 4 + 50 m tot dp 46 + 35,50 m, met bijbehorende werken (wate schap De Verenigde Braakmanpolders)

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

Nummer van het bestek	Dienstjaar	Omschrijving van het werk
DED 846	1966-1967	Het onderhouden van beplantingen en het grasgewas alsmede het uitvoer van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelege heden op en langs de terreinen van de werkhaven, het sluizencomplex en de eigendom van het Rijk zijnde terreinen van de buitenpolder Maltha, in gemeenten Willemstad en Fijnaart en Heijningen

esloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
f 101 000,—	N.V. Aann. Mij v/h L. Timmer te Dordrecht
f 543 045,—	Kon. Machinefabriek Stork en Co. te Hengelo
f 106 666,30	Fa. L. J. Zoetemeijer te Barendrecht
f 282 330,—	N.V. Aann. Mij J. H. de Vos te Krimpen a/d Lek
f 72 000,—	Fa. Van de Peet te Sommelsdijk
f 787 000,—	N.V. Amsterdamsche Aann. Mij. te 's-Gravenhage
f 286 025,— In de Rijksbijdrage wordt een voorschot van 75% verleend	W. Leys te Middelburg
165 572,48 In de Rijksbijdrage wordt voorshands een voorschot van 50% verleend	'Bonna Vianen'
2 140 700,— In de Rijksbijdrage wordt een voorschot van 100% verleend	N.V. Aannemers- en Handelsbedrijf Van Oord te Werkendam
62 500,— In de Rijksbijdrage wordt een voorschot van 100% verleend	W. Leys te Middelburg
798 000,—	Fa. Gebr. Hakkers en Schermers te Werkendam
681 800,—	Aannemersbedrijf Schouwen-Duiveland te Zierikzee
2 837 000,—	Van Hattum en Blankevoort N.V. te Beverwijk
6 235 000,— de Rijksbijdrage ordt een voorschot an 100% verleend	Gebrs. Geldof te Serooskerke

gunde werken

annemingssom	Aannemer
70 300,—	P. v. d. Heuvel en Zn. te Werkendam

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Dienst Rijks Verspreide Kunstvoorwerpen	506
Rijkswaterstaat	509 510 511 543 549 555
Shell lab. Amsterdam	516
Bart Hofmeester	528 530 540 554
G. de Klerk	533
Han de Vries	557

Register

Driemaandelijks Bericht Deltawerken nr. 31 t/m 40

Aannemers 52, 110, 162, 222, 278, 332, 390, 446, 498, 558
Aanpassingswerken 178
Aanzanding 556
Afvoercoëfficient 80
Afvoerkromme 83, 85
Afwaaiing 343
Anaërobie 373
Arbeidsanalyse 228
Asfaltbeton 545
Asfaltbitumen 8
Asfaltinstallatie 24
Asfaltmastiek 511, 514
Asfaltribbels 39
Asfaltschip 516, 517
Asfaltslab 539, 546
Asfaltverwerking 38
Automatisering 228

Bantpolder 104
Basispeil 61
Bebossing 131
Beddingsgetal 202
Bekleding 190
Benedenrivieren, waterstanden op de 67
Bergingscapaciteit 244
Bergsche Maas 123
Beschermingsschort 95
Biesbosch 115, 171
Bocht van St.-Jacob 6, 14, 85
Bodembescherming 90, 149, 241, 379, 417, 421, 473, 507
Bodemdalingspeilmerk 66
Bodemfiguratie, verandering van de 303
Botsingsenergie 91
Brabantse Biesbosch 115, 171
Brandgans 104, 277
Breskens 255
Brielsche Maas 373
Bronbemaling 299
Brouwershavensche Gat (zie ook Kabbelaarsbank, Middelplaat) 369, 410, 521, 534, 539
  afsluiting 161, 387, 401, 473
  bodembescherming 473
  asfaltbedrijf 544
  caissons 330, 478
  dam door het 187
  kabelbaan 476
  mijnsteenbedrijf 544
  zandbedrijf 542
  zuidelijk sluitgat 473
Bui-oscillatie 66, 134
Buistoot 66, 134
Buitendijkse gronden 129

C^{14}-methode 63
Calandkanaal 135, 141, 144
Carbon black 354
Cementmortel 151
Chloorion 427
Colsol 318
Computer 486
„Contributie Zeedijken van Oostdongeradeel", waterschap 104
Conuswaarde 90
Cup-molen 147

Dambouwschip 318
Damwand 546
„De Anjummer en Lioessenserpolder", waterschap 104
„De Brabantsche Biesbosch", waterschap 171, 178, 180
„De Brede Watering van Zuid-Beveland", waterschap 44
„De Dijkring Flakkee", waterschap 154
„De Piet", uitwateringsgeul 397
„De Terschellinger Polder", waterschap 277
Deltacommissie 60
Deltagebied,
  aanpassing 67
  geschiedenis 122
  verbindingen 59
Deltageul 554
Deltaplan, tijdschema 3
Deltar 343
„Deltarama" 323
Deltawerken, vorderingen 47, 105, 157, 216, 272, 326, 383, 441, 494, 553

Deltawet, artikel 8 76
Denier 353
Depot van materialen 24
Dirksland 205
Dokkumer Nieuwe Zijlen 259, 266, 267, 389
Domeinen, Dienst der 395
Doorlaatcaisson 192, 299, 380, 401, 408, 478, 485
Doorstroomprofiel 518
Doorstroomvolume 80
Double locking 29
Drempel 403, 417, 422
Drempelwaarde 369
Duin, kunstmatig 470
Duinafslag 460, 463
Duivelshoekje 258
Duwvaart 25, 91, 96, 145, 249
Dwarsverval 17
Dijkhoogte 60
Dijkteen 23
Dijkval 348
Dijkverhoging 153, 255
Dijkverzwaring 44

„Eastergoa's Sédiken", waterschap 104
Ebsnelheden, maximale 14
Echolood 228, 236
Eendragtpolder 551
Eenheidscaisson 409, 443, 480
Elektrisch analogon 37, 144, 187, 302, 466, 526, 536
Elektrische sonde 129
Elektrolyt 451
Epoxyhars 453
Erosie 369
Europoort 135, 521

Filament 353
Filterconstructie 512, 526, 550, 556
Fotochemische omzetting 356
Freatisch vlak 187, 467

Gelcidewerk 25, 91
Geo-elektrisch onderzoek 129
Geologische Stichting 64
Getijbeweging, verandering van de 283, 303
Getijschrijver 311
Getijtafel 459
Getijvolume 518
Geulverplaatsing 205, 369
Gietasfalt 545
Glas 356
Goeree-Overflakkee 205, 463, 470
Golf
  terugkaatsing 139
  voortplantingssnelheid 138
Golfamplitudeschrijver 307, 309
Golfbeweging 462
Golf- en stromingstank 192
Golfhoogte 205, 462
Golfmeetpaal 66, 305
Golfmeetstelling 305
Golfmeting 303
Golfoploop 23, 66, 153, 205, 465
Golfpatroon 66
Grenspeil 458
Grevelingen,
  dam door noordelijke geul 51, 59, 107, 160, 219, 273
  noordelijke geul, kabelbaan 6, 273
    meetprogramma in 14, 77
Grevelingendam 3, 144, 161, 219, 273, 345, 384
Griend 117
Grondmechanica, Laboratorium voor 104
Grondsluis 246
Grondverbetering 241, 302, 542
Grondwaterbeweging 466
Grote of Zuidhollandse Waard 122

H 1/3 314, 462
„Hadex", stichting 323
Haringvliet 369, 424, 521
  afsluiting 296
  dam door 470, 525
  kabelbaan 359, 384
  schutsluis 47, 272, 442, 494
    binnenhaven 48, 217
  uitwateringssluizen 47, 105, 216, 272, 326, 383, 441, 494, 528, 531
    bouwput 272, 436, 441, 494, 553
    bij ijsgang 33
    constructie der schuiven 4, 33
    corrosie 451
    functie 339, 371
    stortebedden 47, 105, 157, 216, 272, 326, 383, 417, 436
    verfsysteem 453
  ijsbestrijding 316

Haringvlietbekken 128, 345
Haringvreter 130, 398
Harlingen 275
Havengetal 291
Hellegatsdam 421
Hellegatsplein 39
„Het Vrije van Sluis", waterschap 258
Hoedekenskerke, polder 44
Hoek van de Bant 101, 276
Hydrobiologisch Instituut van de K.A.v.W. 374
Hydrografische kaart 228
Hydrolas 318

Inklinking 62
Inrichtingswerken 395
Invaarproef 27, 146
Inventarisatie Bodembescherming, commissie 507
Isohaline 376, 432

Kabbelaarsbank
dijkvak op de 20, 253, 330, 385, 386, 443, 495, 541, 556
werkhaven bij de 254
Kabelbaan 6, 293
demontage van de 294
draagkabels van de 296
fundering van de 298
Kamperland 400
Kathodische bescherming 451
Kempenaar 259
Klei 369
Komberging 534
Kopeffect 102
Korreldiameter 149
Kortgene 399
Kous, de 20, 401
Kraagstuk 526
Krammer 6, 14, 85
Kruindaling 65
Kunststoffen 353, 509
Kwel 178, 467

Landhoofdcaisson 419
Lauwerszee,
afsluitdam 101, 109
dwarsprofiel 103
gedeelte onder de Friese kust 101, 161
afsluiting 51, 101, 161, 209, 221, 259, 331, 377, 388, 445, 485, 497, 557
bodembescherming 379
waterloopkundige aspecten 213
werkplan 209
doorlaatcaissons 382, 445, 485
leidam 379
scheepvaart op 259
schutsluis 265, 445
sluitgat 377, 389
drempel 381
uitwateringssluizen 109, 161, 276, 277, 445
Leendert Abrahampolder 348
Leipkar 548
Linnen 356
Lith, sluis bij 319

Maasvlakte 435
Maltha, polder 496, 556
Mannesmannbuis 95
Massa-watertransport 304
Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat 311
Meetprogramma 312
Middelplaat
dijkvak op de 20, 161, 217, 273, 329, 385, 386, 476, 541
werkhaven op de 20
Modelonderzoek 20, 96, 145, 204, 212, 249, 283, 285, 341, 363, 377, 378, 403, 412, 421, 434, 439, 467, 474, 534
Modelwet 412
Motorzeilschip 259

N.A.P. 311
N.A.P.-daling 62
Nationaal Lucht- en Ruimtevaart-Laboratorium 96, 363
Natuurbescherming 174, 247, 277, 359
Nederlandsch Scheepbouwkundig Proefstation 192, 489, 517
Neer 473
Neutronensonde 130
Nieuw Bommenede 478
Nieuwbouwhelling 68
Nieuwe Merwede 123
Nieuwe Robbengat 211, 377
Nieuwe Waterweg 339, 424, 519
Nieuw-Neuzenpolder 481

Noord-Beveland 348
Noord-Sloe 133, 396
Nummer Een, zeewering bij 255
Nylon 241, 318, 356, 357, 361, 488, 511

Ontgronding 90, 410
Ontwerppeil 61, 134
Ontzilting 129, 374
Onvolkomen overlaat 83
Oort, het 377
  werkeiland aan het 101
Oosterschelde 127, 369, 410, 521
  brug over de 270
Opofferingsanode 452
Opslingeringsfactor 138, 141
Optische geleiding 32
Opwaaiing 343, 459
Osse, werkhaven bij Den, 20
Ottmolen 79
Oud-Herkingen, polder 153
Overschrijdingskans 61, 194, 454
Overschrijdingskromme 313

Pakkingsdichtheid 532
„Pannekoek" 207
Peilkaart 228
Peilwerkzaamheden 228
Permanentie-model 403, 412
Perronstuk 156
Personeelsbeleid 210
Plaat van Onrust 398
Plaat van Scheelhoek 205, 237, 470
Plaatgrond 129
Plastic 353, 416
Polyacrylonitril 356
Polyamide 356
Polyester 95, 356
Polyetheen 95, 241, 356, 511
Polyprop 488
Polypropeen 511, 527
Polyvinylchloride 511, 546
Polyvinylideenchloride 356
Pony's 398

Radioplaatsbepalingssysteem 228
Rak van Scheelhoek 440
Recreatie 121, 131, 182, 395
Refractie 304
Refractieberekening 314
Reitdiep 265
Reparatiehelling 71
Retourstroom 27, 145
Rolponton 513
Rolzate 161
Rolzinkstuk 358
Roompot 127
Ruilverkaveling 180
Ruiterplaat 133
Rütteldruckverfahren 531
Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater 374
Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening 301, 480
Rijksplanologische Commissie 359
Rijkswegenlaboratorium 507
Rijnafvoer 424, 459

Schaaleffect 201
Scheepssloperij 69, 76
Scheepswerven, aanpassing 67
Scheepvaart 25, 259, 363
Schelphoek, werkhaven 557
Schelde-Rijn-verbinding 467
Schiermonnikoog 261
Schietend water 372
Schone kust 124
Schor 129
Schotsman 133
Schouwen 401
Schroefstroom 145
Sedimentatie 124
Seiche 134
Slenk 260
Slibbeweging 124
Sluitgat 408, 410
Sluitingsmethode 293, 380, 401, 406, 407, 410, 419
Snelheidsverticaal 79, 414, 428
Sondering 531
Spaarbekken 186
Spekkoeklagen 369
„Spido", havendienst 323
Spits 259
Springtij 352
Spuitlans 546
Staatsbosbeheer 368, 396
Stabilisator 354
Stappenbaak, elektrische 307
Steenkorf 546

Storm 17, 454
Stormstrand 470
Stormvloedstand 60
Stortebed 145
Stortmaterialen 8, 318
Stroombeeld 404
Stroombestendigheid 319
Stroomroos 428
Stroomsnelheid 14
kritieke 149, 416
Stroomsnelheidsmeting 17, 77, 147
Stuurapparaat 236
Styropor 95

Taludhelling 189
Tandemtrilwals 42
Technisch-Physische Dienst van het T.N.O. 35
Tetraëder 439
Tex 353
Texel 551
T.N.O. 354
Translatiegolf 27
Turbulentie 414, 473, 515
Turbulentiemeter 79
Tijbeloop 21

Vaarwater naar Oostmahorn 260, 377
Vacuümbemaling 302
Veere 400
Veerse Meer 129, 395
Verdeelafwerkmachine 38, 157, 208
Verdichte perskade 21, 189
Verdichting 531
Verwachtingswaarde 458
Vloedbos 117
Vloedsnelheden, maximale 14
Vogels 104, 177, 277
Volkerak,
afsluiting 197, 299, 419
caissons 204, 329, 387, 419, 444, 495, 547, 555
scheepvaart 363
scheepvaartgeul 248
schermdam 250
schutsluizen 50, 105, 157, 219, 273, 327, 387, 443, 495, 554
geleidewerken en wachtplaatsen 91, 219, 274, 327, 387, 443, 495, 555
noordelijke voorhaven 48, 106, 159
stortebedden 145
windhinder 96, 363
zuidelijke voorhaven 49, 106, 159, 221, 248, 274, 329, 388, 444, 495, 555
Volkomen overlaat 83, 87
Voorlichting 323
Voorne, plateau en werkweg op het strand van 359, 442, 494, 554

Waaierdeuren 267
Wachttijd 25
Wachtplaatsen 25
Waterbergend vermogen 468
Waterhuishouding 424
Wateroverdruk 21, 187, 534
Waterstanden op de benedenrivieren 67
Watervoerend grondpakket 538
Weerstandsnetwerk 469
Wervelstraat 408, 473
Westerschelde 44, 127, 255, 521
Wiepenbindmachine 510
Windhinder 31, 96, 363
Windscherm 98, 363
Wolphaartsdijk 400
Wrijvingscoëfficient 201, 488

IJmuiden, Noordersluis 144
IJsbestrijding 33, 316
IJstijd, laatste 63

Zand 369
Zandasfalt 8
warm 11
Zandasfaltkluiten 11
Zandkreekdam 451
Zandpaal 550
Zandplaat 129
Zeedijk,
Afsluitdijk-Harlingen-Slachte 275
Delfzijl-Fiemel 330, 496
Delfzijl-Oostpolder 497
Eijerlandse 551
langs de Groninger noordkust 497
Slachte-Afsluitdijk-Lauwerszee 275
Zeespiegelrijzing 62
Zeeuwse Meer 4, 373
Zettings- en wrijvingsproeven 201
Zettingsvloeiing 352, 410
Zinkmanoeuvre 193, 243, 490
Zinkstuk, klassiek 509, 512

Zintuigfysiologie, Instituut voor 32
Zoet- en zoutwaterbeweging 424
Zoetwaterlens 130
Zoetwaterprobleem 3, 186, 339, 373
Zoomweg 420
Zout water 373
Zoutgehalte 130, 374
Zoutkamp 264
Zoutkamp, sluis te 259, 264
Zoutkamperlaag 377
Zouttong 425
Zoutverticaal 428
Zuid-Beveland 44, 352
Zuiderdiep 216, 237, 272
afsluiting 237, 272
kunstwerken 327, 383, 442, 494, 554
Zuiderdiepboezem 244, 273, 326, 383, 442, 494, 553